

SMAGeB: Sistema Multi-Agente para Gestão Bancária na perspectiva da concessão de crédito

Maria Fernanda Nogueira Gomes

*Dissertação submetida à Faculdade de Economia da Universidade do Porto para obtenção
do grau de Mestre em Análise de Dados e Sistemas de Apoio à Decisão*

Orientador: Professor Doutor Pavel Bernard Brazdil

Faculdade de Economia da Universidade do Porto
2005

**À Joaquina
e ao Rui**

Nota Biográfica

Maria Fernanda Nogueira Gomes nasceu em Massarelos – Porto, no dia 19 de Fevereiro de 1974.

Licenciou-se em Economia, pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto, em Julho de 1997.

Concluiu a Pós-Graduação em Ciências Empresariais, especialização em Finanças, em Setembro de 2001.

Agradecimentos

Começo por agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Pavel Brazdil, pelo apoio, incentivo, colaboração e orientação que sempre me reservou, sem os quais não teria conseguido concretizar este trabalho.

Agradeço também de um modo muito especial ao Rui, por estar sempre comigo, pacientemente, disposto a ajudar.

À Joaquina, que nasceu no meio deste trabalho, por ter de abdicar da minha presença em alguns períodos, sobretudo aos fins-de-semana, neste seu primeiro ano de vida.

Gostaria também de agradecer aos meus amigos (*“eles sabem quem são”*) pelo apoio prestado e pela forma como compreenderam as minhas ausências.

Por último, um agradecimento especial aos meus pais e família pelo apoio e incentivo que me proporcionaram durante todo o mestrado.

Resumo

O crédito bancário é fundamental na economia porque representa a fonte primária de fundos das empresas, necessária para a prossecução da sua actividade. Do ponto de vista dos bancos a decisão de conceder ou não crédito constitui um *trade-off* entre risco e rentabilidade. Um banco fica numa posição complicada quando tem que decidir se aumenta o seu *spread* face ao praticado pelos seus concorrentes, uma vez que o ganho em termos de rentabilidade pode não compensar a perda de bons clientes. A economia é complexa, em constante mutação, sendo constituída por diversos agentes económicos que reagem face a alterações de um banco isoladamente.

Nesta tese apresentamos um sistema multi-agente (SMAGeB) que simula um mercado constituído por empresas e bancos, no que concerne à concessão de crédito pelos bancos às empresas.

Usando o SMAGeB estudou-se o efeito da alteração da margem praticada por um banco isoladamente sobre a sua quota de mercado, os seus juros e a rentabilidade líquida.

Considerando o nosso mundo simulado que inclui bancos, empresas e um banco central, mostrámos que há duas forças opostas que actuam, afectando os juros acumulados e a rentabilidade líquida acumulada dos bancos:

1. Margens elevadas (reduzidas) conduzem a juros elevados (reduzidos) e conse-

quentemente a maiores (menores) rentabilidades, quando se considera um horizonte temporal de médio prazo;

2. Margens elevadas (reduzidas) reduzem (aumentam) a quota de mercado do banco e o crédito recuperado, o que se traduz em menores (maiores) juros acumulados e rentabilidades, quando se considera um horizonte temporal de médio prazo.

Da nossa análise concluímos que, se um banco isoladamente decidir alterar a sua margem, com o objectivo de melhorar a sua rentabilidade, é preferível reduzir a sua margem praticada em relação à margem dos seus concorrentes, sobretudo para valores bastante inferiores à margem norma. Isto vai permitir que o banco usufrua de uma maior quota de mercado e que consiga recuperar créditos potencialmente “maus”, compensando a perda que tem em termos de juros acumulados. Assim, a sua rentabilidade líquida acumulada tende a ser superior à que teria se a sua margem fosse igual à margem norma.

