UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ENSAIOS SOBRE RISCO DE CRÉDITO E LIQUIDEZ: TRANSIÇÃO DE ESTADO
EM CORRIDA BANCÁRIA E INADIMPLÊNCIA

Toni Ricardo Eugenio dos Santos

Prof. Dr. Márcio Issao Nakane

SÃO PAULO

2015

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischmann
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Helio Nogueira da Cruz
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Márcio Issao Nakane
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

TONI RICARDO EUGENIO DOS SANTOS

**ENSAIOS SOBRE RISCO DE CRÉDITO E LIQUIDEZ: TRANSIÇÃO DE ESTADO
EM CORRIDA BANCÁRIA E INADIMPLÊNCIA**

Tese apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Issao Nakane

VERSÃO CORRIGIDA

SÃO PAULO

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

dos Santos, Toni Ricardo Eugenio

Ensaio sobre risco de crédito e liquidez: transição de estado em
corrida bancária e inadimplência / Toni Ricardo Eugenio dos Santos
São Paulo, 2015.

179 p.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2015.

Orientador: Márcio Issao Nakane.

1. Crédito 2. Liquidez 3. Bancos 4. Sistema financeiro 5. Análise de
sobrevivência 6. Inadimplência 7. Corrida bancária. I. Universidade de
São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II.
Título.

CDD - 332.7

À minha esposa!

AGRADECIMENTOS

A experiência que tive no mestrado aflorou o desejo de me aprofundar nos estudos e por esta razão decidi enfrentar o desafio de cursar o doutorado. A jornada começou na seleção que no meu caso foi refazer o curso de Econometria I, porém desta vez trabalhando concomitantemente. O esforço foi recompensado e fui aceito no programa de Teoria Econômica.

Contudo, isso tudo não seria possível não fosse a ajuda de pessoas que forneceram dados ou esclareceram dúvidas sobre eles ou mesmo sobre o TexMaker. Em ordem alfabética: Claudio Ruiz, Elaine Tiemi Okusako Muraoka, Eliane Teixeira dos Santos, Gabriel Garber, Joelson Oliveira Sampaio, Laura Soledad Cutruffo Comparini, Leonardo Nogueira Ferreira, Liliane Travassos da Silva, Paula Carvalho Pereda, Paulo Evandro Dawid, Paulo Henrique Cova Gigliucci, Rogério Rabelo Peixoto, Sarah Piassi Machado Lima, Tatiana Robortella Gluckstern e Willians Akira Yoshioka

Agradeço muito ao meu orientador Márcio Issao Nakane, nossa parceria remonta do ano de 2001, quando me orientou na Monografia de conclusão da Graduação. Sua disciplina, paciência e dedicação me encorajou a seguir em frente e não esmorecer nos momentos mais difíceis.

Gostaria de agradecer também aos professores dos cursos que frequentei: André Cavalcanti Rocha Martins, Candido Ferreira Xavier de Mendonça Neto, Eduardo Amaral Haddad, Elizabeth Maria Mercier Querido Farina, Fabio Kanczuk, Gabriel de Abreu Madeira, Gisela Tunes da Silva, Heleno Martins Pioner, Marcos de Almeida Rangel, Naércio Aquino Menezes Filho, Rafael Felipe Schiozer e Ricardo Rezende Gomes Avelino.

Sou grato às contribuições dos membros das bancas de pré-qualificação e qualificação: Fernando Antonio Slaibe Postali, Jose Raymundo Novaes Chiappin e Sergio Mikio Koyama. Pois, as sugestões apresentadas foram valiosas para o prosseguimento do trabalho.

Meu muito obrigado aos servidores da FEA-USP que promovem o suporte necessário para que nós alunos tenha a nossa situação acadêmica sempre regularizada. As pessoas com quem tive mais contato nestes anos foram Alessandra Francisca Bernardo da Silva, Ana Paula Rodrigues Alves, Francisco Oliveira Costa, Janete Miranda de Araújo, Maria Aparecida de Jesus Sales e Sebastião Francisco Pinho de Sousa.

Claudia Akemi Yassutani, minha esposa e minha mãe, Eidalina Domingos dos Santos me apoiaram em vários sentidos e para elas deixo meu agradecimento.

Por fim, porém não menos importante, agradeço ao Banco Central do Brasil pelo apoio financeiro e pelos dados que possibilitaram a realização da tese.

“Se o conhecimento traz problemas, não é a ignorância que os resolve”

Isaac Asimov

RESUMO

Nesta tese se estudam as duas pontas da atividade bancária. A relacionada com os depositantes e a relacionada com empréstimos e financiamentos. A ligação subjacente entre os artigos é o estudo da mudança de fases. Do lado do depósito o foco está no estudo de corridas bancárias. Explica-se o acontecimento de corridas bancárias pela decisão do depositante de retirar dinheiro prematuramente pelo medo do banco não ter recursos para honrar o contrato. Utiliza-se um modelo de simulação baseado em agentes para avaliar o comportamento dos depositantes sob diversos cenários. Ao impor regras simples, as simulações mostram que, no longo prazo, corridas por boatos tendem a zero conforme os bancos aumentam de tamanho e o mercado fica concentrado. Na outra ponta, a do crédito, se mediu o tempo que demora até uma operação de crédito se tornar inadimplente através de modelos de sobrevivência. Três modalidades de crédito são estudadas: financiamento de capital de giro para pessoas jurídicas e financiamento de veículos e empréstimo pessoal não consignado para pessoas físicas. Os resultados mostram claramente que o comportamento de cada modalidade de crédito é único. Além disso, a qualidade dos empréstimos concedidos durante a recessão causada pela crise de 2008 não é diferente da de outros períodos. A mudança na política de preços dos bancos públicos fez a qualidade do crédito do capital de giro piorar nestas instituições. O Banco Central do Brasil aumenta os fatores de ponderação de risco para novos empréstimos de automóvel mais arriscados. Porém, a decisão não afetou os financiamentos alvo das circulares 3.515 e 3.563.

ABSTRACT

This thesis studies two main activities of banking. Deposit taking and lending. The theme that links the different chapters in the thesis is the study of phase transitions. On the deposit end, it simulates bank runs by using an agent based approach to assess the depositors behavior under various scenarios. Simulations show that in the long run the number of bank runs goes to zero as banks grow and the market concentration increases. At the credit side, it measures the time it takes for a credit operation to become delinquent through the methodology of survival analysis. Three different loan operations are studied: working capital finance for companies and automobile financing and personal loans for individuals. The results clearly show that the behavior of each single type of credit is unique. Moreover, the quality of loans granted during the recession caused by the 2008 crisis is not different from those granted in others periods. The change in the price policy of public banks makes the quality worse of working capital loans in those financial institutions. Banco Central do Brasil raises the risk weight factors to riskier new auto loans in 2010. However, the decision does not influence the targeted loans.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	0
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	7
1 INTRODUÇÃO	9
2 CORRIDA BANCÁRIA: MODELO DE ISING	11
2.1 Introdução	11
2.2 Revisão da Literatura	13
2.2.1 Restrição de Serviços Sequenciais	14
2.2.2 Mecanismos para Evitar a Corrida	15
2.2.3 Influência da Rede Social	16
2.3 Metodologia	16
2.3.1 Modelo de Ising	16
2.4 Simulação	18
2.5 Resultados	23
2.6 Conclusão	26
3 CORRIDA BANCÁRIA: DINÂMICA	28
3.1 Introdução	28
3.2 Metodologia	28
3.2.1 Modelo de Grasselli e Ismail	29
3.2.2 Extensão do Modelo de Grasselli e Ismail	33

3.3	Resultados	36
3.4	Conclusão	39
4	INADIMPLÊNCIA: ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA	40
4.1	Introdução	40
4.2	Revisão da Literatura	42
4.3	Teoria	45
4.3.1	Censura	47
4.3.2	Estimador de Nelson-Aalen para $\Lambda(t)$	49
4.3.3	Estimador de Kaplan-Meier para $S(t)$	49
4.3.4	Teste para igualdade de funções de sobrevivência	50
4.3.5	Modelo de Cox com variáveis que mudam com o tempo	52
4.3.6	Efeitos aleatórios	54
4.4	Descrição dos Dados	55
4.5	Resultados	59
4.5.1	Capital de Giro	59
4.5.2	Financiamento de Automóveis	73
4.5.3	Empréstimo Pessoal não Consignado	89
4.6	Conclusão	104
5	INADIMPLÊNCIA: ANÁLISE SEMIPARAMÉTRICA	106
5.1	Introdução	106
5.2	Metodologia	107

5.3	Descrição dos Dados	109
5.4	Resultados	111
5.4.1	Capital de Giro	111
5.4.2	Financiamento de Automóveis	118
5.4.3	Empréstimo Pessoal não Consignado	128
5.5	Conclusão	135
6	CONCLUSÃO	138
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
	APÊNDICE 01 - CÓDIGOS NETLOGO	146
	Modelo de Ising	146
	Modelo Dinâmico	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de reticulado	17
Figura 2.2 – Tela Inicial do Aplicativo	20
Figura 2.3 – Vizinhaça de Moore	21
Figura 2.4 – Início do mundo com retorno baixo, 25% de informados, 25% de impacientes e raio 1	22
Figura 2.5 – Desenvolvimento do mundo com retorno baixo, 25% de informados, 25% de impacientes e raio 1	22
Figura 2.6 – Número de corridas para raio igual a 1 e retorno alto	24
Figura 2.7 – Início da simulação com retorno alto, 13% de informados, 40% de impacientes e raio 1	24
Figura 2.8 – Final da simulação com retorno baixo, alto, 13% de informados, 40% de impacientes e raio 1	25
Figura 2.9 – Número de corridas para raio igual a 2 e retorno alto	25
Figura 2.10 – Número de corridas para raio igual a 1 e retorno baixo	26
Figura 2.11 – Número de corridas para raio igual a 2 e retorno baixo	26
Figura 3.1 – Quantia necessária para fazer frente a saques em função da proporção de clientes impacientes	31
Figura 3.2 – Telas do modelo dinâmico nos primeiros momentos com regra de Ismail	34
Figura 3.3 – Tela com os bancos consolidados com regra de Ismail	34
Figura 3.4 – Telas do modelo dinâmico nos primeiros momentos com regra $P_{idd,v,pyf}$	35

Figura 3.5 – Tela com os bancos consolidados com regra $P_{idd,v,pyf}$	35
Figura 3.6 – Número de corridas por ciclo	36
Figura 3.7 – Configuração de uma simulação no longo prazo	37
Figura 3.8 – Número clientes que tentaram sacar e não conseguiram	38
Figura 4.1 – Exemplo de censura aleatória à direita	47
Figura 4.2 – Taxa de Juros	60
Figura 4.3 – Prazo da Operação	61
Figura 4.4 – Tipo de Garantia	62
Figura 4.5 – Valor Concedido	63
Figura 4.6 – Idade da empresa	65
Figura 4.7 – Porte da empresa	66
Figura 4.8 – Setor econômico	67
Figura 4.9 – Tipo de controle da instituição financeira	69
Figura 4.10 – Região do Brasil	71
Figura 4.11 – Operação concedida na crise	72
Figura 4.12 – Taxa de Juros	74
Figura 4.13 – Prazo da Operação	75
Figura 4.14 – Tipo de Garantia	76

Figura 4.15 – Valor Concedido	77
Figura 4.16 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por gênero	79
Figura 4.17 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por faixa etária	80
Figura 4.18 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por ocupação	81
Figura 4.19 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por renda	82
Figura 4.20 – Região do Brasil	84
Figura 4.21 – Tipo de Controle combinado com Macrossegmento	85
Figura 4.22 – Operação concedida na crise	86
Figura 4.23 – Operação concedida na crise	87
Figura 4.24 – Taxa de Juros	90
Figura 4.25 – Prazo da Operação	91
Figura 4.26 – Tipo de Garantia	92
Figura 4.27 – Valor Concedido	93
Figura 4.28 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por sexo	95
Figura 4.29 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por faixa etária	96
Figura 4.30 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por ocupação	97
Figura 4.31 – Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por renda	98
Figura 4.32 – Região do Brasil	101

Figura 4.33 – Tipo de Controle combinado com Macrossegmento	102
Figura 4.34 – Operação concedida na crise	103
Figura 5.1 – Adequação do modelo (1)	118
Figura 5.2 – Adequação do modelo (2)	118
Figura 5.3 – Adequação do modelo (3)	118
Figura 5.4 – Adequação do modelo (4)	118
Figura 5.5 – Adequação do modelo (1)	127
Figura 5.6 – Adequação do modelo (2)	127
Figura 5.7 – Adequação do modelo (3)	127
Figura 5.8 – Adequação do modelo (4)	127
Figura 5.9 – Adequação do modelo (5)	127
Figura 5.10 – Adequação do modelo (1)	135
Figura 5.11 – Adequação do modelo (2)	135
Figura 5.12 – Adequação do modelo (3)	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 –	Número de Falências Devido a Pânicos nos EUA - Fonte: Wicker (2001) .	11
Tabela 2.2 –	Proporção de suspensões bancárias entre 1873 e 1931 nos EUA - Fonte: Wicker (2001)	11
Tabela 2.3 –	Principais Crises Bancárias no Brasil - Fonte: Costa (2012)	12
Tabela 2.4 –	Jogo de Coordenação	13
Tabela 4.1 –	Resíduos para diagnósticos pós estimação	53
Tabela 4.2 –	Descrição das variáveis	58
Tabela 4.3 –	Relação entre seção CNAE e setores	68
Tabela 4.4 –	Definição dos macrossegmentos	68
Tabela 4.5 –	Resultados do teste de Wilcoxon	70
Tabela 4.6 –	Resultados do teste de Wilcoxon	88
Tabela 4.7 –	Resultados do teste de Wilcoxon	100
Tabela 5.1 –	Empréstimos atingidos pelas circulares - fonte: Martins e Schechtman (2013)	106
Tabela 5.2 –	Regra empírica de decisão entre usar um modelo discreto ou aproximações para verossimilhança parcial. Fonte: Colosimo e Giolo (2006)	107
Tabela 5.3 –	Descrição dos dados macroeconômicos	110
Tabela 5.4 –	Categorias de referência	111
Tabela 5.5 –	Modelo Semiparamétrico de Cox para Capital de Giro	113

Tabela 5.6 – Categorias de referência	119
Tabela 5.7 – Modelo Semiparamétrico de Cox para Financiamento de Automóveis . .	121
Tabela 5.8 – Categorias de referência	128
Tabela 5.9 – Modelo Semiparamétrico de Cox para Empréstimo Pessoal	130

1 INTRODUÇÃO

O papel dos bancos é o de serem intermediários financeiros entre os depositantes e devedores. Uma das justificativas da existência destas instituições financeiras é a presença de informação assimétrica, ou seja, o fato de que o devedor tem mais conhecimento de sua própria situação que o credor. Na presença de informação assimétrica o credor deve monitorar o devedor. Mas o esforço de monitorar um empréstimo é alto e quando vários agentes delegam esta tarefa para um único ente especializado, ou seja, um banco, há um compartilhamento de custos. Diamond (1984) fundamenta teoricamente esta questão.

Nesta tese se estudam as duas pontas da atividade bancária. A relacionada com os depositantes e a relacionada com empréstimos e financiamentos. A ligação subjacente entre os artigos é o estudo da mudança de fases. Do lado do depósito o foco está no estudo de corridas bancárias. Explica-se o acontecimento de corridas bancárias pela decisão do depositante de retirar dinheiro prematuramente pelo medo do banco não ter recursos para honrar o contrato. Utiliza-se um modelo de simulação baseado em agentes para avaliar o comportamento dos depositantes sob diversos cenários. Ao impor regras simples, as simulações mostram que, no longo prazo corridas por boatos tendem a zero conforme os bancos aumentam de tamanho e o mercado fica mais concentrado. Na outra ponta, a do crédito, se mediu o tempo que demora até uma operação de crédito se tornar inadimplente utilizando modelos de sobrevivência. Os resultados mostram claramente que o comportamento de cada modalidade de crédito é único e que os contratos celebrados durante o período recessão, que vai de setembro de 2008 a janeiro de 2009, não são diferentes, em termos de qualidade, das operações concedidas nos outros períodos. Quanto à mudança de política de preços dos bancos públicos comerciais, houve impacto negativo na qualidade dos empréstimos dos bancos públicos comerciais na modalidade capital de giro e nenhum efeito nas demais modalidades. No caso específico do financiamento de automóveis, as operações que são alvo das circulares 3.515 e 3.563 não mudaram a taxa de falha após a promulgação das mesmas.

Kelly e Ó-Gráda (2000) e Ó-Gráda e White (2003) estudam corridas bancárias utilizando informações provenientes das influências por redes sociais e análise de sobrevivência, respectivamente, sobre o mesmo banco de dados. No primeiro artigo a preocupação é o que desencadeia a corrida e no segundo é o tempo até a decisão de sacar o dinheiro no banco. A tese em tela se vale dos mesmo conceitos, porém, como não houve coleta de dados sobre corrida bancária se opta pela simulação usando autômatos celulares. O objeto da análise de sobrevivência neste

trabalho foi o tempo até a inadimplência da operação.

No segundo capítulo se estuda a decisão de sacar ou não o dinheiro dados os sinais recebidos do ambiente do agente, que são os seus vizinhos e o conhecimento que ele tem sobre a saúde da instituição financeira. No terceiro capítulo não há banco no início e eles surgem do aprendizado dos agentes em um modelo de Diamond-Dybvig com vários ciclos e aprendizagem. O quarto capítulo analisa a sobrevivência das operações do Sistema de Informações de Crédito, SCR, do Banco Central do Brasil de forma não paramétrica. No capítulo 5 se faz a análise semiparamétrica dos mesmos dados. No capítulo final são resumidas as conclusões da tese.

2 CORRIDA BANCÁRIA: MODELO DE ISING

2.1 Introdução

Define-se corrida bancária como saques acima da demanda esperada por liquidez. Tal fato pode aumentar a probabilidade de falência da instituição financeira (DIAMOND; DYBVIG, 1983). Esses saques podem ser causados de forma aleatória (DIAMOND; DYBVIG, 1983) ou causadas por uma percepção de que o banco pode estar em dificuldades (CALOMIRIS; MASON, 2003). Estudar tal fenômeno é importante, pois instituições financeiras com bons fundamentos podem ir à falência devido a uma corrida bancária.

A tabela 2.1 traz quantos bancos foram afetados em cada período de crise nos EUA entre 1873 e 1933, enquanto a tabela 2.2 mostra a proporção de bancos afetados nos pânicos. No caso brasileiro, os eventos de corrida bancária foram extraídos da linha do tempo de Costa (2012) e estão na tabela 2.3.

Tabela 2.1: Número de Falências Devido a Pânicos nos EUA - Fonte: Wicker (2001)

Era dos Bancos Nacionais		Grande Depressão	
Data dos Pânicos	Número de falências	Data dos Pânicos	Número de falências
Setembro 1873	101	Novembro-Dezembro 1930	806
Mai 1884	42	Abril-Agosto 1931	573
Novembro 1890	18	Setembro-Outubro 1931	827
Mai-Agosto 1893	503	Junho-Junho 1932	283
Outubro-Dezembro 1907	73	Fevereiro-Março 1933	feriado bancário

Tabela 2.2: Proporção de suspensões bancárias entre 1873 e 1931 nos EUA - Fonte: Wicker (2001)

Era dos Bancos Nacionais		Grande Depressão	
Data do Pânico	Porcentagem	Data do Pânico	Porcentagem
1873	1.648%	1930	3.4%
1884	0.6%	Abril-Agosto 1931	2.95%
1890	0.15%	Setembro-Outubro 1931	4.27%
1893	4.2%		
1907	0.26%		

Em resposta à grande depressão, em 1934, nos EUA, foi criada a Corporação Federal de Seguro Depósito (FDIC) em inglês, um seguro depósito com o objetivo de inibir novas corridas. No Brasil, o Fundo Garantidor de Crédito foi estabelecido em 1995 com o mesmo fim. Detalhes destes seguros depósitos e de outros adotados por diversos países pode ser encontrado em Demirgüç-Kunt, Karacaovali e Laeven (2005).

O interesse por estudar corridas bancárias não se restringe a fatos históricos. Por exemplo, ocor-

Tabela 2.3: Principais Crises Bancárias no Brasil - Fonte: Costa (2012)

Data do Pânico	Descrição
1857	Criação de bancos emissores e corrida bancária com suspensão da conversibilidade dos títulos financeiros do Banco do Brasil
1864	Crise de carência de liquidez, provocando fechamento de casas bancárias e quebras de firmas comerciais.
1875	Nova contração econômica, pânico bancário e falência do Banco Mauá e Cia.
1900	Crise bancária em função da política de estabilização que quase destruiu o Banco da República do Brasil, salvo por ajuda governamental.
1905	Criação do atual Banco do Brasil, quando uma crise bancária levou seu predecessor direto, o Banco da República, à beira da falência.
2002	Crise da antecipação da marcação a mercado os fundos mútuos de investimento, com fuga de capital para depósitos de poupança.

reu uma corrida ao Northern Rock da Irlanda em 2008, vide Shin (2009). No Brasil, Oliveira, Schiozer e Barros (2014) estudam o caso dos bancos pequenos e médios no Brasil, que sofreram uma corrida imediatamente após a quebra do Lehman Brothers em setembro de 2008, apesar dos fundamentos dos mesmos serem sólidos. Os autores encontraram que, o impacto negativo de liquidez, causado pela corrida, diminuiu a oferta de crédito. Ou seja, mesmo que hoje em dia sejam raras, durante crises, grande volumes de saques inesperados podem acontecer e levar uma instituição financeira a ter falta de liquidez.

O presente capítulo simula uma corrida bancária a partir da decisão estratégica de depositantes em um jogo de coordenação com base no modelo de Diamond e Dybvig (1983), tal como Grasselli e Ismail (2013). Utilizam-se autônomos celulares para modelar tal situação e a rede social é crucial para sua tomada de decisão. Essa abordagem de interação local é um modelo de magnetização de Ising (DENG; YU; LI, 2010). Os resultados mostram que a inclusão de agentes informados sobre a situação dos bancos permite corridas bancárias por falta de fundamentos, como por pânico. Por que a escolha pela simulação ao invés de um experimento ou análise econométrica? A não opção pela primeira é a dificuldade de conseguir uma amostra aleatória da população que possa produzir resultados significativos. O uso da econometria também seria bem-vinda, pois há trabalhos tais como Kelly e Ó-Gráda (2000) ou Calomiris e Mason (2003) que podem servir de ponto de partida, porém as conclusões ficam restritas à amostra colhida. Simular por agentes que reagem ao meio e se adaptam permite a emergência de fenômenos que um trabalho teórico não consegue enxergar, além disso, os resultados são mais gerais, pois os agentes são estilizados.

Este trabalho contribui para a literatura ao introduzir a sinalização sobre se o retorno do investimento vai ser alto ou baixo com alguns agentes capazes de entender tal sinal. Com esta nova

característica os resultados mostram que uma proporção maior de depositantes capacitados a entender o ambiente financeiro pode aumentar o efeito disciplinador de mercado das corridas como defende Calomiris e Mason (2003).

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma. A seção 2 revisa a literatura de corrida bancária. Na seção 3 a metodologia utilizada é explicada. A seção 4 detalha o simulador. A seção 5 apresenta os resultados. E a conclusão é feita na seção 6.

2.2 Revisão da Literatura

Diamond e Dybvig (1983) modelam um banco como um mecanismo que permite investidores financiarem projetos sem liquidez, mas lucrativos, ao protegê-los de consumos antecipados não previstos. Há três períodos. O período inicial, zero, onde os agentes não conhecem o seu tipo e depositam uma unidade monetária no banco. No período 1, os agentes passam a conhecer o seu tipo, se é impaciente ou paciente, através de um sorteio e nesse instante, podem sacar uma quantia $r_1 \geq 1$. No período 2, o ativo ilíquido tem retorno R , tal que, $R \geq r_1$. Porém, os agentes pacientes recebem $r_2 \leq R$. Caso $R \geq r_2 > r_1$ esses depositantes esperam para sacar no segundo período, porém se $R \geq r_1 > r_2$ os mesmos sacam no período 1. Além disso, o banco não sabe o tipo do depositante. Um jogo de coordenação possível para os agentes pacientes pode ser visualizado na tabela 2.4.

Tabela 2.4: Jogo de Coordenação

	Espera	Saca
Epera	R, R	r_2, r_1
Saca	r_1, r_2	$0, 0$

O jogador da linha da tabela 2.4 é um depositante paciente e a coluna representa todos os outros agentes desse tipo. Então se todos esperam, eles podem sacar R unidades monetárias. Porém, se ele espera e os outros sacam ele recebe r_2 . Caso ele saque no primeiro período e os outros esperam a sua recompensa é r_1 . Porém, se todos sacam, pode ser que não haja valor a receber.

Diamond e Dybvig (1983) concluem então que pode haver corridas bancárias mesmo que em bancos com finanças sólidas. A partir de então os autores estudam como acontece o pagamento dos depositantes, surge então a restrição de serviços sequenciais. Além disso, eles propõem que o seguro depósito inibe corridas bancárias e que a suspensão da convertibilidade deixa agentes com necessidade de liquidez sem dinheiro.