Por outro lado, a rentabilidade líquida acumulada obtida com margens superiores à norma será inferior à obtida com a margem norma, uma vez que o efeito negativo da quota de mercado a médio prazo consegue suplantar o efeito positivo dos juros de mercado.

Conteúdo

Nota Biográfica	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Conteúdo	vii
Índice de Tabelas	xii
Índice de Figuras	xiv
1 Introdução	1
1.1 O Problema da Concessão de Crédito	1
1.2 Estrutura da Tese	2
2 Concessão de Crédito e Gestão Bancária	6
2.1 O conceito de Banco	7

2.2	A relação credor – devedor: um modelo	9
2.3	O Mercado de Crédito: Equilíbrio e Racionamento	12
2.4	Risco de Crédito	21
2.4.1	Definição de Risco de Crédito	21
2.4.2	Gestão do Risco de Crédito	22
2.5	Conclusão	29
3	Sistemas Multi-Agente	30
3.1	Contextualização dos Sistemas Multi-Agente na Inteligência Artificial .	31
3.2	Sistema Multi-Agente	33
3.2.1	Sistema Multi-Agente: Conceito	33
3.2.2	Agente	35
3.2.3	Interacção	39
3.2.4	Comunicação	43
3.3	Áreas de aplicação dos Sistemas Multi-Agente	44
3.4	Sistemas Multi-Agente e Gestão Bancária	46
3.5	Plataformas	47
3.6	Conclusão	49
4	Sistema Multi-Agente SMAGeB	51
4.1	Os Agentes	52

4.2	Interacções no SMAGeB	54
4.3	A Arquitectura Geral dos Agentes	56
4.4	Os Bancos	58
4.4.1	Parâmetros dos bancos	59
4.4.2	Variáveis de estado dos bancos	59
4.4.3	Procedimento regular dos bancos	59
4.4.4	Comportamento do banco Y face a um pedido de concessão de crédito pela empresa X	61
4.5	Empresas	64
4.5.1	Parâmetros das empresas	64
4.5.2	Variáveis de estado das empresas	65
4.5.3	Procedimento regular das empresas	65
4.6	Banco Central	67
4.6.1	Parâmetros do banco central	67
4.6.2	Variáveis de estado do banco central	67
4.6.3	Procedimento regular do banco central	68
4.7	A Interacção entre os Agentes	68
4.8	Os procedimentos específicos dos agentes	73
4.8.1	Bancos	73
4.8.2	Empresas	76

4.8.3	Banco Central	76
4.9	Conclusão	78
5	Experiências e Resultados	79
5.1	Cenário das experiências	81
5.2	Os efeitos da alteração da margem do banco 1	83
5.2.1	Margens inferiores à norma	84
5.2.2	Margens superiores à norma	92
5.3	Conclusão	97
6	Conclusões e Trabalho Futuro	100
6.1	O Sistema SMAGeB e os nossos Objectivos	100
6.2	Contributo da Tese	102
6.3	Trabalho Futuro	104
A	Modelo credor-devedor	106
B	Metodologia interna do Banco para apuramento do rating das empre-	
	sas	109
C	O Pricing do crédito	112
D	Expectativas das empresas sobre os custos de mudar de banco	115

E Implementação em código R do Sistema Multi-Agente SMAGeB	119
Referências	124

Lista de Tabelas

4.1	Parâmetros dos agentes bancos	60
4.2	Variáveis de estado dos agentes bancos	60
4.3	Parâmetros dos agentes empresas	65
4.4	Variáveis de estado dos agentes empresas	66
4.5	Parâmetros do agente banco central	67
4.6	Variáveis de estados do agente banco central	68

Lista de Figuras

2.1	Retorno esperado do banco monopolista em função da taxa nominal do empréstimo	14
2.2	Equilíbrio numa situação de racionamento de crédito.	15
2.3	O Lucro da empresa como função do <i>cash-flow</i> (retorno) do projecto . .	18
3.1	Agente A quer recursos, parte dos quais parte são também pretendidos pelos Agente B, o que gera conflitos.	41
4.1	Exemplos de interacções entre os agentes num dado momento do tempo	55
4.2	Arquitectura dos Agentes	56
4.3	Algoritmo Geral da Simulação	59
4.4	Algoritmo do procedimento regular dos agentes bancos	61
4.5	Algoritmo do procedimento regular dos agentes empresas	66
4.6	Algoritmo do procedimento regular do agente banco central	68
4.7	Mensagens trocadas no processo de pedido de empréstimo	70
4.8	Mensagens trocadas no processo de cobrança de uma prestação de crédito	70

4.9	Mensagens envolvidas no processo de recolha de informações sobre o endividamento das empresas	71
4.10	Mensagens envolvidas no processo de falência desencadeado pelo Banco i	72
4.11	Mensagens envolvidas no processo de falência desencadeado pela Empresa i	72
5.1	Evolução da quota de mercado (curvas QM 0,75%, QM 1%, QM 2%) para as margens 0,75%, 1% e 2%.	85
5.2	Evolução dos juros acumulados do banco 1 (curvas JA 0,25% e JA 1%) para as margens 0,25% e 1%.	87
5.3	Evolução dos juros acumulados (curvas JA 0,75%, JA 1% e JA 1,25%) para as margens 0,75%, 1% e 1,25%	88
5.4	Rentabilidade Acumulada do banco 1 para as margens 0,25% e 1%. . .	90
5.5	Rentabilidade Acumulada do banco 1 para as margens 0,75% e 1%. . .	91
5.6	Evolução dos juros acumulados do banco 1 (curvas JA 0,25%, JA 1% e JA 2%) para as margens 0,25%, 1% e 2%	94
5.7	Evolução dos juros acumulados do banco 1 (curvas JA 1% e JA 1,75%) para as margens 1% e 1,75%	95
5.8	Rentabilidade Acumulada do banco 1 para as margens 1% e 2%.	96

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo pretende fornecer ao leitor uma visão global do trabalho desenvolvido e reportado na presente dissertação. Após uma breve exposição do tema, são descritas as principais motivações que nos levaram a desenvolver este trabalho. Por último é apresentada a estrutura da dissertação.

1.1 O Problema da Concessão de Crédito

O crédito bancário é fundamental na economia porque representa a fonte primária de fundos das empresas, necessária para a prossecução da sua actividade, e é uma das principais razões da intermediação financeira desempenhada pelos bancos, devido à rentabilidade que lhes proporciona.

No entanto, a concessão de crédito às empresas coloca os bancos num dilema entre *risco* e *rentabilidade*. Se por um lado, o objectivo principal dos bancos é a maximização do lucro, por outro lado, procuram deter uma carteira de clientes de “bom risco”. Todos os bancos querem ter “bons clientes”, mas também querem obter a “máxima

rentabilidade”.

Neste contexto, os bancos deparam-se com dúvidas do tipo: “se eu aumentar isoladamente os *spreads*¹ de forma generalizada à minha carteira de clientes, o ganho que tenho em termos de rentabilidade compensa-me a perda de bons clientes para a concorrência?”.

A pergunta feita anteriormente não é de fácil resolução. A economia é complexa, sendo constituída por diversos agentes económicos, nomeadamente, muitos bancos e muitas empresas, que reagem face a alterações de um banco isoladamente. Para além disso, as condições económicas também estão em constante mutação.

Para que se possa aferir alguma evidência face à questão colocada é necessário proceder a simulações, que de forma mais simplificada que a realidade, permitam alterar certos parâmetros, mantendo o resto constante.

A ideia de modelar a concessão de crédito pelos bancos às empresas através de um sistema multi-agente (SMAGeB) surgiu por estes motivos.

Dada a dificuldade em efectuar experiências no mundo real, pensou-se na simulação dessa mesma realidade, com a representação dos vários agentes nela intervenientes para obter um melhor entendimento da área. Este objectivo foi atingido.