2.2.1 Restrição de Serviços Sequenciais

Segundo Diamond e Dybvig (1983), o contrato de demanda por depósitos satisfaz uma restrição de serviços sequenciais quando o valor que o depositante tem a receber depende apenas da sua posição na fila e é independente do estado dos agentes que estão atrás dele. Por isso, se muitos dos agentes pacientes decidirem antecipar o saque, o banco irá servir os depositantes até que o seu caixa esteja esgotado, os agentes que estiverem atrás do último a receber ficam sem nada. Os autores mostram que tal medida garante o pagamento prometido aos depositantes pacientes no último período, porém, pode acontecer de que pessoas com necessidade de liquidez fiquem sem numerário. Ou seja, a solução não otimiza a utilidade. Kelly e Ó-Gráda (2000) junto a Ó-Gráda e White (2003) mostram que a corrida de 1854 em Nova York teve como gatilho o medo que alguns depositantes tinham em não receber o prometido pelo banco por chegar tarde a uma provável corrida.

A restrição de serviços sequenciais é uma hipótese frequentemente adotada na literatura de corrida bancária. Wallace (1988) salienta que a hipótese de que as pessoas não se comunicam no período 1 implica na restrição sequencial de serviços. O resultado obtido é que os retornos dos saques antecipados dependem da ordem aleatória dos saques. Calomiris e Kahn (1991) tratam a restrição sequencial de serviços em um modelo teórico, no qual, os banqueiros podem desviar recursos dos clientes, e propõem um contrato para evitar tal situação. Romero (2009) explicita essa restrição em suas simulações. Funciona da seguinte maneira: apenas um agente, escolhido aleatoriamente, resolve se saca ou não, imitando a formação de uma fila.

A hipótese de serviço sequencial sempre implica em corrida bancária? Green e Lin (2000) dizem que não, ao construir um ambiente teórico no qual não há corrida bancária, mesmo com a restrição de serviço sequencial, pois, os depositantes seriam incentivados a dizer a verdade. Ou seja, não há informação assimétrica que caracteriza um jogo de coordenação. Peck e Shell (2003) criticam o trabalho de Green e Lin (2000), pois as corridas bancárias são fatos históricos. Para explicar o porquê da existência desse fenômeno, eles relaxam duas hipóteses do modelo de Green e Lin (2000). A primeira é permitir que as utilidades dos tipos de depositantes podem ser diferentes entre si. E a segunda hipótese é a eliminação do conhecimento que o agente teria de sua posição na fila para sacar. Então Peck e Shell (2003) concluem que com estas hipóteses há a possibilidade de corridas bancárias.

A suposição dessa restrição pode estar implícita. O trabalho experimental de Garratt e Keister

(2009) não impõem a restrição de serviços sequenciais para os participantes. Caso o banco quebre, o valor disponível em caixa é repartido igualmente entre os depositantes. Porém, caso seja feita a restrição, o valor esperado que um depositante recebe é o mesmo que Garratt e Keister (2009) impõem. Enquanto a simulação de Deng, Yu e Li (2010) deixa essa restrição implícita na decisão dos depositantes pacientes de sacar ou não no primeiro período.

2.2.2 Mecanismos para Evitar a Corrida

Há como evitar a corrida bancária? Diamond e Dybvig (1983) exploram a suspensão de convertibilidade e o seguro depósito como alternativas. A primeira opção consiste em não permitir que ninguém na fila possa sacar no primeiro período após atingir uma proporção de depositantes pré-estabelecida pelo banco.

Sob a hipótese de restrição de serviço sequencial, os autores mostram que, quando a proporção de agentes impacientes é aleatória, os contratos bancários não conseguem atingir o compartilhamento de risco ótimo, ou seja, servir todos os impacientes no primeiro período e os pacientes no segundo. A utilização da suspensão de conversibilidade é citada pelos artigos de Kelly e Ó-Gráda (2000), como também em Ó-Gráda e White (2003), na corrida bancária de 1857, que foi objeto de estudo desses trabalhos. Ennis e Keister (2009) focam nas políticas intervencionistas que são eficientes *ex post*, uma vez que a corrida está em curso. Os autores mostram como a antecipação de tal intervenção pode gerar condições necessárias para que uma corrida auto-realizável ocorra no paradigma de Diamond e Dybvig (1983).

Diamond e Dybvig (1983) propõem que contratos de seguro depósitos com o governo como fiador alcançam um único equilíbrio de Nash ótimo, caso o governante imponha uma taxa ótima para financiar o seguro depósito. Essa afirmação é contestada por Wallace (1988), que deduziu que o seguro depósito proposto por Diamond e Dybvig (1983) é inviável, porém deixa em aberto a factibilidade de outros arranjos. Outra crítica, segundo Ennis e Keister (2009), é que nem sempre é factível que o governo possa garantir o pagamento do valor integral dos depósitos no advento de uma corrida generalizada. Calomiris e Kahn (1991) tem, como um dos resultados, que a corrida bancária é um mecanismo disciplinador de mercado, pois se os depositantes monitores percebem que o banco está desviando dinheiro, eles sacam e podem iniciar uma corrida bancária. Ou seja, um seguro depósito incentiva risco moral, pois os depositantes podem investir em bancos que tomam mais riscos. Na mesma linha, Chari e Jagannathan (1988) consideram um modelo próximo ao de Diamond e Dybvig (1983), no qual introduzem um re-

torno aleatório no investimento, que pode ser observado por alguns agentes do tipo paciente. Se o sinal que os agentes recebem indica um desempenho ruim, isso os induz a querer sacar no período 1.

2.2.3 Influência da Rede Social

A rede social do depositante influencia a tomada de decisão. Kelly e Ó-Gráda (2000) descobrem que, durante os pânicos de 1854 e 1857 em Nova York, a rede social nas quais esses depositantes pertenciam foi o fator mais atuante na decisão de saque. Hong, Kubik e Stein (2004) apontam que os autores do trabalho em questão não consideraram agentes "antissociais" e desenvolvem um modelo para decisão de compra de ações em que concluem que pessoas sociáveis têm predisposição maior para investir em bolsas de valores comparado com quem é "antissocial".

A hipótese de que a rede social importa em corridas bancárias é feita em artigos da área de complexidade. Por exemplo, as simulações de Romero (2009), Deng, Yu e Li (2010) e Grasselli e Ismail (2013) levam em conta a influência da rede de contatos do depositante em sua tomada de decisão. De acordo com os efeitos de sincronização do modelo de Deng, Yu e Li (2010), a corrida bancária pode ocorrer apenas pela imitação entre os depositantes, mesmo na ausência de choque exógeno.

2.3 Metodologia

Nesse artigo parte-se do modelo de Ising em um reticulado com celulares autômatos, da mesma forma que Deng, Yu e Li (2010) para entender o que ocorre no período 2 do modelo de (??)Diamond⁸³. Em um segundo momento, modifica-se o modelo de (??)grasselli2011agent a fim de incorporar o efeito da influência social nos agentes pacientes.

2.3.1 Modelo de Ising

A figura 2.1 exemplifica um reticulado de partículas, representadas por círculos, que têm uma propriedade chamada spin, associada à magnetização. Estes spins podem assumir um dos dois valores do conjunto $\{-1, +1\}$. Cada círculo ou nó pode ter até quatro arestas o ligando a seus

vizinhos. Exemplo, o nó $(2,2)$ está ligado aos nós $(2,3), (3,2), (2,1), (1,2)$. Cada partícula recebe influência de seus vizinhos, suponha que vizinhos de $(2,2)$ tenham todos spin igual $+1$, então se houver um campo que favoreça a imitação, mesmo que o spin do nó citado seja -1 , ele mudará para $+1$ devido à influência da vizinhança. A seguir uma definição formal.

Figura 2.1: Exemplo de reticulado

Seguindo Sethna (2006), considere o conjunto Λ de nós de um reticulado em que cada um deles interage com seus vizinhos. Pode-se associar a cada um dos nós uma variável $\sigma_j \in \{-1, +1\}$. Ainda, define-se a configuração de spin $\sigma = (\sigma_j)_{(j \in \Lambda)}$ a atribuição de valor de spin para cada nó do reticulado. Para quaisquer nós adjacentes $i, j \in \Lambda$ há uma interação J_{ij} . Se $J_{ij} > 0$ o modelo favorece spins paralelos; se diz que a interação é ferromagnética e em baixas temperaturas se há uma tendência em se alinhar todos para cima ou todos para baixo. Caso $J_{ij} < 0$, a interação é chamada de antiferromagnética e em baixas temperaturas e o equilíbrio se parece com um tabuleiro de xadrez. A energia de uma configuração σ é dada pelo Hamiltoniano:

$$H(\sigma) = \sum_{i,j} J_{ij} \sigma_i \sigma_j - H \sum_i \sigma_i$$

O fator H é chamado de campo externo, e a soma $\sum_i \sigma_i$ expressa a magnetização. Nesse artigo usa-se $J_{ij} = 1$ para todas as simulações, diferentemente de Deng, Yu e Li (2010) que definiram a variável de interação como uma aproximação do nível de influência que os vizinhos exercem sobre o depositante. Além disso, consideram-se oito vizinhos adjacentes ao invés de quatro.

2.4 Simulação

O código em NetLogo está no apêndice Modelo de Ising. No mundo a ser simulado há várias células, onde cada uma representa um depositante que pode ser de dois tipos, paciente ou impaciente. Esses depositantes podem mudar seu próprio tipo em função dos tipos de seus vizinhos.

A regra de transição de um agente para mudar de estado para outro é:

Regra de mudança de tipo $M_{t,v}$: Caso meu tipo t seja paciente e v vizinhos sejam impacientes, mudo meu tipo para impaciente.

O aplicativo da Figura 2.2 usa autômatos celulares¹ a fim de simular corridas bancárias. Cada pedaço do quadrilátero representa um depositante que pode ser do tipo impaciente, os de cor vermelha, ou paciente, os de cor azul. Segue a descrição dos comandos:

- Controle "Impatient" determina a proporção dos tipos na população. O tipo de cada depositante então é distribuído aleatoriamente.
- A chave "High return" diz se o investimento terá um alto ou baixo rendimento no segundo período. No primeiro caso temos a situação $R \geq r_2 > r_1$. No segundo caso ocorre $R > r_1 \geq r_2$.
- A extensão de agentes pacientes informados da situação do investimento, se ele será alto ou baixo, no segundo período é baseada no controle "Information level". Uma vez definida a proporção de agentes pacientes informados, a situação de cada um é sorteada aleatoriamente.
- O indicador "radius" permite selecionar o raio da vizinhança de Moore que pode ser de 0 a 5. A figura 2.3 mostra um exemplo para raios 1, 2 e 3 em relação à célula central em preto.
- Já, "threshold" informa qual a proporção mínima de depositantes pacientes que o agente do tipo paciente desinformado tem que ter em sua rede social para sacar no segundo período. Caso contrário ele saca imediatamente.

¹Wolfram (1982) define autômatos celulares como uma matriz de células que possuem estados alterados de acordo com o seu estado anterior e das células vizinhas em tempo discreto.

- O botão "setup" constrói o mundo a ser simulado e o "go" inicia a simulação.
- Há duas janelas no lado direito que mostram o número de células azuis, "Blue patches", e vermelhas, "Red patches".

Figura 2.2: Tela Inicial do Aplicativo

- Abaixo das janelas há um gráfico que é atualizado no desenvolvimento da simulação.

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	1		1	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

Figura 2.3: Vizinhança de Moore

O aplicativo apresentado avança em relação ao de Deng, Yu e Li (2010) ao incorporar a informação sobre a saúde bancária mensurada pelo estado do retorno, alto ou baixo. A importância desta nova característica do modelo baseia-se na ideia de que corridas bancárias não ocorrem apenas por acaso, mas também pelo conhecimento que a saúde financeira de um banco não está boa ou que a situação financeira dos clientes é ruim devido algum choque econômico. Um trabalho com ideias semelhantes é Goldstein e Pauzner (2005).

Os passos da simulação são:

1. Construção de quadriculado onde cada pedaço é um depositante cujos parâmetros foram determinados pelo aleatoriamente, a partir das entradas proporção de impacientes, nível de retorno, raio e limiar;
2. Os agentes impacientes sacam qualquer que seja o estado do investimento;
3. Depositantes pacientes informados sacam se o retorno do investimento for baixo e esperam se ele for alto, note que no primeiro caso eles agem com se fossem impacientes, aumentando assim o número de agentes que sacam. No segundo caso tais agentes formam uma conjunto fixo de pacientes, o que pode inibir a corrida dos pacientes desinformados;
4. A simulação é apenas sobre a decisão estratégica dos agentes pacientes desinformados²;

²Todos os outros agentes já têm sua decisão pré-estabelecida, os únicos que decidem são os depositantes que não sabem como está a saúde do banco e que esperariam se tudo estivesse correndo bem.

Figura 2.4: Início do mundo com retorno baixo, 25% de informados, 25% de impacientes e raio 1

Figura 2.5: Desenvolvimento do mundo com retorno baixo, 25% de informados, 25% de impacientes e raio 1

5. Cada um deles calcula a proporção de agentes que estão dispostos a sacar em sua rede social;
6. Caso essa proporção seja menor que o limite mínimo pré-estabelecido o agente sinaliza o saque, ou seja, muda de cor.
7. Repetem-se os passos 3 a 6 até que ninguém mais mude de cor.

As figuras 2.4 e 2.5 mostram como se dá a evolução de um mundo com retorno baixo, 25% de informados, 25% de impacientes e considerando-se apenas os oito vizinhos imediatos, ou seja, raio igual a um. Na figura 2.4 percebe-se uma quantidade grande de agentes pacientes, ou seja, de cor azul. A figura 2.5 mostra a configuração após sete períodos, agora há um predomínio de agentes de cor vermelha, ou seja, que decidiram sacar. Além da chance de 25% de ser impaciente, há 25% de probabilidade do agente paciente saber que o investimento vai ser de baixo retorno e que devem sacar imediatamente, ou seja, eles também serão vermelhos. Por isto há esta maior quantidade de agentes com sinalização de serem impacientes na figura 2.4. Os depositantes pacientes que estão cercados por quatro ou mais agentes com sinalização de saques vão mudar sua cor para vermelho e rapidamente acontece a corrida bancária, figura 2.5. Note que ainda há regiões no qual há agentes azuis, isto mostra que a informação não chega de forma instantânea a todos.

2.5 Resultados

Foram feitas 1.000 simulações para as variáveis *Informationlevel*, com valores no conjunto 0,5,10,...,50, *Impatient* em 10,20,30,40,50, *Highreturn* assumindo verdadeiro ou falso e "radius" igual 1 ou 2. A variável *threshold* foi fixada em 50%. Essa combinação resultou em 220.000 linhas de dados. Quando o volume de saques é maior que o total depositado se diz que ocorre uma corrida bancária, conforme a equação a seguir. A simulação termina quando não há mais fundos no banco ou quando não há mais nenhuma mudança de estado dos depositantes.

$$r_1 \cdot s \geq N$$

Onde r_1 é o retorno pago para os depositantes que sacam no primeiro período, s é o número de depositantes que pretendem sacar no primeiro período, ou seja, é a soma dos agentes impacientes e dos pacientes que decidiram pela antecipação e N é o número total de depositantes. Nas simulações realizadas, os seguintes valores são utilizados $r_1 = 1,4$ e $N = 10.201$, pois a grade é um quadrado com 101 agentes em cada lado.

As figuras de 2.6 a 2.11 resumem os resultados obtidos. O eixo vertical representa o número de corridas, que é de máximo mil, pois é o número de simulações feitas para cada caso. A abscissa apresenta a proporção de agentes pacientes informados e cada linha colorida representa o padrão observado para uma determinada porcentagem de depositantes impacientes.

A figura 2.6 representa a situação na qual a vizinhança de Moore tem raio 1, ou seja, cada agente tem 8 vizinhos e o banco tem retorno alto o suficiente para que os agentes pacientes recebam mais no segundo período em relação ao primeiro. Por exemplo, considere a linha roxa que corresponde a um mundo no qual há quarenta por cento de chance de um agente ser impaciente. Ocorrem corridas bancárias até que o número de agentes pacientes informados seja maior ou igual a quinze por cento. Percebe-se que a transição entre os estados é rápida, formando quase uma linha vertical, típica do modelo de Ising. No outro extremo há a curva que representa uma chance de quarenta e oito por cento do depositante ser impaciente. Neste caso o limiar para não haver corridas é de quarenta por cento de agentes pacientes informados. Pode-se concluir da figura que as corridas ocorrem quando há nível baixo de informação e proporção alta de agentes impacientes.

Figura 2.6: Número de corridas para raio igual a 1 e retorno alto

Para ilustrar, as figuras 2.7 e 2.8 ilustram um mundo com 13% de informados, 40% de impacientes e raio 1 nas situações inicial e final respectivamente. A escolha destes parâmetros se deve ao fato dos mesmos corresponderem a uma situação de transição no gráfico 2.6. Ou seja, a linha roxa que está entre as abscissas 10% e 15%. Veja que mesmo com um retorno alto, o número de depositantes informados não é suficiente para quase todos os agentes corram, figura 2.8.

Figura 2.7: Início da simulação com retorno alto, 13% de informados, 40% de impacientes e raio 1

Na figura 2.9 se modifica apenas o raio de 1 para 2 em relação à figura 2.6, ou seja, agora cada agente tem uma rede social com 15 contatos. Na figura observa-se que ocorre corrida em 70% dos casos quando não havia agentes informados e a probabilidade do agente ser impaciente é de 50%. Comparando com a figura 2.6, o aumento do raio, que é o mesmo que considerar um crescimento na rede social, fica mais difícil haver corridas bancárias.

As figuras seguintes representam os casos quando o retorno é baixo e assim o agente paciente recebe menos no segundo período.

Figura 2.8: Final da simulação com retorno baixo, alto, 13% de informados, 40% de impacientes e raio 1

Figura 2.9: Número de corridas para raio igual a 2 e retorno alto

Pode-se ver que na figura 2.10 as corridas ocorrem com maior frequência em relação à figura 2.6, como esperado, pois o retorno do investimento é baixo e quanto maior a proporção de agentes pacientes informados, maior o número de saques. Mais uma vez, o nível de informação e a proporção de impacientes são determinantes. Por exemplo, com chance de 10% de o agente ser impaciente, curva azul, é necessária que a probabilidade de ser informado seja superior a 25% para que ocorram corridas.

A figura 2.11 mantém o baixo retorno e eleva o raio para 2. Quando a esperança do agente ser impaciente é de 10%, curva azul, o limiar para que ocorram corridas agora é 40% de chance de o agente ser informado. Em relação à figura 2.10 há uma dificuldade maior de ocorrer corridas, ou seja, um aumento na rede social que o agente usa para tomar sua decisão dificulta a ocorrência de corridas. O resultado é parecido no caso de alto retorno representado pelas figuras 2.6 e 2.9.

Figura 2.10: Número de corridas para raio igual a 1 e retorno baixo

Figura 2.11: Número de corridas para raio igual a 2 e retorno baixo

2.6 Conclusão

Os resultados da simulação mostram que a proporção alta de agentes pacientes informados induz um comportamento racional. Se o banco está bem e pode pagar o prometido para quem esperar o segundo período, o comportamento esperado é não sacar antecipadamente. E isso ocorre para níveis mais altos de informação, mantendo tudo mais constante. O tamanho da rede de contatos, representado pelo raio da vizinhança de Moore, inibe a corrida bancária, isso porque a probabilidade de haver mais de 50% de vizinhos impacientes diminui à medida que a rede aumenta.

Porém, caso o retorno seja baixo, se espera que o agente paciente antecipe o saque. Isso também ocorre quando o nível de informação é mais alto. Porém, uma vizinhança maior parece confundir o depositante paciente e não informado fazendo com que as corridas aconteçam apenas

quando a proporção de agentes informados cresce.

Esses resultados concordam com os fatos observados por Kelly e Ó-Gráda (2000) em Nova Iorque, no ano de 1854, quando não havia problemas no setor financeiro, e 1857, quando houve problemas de liquidez em alguns bancos. Quando o banco tem perspectiva de entregar retornos altos, na simulação, uma alta proporção de depositantes desinformados, mantendo o número de agentes impacientes constante, aumenta a chance de haver uma corrida bancária. Segundo os resultados de Ó-Gráda e White (2003), a corrida de 1854 foi maior entre os trabalhadores não especializados, que, para os autores, é um indicativo de falta de acesso ao conhecimento da real situação dos bancos. Por outro lado, em 1857 a saúde financeira de alguns bancos não era boa e a corrida começou com trabalhadores especializados. O que corresponde, no escopo do trabalho em tela, a um baixo retorno do banco e alta proporção de agentes pacientes informados. O resultado da simulação também está em linha ao observado, pois, nesse cenário, a proporção maior de agentes informados precipita saques antecipados. A influência do tamanho da rede de contatos não foi alvo de investigação no artigo citado nesse parágrafo e nem em Kelly e Ó-Gráda (2000), porém, redes sociais maiores parecem implicar em menor propensão à corrida para os depositantes pacientes sem informação sobre os retornos futuros.

O capítulo contribui para a literatura de simulação de corridas bancárias ao introduzir os estados alto e baixo para o retorno de investimentos. Neste modelo há a possibilidade de corridas desencadeadas por uma sinalização de que o agente vai receber menos no período seguinte do que se ele sacar imediatamente. Porém, para que isso ocorra, existe um limiar de depositantes pacientes e que saibam ler tais sinais. Esta é diferença fundamental em relação à Deng, Yu e Li (2010), que propuseram um modelo que considera apenas a imitação de agentes sem sinalização externa, como o apresentado neste capítulo. Os resultados deste capítulo concordam com Deng, Yu e Li (2010) que uma proporção maior de agentes pacientes e maiores raios tornam o sistema menos suscetível a corridas bancárias.

O modelo apresentado neste capítulo estuda apenas a transição de fase, ou seja, tem como objeto de pesquisa o segundo período do modelo de Diamond e Dybvig (1983) no qual os agentes pacientes decidem se sacam ou esperam. No próximo capítulo, um modelo dinâmico com vários ciclos do modelo de Diamond e Dybvig (1983) é construído, além disso se introduz o aprendizado como característica dos agentes e também o surgimento dos bancos se torna endógeno.

3 CORRIDA BANCÁRIA: DINÂMICA

3.1 Introdução

O modelo apresentado se insere na literatura de sistemas complexos adaptativos, onde os agentes reagem ao ambiente por meio de sinais recebidos e de suas regras internas. Como eles possuem memória e podem escolher qual a regra que fornece uma melhor resposta, os agentes se adaptam de tal modo que otimizam sua função utilidade no longo prazo. Para maiores detalhes sobre sistemas complexos adaptativos vide Holland (2014).

O presente capítulo simula o modelo de Diamond e Dybvig (1983) de modo dinâmico de modo que os três períodos deste modelo são repetidos em ciclos. Cada agente possui memória e a usa para estimar o que pode acontecer e age maximizando os seus retornos. Além disso o banco não é exógeno como no capítulo anterior, agora um dos agentes pode se tornar banqueiro se as condições forem favoráveis.

Este modelo é uma extensão de Grasselli e Ismail (2013). A principal contribuição do modelo aqui apresentado é a implementação da corrida por imitação e também a restrição de serviços sequenciais. Tais condições levam a uma estabilidade de longo prazo, com uma alta concentração bancária. Grasselli e Ismail (2013) também chegam ao resultado de que no longo prazo há poucos bancos estabelecidos, porém não mediram o número de corridas bancárias em cada ciclo.

O número de corridas diminui com o aumento do tamanho dos bancos, este é o resultado mais importante do presente capítulo. Não houve imposição de seguro depósito, existe apenas a restrição de serviços sequenciais e a punição do agente, que deixa de ser cliente do banco quando não recebe o prometido.

3.2 Metodologia

Foi escolhido o modelo de Grasselli e Ismail (2013) como base, o qual é apresentado rapidamente na primeira subseção. A extensão proposta é a inclusão da influência da rede social no modelo e da restrição de serviços sequenciais.

3.2.1 Modelo de Grasselli e Ismail

Há três períodos, tal como em Diamond e Dybvig (1983). No primeiro, não há bancos, cada agente i tem uma dotação aleatória com distribuição uniforme $U_i \in [0, 1]$. Grasselli e Ismail (2013) interpretam como utilidade dos agentes, porém, vê-la como restrição orçamentária faz mais sentido. Além desta dotação, há a escolha de receber uma unidade monetária no segundo período, caso aplique no ativo líquido. Na hipótese de aplicar no ativo ilíquido, pode-se receber $r < 1$ se resgatar no segundo período ou $R > 1$ se esperar até o terceiro período. Seja $\bar{U}_i$ a dotação realizada no primeiro período, sobre ela é aplicado um choque exógeno tal que sua dotação no segundo período e torna:

$$\rho_i = \bar{U}_i + (-1)^{b_i} \frac{\varepsilon_i}{2}$$

Onde b_i é uma variável aleatória com distribuição de Bernoulli que pode assumir os valores do conjunto $\{0, 1\}$ e $\varepsilon_i \in [0, 1]$ tem distribuição uniforme. Ou seja, agentes podem mudar suas necessidades de liquidez dependendo do tamanho do choque em $\bar{U}_i$.

No modelo se permite que o ciclo citado se repita várias vezes. Assim, dado um ciclo k , o sorteio para determinar a restrição orçamentária de cada agente e por consequência o ativo no qual ele investirá é feita no período $k(0)$, em $k(1)$ acontece o choque e a procura por parceiros para negociar e em $k(2)$ os agentes com ativo ilíquido recebem R .