1.2 Estrutura da Tese

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos:

1. Concessão de Crédito e Gestão Bancária

¹Por *spread* entende-se o acréscimo à taxa de juro base (no caso português, a taxa de juro base é a Euribor) aplicado pelos bancos aos seus clientes quando concedem um crédito e que visa compensar os bancos do risco de não cumprimento do devedor (cliente).

2. Sistemas Multi-Agente
3. Sistema Multi-Agente SMAGeB
4. Experiências e Resultados
5. Conclusões

No primeiro capítulo procuraremos contextualizar em termos económicos a concessão de crédito pelos bancos às empresa, com o objectivo de fornecermos as bases de entendimento do sistema multi-agente criado. Apresentaremos o conceito de banco e das funções por ele desempenhadas na economia.

Tipificaremos a relação credor-devedor, através da apresentação de um modelo económico simples. Analisaremos o equilíbrio do mercado de crédito, em termos de taxas de juro, quando existem numerosos devedores e credores. Por último e uma vez que a concessão de crédito é a fonte principal do risco de crédito a que os bancos estão sujeitos, analisaremos o tema sob a perspectiva dos bancos.

No segundo capítulo estudaremos o estado da arte na Inteligência Artificial ao nível dos Sistemas Multi-Agente (SMA). Apresentaremos o conceito de SMA, de Agentes (nomeadamente, definição e algumas propriedades), da interacção entre agentes e da forma como comunicam entre si. Além disso, apresentaremos algumas categorias das áreas de aplicação dos SMA, com especial destaque na simulação multi-agente, objecto do nosso trabalho.

Posteriormente, faremos referência ao trabalho de Beltratti *et al* (1996), que simula através de um SMA a concessão de crédito pelos bancos às empresas utilizando Redes Neurais. Concluiremos o capítulo com a referência a plataformas desenvolvidas para facilitar a implementação de um SMA, dando especial ênfase à linguagem por nós utilizada (**R**).

No terceiro capítulo começaremos com uma breve apresentação dos agentes existentes no Sistema Multi-Agente SMAGeB. De seguida, descreveremos as interacções que se estabelecem entre os agentes num dado momento do tempo.

Apresentaremos a arquitectura geral dos agentes e a forma como interagem, através da troca de mensagens. Nas três secções seguintes apresentaremos cada tipo de agente, mais concretamente os seus parâmetros gerais, as suas variáveis estado e os seus procedimentos regulares. No caso dos agentes bancos, iremos descrever o seu comportamento quando uma empresa lhe solicita crédito, assim como todas as implicações daí decorrentes, uma vez que trata da questão principal no SMAGeB.

As duas últimas secções estão relacionadas com questões específicas do SMAGeB. Na sétima secção desenvolveremos as trocas de mensagens entre os agentes, com vários exemplos e diagramas. Por último, falaremos dos procedimentos específicos de cada agente, o que vem complementar os procedimentos regulares fornecidos nas secções anteriores.

Com o intuito de analisar a concessão de crédito às empresas pelos bancos, mais concretamente o *trade-off* risco/rentabilidade, no quarto capítulo descreveremos várias experiências com o intuito de obter certas conclusões.

Começaremos por descrever o cenário no qual serão realizadas as experiências. De seguida, estudaremos os efeitos da alteração da margem do Banco 1 na sua quota de mercado, nos seus juros acumulados e na sua rentabilidade líquida acumulada. Dividiremos a análise em duas partes:

- quando a margem utilizada é inferior à margem dos outros bancos;
- quando a margem utilizada é superior à margem dos outros bancos.

Por fim, vamos sintetizar alguns dos resultados obtidos.

Por último, faremos uma síntese da dissertação, do seu principal contributo, das conclusões obtidas, terminando com as perspectivas de trabalho futuro.

Capítulo 2

Concessão de Crédito e Gestão Bancária

O crédito bancário é fundamental na economia porque representa a fonte primária de fundos das empresas, necessária para a prossecução das suas actividades, e é uma das principais razões da intermediação financeira desempenhada pelos bancos, devido à rentabilidade que lhes proporciona.

No entanto, a concessão de crédito às empresas coloca os bancos num *trade-off* entre risco e rentabilidade. Se por um lado o objectivo primário dos bancos é a maximização do lucro, por outro lado, os bancos procuram deter uma carteira de clientes de “risco aceitável”. Todos os bancos querem ter “bons clientes”, mas simultaneamente querem obter a “máxima rentabilidade”.

Uma vez que o objectivo desta dissertação é simular a concessão de crédito pelos bancos às empresa, através de um sistema multi-agente, é relevante contextualizarmos o tema em termos económicos. No entanto, não temos como objectivo neste capítulo explorar exhaustivamente a concessão de crédito e a gestão bancária, mas apenas fornecer umas

bases de entendimento para o sistema criado.

Este capítulo encontra-se dividido em quatro secções.

Uma vez que esta dissertação realça o papel do banco no processo de concessão de crédito, iniciámos o capítulo com a descrição do conceito de banco e das funções por ele desempenhadas na economia.

Na segunda secção, com o objectivo de explicar a relação que se estabelece entre o banco e a empresa quando há concessão de crédito, tipificaremos a relação credor-devedor através de um modelo económico simples, com vários pressupostos.

Como na economia não existe apenas um banco e uma empresa e o comportamento de um banco isolado reflecte-se no comportamento dos restantes, analisaremos na terceira secção o equilíbrio do mercado de crédito, em termos de taxas de juro, quando existem numerosos devedores e credores.

Por último, e uma vez que o tema da tese incide sobre a concessão de crédito, que por si só é a fonte principal do risco de crédito a que os bancos estão sujeitos, analisaremos o tema sob a perspectiva dos bancos.

2.1 O conceito de Banco

Iniciámos o capítulo com a descrição do conceito de banco e das funções por ele desempenhadas na economia.

Historicamente, podemos dizer que a primeira actividade dos bancos foi a troca de dinheiro. Actualmente, de um modo simplista, um banco é uma instituição cujas operações correntes consistem em garantir empréstimos e gerir depósitos do público em geral.

De acordo com Pinho (1996), a actividade bancária consiste “*em assegurar a intermediação financeira assumindo os riscos que tal intermediação implica*”. Por intermediação financeira Pinho (1996) entende a incumbência de “*transformar as características dos recursos financeiros gerados (e oferecidos) pelos aforradores de modo a corresponderem às necessidades (e procura) dos investidores*”.

A teoria bancária contemporânea classifica as funções desempenhadas pelos bancos em quatro categorias:

1. Oferecer acesso ao sistema de pagamentos;
2. Transformação de activos¹;
3. Processamento de informação e monitorização dos devedores;
4. Gestão do Risco.

No entanto, tal não significa que os bancos desempenhem todas estas funções, existindo bancos especializados em apenas algumas destas categorias.

Tal como uma empresa, o objectivo principal dos bancos é conseguir a maximização do lucro e do valor acrescentado para os seus accionistas, o que torna central na sua actividade a gestão do risco (entre os quais o risco de crédito).

Apesar da concessão de crédito ter sido sempre uma preocupação dos bancos, a necessidade de não conceder maus créditos é cada vez maior face à dinâmica, complexi-

¹Existem três tipos de transformação de activos: Denominação de conveniência; Transformação de qualidade; Transformação de maturidade.

O primeiro tipo significa que o banco escolhe a unidade de medida (denominação) dos seus produtos (depósitos e empréstimos) da forma mais conveniente para os seus clientes.

O segundo tipo ocorre quando, através da emissão de direitos no seu próprio nome, o banco oferece melhores características de risco/retorno do que no caso de vender (ou securitizar) um portfólio de empréstimos.