Um banco é definido como um agente que tem um contrato que paga c_1 no segundo período, tal que $1 < c_1 < R$ e c_2 no terceiro com $c_1 < c_2 < R$. Quando existe um banco os agentes podem ou não aderir a este contrato conforme regra descrita posteriormente.

Tal estrutura permite a existência de memória e aprendizado. Com base em seus preditores, os agentes decidem tornar-se ou não clientes de um banco.

Regras de transição dos agentes:

Barganhar com $B_{U,v}$: o agente que teve um choque de renda positivo procura algum vizinho com um choque negativo para negociar ativos.

Nesta regra, após o choque na restrição orçamentária, quem tem ativo líquido e agora quer esperar para receber R pode trocar com alguém que tenha o ativo ilíquido e necessite de dinheiro imediatamente. Essa troca melhora a situação de ambos, porém, nem sempre é possível encontrar um parceiro em sua rede social, v .

Tornar-se banco $BK_{c1,c2,R}$: o agente estima qual a proporção de agente impacientes em sua vizinhança. Dados os parâmetros c_1 , c_2 e R decide se abre ou não um banco.

Por definição, os primeiros candidatos a clientes de um banco são seus oito vizinhos e ele próprio, portanto há nove depositantes em potencial. A decisão de se tornar ou não banco depende da proporção de agentes impacientes, que, por hipótese, os agentes desconhecem e por esta razão é necessário fazer uma estimativa, criando assim a variável aleatória w tal que:

$$w \in \left\{ \frac{1}{9}, \frac{2}{9}, \dots, \frac{9}{9} \right\}$$

A soma do valor estimado para pagar cada cliente impaciente no segundo período, $y_i = w_i c_1$, e cada paciente no terceiro, $Rx_i = (1 - w_i) c_2$, tem que ser menor ou igual a uma unidade, caso contrário não vale a pena se estabelecer como banco. Ou seja, $y_i + x_i \leq 1$. Manipulando as expressões citadas tem-se que:

$$w_i \leq \frac{R - c_2}{Rc_1 - c_2}$$

A quantia per capita que o banco tem que dispor para pagar os clientes no segundo e terceiro períodos pode ser escrita como:

$$f(w) = c_1 w + \frac{c_2(1 - w)}{R}$$

No ciclo k o banco j atualiza a estimativa de w pela seguinte fórmula:

$$w_j^k = w_j^{k-1} + \alpha (\bar{w} - w_j^{k-1})$$

Com $\alpha \in [0, 1]$.

Caso $w \in [0, 1]$ temos que $f(w) \in [\frac{c_2}{R}, c_1]$. Pelo teorema de Bolzano, se uma função f é contínua num intervalo fechado $[a, b]$ então $\forall S \in (f(a), f(b)), \exists c \in (a, b) : f(c) = S$. Ou seja, para cada valor $Q \in (1, c_1)$ existe $\omega \in [w^*, 1]$ tal que $f(\omega) = Q$, onde $f(w^*) = 1$. Em outras palavras, há realizações de w que impedem a criação de um banco ou, caso este já exista, a quantia arrecadada de seus clientes em um ciclo pode não ser suficiente para honrar o contrato.

Ao desenhar o gráfico da função $f(w)$ tem-se a figura 3.1.

Figura 3.1: Quantia necessária para fazer frente a saques em função da proporção de clientes impacientes

Os parâmetros utilizados na figura 3.1 foram $c_1 = 1,1$, $c_2 = 1,5$ e $R = 2$. Nota-se que há um limite se w^* passar de um certo limite os depósitos são insuficientes para honrar o contrato entre o banco e seus clientes. A área hachurada é onde $1 - (x + y) \geq 0$ e tal diferença é usada como reserva.

A regra descrita em Grasselli e Ismail (2013) para a abertura de contas em um banco é:

Procurar clientes $P_{idd,v,pyf}$: seleciona clientes em uma vizinhança em função da idade do banco. Se o cliente avalia que vale a pena, ele abre conta no banco.

No primeiro período o banco pode ter seus vizinhos de Moore imediatos como potenciais clientes. No segundo período a vizinhança passa de 8 para 24 e assim por diante.

O índice idd é a idade do banco medida em períodos. Enquanto pyf é o resultado de comparações dos retornos esperados pelos agentes ao se associar a um banco ou não. Cada agente utiliza 7 possíveis preditores construídos a partir de sua memória, que é limitada a 5 períodos. Esta memória contém informações sobre se após o choque não houve mudança na restrição orçamentária, N , se houve e não havia parceiro, B ou ainda se mudou e achou alguém para barganhar, G . A previsão de cada um é comparada com a realização e um vetor de forças dos preditores, Φ , é atualizado da seguinte forma: em caso de acerto é acrescentado 1 e em caso de erro subtrai-se 1. Os preditores citados são:

1. O próximo período será igual ao do ciclo anterior
2. O próximo período será igual ao de dois ciclos anteriores
3. O próximo período será igual ao de três ciclos anteriores
4. O próximo período será igual ao de quatro ciclos anteriores
5. O próximo período será igual ao de cinco ciclos anteriores
6. O próximo período será igual à moda dos últimos três ciclos anteriores
7. O próximo período será igual à moda dos últimos cinco ciclos anteriores

Na decisão para tornar-se cliente, o agente pode mapear o retorno de cada preditor a partir de U_i^k na situação no qual ele deposita ou não no banco o numerário recebido, obtendo-se respectivamente os vetores Π_d e Π_n . Utiliza-se o vetor de forças dos preditores, Φ como peso. Assim os respectivos retornos esperados são $\Pi_d^T \cdot \Phi$ e $\Pi_n^T \cdot \Phi$.

Resgate $R_{U,atv}$: se $U \leq \frac{1}{2}$ o agente resgata no segundo período. Se ele não é cliente de um banco, pode receber uma unidade monetária se possuir o ativo líquido ou r caso detenha o ilíquido. Caso seja cliente, o retorno é c_1 e c_2 , respectivamente.

Todos que têm dotação abaixo do limite estabelecido, no caso $\frac{1}{2}$, vão resgatar no segundo período do ciclo.

3.2.2 Extensão do Modelo de Grasselli e Ismail

A regra $P_{idd,v,pyf}$ não condiz com o resultado apresentado no texto de Grasselli e Ismail (2013).

A regra que produz o mesmo padrão é a seguinte:

Tornar-se cliente $T_{v,pyf}$: Caso o agente avalie que seja vantajoso, ele abre uma conta em um banco na sua vizinhança imediata; caso não exista um nesta condição, ele torna-se cliente do mesmo banco de um de seus vizinhos.

Nas figuras 3.2 a 3.5 os bancos e clientes têm a mesma cor. Os agentes de cor azul não são clientes de nenhuma instituição financeira. Por exemplo, na parte superior de 3.2 existem dois grandes bancos um amarelo e outro laranja. Na parte inferior eles tomam um formato retangular e se vê 4 bancos distintos de cores amarela, laranja, roxa e marrom. Na figura 3.3 o banco amarelo praticamente se torna monopolista.

As figuras 3.2 e 3.3 descrevem como seria o desenrolar do mundo com a regra descrita por Ismail, ou seja, a cada período o banco aumentaria seu raio de ação em uma camada de vizinhos. A região dos clientes do banco tende a formar um quadrado. Por outro lado, as figuras 3.4 e 3.5 são parecidas com as que estão no texto de Ismail. Na tela superior da figura 3.4 há três bancos, na região laranja há um ponto vermelho que pode ser visualizado, este é o banco. Existem duas regiões verdes, cada qual com que seu banco, que está difícil de notar. A grande área azul escura são agentes que não clientes e nem bancos. Depois de um tempo surge a configuração da parte inferior da figura 3.4. Agora os bancos têm mais clientes e também há mais bancos. Como o mundo não tem bordas a região verde clara do lado esquerdo superior e do lado direito superior pertencem ao mesmo banco ³. A figura 3.3 é o mundo no qual não há mais grandes regiões de agentes a serem prospectados. Os pontos brancos são depositantes pacientes que resolveram sacar antecipadamente devido à grande proporção de pessoas que estão na fila para retirar dinheiro em sua rede social. Tomando como exemplo o banco azul escuro, veja que além dos clientes de cor branca, as cores dos clientes possuem duas tonalidades, a mais escura sinaliza que ele deseja sacar neste momento e a cor mais clara indica quem está disposta a esperar até o próximo período. Quem está mais perto do banco saca primeiro, quem quer sacar e quem se situa mais longe pode não conseguir dinheiro quando chegar a sua vez na fila.

³No mundo do Netlogo existe a opção de um mundo sem bordas, ou seja, parte do topo é a continuação da

Figura 3.2: Telas do modelo dinâmico nos primeiros momentos com regra de Ismail

Figura 3.3: Tela com os bancos consolidados com regra de Ismail

Serviços sequenciais SS_d : Saca primeiro quem está mais perto do banco.

A lógica da regra $T_{v,pyf}$ é tornar-se cliente por indicação de alguém de sua rede social.

Foi introduzida a regra de mudança por imitação, a mesma do capítulo anterior.

Regra de mudança de tipo $M_{t,v}$: Caso $U > \frac{1}{2}$ e mais que v vizinhos queiram sacar agora, o cliente também decide retirar o dinheiro.

O saque respeita uma fila, no qual os clientes mais próximos do banco são os primeiros a sacar. Caso exista mais de um querendo sacar na mesma distância sorteia-se quem recebe primeiro. Essa fila é a restrição de serviços sequenciais de Diamond e Dybvig (1983).

Pode ocorrer que o montante estimado para fazer frente aos saques do segundo período não seja suficiente, então o banco utiliza a reserva para atender os clientes. Quando esta última acaba, passa-se a vender o ativo ilíquido. Ao esgotar todos os recursos o banco é liquidado.

Falência F : se um banco ficar sem recursos para pagar os clientes, ele é liquidado e seus clientes são liberados.

parte de baixo que aparece do outro lado do mundo, assim como a parte esquerda é continuação da direita. Pode-se pensar em uma rosca para representar esta situação.

Figura 3.4: Telas do modelo dinâmico nos primeiros momentos com regra $P_{idd,v,pyf}$

Figura 3.5: Tela com os bancos consolidados com regra $P_{idd,v,pyf}$

Ao ser liquidado os clientes do banco passam ao estado original e passam a decidir se aderem ou não a um outro banco.

Finalmente, há a regra de saque no terceiro período do ciclo. O banco conhece a quantidade de clientes, assim, ao subtrair desta o número de saques no segundo período, se obtém a quantidade de clientes que não sacaram. A regra é a seguinte:

Saque no terceiro período $ST_{x,rb,n}$: Se houver uma quantia suficiente para honrar o contrato, o banco paga c_2 a todos os que esperaram para receber no terceiro período do ciclo, caso contrário, divide-se igualmente o montante para os clientes. Diferentemente do segundo período, o número de clientes a sacar é conhecido. Pode-se resumir tal cálculo como:

$$\text{Min} \left\{ c_2, \frac{RxN + rb + A(\bar{w})}{n} \right\}$$

Onde rb é a reserva do banco e $A(\bar{w})$ é uma função que depende da proporção de clientes que realmente sacaram no segundo período. Caso $\bar{w} > w$, pode ser que $A(\bar{w}) < 0$. No denominador, $n = (1 - \bar{w})N$ é o número de clientes que esperaram sacar no terceiro período.

3.3 Resultados

Os parâmetros para as simulações são $c_1 = 1,1$, $c_2 = 1,5$, $r = 0,8$ e $R = 2$. A variável $U \in \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$.

A figura 3.6 descreve qual o número de corridas obtidas em 100 simulações de 3.334 ciclos em um mundo com $97 \cdot 55 = 5.335$ agentes no reticulado. O eixo vertical corresponde ao número de corridas e a abcissa ao ciclo de Diamond e Dybvig (1983). Os bancos atendem a fila no segundo período de cada ciclo até não comprometer o pagamento dos clientes no terceiro período, ou seja, eles recebem c_2 no segundo período. Tal fato inibiria saques dos agentes pacientes, porém, foi permitido que eles usassem a regra de imitação.

Figura 3.6: Número de corridas por ciclo

Bancos menores perdem depositantes durante o processo e estes acabam se associando a uma instituição maior até que a existência da pequena instituição se torne inviável. Talvez por isto, as simulações seguem um padrão de poucos bancos depois de um tempo longo. Um exemplo é a figura 3.7 depois de mil ciclos. Neste mundo existem quatro bancos representados pelos pontos mais escuros. Apesar de possuírem tamanhos diferentes, todos possuem um grande número de clientes.

O decaimento acentuado das corridas bancárias na figura 3.6 acontece devido ao aumento da

Figura 3.7: Configuração de uma simulação no longo prazo

concentração bancária; no final das simulações restam apenas grandes bancos. Também foi medido o número de clientes que não conseguem sacar no primeiro período e, portanto, não recebem nada. A evolução desta métrica está retratada na figura 3.8, agora a ordenada corresponde ao número de clientes que ficaram na fila e não conseguiram dinheiro. O número de simulações continua em 100, perceba que pode ocorrer de mais de um cliente não receber em uma simulação, por isto há ciclos com mais de 100 clientes sem dinheiro.

No início destes mundos não há bancos e o primeiro banco viável aparece após 30 ciclos. Há mais corridas no início, possivelmente porque os bancos têm poucos clientes. Na medida em que eles crescem o número de corridas diminui, figura 3.6. Como poderia ficar a dúvida se uma corrida em um banco maior poderia prejudicar mais clientes, a figura 3.8 mostra que um sistema financeiro maior também tem um número menor de clientes prejudicados por uma possível corrida. O número de corridas mais frequentes no início das simulações pode ser devido à lei dos pequenos números citada por Kahneman (2012). Segundo o autor uma amostra pequena demais coloca o indivíduo à merce do acaso da amostragem, por exemplo, suponha que no caso de corridas bancárias a probabilidade de ser impaciente é de 40%, que um agente paciente considera apenas o comportamento dos seus oito vizinhos imediatos de tal modo que se 4 ou mais forem impacientes ele antecipa o saque. A probabilidade dele interpretar incorretamente passa a ser:

Figura 3.8: Número clientes que tentaram sacar e não conseguiram

$$\sum_{k=4}^8 \binom{8}{k} \cdot 0,4^k \cdot 0,6^{(8-k)} = 40,59\%$$

Ou seja, devido a uma amostra pequena, o depositante tem 40,59% de sacar sem necessidade.

3.4 Conclusão

Os resultados obtidos indicam que no longo prazo as corridas ficam mais raras devido ao aumento do tamanho dos bancos, mesmo que localmente alguns clientes estejam sujeitos a erros induzidos por uma amostra pequena. Diferentemente do capítulo anterior não existe a necessidade de impor uma variável retorno alto ou baixo. Pois, o banco calcula o valor a ser pago no último período em cada ciclo dependendo do tamanho da fila e do número de clientes que ficaram para sacar; porém, o agente paciente informado da situação do banco não está implementado. Tal tipo de depositante pode ser programado em um próximo trabalho. Também não é considerado o seguro depósito neste modelo, que pode ser implementado em um futuro trabalho.

Este capítulo acrescenta ao modelo de Grasselli e Ismail (2013) o serviço sequencial, que não impede corridas, porém disciplina o mercado, pois os agentes deixam de ser clientes de um banco que não honrou o contrato e procuram por outro aumentando assim a concentração bancária.

No contexto de sistemas complexos adaptativos pode haver uma extensão no sentido de permitir mutações aleatórias nas regras dos agentes e mesmo permitir troca de regras entre eles. Tal abordagem permitiria avaliar o efeito do surgimento de novas regras na evolução do sistema financeiro. Outra possível melhoria seria permitir o surgimento de um emprestador de última instância para os bancos e medir se o número de corridas diminui no início, favorecendo assim um sistema financeiro mais pulverizado.

4 INADIMPLÊNCIA: ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA

4.1 Introdução

A inadimplência de crédito preocupa não apenas os credores, mas também os supervisores bancários. Há vários exemplos de como um aumento repentino de créditos não honrados pode afetar a economia de um país, um exemplo recente é crise de 2007, causada pelo não pagamento de uma grande proporção de hipotecas nos EUA (REINHART; ROGOFF, 2010). Instituições financeiras, para evitar perdas, avaliam a concessão de empréstimos e financiamentos por modelos estatísticos. Por outro lado, a autoridade de supervisão bancária impõe um capital regulatório para provisionamento que mantenha a saúde do sistema financeiro e ao mesmo tempo não prejudique o lucro das operações a ponto de torná-las inviáveis. Freixas e Rochet (2008) enfatizam a importância de calcular a probabilidade de inadimplência, PD , e a perda dada a inadimplência, LGD , no segundo acordo de Basileia, pois são parâmetros importantes para determinar o capital regulatório que um banco deve ter para fazer frente ao risco de crédito. Mudanças na política monetária, como apontadas por Kashyap e Stein (2000) e Jiménez *et al* (2014) afetam não apenas o volume de concessão de empréstimos e financiamentos, mas também a sua qualidade quando as instituições financeiras perseguem rentabilidade. No Brasil, a partir de abril de 2009, os bancos públicos comerciais começaram a oferecer empréstimos com taxas mais baixas que seus concorrentes. Como tal postura afeta a inadimplência dos novos créditos? As circulares 3515 de dezembro de 2010 e 3563 de novembro de 2011 têm o objetivo de inibir a concessão de créditos na modalidade financiamentos de automóveis considerados mais arriscados, ou seja, com prazos longos ou com valor de empréstimo grande em relação ao valor da garantia. Para estudar estes problemas escolheu-se um modelo de duração para medir o impacto das flutuações do ambiente econômico no tempo que a operação inadimpla. Além disso, se mede se há diferença entre as concessões do período de recessão devido à crise financeira internacional, que vai de setembro de 2008 a janeiro de 2009 e as demais.

Entender a relação entre o ambiente econômico e inadimplência auxilia na regulamentação do colchão de reservas contra-cíclicas. Além disso, o estudo por coortes esclarece o comportamento da inadimplência. As estatísticas públicas de estoque, ou seja, a proporção da carteira em atraso, distorcem a realidade, pois, na expansão do crédito o denominador (saldo da carteira) aumenta, mascarando uma possível deterioração da carteira. Enquanto sua contração tem efeito oposto. Além da metodologia proposta, medidas de inadimplência por safra ou baseada em fluxos também contornam esse problema. Para uma discussão formal sobre as diferenças entre

amostras de fluxo e estoque veja Cameron e Trivedi (2005).

O presente capítulo tem por objetivo relacionar a duração da inadimplência e seus determinantes. A diferença de probabilidade de inadimplir em períodos de crise com o de euforia, os efeitos da mudança de direção do Banco do Brasil e a consequente redução da taxa de empréstimos dos bancos públicos e os efeitos das medidas que procuram disciplinar o financiamento de automóveis forma o conjunto de preocupações principais. Características do tomador de crédito e da operação são os controles do modelo econométrico. Para tanto, foram escolhidas as seguintes modalidades: capital de giro com prazo superior a 365 dias, de agora em diante apenas capital de giro, financiamento de automóveis para pessoas físicas e empréstimo pessoal sem consignação.

O uso de dados em safra não é inédito, pois Andrade (2010) e Silva (2010) também usam dados do Sistema de Informações de Crédito, SCR, do Banco Central do Brasil. O primeiro trabalho avalia a duração da inadimplência das operações de financiamento de automóveis para pessoas físicas, e o segundo o mesmo na modalidade empréstimo pessoal não consignado. A contribuição da presente pesquisa é a utilização de dados da mesma fonte, porém com enfoque distinto. Andrade (2010) calcula a função de falha, esta por sua vez pode ser usada na determinação da probabilidade de inadimplência em 12 meses, por exemplo. Já, Silva (2010) propõe a metodologia de pseudo-valores e compara o desempenho com análise de sobrevivência e modelos de variáveis dependentes binárias. O enfoque da presente tese é medir o impacto de políticas públicas ou períodos recessivos na qualidade do crédito. Além das modalidades estudadas nas duas dissertações citadas, se inclui o capital de giro na pesquisa. Os resultados mostram que a mudança na política de taxa de juros nos bancos públicos teve como consequência uma piora na qualidade do crédito no capital de giro, porém, sem nenhum impacto para as modalidades financiamento de automóveis e crédito pessoal não consignado. Ser concedido ou não no período de crise não faz diferença. No caso específico das circulares que afetam apenas o financiamento de carros para pessoas físicas, o efeito da circular foi um aumento da taxa de falha para as operações que não eram o alvo dos normativos.

A próxima seção revisa a literatura. A terceira introduz a teoria básica de análise de sobrevivência usada nesta tese. A quarta descreve os dados. A quinta apresenta os resultados. A sexta conclui.

4.2 Revisão da Literatura

A aplicação da análise de duração se estende por várias Ciências, inclusive a Economia. Por exemplo, Menezes-Filho e Picchetti (2000) relacionam características individuais e variáveis macroeconômicas ao tempo que um indivíduo permanece desempregado. Em microeconomia bancária vale destacar o trabalho de Calomiris e Mason (2003), que, para identificar os principais contribuintes para o risco de falha de um banco, modelam a duração do tempo de vida de bancos membros do FED em todo os EUA no período 1929-1933, combinando dados agregados a níveis nacionais, estaduais e municipais com banco de dados específicos sobre declarações de balanços e receitas para avaliar a relativa importância dos fundamentos e pânico como explicações de falência do banco. Ó-Gráda e White (2003) medem o tempo que um indivíduo leva para sacar nas corridas bancárias nos anos 1865 e 1867 na comunidade irlandesa de Nova York.

Na literatura de crédito, Andrade (2010) usa uma amostra aleatória de operações de crédito destinadas à aquisição de veículos automotores do SRC. O autor encontrou relação significativa entre inflação, taxa de câmbio, primeira diferença do PIB e o nível de desemprego com a curva de risco. Indicadores de trimestre e região geográfica, por outro lado, não apresentam correlação. A base do SCR foi utilizada por Silva (2010) na análise do comportamento do crédito pessoal sem consignação. A autora avalia qual dos seguintes métodos, regressão logística, análise de sobrevivência e modelos baseados em pseudos-valores, tem um melhor desempenho. A autora conclui que a regressão logística é a única metodologia que fornece discriminação aceitável.

Bonfim (2009) utiliza uma amostra de trinta mil empresas portuguesas da central de risco de crédito do respectivo país para pesquisar quais seriam os determinantes da inadimplência. Para tanto, a autora dispõe tanto de dados de balanço das empresas quanto de variáveis macroeconômicas. Importante frisar que Bonfim (2009) também testa variáveis binárias de tempo, as quais corroboram a hipótese de que fatores sistêmicos influenciam no comportamento da inadimplência. A pesquisa mostra que apesar da situação financeira da firma ter um papel central para explicar a probabilidade de inadimplência, as variáveis macroeconômicas são importantes para avaliar o comportamento desta variável ao longo do tempo. Tong, Mues e Thomas (2012) propõem um modelo mistura com cura para o crédito na modalidade empréstimo pessoal para dados do Reino Unido. Os autores supõem que uma fração dos clientes nunca irá inadimplir e comparam com o modelo proporcional de Cox. A conclusão é que não há ganho na utilização de um modelo de cura em relação ao proporcional de Cox.

Quais as variáveis que afetam a qualidade ou a quantidade do crédito concedido? Há resultados que mostram que política monetária, garantias, tempo de relacionamento e nível de exigência de depósito compulsório afetam a qualidade ou quantidade de crédito concedido.

Kashyap e Stein (2000) investigaram o mecanismo de transmissão da política monetária utilizando dados de bancos comerciais dos EUA de 1976 a 1993. O principal resultado é que bancos pequenos com balanços menos líquidos são os mais sensíveis a mudanças na política monetária e que mesmo bancos com mais liquidez diminuem a propensão a emprestar sob aperto monetário. Gambacorta e Mistrulli (2004) examinaram a influência das mudanças na política monetária e choques de produção na oferta de crédito controlando pelas diferenças nos índices de capitalização com dados de crédito de Itália em secção transversal. Eles concluíram que bancos melhores capitalizados têm uma blindagem maior aos choques na política monetária. A análise empírica do artigo mostra que, primeiramente, o efeito da capitalização é maior para bancos que são mais dependentes de fundos não segurados em relação às cooperativas de crédito. Em segundo lugar, o canal de capitalização bancária têm efeitos maiores nas cooperativas de crédito cujos balanços contêm um maior descasamento entre os vencimentos dos ativos e passivos. Pode-se citar que, em média, um aumento de um ponto percentual na taxa de juro leva a um declínio de 1,2% nos empréstimos para um banco, sendo o impacto maior para os bancos mal capitalizados. O estudo de Jiménez *et al* (2014) sobre o mercado de crédito espanhol corrobora a influência da política monetária na qualidade do crédito, mostrando que quanto menor a taxa de juros básica, maior a chance das instituições financeiras emprestarem para clientes mais arriscados.

Quanto à influência das garantias, Jiménez e Saurina (2004) associam que operações nas quais elas são exigidas são as que têm maior probabilidade de inadimplência. Os resultados dos autores mostram que há exceções, os empréstimos com garantias em financeiras e bancos de poupança inadimpliram menos comparados com os que não apresentaram colateral algum. O número de bancos com os quais a empresa é cliente é negativamente relacionada com a chance de não honrar o pagamento do crédito.

Dawid e Takeda (2011) estudaram o efeito das variações nos recolhimentos compulsórios e outras medidas macroprudenciais na concessão de crédito utilizando dados do SCR. Eles encontraram que aumento do recolhimento compulsório diminui a concessão de crédito, as modalidades mais sensíveis são o Capital de Giro e Financiamento de Veículos para pessoas físicas.

Especificamente, quanto ao estudo de inadimplência, há a literatura que relaciona o período em

que o empréstimo foi concedido, chamado de safra, com a qualidade do crédito. Zhang (2009) apresenta aplicações da metodologia de decomposição em fatores de maturidade, exogeneidade e safra, cuja sigla em inglês é MEV, em simulações e dados reais de coortes anuais com notas especulativas da Moody's de 1970 a 2008. O autor encontrou que as variáveis macroeconômicas, ou seja os fatores exógenos da decomposição MEV, é que tiveram a maior influência na variação das taxas de inadimplência seguida pela heterogeneidade das safras. Siarka (2011) demonstra a utilidade da análise por safras no contexto da retroanálise, ou *backtesting* em inglês, e conclui que é possível criar um sistema de limites de exposição ao risco de crédito baseando-se em análise por safras.

Acharya e Mora (2012) investigam se os bancos estados-unidenses podem manter sua vantagem como fornecedores de liquidez quando há uma grande crise. Ao estudar o comportamento dos depósitos entre 2007 e 2009, os autores concluem que o papel do sistema bancário como garantidor de liquidez é ativo ao captar depósitos oferecendo taxas de juros mais altas. Os resultados apresentados não contradizem, mas complementam a literatura que prevê que os bancos fornecem liquidez em tempos de crise. A liquidez nesse caso é provida pelo lado ativo, fornecendo créditos para as firmas. Enquanto, a falta dela em uma crise bancária é devido às retiradas dos depositantes. Isto concorda com a teoria do depositante disciplinador, pois eles acham evidências de que a existência do seguro para depósitos enfraquecem esse papel dos clientes bancários.

Mesquita e Torós (2010), Freitas (2009) e Bonomo, Brito e Martins (2014) frisam que as consequências da crise de 2008 no Brasil foram o empocamento de liquidez nos grandes bancos privados. Mesquita e Torós (2010) enumeram as medidas tomadas pelo Banco Central do Brasil para dar liquidez ao bancos menores como, por exemplo, a permissão de que parte do compulsório das instituições maiores pudessem ser usadas para comprar carteiras de crédito dos pequenos e médios bancos. Outra medida citada foi a criação do Depósito a Prazo com Garantia Especial do Fundo Garantidor de Crédito (DPGE). Já Freitas (2009) enfatiza a utilização de bancos públicos para a manutenção dos níveis de concessão de crédito. Bonomo, Brito e Martins (2014) corroboram tal afirmação ao comparar a participação das instituições financeiras estatais no mercado creditício, que era de 34,24% em Setembro de 2008 e chegou a 47,66% em Dezembro de 2012. Os autores também afirmam que tal expansão não foi pontual como em outros países e medem o quanto destes financiamentos e empréstimos foram destinados para setores intensivos em externalidades sociais. Os seus resultados mostram que o efeito foi o de diminuir o custo do endividamento de empresas estatais e de grandes empresas privadas.

Martins e Schechtman (2013) e Afanasieff *et al.* (2015) investigam o impacto das circulares 3.515 e 3.563 na modalidade financiamento de automóveis. Enquanto o primeiro trabalho citado foca no impacto sobre o preço do crédito, o segundo se preocupa com o efeito no número de operações concedidas. A presente tese, diferentemente, tem como variável dependente a taxa de falha. Martins e Schechtman (2013) encontram um aumento no diferencial ⁴ de juros para as operações que foram alvo das circulares. Afanasieff *et al* (2015) encontram uma retração no volume concedido das operações alvo. Eles também fizeram uma análise descritiva da inadimplência e encontraram uma melhora na qualidade da carteira segundo a inadimplência por safra e uma piora se considerar a medida por estoque. O resultado encontrado por eles na metodologia por safra não concorda com o encontrado por esta tese, pois, as regressões com controles indicam um aumento da taxa de falha após a edição das circulares.

4.3 Teoria

Esta seção apresenta os conceitos básicos de análise de sobrevivência, que serão utilizados neste trabalho ⁵. Na análise de sobrevivência, a variável principal de interesse é o tempo até algum evento. Seja T a variável aleatória tempo. Define-se então:

$$F(t) = P(T < t)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

$$S(t) = 1 - F(t)$$

Onde $F(t)$ é a função acumulada de probabilidade, $f(t)$ é a função densidade de probabilidade e $S(t)$ é função de sobrevivência até o instante t , ou a probabilidade que uma pessoa sobreviva mais que um período t . A função de falha ⁶ é a taxa de sinistros no instante t dado que o indivíduo sobreviveu até tal momento. A partir dessas funções define-se tal taxa, $\lambda(t)$, como:

⁴Tradução livre de *spread*.

⁵O leitor familiarizado com esta metodologia pode seguir para a próxima seção. Quem tiver interesse em se aprofundar no assunto pode consultar Colosimo e Giolo (2006) que tem uma visão prática, Kalbfleisch e Prentice (2011) ou Fleming e Harrington (2011) para uma abordagem com teoria de contagem. Já Lancaster (1992) trata o assunto do ponto de vista de um econometrista.

⁶Segue-se Colosimo e Giolo (2006) para a tradução de *hazard rate*.

$$\begin{aligned}
\lambda(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \\
&= \frac{f(t)}{S(t)} \\
&= -\frac{d \log S(t)}{dt}
\end{aligned}$$

A taxa de falha acumulada até o instante t define-se como:

$$\begin{aligned}
\Lambda(t) &= \int_0^t \lambda(s) ds \Rightarrow \\
S(t) &= \exp(-\Lambda(t)) \Rightarrow \\
f(t) &= \lambda(t) \exp(-\Lambda(t))
\end{aligned}$$

Nas expressões anteriores supõe-se que T seja um variável contínua. Jenkins (2005) enfatiza que em ciências sociais o processo estocástico discreto é comum. Por exemplo, os pagamentos de prestações são mensais. Por isso, vale a pena apresentar tal abordagem. Caso a variável aleatória T seja discreta, ou seja, assume valores t_j com $j \geq 1$ com $P(T = t_j) = P_j$, define-se a função de sobrevivência por:

$$S(t_j) = P(T > t_j) = \sum_{j:t_j > t} P(T = t_j)$$

No caso discreto reescreve-se a taxa de falha como:

$$\begin{aligned}
\lambda_j &= \lambda(t_j) \\
&= P(T = t_j | T \geq t_j) \\
&= \frac{P(T = t_j)}{P(T \geq t_j)} \\
&= \frac{P_j}{S(t_{j-1})}
\end{aligned}$$

Note que no caso discreto a taxa de falha pode ser interpretada como uma probabilidade condicional, ao contrário do modelo contínuo, onde a taxa pode assumir valores maiores que a unidade.

4.3.1 Censura

Quando a observação é incompleta por algum motivo se diz que ela é censurada.

Os dados disponibilizados, além de serem censurados à direita, apresentam censura aleatória, que tem na figura 4.1 um exemplo simples.

Figura 4.1: Exemplo de censura aleatória à direita

Na figura 4.1 se mede o tempo até o evento. Ou seja, a origem é a entrada no experimento, não o calendário. Os dados que terminam com a letra "O" são os censurados, e os que terminam com a letra "X" são os que tiveram o evento observado. No caso, a censura pode ocorrer a qualquer momento.

Formalizando tem-se:

- T_i : tempo de falha da i -ésima observação;
- C_i : tempo de censura da i -ésima observação;

Supõe-se que C_i é uma variável aleatória e define-se:

$$Z_i = \min(T_i, C_i)$$

$$\delta_i = I(T_i \leq C_i)$$

Observa-se Z_i , que pode ser uma falha ou uma censura. A variável δ_i é a unidade se houver falha e zero quando há censura.

Suponha que $g(t \cdot)$ e $G(t \cdot)$ sejam respectivamente a função de densidade e a função de sobrevivência da variável aleatória censura C_i .

Para continuar a análise supõe-se adicionalmente (KALBFLEISCH; PRENTICE, 2011):

- Independência: supõe-se que o tempo de falha T_i e o tempo de censura C_i são independentes
- Não informatividade: A densidade, ou distribuição, da censura não envolve parâmetros da densidade de T_i .

Caso as citadas hipóteses sejam válidas pode-se mostrar que a função de verossimilhança tem a seguinte forma:

$$L(\Theta) = \prod_{i=1}^n f(z_i)^{\delta_i} S(z_i)^{1-\delta_i}$$

4.3.2 Estimador de Nelson-Aalen para $\Lambda(t)$

O estimador de Nelson-Aalen para a taxa de falha acumulada escreve-se como:

$$\hat{\Lambda}(t) = \sum_{j:t_j \leq t} \frac{d_j}{r_j}$$

onde d_j e r_j são respectivamente o número de falhas e o número de indivíduos em risco em t_j .

As propriedades assintóticas do estimador de Nelson-Aalen estão demonstradas em Fleming e Harrington (2011). Apesar de ser viciado, o estimador é consistente e pode-se mostrar que:

$$\sqrt{n}(\hat{\Lambda}(t_0) - \Lambda(t_0)) \xrightarrow{D} N(0, \sigma^2(t_0))$$

A variância $\sigma^2(t)$ pode ser estimada por (KLEIN; MOESCHBERGER, 2003):

$$\hat{\sigma}^2(t) = \sum_{j:t_j \leq t} \frac{d_j}{r_j^2}$$

4.3.3 Estimador de Kaplan-Meier para $S(t)$

O estimador de Kaplan-Meier, ou produto limite, para a função de sobrevivência $S(t)$ é dado por:

$$\hat{S}(t) = \prod_{j:t_j \leq t} \frac{r_j - d_j}{r_j}$$

onde d_j e r_j são respectivamente o número de falhas e o número de indivíduos em risco em t_j .

As propriedades assintóticas do estimador produto limite estão demonstradas em Fleming e Harrington (2011). Dentre tais propriedades destaca-se que $\hat{S}(t)$ tem viés não negativo, porém possui consistência uniforme, ou seja:

$$\sup_{s \in [0, t]} |\hat{S}(s) - S(s)| \xrightarrow{P} 0$$

O estimador de Greenwood para variância é (KLEIN; MOESCHBERGER, 2003):

$$\widehat{Var}(\hat{S}(t)) = \hat{S}(t) \sum_{j: t_j \leq t} \frac{d_j}{r_j(r_j - d_j)}$$

onde d_j e r_j são respectivamente o número de falhas e o número de indivíduos em risco em t_j .

4.3.4 Teste para igualdade de funções de sobrevivência

Suponha que exista uma variável gênero que assume dois valores, masculino e feminino. O pesquisador utiliza o estimador de Kaplan-Meier e obtém as curvas de sobrevivência para cada sexo. Defina $S_i(t)$ como a função de sobrevivência do grupo i . Suponha que os tempos de falha sejam independentes assim como os tempos de censura. Além disso, suponha que a censura seja não informativa. Então, para responder se as curvas obtidas são ou não iguais pode-se propor o seguinte teste de hipótese:

$$\begin{aligned} H_0 : S_1(t) &= S_2(t) \forall t \in [0, \tau] \\ H_1 : \exists t \in [0, \tau] &.q. S_1(t) \neq S_2(t) \end{aligned}$$

Onde τ é o maior valor de t no qual existe pelo menos uma observação em risco para cada grupo.

Para a construção dos testes sejam $T_1^0 < T_2^0 < \dots < T_L^0$; instantes em que alguma falha ocorreu na combinação das amostras.

Para cada instante T_k^0 , defina:

- D_{ik} : número de falhas observadas em T_k^0 no grupo i ;
- $\bar{Y}_{ik}$: número de indivíduos em risco no instante T_k^0 no grupo i .

Defina as seguintes grandezas:

$$D_k = D_{1k} + D_{2k}$$

$$\bar{Y}_k = \bar{Y}_{1k} + \bar{Y}_{2k}$$

Pode-se mostrar que a variável aleatória $D_{1k}|\bar{Y}_{1k}, \bar{Y}_{2k}, D_k$ segue uma distribuição hipergeométrica. Então a esperança e a variância dela são respectivamente:

$$E(D_{1k}|\bar{Y}_{1k}, \bar{Y}_{2k}, D_k) = E_{1k} = D_k \cdot \frac{\bar{Y}_{1k}}{\bar{Y}_k}$$

$$Var(D_{1k}|\bar{Y}_{1k}, \bar{Y}_{2k}, D_k) = V_{1k} = D_k \cdot \frac{\bar{Y}_{1k}\bar{Y}_{2k}}{\bar{Y}_k^2} \cdot \frac{\bar{Y}_k - D_k}{\bar{Y}_k - 1}$$

Seja w_k o peso para o instante T_k^0 . Então pode se definir uma família de testes:

$$WLR = \frac{[\sum_{k=1}^L w_k (D_{1k} - E_{1k})]^2}{\sum_{k=1}^L w_k^2 V_{1k}}$$

A variável WLR converge em distribuição para uma $\chi_{(1)}^2$.

Se $w_k = 1$ tem-se o teste log-rank. O teste de Wilcoxon ou Gehau tem peso $w_k = \bar{Y}_k$. Neste teste

o início do processo possui peso maior. É preferível usá-lo em detrimento do teste log-rank quando há intersecções entre as curvas nos períodos finais.

4.3.5 Modelo de Cox com variáveis que mudam com o tempo

O interesse do presente trabalho é o estudo da influência da crise e outros eventos na inadimplência, que justificaria o uso de um estimador que incorpore regressores que variam ao longo do tempo. Além disso, há outras variáveis macroeconômicas, tais como desemprego ou vendas no varejo que mudam todos os meses.

O modelo semiparamétrico de Cox permite incorporar variáveis explicativas que mudam com o tempo. O modelo de Cox supõe que a taxa de falha é dada por:

$$\lambda(t|X(t)) = \lambda_0(t) e^{X^\top(t)\beta}$$

Onde X é um vetor de covariáveis, β é um vetor de parâmetros e $\lambda_0(t)$ a função de risco basal.

A partir desta especificação é possível estimar o modelo sem se preocupar com a taxa de falha, pois ela é cancelada na verossimilhança parcial. Quando as variáveis não mudam ao longo do tempo, a interpretação do modelo é bem simples, por isto a sua popularidade. No caso em estudo, a hipótese de proporcionalidade é quebrada, porém, a consequência é a complicação na interpretação dos resultados e não na validade do método.

Suponha que os dados observados são:

$$\{Z_i, \delta_i, X_i(t), 0 \leq t \leq Z_i\}$$

Onde $X_i(t)$ é o vetor de variáveis explicativas.

A log-verossimilhança que inclui variáveis dependentes no tempo é dada por:

$$l(\beta) = \sum_{i=1}^n \delta_i \left(X_i^\top(t_i) \beta - \log \sum_{k \in R(t_i)} e^{X_k^\top(t_i) \beta} \right)$$

As propriedades assintóticas de $\hat{\beta}$ estão demonstradas em Kalbfleisch e Prentice (2011). O estimador é consistente e converge para uma normal de média zero:

$$\sqrt{n}(\hat{\beta} - \beta) \xrightarrow{D} N(0, \Sigma^{-1})$$

Onde o estimador consistente de Σ^{-1} é:

$$\left(\frac{I(\hat{\beta})}{n} \right)^{-1}$$

Onde $I(\cdot)$ é a matriz de informação observada.

Alguns resíduos do modelo de Cox utilizados para diagnósticos e seus principais usos estão na tabela 4.1 (KLEIN; MOESCHBERGER, 2003).

Tabela 4.1: Resíduos para diagnósticos pós estimação

Resíduo	Principal uso	Fórmula
Cox-Snell	Adequabilidade geral do modelo	$\hat{r}_i = \hat{A}_M(z_i x_i)$
Martingal	Avaliar a forma funcional dos regressores	$\hat{M}_i = \delta_i - \hat{r}_i$
Deviance	Detectar pontos atípicos	$\hat{D}_i = \text{Sinal}(\hat{M}_i) \sqrt{-2(\hat{M}_i + \delta_i \log(S_i - \hat{M}_i))}$
Escore	Detectar pontos influentes	$\hat{S}_{ik}(t) = \int_0^t (X_{ik}(u) - \bar{X}_k(u)) d\hat{M}_i(u)$
Schoenfeld	Avaliar a suposição de proporcionalidade dos riscos	$\hat{r}_{ik} = \delta_i X_{ik} - \bar{X}_k(Z_i)$

As fórmulas para $\bar{X}_k(u)$ e $\bar{X}_k(Z_i)$ não estão na tabela por motivo de clareza e elas são respectivamente:

$$\bar{X}_k(u) = \frac{\sum_{j \in R(Z_i)} Y_j(u) X_{jk}(u) e^{X_j^\top \beta}}{\sum_{j \in R(Z_i)} Y_j(u) e^{X_j^\top \beta}}$$

$$\bar{X}_k(Z_i) = \frac{\sum_{j \in R(Z_i)} X_{jk} e^{X_j^\top \beta}}{\sum_{j \in R(Z_i)} e^{X_j^\top \beta}}$$

Onde $Y_j(u) = I(Z_j \geq t)$ é igual a um se o indivíduo j não falhou ou nem foi censurado e zero caso algum destes eventos ocorra.

4.3.6 Efeitos aleatórios

Indivíduos semelhantes com os mesmos regressores podem ter realizações diferentes, isso pode ser devido a heterogeneidade ou devido a variáveis omitidas. A introdução de um efeito aleatório ou fragilidade é um jeito de levar em conta tal problema, (COLOSIMO; GIOLO, 2006). Suponha que há um efeito aleatório para cada indivíduo, um modelo semiparamétrico de Cox que leva em conta o efeito aleatório pode ser escrito como:

$$\lambda(t|X) = \lambda_0(t) U e^{X^\top \beta}$$

em que U é uma variável aleatória não observável, não negativa.

A partir desta formulação pode-se construir a verossimilhança. Por exemplo, seja $U_i \sim \text{gama}\left(\frac{1}{\theta}, \frac{1}{\theta}\right)$ ⁷ independente e identicamente distribuída, então a função de verossimilhança é dada por :

$$L(\beta, \lambda_0, \theta) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_0(t_i) e^{X_i^\top \beta}}{1 + \theta \Lambda_0(t_i) e^{X_i^\top \beta}} \right)^{\delta_i} \frac{1}{\left(1 + \theta \Lambda_0(t_i) e^{X_i^\top \beta} \right)^{\frac{1}{\theta}}}$$

Percebe-se que agora há a dependência da taxa de falha basal. Tal obstáculo é contornado com

⁷ A função densidade de probabilidade de $U \sim \text{gama}(\alpha, \beta)$ é $f_U(u) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} u^{\alpha-1} e^{-\beta u}$ onde $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$

o uso de métodos numéricos. A estimativa de θ é uma forma de testar a importância dos efeitos aleatórios em uma regressão.

Caso a hipótese seja de que o efeito aleatório difere entre grupos de indivíduos, ou seja, observações de um mesmo grupo compartilham o mesmo efeito aleatório, utiliza-se um modelo de fragilidade compartilhada.

Supondo que haja G grupos, tal que

$$n_1 + n_2 + \dots + n_G = n$$

Onde n_i é o número de observações do grupo i e n o total de observações em estudo.

Seja ainda T_{ij} o tempo de sobrevivência da j -ésima observação do grupo i , onde $i = 1, 2, \dots, G$ e $j = 1, 2, \dots, n_i$.

Agora existe uma função de risco condicional a U_i , que é uma variável aleatória latente, para cada grupo i . Então a função de risco condicional a U_i associado a T_{ij} pode ser escrita como:

$$\lambda(t|X_{ij}, U_i) = \lambda_0(t) U_i e^{X_i^\top \beta}$$

4.4 Descrição dos Dados

Os dados das operações de crédito concedidas a partir de Março de 2003 foram extraídos do Sistema de Informação de Crédito, SCR. O estudo se concentra nas modalidades capital de giro, financiamento de automóveis para pessoa física e crédito pessoal sem consignação. Em março de 2015 capital de giro representou 9,60% das concessões de crédito com recursos livres para pessoas jurídicas, o empréstimo pessoal não consignado 5,11% e o financiamento de automóveis 4,56% das concessões de crédito livre para pessoas físicas segundo o Banco Central do Brasil. Os denominadores destas razões são R\$ 134,964 bilhões de concessão total com créditos livres para pessoas jurídicas e R\$ 160,458 bilhões para pessoas físicas. Para montar o banco de dados, primeiramente há um sorteio de uma amostra aleatória das operações concedidas entre março de 2003 e dezembro de 2013 e apenas dos meses de março, junho, setembro e dezembro.

Em segundo lugar, acompanha-se mensalmente estes créditos sorteados até janeiro de 2014 ou até eles saírem do Sistema de Informação de Crédito do Banco Central do Brasil, SCR. Foram selecionadas 0,5% das operações de capital de giro e 0,15%, das operações de empréstimo pessoal não consignado e financiamento de automóveis. Em números absolutos a amostra contém 23.475 operações concedidas para capital de giro, 17.922 para financiamento de automóveis e 30.928 para empréstimo pessoal não consignado.

Como os dados possuem censura aleatória à direita, não é recomendável proceder a uma análise descritiva convencional, como alertam Colosimo e Giolo (2006). Para contornar tal problema procede-se a uma análise não paramétrica dos dados. Para tanto o estimador de Kaplan-Meier foi o escolhido para a estimação das curvas de sobrevivência, pois é consistente. Todavia, antes de apresentar as curvas estimadas, primeiramente, aplica-se o modelo de Cox sem variáveis explícitas a fim de se obter os resíduos martingais, e a partir deles, categoriza-se as variáveis contínuas que tenham valores atípicos ou erros. As formas das funções dos demais regressores também são determinadas por esse processo, cuja justificativa formal deste procedimento pode ser encontrada em Kalbfleisch e Prentice (2011). Além disso, operações censuradas à esquerda foram retiradas da base. Havia 20 em um total de 1.148 operações concedidas nesta situação nas modalidades para pessoa física e no capital de giro.

A descrição das variáveis encontra-se na tabela 4.2. As colunas das modalidades capital de giro, empréstimo pessoal não consignado e financiamento de automóveis sinalizam se a variável é ou não utilizada.

O porte do cliente pessoa jurídica segue o seguinte critério extraído de BANCO CENTRAL DO BRASIL (2009) :

- microempresa: aquela cuja receita bruta anual seja igual ou inferior a R\$ 360.000,00 (trezentos e sessenta mil reais);
- pequena empresa: aquela cuja receita bruta anual seja superior a R\$ 360.000,00 (trezentos e sessenta mil reais) e igual ou inferior a R\$ 3.600.000,00 (três milhões e seiscentos mil reais);
- média empresa: aquela cuja receita bruta anual seja superior a R\$ 3.600.000,00 (três milhões e seiscentos mil reais) e igual ou inferior a R\$ 300.000.000,00 (trezentos milhões de reais), desde que seu ativo total não seja superior a R\$ 240.000.000,00 (duzentos e quarenta milhões de reais). Essa definição foi

construída a partir dos conceitos de pequena e grande empresa estabelecidos pela legislação;

- grande empresa: aquela cuja receita bruta anual seja superior a R\$ 300.000.000,00 (trezentos milhões de reais) ou cujo ativo total seja superior a R\$ 240.000.000,00 (duzentos e quarenta milhões de reais).

A renda do cliente apresenta as seguintes faixas em salários mínimos vigentes na época da concessão:

- Não informado;
- Sem rendimento;
- Até 1 salário mínimo;
- De 1 a 2 salários mínimos;
- De 2 a 3 salários mínimos;
- De 3 a 5 salários mínimos;
- De 5 a 10 salários mínimos;
- De 10 a 20 salários mínimos;
- Acima de 20 salários mínimos.

Agrupou-se os estados da Federação nas seguintes regiões geográficas: Centro-Oeste, Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. No caso das modalidades para pessoas físicas agregam-se as regiões Norte e Nordeste em apenas uma.