Por último, os bancos modernos conseguem transformar títulos com curtas maturidades, oferecidos aos depositantes, em títulos com maturidades longas para os que pedem emprestado.

dade e pressão que existe no negócio bancário. Se pensarmos nas inúmeras empresas que em cada dia recorrem a uma instituição de crédito para obterem financiamento, constatamos na urgência / importância que as decisões de crédito têm actualmente. Alguns estudos mostram que o principal factor discriminante entre os bancos falidos e os não falidos é o crédito às empresas. Neste sentido, o factor-chave consiste em gerir a concessão de cada crédito que compõe a carteira do banco.

2.2 A relação credor – devedor: um modelo

Com o objectivo de explicar a relação que se estabelece entre o banco e a empresa quando há concessão de crédito, tipificaremos a relação credor-devedor através de um modelo económico simples.

Quando um banco concede um crédito a uma empresa, ambos assinam um contrato que regula um conjunto de direitos e obrigações para cada uma das partes. Num mundo ideal este contrato especificaria todas as obrigações das duas partes em cada período de tempo em que decorreria o contrato, o que o tornaria muito complexo. No entanto, no mundo real, os contratos de crédito são muito mais simples, especificando normalmente o colateral² do contrato e as obrigações de pagamento da empresa (onde se inclui a taxa de juro a que vigora o contrato), bem como as acções que serão tomadas pelo banco no caso de incumprimento da empresa.

Vejamos um modelo económico simples que tenta explicar a relação credor-devedor (banco-empresa), pressupondo informação simétrica para ambas as partes, um único produto e dois períodos de tempo. A análise foca-se na partilha óptima de risco pelas duas partes.

²Por colateral do contrato entende-se a garantia / caução associada ao crédito. Existem vários tipos de garantias, nomeadamente, hipoteca de bem imóvel, livrança subscrita pela empresa e avalizada pelos sócios, penhor de aplicação financeira, entre outras.

No momento inicial a empresa tem a possibilidade de investir o montante C , que se assume fixo, na produção de um dado bem. Este investimento terá como retorno no momento seguinte o *cash-flow* $\tilde{y}$ ³. Assume-se que inicialmente a empresa não dispõe de recursos próprios e, portanto, pede emprestado ao banco a quantia C (montante do crédito a conceder). Pressupõe-se também que ambos os agentes económicos consomem apenas no momento seguinte, sendo as suas preferências caracterizadas por funções utilidade de Von Neumann-Morgenstern⁴.

Se o resultado do investimento ($\tilde{y}$) for observável pelo banco e pela empresa, uma vez que estamos numa situação de informação simétrica para ambos, as duas partes podem assinar um contrato em que especificam como vão dividir esse retorno no momento seguinte. Esta regra de partilha é completamente determinada após o reembolso do banco estar especificado como função da realização do *cash-flow* esperado. A empresa recebe o remanescente desse retorno.

Na maioria dos casos, é razoável pressupor que os dois agentes económicos recebem uma parte do *cash-flow*, ou seja, que o reembolso do banco e o montante que a empresa recebe são positivos.

O banco e a empresa jogam segundo regras simétricas e as características dos contratos óptimos serão determinadas apenas pela partilha de risco e pelas restrições de responsabilidade limitada (ver no Apêndice A a resolução matemática do problema).

A partir dos resultados deste modelo, podemos obter um resultado clássico (de acordo com Wilson (1968)) segundo o qual quando o banco é menos avesso ao risco do que a empresa o seu reembolso é mais sensível (dependente) ao *cash-flow* do que na situação inversa. O que o resultado sugere é que o reembolso do banco será próximo de 1,

³Seguindo a terminologia utilizada em Freixas e Rochet (1997) utiliza-se $\tilde{y}$ na variável que tem como significado *cash-flow* esperado.