Tabela 4.2: Descrição das variáveis

Variável	Descrição	Capital de giro	Empréstimo pessoal não consignado	Financiamento de automóveis
Taxa de juros do contrato	taxa de juros anualizada pactuada	Sim	Sim	Sim
Prazo da operação	maturidade calculada pela diferença entre data de vencimento do contrato e data da concessão	Sim	Sim	Sim
Tipo de garantia	garantia fidejussória, ou seja, feita por um fiador, ou não fidejussória, ou garantia real e sem garantia	Sim	Sim	Sim
Valor concedido	montante financiado na data de concessão	Sim	Sim	Sim
Gênero	masculino ou feminino	Não	Sim	Sim
Tipo de ocupação	indica se é ou não servidor público	Não	Sim	Sim
Idade do cliente	calculado como a diferença entre a data de concessão e data de nascimento	Não	Sim	Sim
Idade da empresa	calculado como a diferença entre a data de concessão e data de fundação	Sim	Não	Não
Porte do cliente	pode ser micro, pequena, média ou grande	Sim	Não	Não
Renda do cliente	renda do cliente em salários mínimos	Não	Sim	Sim
Setor econômico	seção do código nacional de atividades econômicas (CNAE)	Sim	Não	Não
Região do país	região geográfica do domicílio do cliente	Sim	Sim	Sim
Controlador e macrosegmento	classificação das instituições financeiras por macrosegmentos, porém os bancos que possuem carteira comercial são abertos por tipo de controle, que pode ser nacional privado, público ou estrangeiro	Sim	Sim	Sim
Crise	indicador de contratos realizados entre setembro de 2008 a janeiro de 2009.	Sim	Sim	Sim
Alvo	indica se a operação é atingida pelas circulares 3.515 e 3.563	Não	Não	Sim
Mudança	indica se a concessão foi realizada após abril de 2009, data da mudança de direção do Banco do Brasil	Sim	Sim	Sim

4.5 Resultados

Nesta seção o objetivo é analisar a função de sobrevivência de variáveis categóricas de cada modalidade com o estimador de Kaplan-Meier. A importância de tal procedimento não é apenas descrever os dados, mas também para se ter uma dimensão das diferenças entre os valores assumidos por um regressor. Por exemplo, na modalidade pessoa física medir como homens e mulheres se comportam em relação à inadimplência pode ser visualizado estimando uma curva para cada gênero e confirmando se a diferença observada é significativa através de um teste.

4.5.1 Capital de Giro

O estimador de Kaplan-Meier para a função de sobrevivência $S(t)$ de acordo com as variáveis de contrato estão nas figuras de 4.2 até 4.5. A abscissa representa os meses desde a data de concessão. As tabelas abaixo das figuras mostram o número de operações em risco, ou seja, aquelas que estão adimplentes ou não censuradas. Por exemplo, na figura 4.2, a tabela mostra que foram concedidas 10.193 operações com taxa de juros inferior a 30%, 10 meses depois havia 4.252 delas em risco e não havia nenhuma delas após 90 meses desde a concessão.

Figura 4.2: Taxa de Juros

Figura 4.3: Prazo da Operação

Figura 4.4: Tipo de Garantia

Figura 4.5: Valor Concedido

Na figura 4.2 se nota que contratos com taxa de juros menor que 30% ao ano demoram mais a inadimplir que os restantes. Enquanto os que estão na faixa de 60% a 80% ao ano têm uma sobrevivência menor até que contratos com taxas superiores a 80% ao ano.

Quanto ao prazo da operação, a figura 4.3 informa que quanto maior o vencimento menor o tempo até a inadimplência até o primeiro ano. A análise da tabela de operações em risco traz uma dúvida sobre as operações cujo contrato é menor que um ano. Observe que dos 12.110 contratos iniciais, após 20 meses ainda há 17 que não entraram em inadimplência. Pode ter ocorrido uma renegociação sem mudança de número de contrato ou erro no dado, ou seja, esses contratos são mais longos que o informado.

No que se refere à garantia parece não haver diferença entre as curvas, vide figura 4.4.

Já em relação ao valor concedido pelo banco, a figura 4.5 mostra que quanto maior o valor do contrato, maior a chance de sobrevivência.

As curvas de sobrevivência estimadas das variáveis relacionadas com as características do cliente estão nas figuras de 4.6 a 4.8.

Figura 4.6: Idade da empresa

Figura 4.7: Porte da empresa

Quanto mais velha a empresa, maior o tempo de adimplência, conforme a figura 4.6. A idade é calculada pela diferença entre a data de concessão da operação e da data de abertura do CNPJ. Este resultado concorda com os encontrados por Pavão (2013), que utiliza modelos de sobrevivência para estudar a mortalidade de empresas paulistas, e encontrou que as empresas mais longevas tem uma menor propensão a falir.

À medida que cresce o tamanho da empresa, maior o tempo de sobrevivência. Há mais empresas que não tiveram o porte informado que médias e grandes e essa categoria se mostrou menos arriscada que as micro e pequenas empresas, vide figura 4.7.

Em relação ao setor econômico da atividade da empresa, figura 4.8, parece não haver diferença entre as curvas estimadas. Os setores foram definidos a partir das seções do código nacional de atividade econômica (CNAE), conforme a tabela 4.3.

Tabela 4.3: Relação entre seção CNAE e setores

Setor	Seções
Agropecuária, Pesca e Mineração	A e B
Indústria, Eletricidade, Construção e Água, Gestão e Resíduos e Descontaminação	C, D, E e F
Comércio	G
Serviços	de H até U

Escolheu-se detalhar o tipo de controle das instituições financeiras no macrossegmento bancário I em público, privado nacional e estrangeiro, em que todas as demais instituições, que pertencem aos macrossegmentos bancário II, bancário III e não-bancário, estão agregadas em "outros". Na tabela 4.4 há a definição de cada macrossegmento pelo BANCO CENTRAL DO BRASIL (2015). As operações concedidas pelos bancos privados nacionais com carteira comercial têm uma probabilidade menor de sobrevivência como pode ser observado na figura 4.9.

Tabela 4.4: Definição dos macrossegmentos

Macrossegmento	Definição
Bancário I	Banco comercial ou banco múltiplo com carteira comercial
Bancário II	Banco múltiplo sem carteira comercial, banco de investimento e banco de desenvolvimento
Bancário III	Cooperativas de crédito
Não bancário	Conglomerados não-bancários e instituições financeira não-bancárias independentes

A figura 4.10 apresenta as curvas de sobrevivência por região e a figura 4.11 compara as curvas de operações que foram cedidas no período de recessão associada à crise financeira internacional que vai de julho de 2008 a janeiro de 2009. Este período foi calculado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) com base nos indicadores

Figura 4.9: Tipo de controle da instituição financeira

de ciclos econômicos publicado pelo mesmo ⁸.

A figura 4.10 mostra que as operações concedidas na região Sul parecem demorar mais a inadimplir. Centro Oeste e Sudeste parecem ter comportamentos similares.

Ter sido ou não concedido no período de crise no Brasil não fez diferença conforme a figura 4.11.

A tabela 4.5 é um resumo dos testes de Wilcoxon realizados para as variáveis citadas até aqui. A escolha do teste citado deve-se ao fato de que a sua ponderação é inversamente proporcional ao tempo decorrido, em contraste ao teste Log-Rank, que dá peso igual a todos os períodos.

Tabela 4.5: Resultados do teste de Wilcoxon

Variável	$Pr > \chi^2$	Igualdade entre as curvas
Taxa de juros	0	rejeita
Prazo da operação	0	rejeita
Tipo de garantia	80,41%	não rejeita
Valor concedido	0	rejeita
Idade da empresa	0	rejeita
Porte do cliente	0	rejeita
Setor econômico	16,34%	não rejeita
Tipo de controlador	0	rejeita
Região do país	0	rejeita
Crise	4,46%	não rejeita

Não se rejeita a igualdade das curvas do setor econômico no qual a empresa atua, do tipo de garantia e da que diferencia se a operação foi ou não concedida no período de recessão. Para os demais casos, o teste rejeita a igualdade entre as curvas, vide tabela 4.5.

⁸A página do IBRE na rede mundial de computadores é <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E2C4C011>.

Figura 4.10: Região do Brasil

Figura 4.11: Operação concedida na crise

4.5.2 Financiamento de Automóveis

As estimativas de Kaplan Meier das curvas de sobrevivência das variáveis de contrato estão nas figuras de 4.12 a 4.14.

Figura 4.12: Taxa de Juros

Figura 4.13: Prazo da Operação

Figura 4.14: Tipo de Garantia

Figura 4.15: Valor Concedido

Das 11.901 operações apenas 201 têm taxas de juros superiores a 50% ao ano. Na figura 4.12, nota-se que o risco aumenta com o valor da taxa pactuada. Os modelos sem observações atípicas de Andrade (2010) apresentam resultados semelhantes.

No que se refere ao prazo do contrato, a maioria dos contratos têm prazo inferior a 5 anos e eles sobrevivem mais que as operações mais longas, figura 4.13. Nas regressões de Andrade (2010), o prazo não é significativo nem estatisticamente e nem economicamente.

Há um número considerável de contratos que foram informados como sendo sem garantias, figura 4.14, e tais contratos são mais arriscados que os que apresentam alguma garantia. Contratos com fiador são apenas 480. Operações concedidas sem garantia podem ser consideradas como erro de declaração da instituição financeira conforme consulta telefônica feita ao Banco Central do Brasil, pois, para a modalidade financiamento de automóveis, o próprio bem é utilizado como garantia. Em Andrade (2010) há apenas um modelo no qual a garantia entra como variável explicativa e ela não é significativa.

Contratos com valores entre cinco e dez mil reais duram menos que os demais, figura 4.15.

As figuras de 4.16 a 4.19 apresentam curvas estimadas de acordo com as características do cliente, separados por gênero, faixa etária, ocupação e faixa de rendimento.

Figura 4.16: Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por gênero

Figura 4.17: Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por faixa etária

Figura 4.18: Sobrevida de Kaplan-Meier estimada por ocupação

Figura 4.19: Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por renda

Os homens possuem uma sobrevivência menor que as mulheres no tange a modalidade financiamento de automóveis, figura 4.16, e segundo a tabela 4.6 tal diferença é significativa. O resultado corrobora o encontrado por Andrade (2010).

Clientes com idade inferior a 25 anos ficam menos tempos adimplentes que os demais. Andrade (2010) considera a idade como variável contínua e encontrou que quanto mais velho o cliente maior a chance de honrar seus compromissos com o seu credor.

A figura 4.18 compara servidores públicos com os da iniciativa privada, sejam eles empregados ou patrões. Os servidores são melhores pagadores. Uma possível hipótese é que a estabilidade garantida por lei ajuda no planejamento financeiro.

Apesar de haver um número considerável de contratos sem renda informada, a figura 4.19 mostra uma tendência a inadimplir por parte dos grupos com renda superior a 20 salários mínimos. Os grupos que apresentam o menor risco são os que tiveram renda entre 10 e 20 salários mínimos.

A figura 4.20 traz as curvas de sobrevivência regionais. As estimativas por abertura da combinação controle e macrossegmento está apresentada na figura 4.21. A figura 4.22 compara operações concedidas na crise com as feitas em outros períodos e a figura 4.23 apresenta as funções de sobrevivência das operações que são alvo das circulares 3.515 e 3.563 e as demais.

Figura 4.20: Região do Brasil

Figura 4.21: Tipo de Controle combinado com Macrosegmento

Figura 4.22: Operação concedida na crise

Figura 4.23: Operação concedida na crise

O agrupamento regional Norte-Nordeste apresenta as operações com menor duração de adimplência comparada com as regiões Centro Oeste, CO, Sudeste, SE, e Sul, S, vide figura 4.20. O que contrasta com os resultados de Andrade (2010) que não encontrou diferenças regionais nos financiamentos de automóveis.

Quanto à abertura combinada controle e macrossegmento, a tabela das operações em risco da figura 4.21 diz que há apenas 441 operações de financiamento de automóveis concedidas por bancos públicos comerciais na amostra, ou seja, estas instituições não são relevantes nesta modalidade. Além disso os banco privados nacionais com carteira comercial têm uma carteira de pior qualidade que as demais instituições financeiras.

Financiamentos feitos no período de crise tiveram uma curva estimada abaixo daqueles feitos no outros períodos, figura 4.22. As operações alvo das circulares realmente inadimplam mais rapidamente que as demais.

A tabela 4.6 resume os testes de Wilcoxon para cada grupo de curvas estimadas.

Tabela 4.6: Resultados do teste de Wilcoxon

Variável	$Pr > \chi^2$	Igualdade entre as curvas
Taxa de juros	0	rejeita
Prazo da operação	11,21%	não rejeita
Tipo de garantia	0	rejeita
Valor concedido	0	rejeita
Tipo de ocupação	0	rejeita
Faixa de renda	0	rejeita
Gênero	0	rejeita
Faixa etária	0	rejeita
Tipo de controlador/macrossegmento	0	rejeita
Região do país	46,96%	não rejeita
Ser ou não alvo das circulares	0	rejeita
Crise	0	rejeita

Não se rejeita a igualdade das curvas para prazo da operação e também das regiões do Brasil, enquanto se rejeita a igualdade entre as demais curvas, vide tabela 4.6.

4.5.3 Empréstimo Pessoal não Consignado

As figuras de 4.24 a 4.27 são as curvas estimadas para variáveis relacionadas ao contrato para a modalidade de empréstimo pessoal não consignado.

Figura 4.24: Taxa de Juros

Figura 4.25: Prazo da Operação

Figura 4.26: Tipo de Garantia

Figura 4.27: Valor Concedido

O empréstimo pessoal não consignado tem uma grande proporção de operações com taxas de juros superiores a 50% ao ano, em contraste com as modalidades capital de giro e financiamento de automóveis. Além deste fato, a figura 4.24 mostra que a sobrevivência diminui com o aumento da taxa de juros.

Outra característica da modalidade em discussão são contratos com prazos curtos, na figura 4.25 se observa que cerca de 73% das operações vencem em menos de 2 anos. Prazos maiores que 5 anos parecem ser menos arriscados que os demais. Porém, apenas uma operação está em risco no final de 60 meses. Prazos maiores relacionados à maior probabilidade de sobrevivência também foi encontrada por Silva (2010).

A proporção de contratos sem garantia também é grande, vide figura 4.26. O teste da tabela 4.7 rejeita a igualdade das curvas, a presença de garantia fidejussória faz o contrato ser menos arriscado. Uma possível explicação é que quem consegue a confiança de alguém para ser fiador deve ter um comportamento diferente dos outros devedores.

A faixa de valor concedido que concentra maior número de operações é abaixo de cinco mil reais, figura 4.27, o risco diminui com o aumento do valor do contrato, fenômeno confirmado por Silva (2010).

As curvas estimadas por sexo, idade, ocupação e faixa de rendimento estão nas figuras 4.28 a 4.31.

Figura 4.28: Sobrevida de Kaplan-Meier estimada por sexo

Figura 4.29: Sobrevida de Kaplan-Meier estimada por faixa etária

Figura 4.30: Sobrevida de Kaplan-Meier estimada por ocupação

Figura 4.31: Sobrevivência de Kaplan-Meier estimada por renda

A diferença entre os gêneros se apresenta tal como no financiamento de automóveis e o teste de Wilcoxon rejeita a igualdade entre as funções de sobrevivência dos dois grupos, vide tabela 4.7. Porém em Silva (2010) as curvas de sobrevivência por sexo obtidas não parecem diferir entre elas.

Quanto à faixa etária, figura 4.29, os maiores de 40 anos são os que apresentam maior sobrevivência. Silva (2010) categorizou a faixa etária em até 39 anos, de 40 a 51 anos e acima de 52 anos. A sua primeira faixa de idade é mais arriscada que a categoria basal que é acima de 52 anos. Ou seja, o resultado encontrado nesta tese concorda com o dela.

Em relação ao tipo de ocupação, figura 4.30, como o que acontece no financiamento de automóveis, os servidores públicos inadimplam menos na modalidade empréstimo pessoal não consignado.

A proporção de clientes com renda informada é maior que a vista na modalidade financiamento de automóveis, figura 4.31. As faixas abaixo de três salários mínimos são mais arriscadas que as demais.

Na figura 4.32 visualmente parece não haver diferenças entre as funções de sobrevivência regionais, porém, o teste de Wilcoxon da tabela 4.7 rejeita a igualdade. As operações concedidas na região agregada Norte e Nordeste inadimplam mais rapidamente que as demais. Silva (2010) também encontrou nas curvas estimadas diferenças entre regiões geográficas. No trabalho dela os contratos de empréstimo pessoal não consignado celebrados na região Norte ou no Nordeste são os mais arriscados junto aos do Centro-Oeste.

Quanto à classificação por controle combinado com macrossegmento, os bancos com carteira comercial e controle estrangeiro parecem ser os que têm carteira de empréstimo pessoal não consignado de melhor qualidade, figura 4.33.

Também não há diferença entre os períodos de concessão com referência à crise de 2008, figura 4.34.

O resumo dos testes de Wilcoxon para cada grupo de curvas estimadas estão na tabela 4.7 .

Os testes de Wilcoxon mostram que não podemos rejeitar a igualdade das curvas de ser concedido ou não na crise. Nas demais categorias houve a rejeição da igualdade.

Tabela 4.7: Resultados do teste de Wilcoxon

Variável	$Pr > \chi^2$	Igualdade entre as curvas
Taxa de juros	0	rejeita
Prazo da operação	0	rejeita
Tipo de garantia	0	rejeita
Valor concedido	0	rejeita
Tipo de ocupação	0	rejeita
Faixa de renda	0	rejeita
Gênero	0	rejeita
Faixa etária	0	rejeita
Tipo de controlador/macrossegmento	0	rejeita
Região do país	0	rejeita
Ser ou não alvo das circulares	0	rejeita
Crise	14,31%	não rejeita

Figura 4.32: Região do Brasil

Figura 4.33: Tipo de Controle combinado com Macrossegmento

Figura 4.34: Operação concedida na crise

4.6 Conclusão

Há particularidades ante cada modalidade de crédito que são determinantes nas funções de sobrevivência estimadas. Portanto, não há como generalizar um comportamento único da inadimplência para as covariáveis. Porém, há alguns fatos estilizados que podem ser citados e alguns destes são contra intuitivos.

Quanto maior a taxa de juros menor o tempo de sobrevivência, figuras 4.2, 4.12 e 4.24. Porém, no caso do capital de giro, a faixa que vai 60% a 80% ao ano é a mais arriscada, mais até que empréstimos com taxas superiores a 80% anuais.

Não há regra a ser deduzida em relação ao prazo da operação. A comparação entre as figuras 4.3, 4.13 e 4.25 mostra que há um comportamento distinto para cada modalidade.

A apresentação de garantias está relacionada a um risco maior, no caso da modalidade capital de giro, figura 4.4. Jiménez e Saurina (2004) e Ozawa (2008) encontraram o mesmo resultado para tal modalidade. A hipótese é que os bancos pediriam colateral para clientes que julgam mais arriscados. O oposto acontece no financiamento de automóveis, em que quando não há garantia a curva de sobrevivência estimada cai mais rapidamente, figura 4.14. Já no empréstimo pessoal, riscos maiores estão associados a apresentação de garantias reais e os menores à existência de um fiador, figura 4.26.

O risco diminui inversamente com o tamanho do valor concedido do empréstimo, vide figuras 4.5, 4.15 e 4.27.

As microempresas apresentam uma função de sobrevivência mais arriscada e as médias são as que demoram mais a inadimplir, figura 4.7.

Tanto em financiamento de automóveis quanto em empréstimo pessoal não consignado encontra-se que os homens são mais arriscados, figuras 4.16 e 4.28. Clientes mais novos também tendem a inadimplir mais rapidamente, porém o corte é de 25 anos para o financiamento de automóveis, figura 4.17 e de 40 anos para o empréstimo pessoal, figura 4.29.

Os servidores públicos sobrevivem mais no se requiere à inadimplência nas modalidades de pessoa físicas estudadas, vide figuras 4.18 e 4.30. No financiamento de automóveis, os clientes

mais arriscados são os que têm renda maior que vinte salários mínimos o que contrasta com o empréstimo pessoal, em que as pessoas que percebem um renda inferior a três salários mínimos são os que inadimplam antes, figuras 4.19 e 4.31.

Há diferença regional acentuada nas curvas estimadas de sobrevivência para o capital de giro, figura 4.10. Porém, no caso das pessoas físicas, essa diferença é bem menor, figuras 4.20 e 4.32.

As figuras 4.9, 4.21 e 4.33 mostram que é difícil um segmento bancário ser bom em todas as modalidades, os bancos públicos comerciais têm as melhores carteiras no empréstimo consignado, porém estes tem uma participação pequena no financiamento de automóveis, onde os estrangeiros e as instituições financeiras que não são banco comerciais captam clientes que demoram mais a inadimplir. Enquanto no empréstimo pessoal os banco comerciais estrangeiros selecionam os melhores clientes nesta modalidade.

Ser ou não ser concedido durante o período de crise não influencia no risco do capital de giro, figura 4.11. Porém, no financiamento de automóveis, os empréstimos tomados no período recessivo mostram-se mais arriscados enquanto o oposto ocorre com o empréstimo pessoal, figuras 4.22 e 4.34.

A análise não paramétrica fornece um primeiro contato com as variáveis e serve de guia para o pesquisador descobrir quais são as diferenças entre categorias. Porém, tal análise se restringe a variáveis categorizadas. Além disso, só é possível analisar um aspecto por vez e possíveis interações podem viciar os resultados. Por essas razões no próximo capítulo se parte para a análise semiparamétrica que permite incorporar regressores contínuos, interações e efeitos aleatórios.

5 INADIMPLÊNCIA: ANÁLISE SEMIPARAMÉTRICA

5.1 Introdução

Ao não impor uma forma funcional para a taxa de falha a análise semiparamétrica ganha flexibilidade em relação à análise paramétrica e ao mesmo tempo permite o estudo dos impactos de variáveis explicativas sobre a função de falha e no caso proporcional até a medição da razão de riscos nas variações de um regressor. Por estas razões se escolheu tal metodologia para avaliar o impacto de alguns eventos.

As seguintes questões são respondidas para as três modalidades estudadas. A recessão de 2008 afetou o comportamento dos devedores? Qual o efeito da mudança da política de concessão de empréstimos dos bancos públicos comerciais na carteira de crédito? Qual o efeito das circulares 3.515 e 3.563 sobre o financiamento de automóveis?

A decisão de avaliar o impacto das circulares 3.515 de dezembro de 2010 e 3.563 de novembro de 2011, que tratam sobre financiamento de automóveis, é baseada nos resultados de Martins e Schechtman (2013) e que pesquisam os efeitos destas normas sobre o diferencial entre as taxas de juros de captação e do empréstimo. Mais recentemente, Afanasieff *et al.* (2015) avaliaram o impacto destas mesmas circulares no volume de concessão de crédito. O alvo destas resoluções é uma combinação entre maturidade e a razão entre o valor da concessão e a garantia, conforme pode ser visualizado na tabela 5.1. Diferentemente dos autores, decidiu-se estender a análise por todo o período após a resolução. Martins e Schechtman (2013) justificam o corte em março de 2012, pois houve uma mudança da política de preços dos bancos públicos após abril de 2012. Porém, a proporção de operações de financiamentos de automóveis por instituições financeiras estatais é pequena.

Tabela 5.1: Empréstimos atingidos pelas circulares - fonte: Martins e Schechtman (2013)

Circular	Maturidade (meses)	Razão entre concessão e garantia (%)
3515 e 3563	de 24 a 36	maior que 80
3515 e 3563	de 36 a 48	maior que 70
3515 e 3563	de 48 a 60	maior que 60
3515	mais que 60	todos

As regressões indicam que o comportamento dos devedores não foi afetado por ser ou não concedido no período de recessão associado à crise internacional de 2008 nas três modalidades.

Na modalidade capital de giro, os bancos públicos com carteira comercial possuem clientes menos arriscados, porém, após a mudança do comando no Banco do Brasil há uma piora na qualidade da carteira destas instituições, mas não das demais instituições financeiras. Já no financiamento de automóveis a qualidade piorou para as outras instituições financeiras após tal mudança, porém sem impacto algum nos bancos públicos comerciais. Em relação ao empréstimo pessoal não consignado, a troca de direção do Banco do Brasil não alterou o risco de nenhum tipo de instituição financeira.

Quanto ao efeito causado pelas circulares na modalidade financiamento de automóveis, o risco se tornou maior após a promulgação delas, porém não houve nenhuma mudança na qualidade dos empréstimos alvos.

5.2 Metodologia

Colosimo e Giolo (2006) expõem um método empírico para se decidir entre o uso de um modelo contínuo ou discreto em função do número de empates:

$$p_e = \frac{d - k}{n}$$

Onde d é o número total de falhas, k é o número de falhas distintas e n é o número de observações. A regra de decisão está na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Regra empírica de decisão entre usar um modelo discreto ou aproximações para verossimilhança parcial. Fonte: Colosimo e Giolo (2006)

p_e (%)	Modelos
Menor que 20	Deve ser usado o modelo contínuo com aproximações para função de verossimilhança parcial
De 20 a 25	Pode ser usado o modelo contínuo com aproximações para função de verossimilhança parcial
Maior que 25	Deve ser usado um modelo discreto

A amostra da modalidade Capital de Giro apresenta $p_e = 7,26\%$, no financiamento de automóveis $p_e = 8,52\%$ e na modalidade empréstimo pessoal $p_e = 6,84\%$. Ou seja, deve-se usar o modelo contínuo para as três modalidades.

A opção foi utilizar o modelo de Cox estendido, primeiramente com variáveis independentes do tempo e depois com regressores que mudam ao longo dos meses. As equações utilizadas podem ser vistas a seguir.

$$\begin{aligned}\lambda(t|X) &= \lambda_0(t) e^{X^\top \beta} \\ \lambda(t|X, Z(t)) &= \lambda_0(t) e^{X^\top \beta + Z(t)^\top \gamma}\end{aligned}$$

Onde X é um vetor de covariáveis independentes do tempo, $Z(t)$ é um vetor de regressores que dependem do tempo, β e γ são vetores de parâmetros e $\lambda_0(t)$ é a função de risco basal.

Interpreta-se o modelo proporcional de Cox da seguinte maneira para uma covariável dicotômica x_i :

$$RR = \frac{\lambda(t|x_i = 1)}{\lambda(t|x_i = 0)} = \frac{\lambda_0(t) e^\beta}{\lambda_0(t)} = e^\beta$$

Onde RR é a razão de riscos. Ou seja, quando a variável x_i é igual a um, o risco é multiplicado por e^β ao valor quando ela é zero. Tal simplicidade explica a popularidade do modelo proporcional de Cox.

Quanto ao modelo de Cox estendido, note que a razão de risco é agora $e^{\beta + Z(t)^\top \gamma}$, ou seja, deve-se calcular tal razão para um instante determinado no tempo, o que complica a análise. Quando acontece de não haver proporcionalidade reportar os coeficientes na forma linear torna a análise mais simples, pois é necessário calcular os efeitos das outras variáveis caso o objetivo seja calcular uma razão de risco em particular. Neste caso, interpreta-se os valores positivos como aumento da taxa de falha e os negativos como uma diminuição. Esta tese optou por este último formato descrito.

A avaliação dos efeitos estudados é feita através de interações. Suponha que o objeto de estudo seja o efeito de uma mudança da política de preços sobre um conjunto específico de operações, como por exemplo, concessões de crédito de um segmento bancário. Sejam Pol a variável dicotômica que indica as operações concedidas sob o período que a nova política esteja em

vigor e *Seg* variável binária que indica o segmento atingido por esta medida. Então a avaliação é feita da seguinte maneira:

$$\lambda(t|X, Pol, Seg) = \lambda_0(t) e^{\gamma_1 Pol + \gamma_2 Seg + \gamma_3 Pol \times Seg + X^\top \beta}$$

Onde X são os controles e o coeficiente γ_3 mede o impacto da medida estudada.

Há muitos dados com informação incompleta ou valores extremos, por exemplo, financeira que cobra taxa de juro de 900% ao ano. A escolha natural, nesse caso, é categorizar os dados e os gráficos de resíduo martingal versus a covariável são a ferramenta para determinar os pontos de corte.

5.3 Descrição dos Dados

Além dos dados utilizados no capítulo de análise não paramétrica adiciona-se a este as seguintes variáveis macroeconômicas. Informações sobre vendas reais extraídas da página do IPEA. O nível de emprego formal por estado é construído a partir da RAIS, do ano de 1995, atualizado com o saldo líquido mensal de admissões do CAGED. A variável crise vai de Julho de 2008 a Janeiro de 2009 segundo o IBRE-FGV. Incluiu-se os indicadores macroeconômicos federais utilizados por Andrade (2010) para facilitar a comparação de resultados. O artigo citado considera apenas o IPCA, porém, como nesta tese há empréstimos para pessoas jurídicas que tem a variação de preços de seus custos medidos pelo IGPM e não pelo IPCA, utilizou-se também o IGPM. Além disso se utiliza duas variáveis de nível estadual, vide tabela 5.3.

Tabela 5.3: Descrição dos dados macroeconômicos

Variável	Descrição	Nível
Variação mensal do Ibovespa	Ganho ou perda percentual do índice Bovespa	Nacional
Variação da produção industrial	Calculado como a diferença do mês atual e do anterior da média móvel anual da produção industrial	Nacional
Taxa de câmbio entre Dólar e Real para compra (PTAX) mensal	Valor do preço do dólar em relação ao real no último dia do mês	Nacional
Inflação medida pelo IPCA ou IGPM	Índice de preços ao consumidor amplo calculado pela IBGE ou índice geral de preços de mercado calculado pela FGV	Nacional
Diferença entre Swap de 30 e 360 dias	Diferença entre as taxas de juros dos swaps de 30 e de 360 dias	Nacional
Taxa Selic	Taxa referencial de juros	Nacional
Variação anual do nível de emprego	Mudança percentual do nível de emprego anual	Estadual
Crescimento anual de vendas	Mudança percentual entre o índice de vendas em 12 meses	Estadual

5.4 Resultados

5.4.1 Capital de Giro

A tabela 5.5 resume os resultados de 4 modelos escolhidos. O primeiro e o segundo não possuem covariáveis que mudam com o tempo e ambos avaliam o que ocorre após a troca de direção do Banco do Brasil. A diferença entre eles é que no modelo 2 é introduzido efeitos aleatórios com distribuição gama. Os modelos 1 e 2 não apresentam covariáveis dependentes do tempo, mesmo assim, o teste de Schoenfeld rejeitou a hipótese de proporcionalidade para ambas especificações. Nos demais incorpora-se variáveis macroeconômicas e todos são modelos mistura com distribuição gama para efeitos aleatórios. A diferença é que o terceiro avalia o impacto da mudança da política de preços dos bancos públicos comerciais e no quarto o efeito da recessão associada à crise internacional de 2008. Como o modelo de Cox estendido é reportado, optou-se em não exibir os coeficientes na forma exponencial. Assim, coeficiente positivo e significativo estatisticamente é interpretado como um aumento na taxa de falha.

A tabela 5.4 exibe a referência para cada variável categórica. Ou seja, a categoria que é excluída nas regressões.

Tabela 5.4: Categorias de referência

Conjuto de variável	Referência
Garantias	Sem garantia
Taxas de juros	Menor que 30% ao ano
Prazos de contrato	Maior que 4 anos
Faixas de idade da empresa	Maior que 12 anos
Portes da empresa	Não informado
Regiões geográficas	Sudeste
Faixas de valores concedidos	Menor que 3 mil reais

A presença de algum tipo de garantia não afeta a taxa de falha das operações, resultado que não concorda com Jiménez e Saurina (2004) e nem com Repullo, Saurina e Trucharte (2010), que encontraram que a presença de colateral está correlacionada com uma probabilidade mais alta de inadimplência para os empréstimos de capital de giro das empresas espanholas. A taxa de juros contratada não apresentou um comportamento linear em nenhum caso, pois, contratos com taxas entre 60% e 80% ao ano são mais arriscados até do que os de 80% ao ano. Operações com prazo entre um e dois anos em capital de giro falham mais devagar que as que tem mais de 4 anos de maturidade. Em Repullo, Saurina e Trucharte (2010) e Jiménez e Saurina (2004)

as maturidades maiores estão associadas a um risco menor, o que contradiz o encontrado neste capítulo.

As empresas mais velhas são melhores pagadoras; quanto ao porte, as microempresas inadimplam antes que as demais. Quanto maior o valor concedido, menor o risco de delinquência da operação.

As empresas da região Sul do Brasil parecem ter operações menos arriscadas em relação às do restante do país.

Clientes com maior número de operações são menos arriscados, porém quanto maior o número de instituições financeiras no qual têm empréstimo maior a taxa de inadimplência. Este resultado é o mesmo encontrado por Repullo, Saurina e Trucharte (2010) e por Jiménez e Saurina (2004).

Das variáveis macroeconômicas, apenas a inflação medida pelo IGPM com 2 meses de defasagem e câmbio do mês anterior são significativas, e ambas desaceleram a inadimplência. Uma possível explicação é que os empréstimos são majoritariamente pré-fixados e um aumento de preços ou depreciação cambial aumentam a receita da empresa, porém a dívida não muda de valor.

Os bancos públicos possuem operações que demoram mais a inadimplir em relação às instituições financeiras com controle privado. A mudança imposta pelo governo federal para que os bancos públicos diminuíssem as taxas parece ter mudado a qualidade de suas carteiras para pior. Além disso, o coeficiente da variável mudança não é significativo, ou seja, as instituições privadas não foram afetadas no que se refere à inadimplência de suas operações com capital de giro. Um exercício foi feito com as operações concedidas no período de crise e não houve efeito algum na qualidade das concessões feitas no período entre junho de 2008 e janeiro de 2009.

O coeficiente de θ é significativo, ou seja, os efeitos aleatórios são importantes.

Tabela 5.5: Modelo Semiparamétrico de Cox para Capital de Giro

	1	2	3	4
Garantia Fidejussória	0,0121 (0,0516)	-0,0191 (0,0516)	-0,0436 (0,0545)	-0,0547 (0,0545)
Garantia não Fidejussória	-0,0111 (0,0526)	-0,0267 (0,0527)	-0,0336 (0,0531)	-0,0133 (0,0522)
Taxa de Juros				
de 30% a 60% aa	0,491*** -0,06	0,483*** -0,0601	0,495*** -0,0607	0,479*** (0,0606)
de 60% a 80% aa	1,202*** (0,0864)	1,186*** (0,0867)	1,223*** (0,0885)	1,221*** (0,0884)
maior que 80% aa	0,780*** (0,0826)	0,771*** (0,0829)	0,788*** (0,0836)	0,732*** (0,0809)
Prazo do contrato				
erro	-0,604** (0,2110)	-0,627** (0,2110)	-0,712*** (0,2150)	-0,761*** (0,2150)
menor que 1 ano	-0,136 (0,1780)	-0,176 (0,1780)	-0,187 (0,1790)	-0,118 (0,1800)
1 a 2 anos	-0,390* (0,1730)	-0,412* (0,1730)	-0,425* (0,1740)	-0,359* (0,1750)
de 2 a 4 anos	-0,188 (0,1730)	-0,197 (0,1730)	-0,208 (0,1740)	-0,132 (0,1730)
Idade da empresa				
menor que 6 anos	0,546*** (0,0547)	0,558*** (0,0555)	0,561*** (0,0556)	0,561*** (0,0556)
de 6 a 12 anos	0,126 (0,0653)	0,137* (0,0656)	0,143* (0,0656)	0,141* (0,0655)
Porte da empresa				
Micro	0,182* (0,0864)	0,218* (0,0864)	0,233** (0,0905)	0,283** (0,0874)
Pequeno	-0,0148 (0,0821)	0,00858 (0,0816)	0,0218 (0,0852)	0,0637 (0,0823)

Continua na próxima página

Tabela 5.5 – *Continuação de página anterior*

	1	2	3	4
Médio	-0,112 (0,1050)	-0,128 (0,1060)	-0,12 (0,1090)	-0,0741 (0,1060)
Grande	-0,346 (0,3920)	-0,334 (0,3920)	-0,307 (0,3930)	-0,271 (0,3920)
Região				
Centro Oeste	-0,069 (0,0820)	-0,0622 (0,0822)	-0,0612 (0,0825)	-0,0621 (0,0824)
Norte	0,0334 (0,1070)	0,0302 (0,1080)	0,0106 (0,1090)	0,00305 (0,1090)
Nordeste	0,131* (0,0636)	0,133* (0,0639)	0,119 (0,0649)	0,115 (0,0650)
Sul	-0,126* (0,0577)	-0,137* (0,0579)	-0,134* (0,0597)	-0,141* (0,06)
Valor concedido				
de 3 a 300 mil reais	-0,686*** (0,0719)	-0,772*** (0,0728)	-0,727*** (0,0771)	-0,746*** (0,0768)
maior que 300 mil reais	-1,197*** (0,1800)	-1,496*** (0,1860)	-1,459*** (0,1880)	-1,481*** (0,1880)
Quantidade de Operações		-0,00597*** (0,0009)	-0,00630*** (0,0010)	-0,00618*** (0,0010)
Quantidade de Instituições		0,101*** (0,0124)	0,105*** (0,0126)	0,103*** (0,0126)
Crescimento de ven- das anual				
1 mês de defasagem			0,00394 (0,0091)	0,00373 (0,0091)
2 meses de defasagem			0,000299 (0,0108)	0,000571 (0,0108)
3 meses de defasagem			0,000112 (0,0090)	-0,00013 (0,0090)

Continua na próxima página

Tabela 5.5 – *Continuação de página anterior*

	1	2	3	4
Variação anual do nível de emprego				
1 mês de defasagem			-0,0142 (0,0755)	-0,00597 (0,0754)
2 meses de defasagem			0,067 (0,1160)	0,0539 (0,1160)
3 meses de defasagem			-0,0692 (0,0751)	-0,0639 (0,0751)
Variação mensal do Ibovespa				
1 mês de defasagem			-0,00606 (0,0055)	-0,00655 (0,0056)
2 meses de defasagem			-0,0130* (0,0060)	-0,0123* (0,0060)
3 meses de defasagem			0,000393 (0,0047)	0,000634 (0,0047)
Variação da Produção Industrial				
1 mês de defasagem			-0,0463 (0,0829)	-0,0513 (0,0830)
2 meses de defasagem			-0,117 (0,0902)	-0,0998 (0,0902)
3 meses de defasagem			0,0142 (0,0866)	0,0118 (0,0865)
Câmbio PTAX				
1 mês de defasagem			-1,468** (0,5150)	-1,374** (0,5130)
2 meses de defasagem			0,907 (0,7510)	0,879 (0,7490)
3 meses de defasagem			0,784 (0,4930)	0,655 (0,4900)

Continua na próxima página

Tabela 5.5 – *Continuação de página anterior*

	1	2	3	4
Diferença entre Swap de 30 e 360 dias				
1 mês de defasagem			0,0107 (0,0729)	0,036 (0,0714)
2 meses de defasagem			-0,157 (0,0907)	-0,154 (0,0904)
3 meses de defasagem			0,0237 (0,0800)	0,0563 (0,0802)
Taxa Selic				
1 mês de defasagem			-0,358* (0,1700)	-0,29 (0,1700)
2 meses de defasagem			0,573* (0,2750)	0,583* (0,2740)
3 meses de defasagem			-0,217 (0,1580)	-0,313* (0,1540)
IGPM				
1 mês de defasagem			0,0106 (0,0579)	0,0213 (0,0579)
2 meses de defasagem			-0,218*** (0,0643)	-0,207** (0,0643)
3 meses de defasagem			0,107 (0,0589)	0,124* (0,0588)
Banco Público	-0,395*** (0,1050)	-0,396*** (0,1050)	-0,390*** (0,1070)	-0,201*** (0,0580)
Concedido após a mudança	-0,0419 (0,0747)	0,0115 (0,0748)	0,0692 (0,0922)	
Mudança X Banco Público	0,243* (0,1170)	0,273* (0,1170)	0,252* (0,1190)	
Concedido na crise				0,237 (0,1340)

Continua na próxima página

Tabela 5.5 – *Continuação de página anterior*

	1	2	3	4
Crise X Banco Público				-0,232 (0,2330)
θ		0,0414*** (0,0275)	0,0412*** (0,0274)	0,0402*** (0,0270)
Observações	188.630	188.630	188.630	188.630
Erro padrão entre pa- rênteses				
* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001				

As figuras 5.1 a 5.4 medem a qualidade do ajuste dos modelos, que é melhor quanto mais próximo os resíduos de Cox-Snell estiverem da linha de 45° . Neste quesito o modelo 3 seria o mais ajustado. Mas os resultados não diferem muito entre os modelos.

Figura 5.1: Adequação do modelo (1)

Figura 5.2: Adequação do modelo (2)

Figura 5.3: Adequação do modelo (3)

Figura 5.4: Adequação do modelo (4)

5.4.2 Financiamento de Automóveis

Para esta modalidade foram estimados cinco modelos. Os de números 1 e 2 têm apenas regressores constantes no tempo, porém em ambos o teste de Schoenfeld rejeita a proporcionalidade. O primeiro e o terceiro medem o efeito da mudança da política de preços dos bancos públicos, enquanto o segundo e o quarto avaliam o impacto das circulares 3.515 e 3.563. Finalmente, o quinto modelo mede o efeito que a crise teve nas operações concedidas neste período em relação aos bancos públicos. Além disso, com exceção do modelo 1, todos os outros consideram a existência de efeito aleatório com distribuição gama.

A tabela 5.6 mostra as referências para cada grupo de variáveis binárias.

Tabela 5.6: Categorias de referência

Conjuto de variável	Referência
Garantias	Sem garantia
Taxas de juros	Menor que 20% ao ano
Prazos de contrato	Menor que 5 anos
Faixa de renda	Não informado
Regiões geográficas	Sul
Faixas de valores concedidos	Menor que 5 mil reais

Nessa modalidade a garantia diminui o risco em relação aos clientes que as instituições financeiras declararam não possuí-las. A taxa de falha aumenta com o valor da taxa de juros e operações com mais de cinco anos são mais arriscadas que as demais. Quanto ao valor concedido, as faixas de cinco a sete mil, sete a dez mil e de vinte a sessenta mil reais inadimplam mais rapidamente que as demais.

Clientes que são servidores públicos ou maiores de vinte e cinco anos demoram mais a faltar com a obrigação que trabalhadores da iniciativa privada ou mais jovens que vinte e cinco anos respectivamente. Clientes que ganham mais de vinte salários mínimos são os mais arriscados junto com os que não têm renda informada. As regiões Centro Oeste, Norte e Nordeste apresentam maior taxa de falha em relação ao Sul e Sudeste.

Quanto maior o número de créditos que o cliente tem, menor o risco do financiamento, porém, quanto mais instituições financeiras maior a taxa de falha.

Quanto às variáveis macroeconômicas, tanto a taxa Selic quanto o câmbio apresentam um comportamento ambíguo, em ambos os casos, a primeira defasagem aponta para uma redução na taxa de falha e a segunda em um aumento. A inflação ao consumidor de três meses passados, medido pelo IPCA, aumenta a chance de inadimplir.

Após a troca de direção do Banco do Brasil houve um aumento na taxa de falha, porém não há diferenças entre o banco ser público e privado e nem mudança na qualidade da carteira de crédito das instituições estatais, este resultado também é o mesmo para a crise de 2008. As operações alvo das Circulares 3.515 e 3.563 são mais arriscadas que as outras e as concessões feitas após a publicação desta regulamentação têm uma maior taxa de falha. Porém, o comportamento das operações alvo se mantiveram após este fato.

Os efeitos aleatórios são importantes, pois o coeficiente θ é significativo para os modelos 2, 3 e

Tabela 5.7: Modelo Semiparamétrico de Cox para Financiamento de Automóveis

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
garantias	-0,205*** (0,0599)	-0,0582 (0,0702)	-0,240*** (0,0630)	-0,108 (0,0731)	-0,228*** (0,0628)
Taxa de Juros					
de 20% a 50% aa	1,079*** (0,0790)	1,006*** (0,0785)	0,996*** (0,0797)	0,920*** (0,0797)	0,973*** (0,0792)
de 50% a 1000% aa	1,977*** (0,157)	1,908*** (0,157)	1,805*** (0,158)	1,732*** (0,159)	1,777*** (0,158)
maior que 100% aa	2,615*** (0,289)	2,571*** (0,289)	2,257*** (0,293)	2,203*** (0,293)	2,220*** (0,293)
Prazo do contrato					
Maior que 5 anos	0,386*** (0,0914)	0,278** (0,0949)	0,345*** (0,0919)	0,254** (0,0954)	0,358*** (0,0918)
Valor concedido					
De 5 a 7 mil	0,774** (0,276)	0,897** (0,278)	0,649* (0,280)	0,768** (0,281)	0,624* (0,280)
De 7 a 10 mil	0,749** (0,276)	0,863** (0,278)	0,653* (0,280)	0,762** (0,281)	0,637* (0,279)
De 10 a 20 mil	0,400 (0,276)	0,469 (0,278)	0,340 (0,280)	0,410 (0,281)	0,322 (0,280)
De 20 a 60 mil	0,624* (0,277)	0,617* (0,278)	0,616* (0,281)	0,615* (0,282)	0,601* (0,281)
Acima de 60 mil	0,595 (0,320)	0,609 (0,321)	0,626 (0,324)	0,633 (0,325)	0,601 (0,324)
Servidor Público	-0,671*** (0,0811)	-0,679*** (0,0810)	-0,497*** (0,0946)	-0,498*** (0,0947)	-0,505*** (0,0946)
Masculino	0,0461 (0,0467)	0,0543 (0,0467)	0,0383 (0,0472)	0,0444 (0,0472)	0,0356 (0,0472)
Maior de 25 anos	-0,508*** (0,0523)	-0,492*** (0,0523)	-0,430*** (0,0532)	-0,418*** (0,0532)	-0,430*** (0,0532)
Renda em salários mínimos					

Continua na próxima página

Tabela 5.7 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
sem rendimento	-0,286*** (0,0836)	-0,344*** (0,0872)	-0,324** (0,104)	-0,356*** (0,103)	-0,253* (0,101)
até 1	-0,569*** (0,126)	-0,623*** (0,128)	-0,596*** (0,137)	-0,621*** (0,136)	-0,533*** (0,135)
de 1 a 2	-0,374*** (0,0872)	-0,445*** (0,0920)	-0,409*** (0,111)	-0,432*** (0,110)	-0,322** (0,107)
de 2 a 3	-0,261** (0,0885)	-0,347*** (0,0934)	-0,313** (0,114)	-0,354** (0,113)	-0,228* (0,110)
de 3 a 5	-0,323*** (0,0934)	-0,428*** (0,0988)	-0,332** (0,118)	-0,387** (0,118)	-0,247* (0,115)
de 5 a 10	-0,481*** (0,113)	-0,591*** (0,118)	-0,429** (0,135)	-0,492*** (0,135)	-0,351** (0,132)
de 10 a 20	-0,946*** (0,215)	-1,047*** (0,218)	-0,756*** (0,229)	-0,811*** (0,229)	-0,684** (0,227)
Acima de 20	-0,172 (0,124)	-0,286* (0,129)	-0,171 (0,143)	-0,239 (0,143)	-0,0876 (0,140)
Região					
CO	0,217** (0,0817)	0,226** (0,0817)	0,188* (0,0827)	0,198* (0,0827)	0,189* (0,0827)
N e NE	0,291*** (0,0662)	0,299*** (0,0662)	0,256*** (0,0692)	0,263*** (0,0692)	0,261*** (0,0692)
SE	0,0497 (0,0564)	0,0465 (0,0564)	0,0440 (0,0574)	0,0416 (0,0574)	0,0429 (0,0574)
Quantidade de Operações			-0,0584*** (0,00675)	-0,0580*** (0,00675)	-0,0586*** (0,00675)
Quantidade de Instituições			0,229*** (0,0239)	0,231*** (0,0239)	0,232*** (0,0239)
Crescimento de vendas anual					

Continua na próxima página

Tabela 5.7 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1 mês de defasagem			-0,00902 (0,00805)	-0,00892 (0,00805)	-0,00943 (0,00805)
2 meses de defasagem			0,000158 (0,00953)	0,000335 (0,00953)	0,000151 (0,00952)
3 meses de defasagem			0,0103 (0,00781)	0,0105 (0,00782)	0,0105 (0,00782)
Variação anual do ní- vel de emprego					
1 mês de defasagem			-0,141* (0,0660)	-0,143* (0,0661)	-0,141* (0,0659)
2 meses de defasagem			0,183 (0,101)	0,187 (0,101)	0,177 (0,101)
3 meses de defasagem			-0,0497 (0,0657)	-0,0426 (0,0658)	-0,0434 (0,0657)
Variação mensal do Ibovespa					
1 mês de defasagem			-0,00304 (0,00524)	-0,00186 (0,00524)	-0,00383 (0,00526)
2 meses de defasagem			-0,00697 (0,00580)	-0,00611 (0,00579)	-0,00711 (0,00580)
3 meses de defasagem			0,00930 (0,00485)	0,00942 (0,00485)	0,00830 (0,00484)
Variação da Produ- ção Industrial					
1 mês de defasagem			-0,0238 (0,0849)	-0,0245 (0,0846)	-0,0201 (0,0844)
2 meses de defasagem			0,0286 (0,0872)	0,0390 (0,0869)	0,0319 (0,0867)
3 meses de defasagem			-0,0689 (0,0840)	-0,0608 (0,0838)	-0,0743 (0,0836)
Câmbio PTAX					

Continua na próxima página

Tabela 5.7 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1 mês de defasagem			-1,218*	-1,302**	-1,200*
			(0,500)	(0,499)	(0,498)
2 meses de defasagem			1,870*	1,855*	1,821*
			(0,727)	(0,725)	(0,723)
3 meses de defasagem			-0,477	-0,485	-0,533
			(0,498)	(0,496)	(0,497)
Diferença entre Swap de 30 e 360 dias					
1 mês de defasagem			-0,0811	-0,0872	-0,0607
			(0,0694)	(0,0691)	(0,0687)
2 meses de defasagem			0,0986	0,0896	0,102
			(0,0893)	(0,0892)	(0,0893)
3 meses de defasagem			-0,144	-0,162*	-0,128
			(0,0746)	(0,0747)	(0,0744)
Taxa Selic					
1 mês de defasagem			-0,530***	-0,552***	-0,485**
			(0,150)	(0,150)	(0,150)
2 meses de defasagem			0,595*	0,581*	0,614*
			(0,242)	(0,241)	(0,242)
3 meses de defasagem			-0,0570	-0,0131	-0,133
			(0,139)	(0,139)	(0,136)
IPCA					
1 mês de defasagem			0,0528	0,0500	0,0910
			(0,132)	(0,132)	(0,132)
2 meses de defasagem			-0,180	-0,162	-0,183
			(0,164)	(0,164)	(0,165)
3 meses de defasagem			0,314*	0,303*	0,324*
			(0,138)	(0,139)	(0,139)
Banco Público	0,206		0,291		0,0610
	(0,381)		(0,383)		(0,321)

Continua na próxima página

Tabela 5.7 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Concedido após a mudança	0,183*** (0,0554)		0,184** (0,0708)		
Mudança X Banco Público	-0,557 (0,538)		-0,358 (0,540)		
Alvo		0,198** (0,0642)		0,167* (0,0650)	
Concedido após circular 3515		0,255*** (0,0722)		0,297*** (0,0794)	
Alvo X Conc. Após nova resolução		0,143 (0,0921)		0,104 (0,0935)	
Concedido na crise					0,0620 (0,0947)
Crise X Banco Público					0,00489 (0,6010)
θ			0,2598*** (0,0966)	0,2663*** (0,0979)	0,2639*** (0,0978)
Observações	281.987	281.987	281.928	281.928	281.928
Erro padrão entre parênteses					
* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001					

As figuras 5.5 a 5.7 medem o ajuste dos respectivos modelos apresentados na tabela 5.7. Segundo este critério, o modelo que melhor se ajusta aos dados é o (2), que mede o efeito das circulares e não tem regressores dependentes do tempo. Mais uma vez os resultados não diferem muito entre os modelos.