⁴Ver Frank (1991), páginas 236 a 239.

no caso de um contrato de empréstimo padrão, e não um reembolso constante (ou seja, um reembolso fixo). Quando se introduz responsabilidades limitadas, a função de reembolso de um contrato de empréstimo padrão transforma-se no mínimo entre o *cash-flow* efectivo e um reembolso constante. Isto é usualmente denominado de contrato de *dívida-padrão*, no qual o agente económico que pede emprestado promete um reembolso fixo (R) e o banco, no caso do agente não conseguir pagar R , fica com todo o *cash-flow* obtido.

No entanto, este resultado não é muito plausível no contexto actual dos bancos. De facto, os bancos têm portfolios diversificados e suficientemente grandes, o que lhes permite serem neutrais a empréstimos individuais de risco diminuto.

Há que atender ao facto do modelo considerar como restrição a exigência do banco no que concerne ao valor esperado da sua utilidade em função do retorno previsto, ou seja, que o valor esperado da sua utilidade deve ser maior ou igual à utilidade esperada exigida pelo banco, não sendo esta constante. No mundo real, quando um banco concede um crédito fixa o montante de reembolso a receber, ficando o banco com a totalidade do *cash-flow* quando a empresa não consegue pagar o montante fixo estipulado.

Daqui podemos aferir que uma situação de informação simétrica, no qual as características do contrato de crédito são apenas determinadas pelas considerações de partilha de risco (partilha do *cash-flow* esperado) pelas duas partes, não é suficiente para explicar as características dos contratos de crédito actuais.

Um modelo mais avançado, denominado de modelo do custo de verificação de Townsend (1979), posteriormente desenvolvido por Gale e Hellwig (1995), assume que o banco não pode observar o resultado do investimento feito pela empresa, ou seja, que o banco não consegue observar o retorno da empresa, a não ser que efectue uma auditoria, com

um dado custo. Neste caso, na ausência de uma auditoria, o reembolso não depende do *cash-flow* do investimento. Num contrato óptimo a auditoria será realizada apenas nos casos em que o *cash-flow* esperado é muito baixo, sendo inferior ao reembolso acordado.

2.3 O Mercado de Crédito: Equilíbrio e Racionamento

Como na economia não existe apenas um banco e uma empresa e o comportamento de um banco isolado reflecte-se no comportamento dos restantes, analisaremos nesta secção o equilíbrio do mercado de crédito, em termos de taxas de juro, quando existem numerosos devedores e credores.

Há que referir que a “usual” análise gráfica da *oferta* e da *procura* pode não funcionar no contexto do mercado de crédito, uma vez que a oferta de crédito pode, a partir de uma dada taxa, ser inferior à anterior, situação que ocorre normalmente para valores elevados da taxa de juro. Como consequência, a *oferta* e a *procura* de crédito podem não se intersectar, o que conduz a uma situação de racionamento de crédito (a *procura* de crédito excede a *oferta*).

Segundo Baltensperger (1978), um equilíbrio de crédito numa situação de racionamento ocorre quando “*alguma procura de crédito não é satisfeita, mesmo se os devedores estão dispostos a pagar todos os elementos quantificáveis ou não do contrato de crédito*”. A taxa de juro cobrada pelo banco é o elemento quantificável mais conhecido do contrato. No entanto, os contratos de crédito não são apenas caracterizados pela taxa de juro e outras comissões cobradas, mas também por outros elementos não quantificáveis, nomeadamente o colateral (garantia) exigido pelo banco à empresa.

De acordo com Keeton (1979) existem dois tipos de racionamento. O primeiro tipo

ocorre quando existe um racionamento parcial ou completo com todos os devedores de um dado grupo. O segundo tipo ocorre quando alguns devedores, pertencentes a um dado grupo homogêneo sob o ponto de vista do credor, obtêm *ex-post* o crédito que solicitam ao banco, enquanto outros não.