Figura 5.5: Adequação do modelo (1)

Figura 5.6: Adequação do modelo (2)

Figura 5.7: Adequação do modelo (3)

Figura 5.8: Adequação do modelo (4)

Figura 5.9: Adequação do modelo (5)

5.4.3 Empréstimo Pessoal não Consignado

Nesta modalidade considera-se três modelos, o primeiro e o segundo avaliam o impacto da mudança da política de preços dos bancos públicos, sendo que no primeiro há apenas variáveis explicativas que não mudam com o tempo. O segundo e o terceiro levam em conta efeitos aleatórios com distribuição gama e regressores não constantes no tempo. O último modelo verifica se há efeito nos bancos públicos das concessões realizadas na crise.

A tabela 5.8 traz os valores de referência para grupos de variáveis dicotômicas.

Tabela 5.8: Categorias de referência

Conjuto de variável	Referência
Garantias	Sem garantia
Taxas de juros	Menor que 20% ao ano
Prazos de contrato	Menor que 2 anos
Faixa de renda	Não informado
Regiões geográficas	Sul
Faixas de valores concedidos	Menor que 5 mil reais

Operações com garantias não fidejussórias apresentam taxas de falhas maiores que as demais, assim como aquelas com taxas de juros superiores a 50% ao ano. Estes resultados mostram que se exige garantias de clientes mais arriscados, além de taxas de juros maiores. Silva (2010) estratifica os prazos da operação de modo diferente e chega à conclusão que operações acima de 3 anos inadimplam mais devagar, que as de maturidade de 1 a 2 anos e de 2 a 3 anos, o que é coerente com resultado desta tese onde a operação abaixo de 2 anos é mais arriscada que as das faixas de 2 a 5 anos e maior que 5 anos de prazo.

Clientes do sexo masculino ou com idade inferior a 40 anos têm operações com taxas de falhas maiores. Nestas categorias Silva (2010) corrobora os resultados encontrados. Não ser servidor público assim como ter renda abaixo de 2 salários mínimos também aumenta o risco de inadimplência.

A região geográfica do morador não exerce nenhuma influência sobre o risco. Este fato não concorda com Silva (2010) que encontrou que as operações concedidas a moradores do estado de São Paulo são menos arriscadas em comparação às realizadas no Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sul e o restante da região Sudeste.

Quem tem mais operações apresenta risco menor e quanto maior o número de instituições fi-

nanceiras na qual se tem créditos, mais arriscado será.

A variação anual do nível de emprego tem sinal positivo na primeira defasagem e negativo na segunda. Quanto mais positiva a variação do índice Bovespa de dois e de três meses antes, menor a taxa de falha. Enquanto um aumento na preço do dólar no trimestre anterior aumenta o risco, o mesmo fato ocorre com a inflação medida pelo IPCA.

Bancos públicos comerciais têm carteiras com pior qualidade. Nem o período de crise, nem a mudança da política de preços exerce algum efeito sobre a taxa de falha.

Tabela 5.9: Modelo Semiparamétrico de Cox para Empréstimo Pessoal

	(1)	(2)	(3)
Garantia Fidejussória	-0,175 (0,154)	-0,231 (0,154)	-0,240 (0,154)
Garantia não Fidejussória	0,236*** (0,0567)	0,206*** (0,0573)	0,211*** (0,0573)
Taxa de Juros			
De 20% a 30% aa	-0,359 (0,188)	-0,337 (0,189)	-0,355 (0,189)
De 30% a 50% aa	-0,190 (0,157)	-0,209 (0,158)	-0,223 (0,158)
Maior que 50% aa	0,753*** (0,150)	0,706*** (0,152)	0,690*** (0,151)
Prazo do contrato			
De 2 a 5 anos	-0,462*** (0,0495)	-0,456*** (0,0500)	-0,454*** (0,0500)
Maior que 5 anos	-0,690*** (0,182)	-0,692*** (0,183)	-0,664*** (0,183)
Servidor Público	-0,294*** (0,0680)	-0,343*** (0,0761)	-0,346*** (0,0760)
Masculino	0,287*** (0,0457)	0,289*** (0,0463)	0,288*** (0,0463)
Maior que 40 anos	-0,629*** (0,0456)	-0,682*** (0,0470)	-0,681*** (0,0469)
Renda em salários mínimos			
sem rendimento	-0,244 (0,125)	-0,258 (0,156)	-0,195 (0,149)
até 1	0,0250 (0,115)	-0,136 (0,146)	-0,0794 (0,139)
de 1 a 2	-0,144 (0,105)	-0,312* (0,143)	-0,253 (0,135)

Continua na próxima página

Tabela 5.9 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)
de 2 a 3	-0,323** (0,109)	-0,507*** (0,147)	-0,450** (0,139)
de 3 a 5	-0,482*** (0,109)	-0,653*** (0,149)	-0,591*** (0,140)
de 5 a 10	-0,659*** (0,110)	-0,771*** (0,151)	-0,709*** (0,143)
de 10 a 20	-0,578*** (0,124)	-0,614*** (0,165)	-0,550*** (0,158)
Acima de 20	-0,629*** (0,143)	-0,580** (0,177)	-0,513** (0,170)
Região			
CO	0,0507 (0,0896)	0,0848 (0,0909)	0,0846 (0,0909)
N e NE	0,0921 (0,0701)	0,125 (0,0765)	0,129 (0,0765)
SE	-0,0176 (0,0614)	0,0222 (0,0642)	0,0245 (0,0643)
Valor concedido			
De 5 a 10 mil	0,0455 (0,0717)	0,0925 (0,0765)	0,0904 (0,0766)
De 10 a 50 mil	-0,0767 (0,0898)	-0,00878 (0,0941)	-0,0132 (0,0942)
De 50 a 75 mil	0,452* (0,219)	0,506* (0,224)	0,503* (0,224)
Acima de 75 mil	-0,103 (0,369)	-0,00764 (0,374)	-0,0176 (0,374)
Quantidade de Operações		-0,0334*** (0,00349)	-0,0333*** (0,00349)

Continua na próxima página

Tabela 5.9 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)
Quantidade de Instituições		0,229***	0,228***
		(0,0152)	(0,0152)
Crescimento de vendas anual			
1 mês de defasagem		-0,00771	-0,00709
		(0,00968)	(0,00966)
2 meses de defasagem		0,00276	0,00271
		(0,0114)	(0,0114)
3 meses de defasagem		0,00391	0,00374
		(0,00974)	(0,00974)
Variação anual do nível de emprego			
1 mês de defasagem		0,233**	0,238**
		(0,0753)	(0,0752)
2 meses de defasagem		-0,229*	-0,234*
		(0,108)	(0,108)
3 meses de defasagem		0,0186	0,0194
		(0,0720)	(0,0721)
Variação mensal do Ibo- vespa			
1 mês de defasagem		-0,00388	-0,00419
		(0,00714)	(0,00715)
2 meses de defasagem		-0,0156*	-0,0152
		(0,00786)	(0,00785)
3 meses de defasagem		-0,0165**	-0,0165**
		(0,00607)	(0,00607)
Variação da Produção Industrial			
1 mês de defasagem		0,0667	0,0645
		(0,0852)	(0,0853)
2 meses de defasagem		-0,00696	-0,00334
		(0,0937)	(0,0938)

Continua na próxima página

Tabela 5.9 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)
3 meses de defasagem		-0,0360 (0,0906)	-0,0344 (0,0907)
Câmbio PTAX			
1 mês de defasagem		-0,658 (0,562)	-0,681 (0,562)
2 meses de defasagem		-1,017 (0,841)	-1,011 (0,840)
3 meses de defasagem		2,381*** (0,562)	2,320*** (0,559)
Diferença entre Swap de 30 e 360 dias			
1 mês de defasagem		-0,0629 (0,0885)	-0,0470 (0,0874)
2 meses de defasagem		-0,169 (0,114)	-0,169 (0,114)
3 meses de defasagem		0,185 (0,102)	0,182 (0,102)
Taxa Selic			
1 mês de defasagem		-0,131 (0,179)	-0,121 (0,179)
2 meses de defasagem		0,0125 (0,280)	0,0383 (0,280)
3 meses de defasagem		0,0920 (0,166)	0,0479 (0,163)
IPCA			
1 mês de defasagem		-0,0214 (0,162)	-0,00611 (0,162)
2 meses de defasagem		-0,00230 (0,218)	-0,0122 (0,219)
3 meses de defasagem		0,389* (0,184)	0,382* (0,184)

Continua na próxima página

Tabela 5.9 – *Continuação de página anterior*

	(1)	(2)	(3)
Banco Público	0,378** (0,140)	0,382** (0,143)	0,351*** (0,0563)
Concedido após a mudança	0,0769 (0,0963)	0,148 (0,117)	
Mudança X Banco Público	-0,0271 (0,148)	-0,0452 (0,151)	
Concedido na crise			0,178 (0,196)
Crise X Banco Público			-0,496 (0,386)
θ		0,0554*** (0,0272)	0,05622*** (0,0275)
Observações	188.571	188.513	188.513
Erro padrão entre parênteses			
* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001			

As figuras 5.10 a 5.12 medem a adequabilidade dos respectivos modelos apresentados na tabela 5.9. O modelo que mede o efeito da mudança da política de preços dos bancos públicos, ou seja o segundo, é o que melhor se adapta aos dados. Porém não há muita diferença entre os resultados.

Figura 5.10: Adequação do modelo (1)

Figura 5.11: Adequação do modelo (2)

Figura 5.12: Adequação do modelo (3)

5.5 Conclusão

As análises não paramétrica e semiparamétrica mostram que as covariáveis influenciam de modo diferente cada modalidade.

Os resultados apontam que a mudança da política de preços dos bancos públicos, marcada pela troca de comando no Banco do Brasil em abril de 2009, influenciou negativamente a qualidade da carteira dos bancos estatais na modalidade capital de giro, porém não alterou a taxa de falha no financiamento de automóveis e nem no empréstimo pessoal. Vale a pena frisar que os bancos públicos, quando comparados com as outras instituições financeiras, têm carteiras com menor risco em capital de giro, porém piores nas outras duas modalidades em estudo.

As operações concedidas na crise de 2008 não apresentaram diferença alguma em relação às realizadas em outros períodos. Especificamente no caso dos automóveis, as Circulares 3.515 e 3.563 não mudaram a qualidade das operações alvo, porém, após elas houve um aumento na taxa de falha. Como há intersecção entre o período citado e a da mudança da política de concessões, não se pode afirmar categoricamente que há uma relação de causa e efeito.

No capital de giro não há influência das garantias no risco, um resultado diferente daquele encontrado por Ozawa (2008), Jiménez e Saurina (2004) e Repullo, Saurina e Trucharte (2010). No financiamento de automóveis elas mitigam a inadimplência, pois o cliente pode perder o bem rapidamente, já que o mesmo está alienado em nome da instituição financeira credora. No empréstimo pessoal a garantia não fidejussória é um sinal de maior risco do cliente, ou seja, supõe-se que quando o potencial credor percebe uma possibilidade de inadimplência acima de um certo limiar, ele pede garantias reais para que a operação seja realizada. Taxas de juros menores estão associadas a menos falhas em todas as modalidades pesquisadas. O que é de se esperar, pois a probabilidade de inadimplência entra no cálculo do *spread*. Em relação à maturidade da operação, no capital de giro, prazos superiores a quatro anos são mais arriscados, o contrário acontece no estudo sobre os bancos espanhóis realizados por Repullo, Saurina e Trucharte (2010) onde encontraram que maiores prazos estão associados a menores riscos. No financiamento de automóveis o risco maior ocorre para prazos maiores que cinco anos, o que está coerente com o espírito das Circulares 3.515 e 3.563 cujas operações alvo incluem aquelas com maturidade superior a 60 meses.

A inflação age de modo diferente para pessoas jurídicas e físicas. No primeiro grupo ela diminui a velocidade de inadimplência enquanto aumenta no segundo. O modelo com efeitos aleatórios de Andrade (2010) encontrou que a inflação aumenta o risco para financiamentos de automóveis para pessoas físicas. Uma hipótese é que um incremento de preços faz crescer a receita das empresas, enquanto a dívida é fixa. Enquanto para as pessoas físicas o aumento de custos pressiona o orçamento de tal modo que sobra menos dinheiro para pagar prestações.

Linhas futuras de pesquisa podem utilizar os modelos apresentados nesta tese para acompanhar fraudes usando a técnica de soma acumulada. Ela é uma das ferramentas do campo chamado de controle estatístico de processos. Seguindo Stoumbos *et al.* (2010), seja X uma variável de interesse, e suponha que $f_{\theta}(x)$, a função de distribuição de X é indexada em θ , um vetor de um ou mais parâmetros. Um processo estável a operar com $\theta = \theta_0$ é dito em controle estatístico. O objetivo é detectar mudanças do valor de θ e verificar se ela se afasta muito do controle estatístico em algum momento. O autor define a estatística de soma acumulada para detectar

uma variação de θ_0 para θ_1 como:

$$C_k = \max\{0, C_{k-1}\} + \ln\left(\frac{f_{\theta_1}(x_k)}{f_{\theta_0}(x_k)}\right)$$

Onde C_0 é o valor inicial. Se C_k exceder um limiar definido considera-se que o processo não está mais no controle estatístico. Gandy *et al.* (2010) aplica tal técnica para monitorar a inadimplência de cartões de crédito.

Outra direção interessante é estudar a inadimplência de operações renegociadas usando a teoria de eventos recorrentes. Colosimo e Giolo (2006) dizem que eventos recorrentes acontece quando um indivíduo em estudo está sujeito a múltiplos evento do mesmo tipo. Por exemplo, alguma operação de crédito que entra em inadimplência e tem sua situação regularizada pode novamente ter um atraso superior de noventa dias em seus pagamentos.

6 CONCLUSÃO

As mudanças de estados da natureza são o foco desta tese. A análise das duas pontas da atividade bancária, o crédito e o depósito, sob esta perspectiva leva a utilizar duas ferramentas populares na literatura para avaliar transição de fases: simulação baseada em agentes e análise de sobrevivência. Simula-se os depósitos e mede-se o tempo até a inadimplência no lado do ativo.

O estudo dos depósitos tem duas partes. A primeira foca na decisão de depositantes que estão dispostos a esperar por mais um período para obter um retorno maior de seus ativos. Caso eles percebam que o banco entregará menos do que ele aplicou, tal agente saca o dinheiro imediatamente. Deng, Yu e Li (2010) supõem que o retorno do investimento é constante e a contribuição da presente tese é relaxar tal hipótese, além de introduzir um novo tipo de agente, o depositante paciente que conhece se o investimento será alto ou baixo. As simulações deste trabalho concluem que a difusão de informações corretas sobre o estado dos bancos pode evitar corridas quando as instituições estão saudáveis. Se todos os depositantes confiam em um pequeno círculo de amigos para tomar decisões, a chance de acontecer uma corrida aumenta, esteja ou não o banco saudável. Um ambiente com agentes com redes sociais de tamanhos diferentes pode ser simulado para verificar se tal resultado é robusto.

Grasselli e Ismail (2013) estudam corrida bancária com simulação baseada em agentes, porém sob o paradigma de sistemas complexos adaptativos, para o modelo de Diamond e Dybvig (1983). O jogo não se realiza apenas durante a tomada de decisão, como em Deng, Yu e Li (2010), mas em várias rodadas de três períodos cada uma. Como os agentes podem aprender e têm memória, é possível permitir que o surgimento de bancos seja endógeno. A tese em tela estende o modelo de Grasselli e Ismail (2013) ao impôr a restrição de serviços sequenciais e permitir que depositantes deixem de ser clientes caso não recebam o esperado ao sacar. Ambos os modelos apontam para a emergência de concentração bancária, porém esta tese mede o número de corridas e conclui que à medida que os bancos crescem e o mercado se concentra o número de corridas e de clientes que ficam sem receber o combinado tende a zero. Algumas características para incorporar aos agentes em um futuro trabalho são memorizar o ocorrido quando ele fica na fila a fim de calcular a expectativa de ganho. Assim, se possibilita introduzir o seguro depósito. Seria interessante também permitir que os bancos sejam heterogêneos quanto ao seu comportamento, ou seja, poderia haver dois tipos de ativos, o primeiro com maior retorno médio, porém com maior variância que o segundo que seria mais seguro, porém com retorno médio

menor. Qual o impacto do seguro depósito na escolha do tipo de instituição financeira? As simulações corroborariam a teoria de que o agente age como disciplinador de mercado? Coletar dados de corridas bancárias e simular nos programas desenvolvidos também poderia validar a modelagem, além de se medir o tempo até a corrida através de análise de sobrevivência, como realizado por Ó-Gráda e White (2003) e nesta tese para o tempo até a inadimplência.

Do lado do ativo, a escolha por análise de sobrevivência se deve ao número alto de dados censurados no mercado de crédito. Além disso, ela é uma ferramenta muito utilizada na literatura para a pesquisa de transições de fases e tem uma teoria bem estabelecida. Esta tese dialoga principalmente com as dissertações de Andrade (2010) e Silva (2010), que estudam o mercado de financiamento de automóveis e crédito pessoal não consignado respectivamente. A presente tese além de analisar as modalidades citadas também o faz para o capital de giro. Enquanto Andrade (2010) optou por um modelo discreto, aqui segue-se o critério de Colosimo e Giolo (2006) que indica o uso do modelo contínuo para o banco de dados utilizado. Já Silva (2010) usa apenas variáveis explicativas constantes no tempo e nesta tese regressores que mudam ao longo dos meses são também utilizados em alguns modelos. Em geral há concordância nos resultados entre esta tese e as dissertações. A divergência maior é quanto ao efeito das variáveis macroeconômicas também levadas em conta por Andrade (2010). Porém, o foco deste estudo foi avaliar o efeito de alguns eventos na taxa de falha. Tais eventos são a crise internacional, a mudança de política de preços dos bancos públicos comerciais e as circulares 3.515 e 3.563.

Os resultados das regressões mostram que a qualidade do crédito concedido não foi afetada pela crise em nenhuma modalidade, houve piora na carteira dos bancos públicos comerciais em capital de giro, porém não nos outros tipos de crédito e as circulares não mudaram a qualidade das operações alvo delas, porém houve piora no crédito após a promulgação das mesmas, mas não é possível isolar o efeito para se dizer que foram tais normas as responsáveis pela deterioração. Uma nova frente de pesquisa seria utilizar as regressões para um modelo de soma acumulada para acompanhar a função de sobrevivência das instituições financeiras a fim de evitar fraudes como feito em Gandy *et al.* (2010). Outra linha de estudo, que seria inédita na literatura de crédito brasileira, é utilizar análise de sobrevivência com efeitos recorrentes, pois há créditos inadimplentes que voltam a ser pagos. Como agora o Sistema de Informações de Crédito do Banco Central do Brasil possui informações sobre as operações que saem antes do vencimento, tais como se ela foi vendida ou paga, um modelo de riscos competitivos pode ser interessante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARYA, Viral V; MORA, Nada. **Are Banks Passive Liquidity Backstops? Deposit Rates and Flows During the 2007-2009 Crisis**. NBER, 2012. (Working Paper Series, 17838). Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w17838.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

AFANASIEFF, Tarsila S; CARVALHO, Fabiana LCA; CASTRO, Eduardo C; COELHO, Rodrigo LP; GREGÓRIO, Jaime de. **Implementing Loan-to-Value Ratios: The Case of Auto Loans in Brazil (2010-11)**. Banco Central do Brasil, 2015. (Trabalhos para Discussão, 380). Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps380.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2015.

ANDRADE, Rodrigo Augusto Silva de. **Default mercado de crédito parcelado para bens duráveis: veículos automotores**. Dissertação (Mestrado) — Fundação Getúlio Vargas, 2010.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **SCR, Sistema de Informações de Crédito**: Instruções de preenchimento. 2009. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/fis/crc/ftp/SCR_InstrucoesDePreenchimento_Doc3040.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2015.

_____. **Relatório de Estabilidade Financeira**. Banco Central do Brasil, 2015. (volume 14, 1). Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/htms/estabilidade/2015_03/refP.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

BONFIM, Diana. Credit risk drivers: Evaluating the contribution of firm level information and of macroeconomic dynamics. **Journal of Banking & Finance**, v. 33, n. 2, p. 281–299, 2009.

BONOMO, Marco; BRITO, Ricardo; MARTINS, Bruno. **Macroeconomic and Financial Consequences of the After Crisis Government-Driven Credit Expansion in Brazil**. Banco Central do Brasil, 2014. (Trabalhos para Discussão, 378). Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps378.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

CALOMIRIS, Charles W; KAHN, Charles M. The role of demandable debt in structuring optimal banking arrangements. **The American Economic Review**, p. 497–513, 1991.

CALOMIRIS, Charles W.; MASON, Joseph R. Fundamentals, panics, and bank distress during the depression. **The American Economic Review**, v. 93, p. pp. 1615–1647, 2003.

CAMERON, A Colin; TRIVEDI, Pravin K. **Microeconometrics: Methods and Applications**. Nova York, NY: Cambridge university press, 2005.

CHARI, Varadarajan V; JAGANNATHAN, Ravi. Banking panics, information, and rational expectations equilibrium. **The Journal of Finance**, v. 43, n. 3, p. 749–761, 1988.

COLOSIMO, Enrico Antônio; GIOLO, Suely Ruiz. **Análise de Sobrevivência Aplicada**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006.

COSTA, Fernando Nogueira da. **Brasil dos Bancos**. São Paulo - SP: EDUSP, Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

DAWID, Paulo E; TAKEDA, Tony. **Recolhimentos Compulsórios e o Crédito Bancário Brasileiro**. Banco Central do Brasil, 2011. (Trabalhos para Discussão, 250). Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/Pec/Depep/Seminarios/2011_VISemRiscosBCB/Arquivos/2011_VISemRiscosBCB_10h40_PauloEvandroDawid.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2012.

DEMIRGÜÇ-KUNT, Asli; KARACAOVALI, Baybars; LAEVEN, Luc. **Deposit insurance around the world: a comprehensive database**. World Bank, 2005. (Policy Research Working Paper, 3628). Disponível em: <http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/06/08/000012009_20050608111717/Rendered/PDF/wps36280rev.pdf>.

Acesso em: 25 mai. 2015.

DENG, Jing; YU, Tongkui; LI, Honggang. Bank runs in a local interaction model. **Physics Procedia**, v. 3, n. 5, p. 1687–1697, 2010.

DIAMOND, Douglas W. Financial intermediation and delegated monitoring. **The Review of Economic Studies**, v. 51, n. 3, p. 393–414, 1984.

DIAMOND, Douglas W.; DYBVIG, Philip H. Bank runs, deposit insurance, and liquidity. **Journal of Political Economy**, v. 91, p. pp. 401–419, 1983.

ENNIS, Huberto M; KEISTER, Todd. Bank runs and institutions: The perils of intervention. **The American Economic Review**, v. 99, n. 4, p. 1588–1607, 2009.

FLEMING, Thomas R; HARRINGTON, David P. **Counting Processes and Survival Analysis**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.

FREITAS, Maria. Os efeitos da crise global no brasil: aversão ao risco e preferência pela liquidez no mercado de crédito. **Estudos Avançados**, v. 23, n. 66, p. 125–145, 2009.

FREIXAS, Xavier; ROCHET, Jean-Charles. **Microeconomics of Banking**. Cambridge: MIT Press, 2008.

GAMBACORTA, Leonardo; MISTRULLI, Paolo Emilio. Does bank capital affect lending behavior? **Journal of Financial Intermediation**, v. 13, n. 4, p. 436–457, 2004.

GANDY, A; KVALOY, JT; BOTTLE, A; ZHOU, F. Risk-adjusted monitoring of time to event. **Biometrika**, v. 97, n. 2, p. 375–388, 2010.

GARRATT, Rod; KEISTER, Todd. Bank runs as coordination failures: An experimental study. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 71, n. 2, p. 300–317, 2009.

GOLDSTEIN, Itay; PAUZNER, Ady. Demand–deposit contracts and the probability of bank runs. **the Journal of Finance**, Wiley Online Library, v. 60, n. 3, p. 1293–1327, 2005.

GRASSELLI, Matheus R; ISMAIL, Omneia RH. An agent-based computational model for bank formation and interbank networks. In: FOUQUE, Jean-Pierre; LANGSAM, Joseph A. (Ed.). **Handbook on Systemic Risk**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

GREEN, Edward J; LIN, Ping. Diamond and dybvig’s classic theory of financial intermediation: what’s missing? **Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review**, v. 24, n. 1, p. 3–13, 2000.

HOLLAND, John Henry. **Complexity: A Very Short Introduction**. Nova York, NY: Oxford University Press, 2014.

HONG, Harrison; KUBIK, Jeffrey D; STEIN, Jeremy C. Social interaction and stock-market participation. **The journal of Finance**, v. 59, n. 1, p. 137–163, 2004.

JENKINS, Stephen P. **Survival Analysis**. Unpublished manuscript, Institute for Social and Economic Research, University of Essex, Colchester, UK, 2005. Disponível em: <http://michau.nazwa.pl/aska/uploads/Studenci/mag7_1.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2014.

JIMÉNEZ, Gabriel; SAURINA, Jesús. Collateral, type of lender and relationship banking as determinants of credit risk. **Journal of banking & Finance**, v. 28, n. 9, p. 2191–2212, 2004.

JIMÉNEZ, Gabriel; ONGENA, Steven; PEYDRÓ, José-Luis; SAURINA, Jesús. Hazardous times for monetary policy: What do twenty-three million bank loans say about the effects of monetary policy on credit risk-taking? **Econometrica**, v. 82, n. 2, p. 463–505, 2014.

KAHNEMAN, Daniel. **Rápido e Devagar: Duas Formas de Pensar**. Rio de Janeiro - RJ: Editora Objetiva, 2012.

KALBFLEISCH, John D; PRENTICE, Ross L. **The Statistical Analysis of Failure Time Data**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.

KASHYAP, Anil K; STEIN, Jeremy C. What do a million observations on banks say about the transmission of monetary policy? **American Economic Review**, p. 407–428, 2000.

KELLY, Morgan; Ó-GRÁDA, Cormac. Market contagion: Evidence from the panics of 1854 and 1857. **The American Economic Review**, v. 90, n. 5, p. pp. 1110–1124, 2000.

KLEIN, John P; MOESCHBERGER, Melvin L. **Survival Analysis: Techniques for Censored and Truncated Data**. Nova York, NY: Springer Science & Business Media, 2003.

LANCASTER, Tony. **The Econometric Analysis of Transition Data**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

MARTINS, Bruno; SCHECHTMAN, Ricardo. **Loan Pricing Following a Macro Prudential Within-Sector Capital Measure**. Banco Central do Brasil, 2013. (Trabalhos para Discussão, 323). Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps323.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2014.

MENEZES-FILHO, Naercio Aquino; PICCHETTI, Paulo. Os determinantes da duração do desemprego em São Paulo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 30, n. 1, p. 23–47, 2000.

MESQUITA, Mário; TORÓS, Mario. **Considerações sobre a atuação do Banco Central na crise de 2008**. Banco Central do Brasil, 2010. (Trabalhos para Discussão, 202). Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/wps/port/wps202.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

Ó-GRÁDA, Cormac; WHITE, Eugene N. The panics of 1854 and 1857: A view from the emigrant industrial savings bank. **The Journal of Economic History**, v. 63, n. 1, p. 213–240, 2003.

OLIVEIRA, Raquel Freitas de; SCHIOZER, Rafael Felipe; BARROS, Lucas Ayres Barreira de Campos. Depositors' perception of "too-big-to-fail". **Review of Finance**, Oxford University Press, p. 57, 2014.

OZAWA, Celina Yumiko. **Estudos empíricos sobre microeconomia bancária no Brasil**. Tese (Doutorado) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-13012009-151638/>>. Acesso em: 24 dez. 2013.

PAVÃO, André Luis. **Modelos de duração aplicados à sobrevivência das empresas paulistas entre 2003 e 2007**. Tese (Doutorado) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12140/tde-24072013-154206/pt-br.php>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

PECK, James; SHELL, Karl. Equilibrium bank runs. **Journal of Political Economy**, v. 111, n. 1, p. 103–123, 2003.

REINHART, Carmen M; ROGOFF, Kenneth. **Oito séculos de Delírios Financeiros**. Rio de Janeiro: Campus, 2010.

REPULLO, Rafael; SAURINA, Jesús; TRUCHARTE, Carlos. Mitigating the pro-cyclicality of Basel II. **Economic Policy**, v. 25, n. 64, p. 659–702, 2010.

ROMERO, Pedro P. **Essays on Banking and Capital: An Agent-Based Investigation**. Tese (Doutorado) — George Mason University, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1920/4565>>. Acesso em: 9 jul. 2013.

SETHNA, James P. **Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters, and Complexity**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

SHIN, Hyun Song. Reflections on Northern Rock: the bank run that heralded the global financial crisis. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 23, n. 1, p. 101–120, 2009.

SIARKA, Paweł. Vintage analysis as a basic tool for monitoring credit risk. **Mathematical Economics**, v. 7, n. 14, 2011.

SILVA, Liliane Travassos da. **Modelos baseados em pseudo-valores e sua aplicabilidade em credit scoring**. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/45/45133/tde-28082010-221333/en.php>>. Acesso em: 26 mai. 2014.

STOUMBOS, Zachary G; REYNOLDS Jr, Marion R; RYAN, Thomas P; WOODALL, William H. The state of statistical process control as we proceed into the 21st century. **Journal of the American Statistical Association**, v. 95, n. 451, p. 992–998, 2000.

TONG, Edward NC; MUES, Christophe; THOMAS, Lyn C. Mixture cure models in credit scoring: If and when borrowers default. **European Journal of Operational Research**, v. 218, n. 1, p. 132–139, 2012.

WALLACE, Neil. Another attempt to explain an illiquid banking system: The diamond and dybvig model with sequential service taken seriously. **Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review**, v. 12, n. 4, p. 3–16, 1988.

WICKER, Elmus. **Banking Panics in the United States: 1873-1933**. Robert Whaples, 2001. Disponível em: <<http://eh.net/encyclopedia/banking-panics-in-the-us-1873-1933/>>. Acesso em: 14 fev. 2015.

WOLFRAM, Stephen. **Cellular Automata as Simple Self-Organizing Systems**. California Institute of Technology, 1982. (Preprint, CALT-68-938). Disponível em: <<http://www.stephenwolfram.com/publications/academic/cellular-automata-self-organizing-systems.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

ZHANG, Aijun. **Statistical Methods in Credit Risk Modeling**. Tese (Doutorado) — The University of Michigan, 2009. Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/63707/ajzhang_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2015.

APÊNDICE 01 - CÓDIGOS NETLOGO

Modelo de Ising

```

globals [
  nearby
  limit
  changed?
]
patches-own
[
  patient    ;; if depositant is patient then value is 1
  dado      ;;dice
  information ;; if depositant has been informed about bank situation value is 1
  total     ;; sum of patients around me
]

to setup
  clear-all
  set limit threshold / 100 * ( ( radius + 2 ) ^ 2 - 1)
  set nearby moore-offsets radius

  ask patches
  [ set dado random 100
    ifelse dado < Impatient
    [set patient 0]
    [set patient 1]
    recolor-patch ]
  ask patches with [patient = 1]
  [
    set dado random 100
    ifelse dado < Information_level
    [set information 1]
    [set information 0]
    if not High_return and information = 1
    [
      set patient 0
      recolor-patch
    ]
  ]

  reset-ticks
end

to go
  set changed? false

```

```

ask patches
  [ set total (sum [patient] of patches at-points nearby) ]
;; use two ask patches blocks so all patches compute "total"
;; before any patches change their decision
ask patches with [patient = 1]
  [
    if total < limit and information = 0
      [ set patient 0
        set changed? true
        recolor-patch
      ]
  ]
  if not changed? [ stop ]
tick
end

to recolor-patch ;; patch procedure
  ifelse patient = 0
    [ set pcolor red ]
    [ set pcolor blue ]
end

to-report moore-offsets [ n ]
  let result [list pxcor pycor] of patches with [abs pxcor <= n and abs pycor <= n]
  report remove [0 0] result
end

```

Modelo Dinâmico

```

globals
[
  r1 ;; return of illiquid asset in period 1
  R2 ;; return of illiquid asset in period 2
  c1 ;; bank pay it in period 1
  c2 ;; bank pay it in period 2
  time ;; control the time to do periods 0, 1, 2
  noise ;; an error
  nearby ;; offset list
  runs ;; number of bank runs
  cashless ;; number of clients who didn't get the money
]
patches-own
[
  bank? ;; Am I a bank?

```

```

client? ;; Am I a client of a bank?
mybank ;; The bank who I am a client
U ;; My budget constrain
y ;; Estimate of how much I should pay in period 1
x ;; Estimate of how much I should pay in period 2
withdrawn? ;; Have I withdrawn?
reserve ;; How much the bank accumulate
age ;; age of the bank
alpha ;; correction factor
wbar ;; realized proportion of withdrawers in period 1
w ;; estimate of proportion of withdrawers in period 1
remove_early? ;; If it's true withdraw in period 1
memory
status
predictors
predictors-strength
predictor
target
payoff-expected
payoffb-expected
asset_type
shocked?
deposit?
]
;;*****
;;Main routines
;;*****
to setup
  clear-all
  setup-globals
  setup-patches
  reset-ticks
end
to go
  let period time mod 3

  if banking
  [
    if period = 0
    [
      settle-patche
      become-bank
      become-client
      ;;search-clients
      receive-deposit
    ]
    if period = 1
    [

```

```

        be-shocked
        take-back-early
        withdraw-early
    ]
    if period = 2
    [
        withdraw-late
    ]
]

;;if not any? patches with [bank? = false and client? = false] [stop]
set time time + 1
tick

end
;;*****
;;Initialization routines
;;*****
to setup-globals
    set r1 .8
    set R2 2.0
    set c1 1.1
    set c2 1.5
    set time 0
    set noise .5
end

to setup-patches
    ask patches
    [
        set pcolor blue
        set bank? false
        set client? false
        set mybank nobody
        set withdrawn? false
        set plabel ""
        set reserve 0
        set y 0
        set x 0
        set alpha .7
        set remove_early? false
        set memory []
        set predictors [" " " " " " " " " " " "]
        set predictors-strength [0 0 0 0 0 0 0 0 ]
        set deposit? false
    ]

```

end

to settle-patche

ask patches

[

set U random 11 / 10

set withdrawn? false

set remove_early? false

set plabel ""

ifelse bank?

[

let myclients patches with [mybank = myself]

if (count myclients) <= 5

[

reset-bank

ask myclients

[

set pcolor blue

set bank? false

set client? false

set mybank nobody

]

]

]

[

ifelse client? and mybank != nobody

[

set pcolor [pcolor + 3] of mybank

]

[

set target 0

set payoff-expected [0 0 0 0 0 0 0]

set payoffb-expected [0 0 0 0 0 0 0]

if time > 0

[

set pcolor blue

set memory fput status memory

if length memory > 5

[

set memory but-last memory

]

update-predictors

let predictor-pos 0

set predictor-pos position (max predictors-strength) predictors-strength


```

        set mybank myself
        set client? true
      ]
    ]
  ]
  set age age + 1
]
end

```

```
to become-client
```

```

  let wannabe-client patches with [client? = false]

  if wannabe-client != nobody and random-float 1 > noise
  [
    ask wannabe-client
    [
      decide
      let onebank one-of neighbors with [bank? = true]
      let oneclient one-of neighbors with [client? = true]
      if onebank != nobody and deposit?
      [
        set client? true
        set mybank onebank
        set pcolor [pcolor + 3] of mybank
      ]
      if onebank = nobody and oneclient != nobody and deposit?
      [
        set client? true
        set mybank [mybank] of oneclient
        set pcolor [pcolor + 3] of mybank
      ]
    ]
  ]
end

```

```
to receive-deposit
```

```

  let banks patches with [bank? = true]
  if any? banks
  [
    ask banks
    [
      let numclients count patches with [mybank = myself]
      set w (w + alpha * (wbar - w))
    ]
  ]

```

```

        set y c1 * w
        set x c2 * (1 - w) / R2
        if x + y < 1
        [
            set reserve reserve + (1 - (x + y)) * numclients
        ]
        set y y * numclients
        set x x * numclients

    ]
]

end

to reset-bank
    ;;set plabel "failed"
    set plabel ""
    set pcolor blue
    set bank? false
    set mybank nobody
    set client? false
    set x 0
    set y 0
    set reserve 0
    set age 0
end

;;*****
;;Client routines
;;*****

to shock

    let b random 2
    let epsilon (random 5)
    set U U + (- 1) ^ b * (epsilon / 2) ;; the new patient level is between -0.5 and

end

to take-back-early
    ask patches with [not bank? and client? and not withdrawn?]
    [
        ifelse U < .5
        [
            set remove_early? true
        ]
        [
            let thisbank mybank

```



```

let numimpatients count neighbors with [remove_early? and mybank = thisbank]
let friends neighbors with [mybank = thisbank]

if numimpatients >= .5 * (count friends)
[
  set remove_early? true
  set pcolor white
]
]

]
end
to withdraw-early
;; sequential service constrain
set runs 0
set cashless 0
let banks patches with [bank? = true]
if any? banks
[
  ask banks
  [
    let run? false
    let myclients patches with [mybank = myself and bank? = false]
    let possible-withdrawers (myclients with [ remove_early? and not withdrawn?])
    let num_withdrawers 0
    if any? possible-withdrawers
    [

      foreach sort-on [distance myself] possible-withdrawers
      [

        ask ?
        [
          set pcolor pcolor - 1
          set withdrawn? true
          let cash c1
          if mybank != nobody
          [
            ask mybank
            [
              ifelse y > c1
              [
                set y y - c1
              ]
              [
                ifelse reserve > c1
                [

```

```

        set reserve reserve - c1
        set plabel "reserve"
    ]
    [
        let numclients count( patches with [mybank = myself])
        ifelse x * R2 > c1 * (1 - w) * numclients
        [
            set x x - (c1 / r1)
            set plabel "Iliquid Asset"
        ]
        [
            set cash 0
            set run? true
            set plabel "Failed"
            reset-bank
            ask myclients
            [
                set mybank nobody
                set client? false
                set pcolor blue
            ]
        ]
    ]

    ]

    if cash = 0
    [
        set plabel cash
        set pcolor blue
        ;let possible-banks patches with [bank?]
        ;set possible-banks possible-banks with-max [reserve]
        ;if any? possible-banks [set mybank min-one-of possible-banks [distance]]
        set client? false
        set bank? false
        set mybank nobody
        set cashless cashless + 1
    ]

    ]

    set num_withdrawers num_withdrawers + 1
]

if run? [set runs runs + 1]
set wbar num_withdrawers / (count myclients)

]
```

```

    ]
  ]
end
to withdraw-late
  let banks patches with [bank? = true]
  if any? banks
  [
    ask banks
    [

      let myclients patches with [mybank = myself and not bank?]
      let late-withdrawers (myclients with [not withdrawn?])
      if x < R2 * count late-withdrawers
      [

        ifelse R2 * x + reserve < c1 * count late-withdrawers
        [
          if Punish
          [
            ask late-withdrawers
            [

              set mybank nobody
              set client? false
              set pcolor blue
            ]
          ]
        ]
        [
          ifelse x + reserve < R2 * count late-withdrawers
          [
            set reserve 0
          ]
          [
            set reserve reserve + x - R2 * count late-withdrawers
          ]
        ]
      ]
    ]
  ]
]
end
;;*****
;; Non clients routines
;;*****

```

```

to be-shocked
  ask patches with [not bank? and not client?]
  [
    shock
    update-status
    calc-strength
  ]
end

to update-status
  if (asset_type = 0 and U <= .5)
  [
    set shocked? false
    set status 0 ;; impatient

  ]
  if (asset_type = 1 and U > .5)
  [
    set shocked? false
    set status 1 ;; patient

  ]
  if (asset_type = 0 and U > .5 )
  [
    set shocked? true
    set status 2 ;; became patient
  ]
  if (asset_type = 1 and U <= .5)
  [
    set shocked? true
    set status 3 ;; became impatient
  ]
end

to trade
  ask patches with [status = 3]
  [
    let partner one-of neighbors with [status = 4]
    if partner != nobody
    [
      set asset_type 1
      set status 4
      ask partner
      [
        set asset_type 0
        ;;set payoff 1
        set status 5
      ]
    ]
  ]
end

```

```

        ;;set wealth wealth + patient_level + payoff - 2
    ]
    ;;set payoff R2
    ;;set wealth wealth + payoff

]

]
;;set total-payoff sum [ payoff ] of patches
end

to calc-strength
    ;;the strength of each predictor is updated by adding one unit for each correct fore
    let situation ""
    if (status = 0) or (status = 1) [set situation "N"]
    if (status = 2) or (status = 3) [set situation "B"]
    if (status = 4) or (status = 5) [set situation "G"]
    if situation = predictor [set target 1]

    let prevision []
    let prevnumber []
    set prevision map [? = situation] predictors
    foreach prevision
    [
        ifelse ?1 = true [set prevnumber lput 1 prevnumber] [set prevnumber lput -1 prevnu
    ]
    set predictors-strength (map + predictors-strength prevnumber)
end

to update-predictors
    let moda 0
    if length memory > 0
    [
        ;;This period will be the same as the previous one
        if (item 0 memory = 0) or (item 0 memory = 1)
        [
            set predictors replace-item 0 predictors "N"
            ifelse U <= .5
            [
                set payoff-expected replace-item 0 payoff-expected 1
                set payofffb-expected replace-item 0 payofffb-expected c1
            ]
            [
                set payoff-expected replace-item 0 payoff-expected R2
                set payofffb-expected replace-item 0 payofffb-expected c2
            ]
        ]
    ]

```

```

]
]
if (item 0 memory = 2) or (item 0 memory = 3)
[
  set predictors replace-item 0 predictors "B"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 0 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 0 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 0 payoff-expected r1
    set payofffb-expected replace-item 0 payofffb-expected c1
  ]
]
]
if (item 0 memory = 4) or (item 0 memory = 5)
[
  set predictors replace-item 0 predictors "G"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 0 payoff-expected R2
    set payofffb-expected replace-item 0 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 0 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 0 payofffb-expected c1
  ]
]
]
]
////////////////////////////////////
if length memory > 1
[
  ;;This period will be the same as two periods ago
  if (item 1 memory = 0) or (item 1 memory = 1)
  [
    set predictors replace-item 1 predictors "N"
    ifelse U <= .5
    [
      set payoff-expected replace-item 1 payoff-expected 1
      set payofffb-expected replace-item 1 payofffb-expected c1
    ]
    [
      set payoff-expected replace-item 1 payoff-expected R2
      set payofffb-expected replace-item 1 payofffb-expected c2
    ]
  ]
]
]
if (item 1 memory = 2) or (item 1 memory = 3)
[

```

```

set predictors replace-item 1 predictors "B"
ifelse U <= .5
[
  set payoff-expected replace-item 1 payoff-expected 1
  set payofffb-expected replace-item 1 payofffb-expected c2
]
[
  set payoff-expected replace-item 1 payoff-expected r1
  set payofffb-expected replace-item 1 payofffb-expected c1
]
]
if (item 1 memory = 4) or (item 1 memory = 5)
[
  set predictors replace-item 1 predictors "G"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 1 payoff-expected R2
    set payofffb-expected replace-item 1 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 1 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 1 payofffb-expected c1
  ]
]
]
////////////////////////////////////
if length memory > 2
[
  ;;This period will be the same as three periods ago
  if (item 2 memory = 0) or (item 2 memory = 1)
  [
    set predictors replace-item 2 predictors "N"
    ifelse U <= .5
    [
      set payoff-expected replace-item 2 payoff-expected 1
      set payofffb-expected replace-item 2 payofffb-expected c1
    ]
    [
      set payoff-expected replace-item 2 payoff-expected R2
      set payofffb-expected replace-item 2 payofffb-expected c2
    ]
  ]
]
if (item 2 memory = 2) or (item 2 memory = 3)
[
  set predictors replace-item 2 predictors "B"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 2 payoff-expected 1

```

```

    set payofffb-expected replace-item 2 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 2 payoff-expected r1
    set payofffb-expected replace-item 2 payofffb-expected c1
  ]
]
if (item 2 memory = 4) or (item 2 memory = 5)
[
  set predictors replace-item 2 predictors "G"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 2 payoff-expected R2
    set payofffb-expected replace-item 2 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 2 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 2 payofffb-expected c1
  ]
]
]
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
if length memory > 3
[
  ;;This period will be the same as four periods ago
  if (item 3 memory = 0) or (item 3 memory = 1)
  [
    set predictors replace-item 3 predictors "N"
    ifelse U <= .5
    [
      set payoff-expected replace-item 3 payoff-expected 1
      set payofffb-expected replace-item 3 payofffb-expected c1
    ]
    [
      set payoff-expected replace-item 3 payoff-expected R2
      set payofffb-expected replace-item 3 payofffb-expected c2
    ]
  ]
]
if (item 3 memory = 2) or (item 3 memory = 3)
[
  set predictors replace-item 3 predictors "B"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 3 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 3 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 3 payoff-expected r1

```



```

        set payofffb-expected replace-item 3 payofffb-expected c1
    ]
]
if (item 3 memory = 4) or (item 3 memory = 5)
[
    set predictors replace-item 3 predictors "G"
    ifelse U <= .5
    [
        set payoff-expected replace-item 3 payoff-expected R2
        set payofffb-expected replace-item 3 payofffb-expected c2
    ]
    [
        set payoff-expected replace-item 3 payoff-expected 1
        set payofffb-expected replace-item 3 payofffb-expected c1
    ]
]
]
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
if length memory > 4
[
    ;;This period will be the same as five periods ago
    if (item 4 memory = 0) or (item 4 memory = 1)
    [
        set predictors replace-item 4 predictors "N"
        ifelse U <= .5
        [
            set payoff-expected replace-item 4 payoff-expected 1
            set payofffb-expected replace-item 4 payofffb-expected c1
        ]
        [
            set payoff-expected replace-item 4 payoff-expected R2
            set payofffb-expected replace-item 4 payofffb-expected c2
        ]
    ]
]
if (item 4 memory = 2) or (item 4 memory = 3)
[
    ifelse U <= .5
    [
        set payoff-expected replace-item 4 payoff-expected 1
        set payofffb-expected replace-item 4 payofffb-expected c2
    ]
    [
        set payoff-expected replace-item 4 payoff-expected r1
        set payofffb-expected replace-item 4 payofffb-expected c1
    ]
    set predictors replace-item 4 predictors "B"
]
if (item 4 memory = 4) or (item 4 memory = 5)

```

```

[
  set predictors replace-item 4 predictors "G"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 4 payoff-expected R2
    set payofffb-expected replace-item 4 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 4 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 4 payofffb-expected c1
  ]
]
]
////////////////////////////////////
if length memory > 2
[
  ;;This period will be the same as the mode of the last three periods
  set moda one-of modes sublist memory 0 3
  if (moda = 0) or (moda = 1)
  [
    set predictors replace-item 5 predictors "N"
    ifelse U <= .5
    [
      set payoff-expected replace-item 5 payoff-expected 1
      set payofffb-expected replace-item 5 payofffb-expected c1
    ]
    [
      set payoff-expected replace-item 5 payoff-expected R2
      set payofffb-expected replace-item 5 payofffb-expected c2
    ]
  ]
]
if (moda = 2) or (moda = 3)
[
  set predictors replace-item 5 predictors "B"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 5 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 5 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 5 payoff-expected r1
    set payofffb-expected replace-item 5 payofffb-expected c1
  ]
]
]
if (moda = 4) or (moda = 5)
[
  set predictors replace-item 5 predictors "G"
  ifelse U <= .5

```

```

[
  set payoff-expected replace-item 5 payoff-expected R2
  set payofffb-expected replace-item 5 payofffb-expected c2
]
[
  set payoff-expected replace-item 5 payoff-expected 1
  set payofffb-expected replace-item 5 payofffb-expected c1
]
]
]
////////////////////////////////////
if length memory > 4
[
  ;;This period will be the same as the mode of the last five periods
  set moda one-of modes memory
  if (moda = 0) or (moda = 1)
  [
    set predictors replace-item 6 predictors "N"
    ifelse U <= .5
    [
      set payoff-expected replace-item 6 payoff-expected 1
      set payofffb-expected replace-item 6 payofffb-expected c1
    ]
    [
      set payoff-expected replace-item 6 payoff-expected R2
      set payofffb-expected replace-item 6 payofffb-expected c2
    ]
  ]
]
if (moda = 2) or (moda = 3)
[
  set predictors replace-item 6 predictors "B"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 6 payoff-expected 1
    set payofffb-expected replace-item 6 payofffb-expected c2
  ]
  [
    set payoff-expected replace-item 6 payoff-expected r1
    set payofffb-expected replace-item 6 payofffb-expected c1
  ]
]
if (moda = 4) or (moda = 5)
[
  set predictors replace-item 6 predictors "G"
  ifelse U <= .5
  [
    set payoff-expected replace-item 6 payoff-expected R2

```

```

        set payofffb-expected replace-item 6 payofffb-expected c2
      ]
    [
      set payoff-expected replace-item 6 payoff-expected 1
      set payofffb-expected replace-item 6 payofffb-expected c1
    ]
  ]
end
to decide
  let pf_w_bank reduce + (map * payoff-expected predictors-strength)
  let pf_bank reduce + (map * payofffb-expected predictors-strength)
  ifelse pf_w_bank > pf_bank [set deposit? true] [set deposit? false]

end
;;*****
;;Auxiliar routine
;;*****
to-report moore-offsets [n]
  let result [list pxcor pycor] of patches with [abs pxcor <= n and abs pycor <= n]

  report remove [0 0] result
end

```