Para ver a diferença entre estes dois tipos de racionamento vejamos o seguinte exemplo:

- Existem $2N$ devedores com uma procura individual de crédito igual a 1,
- A oferta de crédito é igual a N .

O primeiro tipo de racionamento assume que cada devedor obtém $1/2$ unidades de crédito.

O segundo tipo de racionamento implica que N devedores seleccionados serão retirados dos $2N$ devedores potenciais, obtendo os outros N devedores 1 unidade de crédito cada um.

Consideremos um mercado de crédito para uma dada categoria específica de contratos, existindo vários devedores (empresas) e um só credor (banco).

O banco monopolista apresenta um retorno esperado de acordo com a Figura 2.1⁵.

De acordo com o gráfico apresentado, o banco nunca quererá um contrato de crédito a uma taxa de juro superior a T^* , uma vez que o seu retorno esperado é decrescente a partir dessa taxa de juro. Isto explica o porquê do banco monopolista preferir racionar o crédito. Esta situação ocorre porque as empresas que estão dispostas a recorrer a crédito mesmo que tenham que pagar uma taxa superior a T^* implicam risco acrescido para o banco, ou seja, só as empresas mais arriscadas (com maior probabilidade de *default*) aceitam esta situação.

⁵A curva apresentada baseia-se na curva de Rendimento Total do monopolista (ver página 376 de Frank (1991))

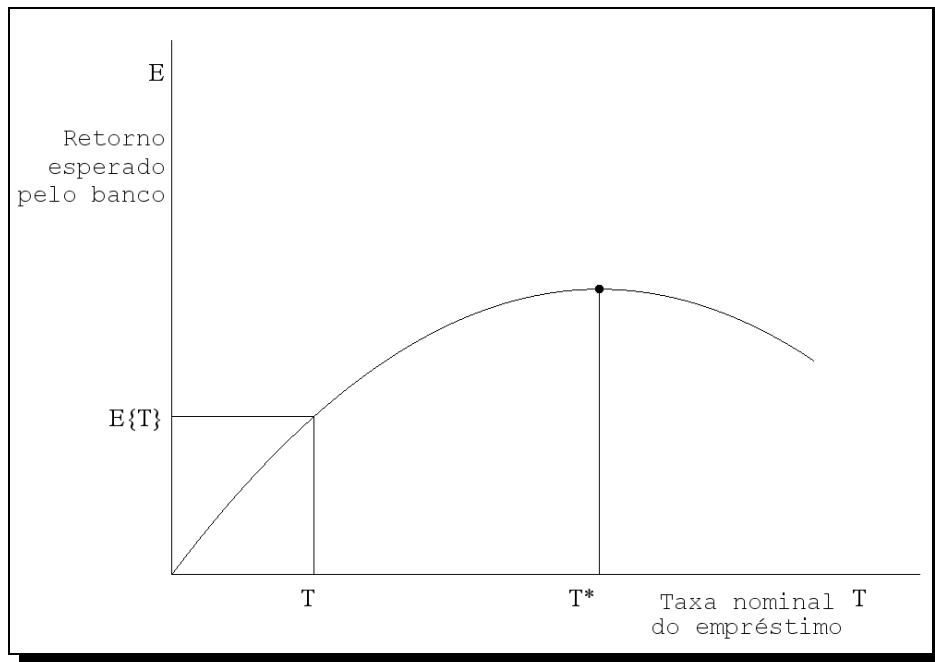


Figura 2.1: Retorno esperado do banco monopolista em função da taxa nominal do empréstimo

Mesmo numa situação de equilíbrio competitivo do sector bancário pode ocorrer racionamento de crédito. Para compreender esta situação há que analisar a procura agregada e a oferta agregada de crédito.

A oferta agregada de crédito depende do comportamento dos depositantes. Um aumento na oferta de depósitos determinará um aumento na oferta de crédito.

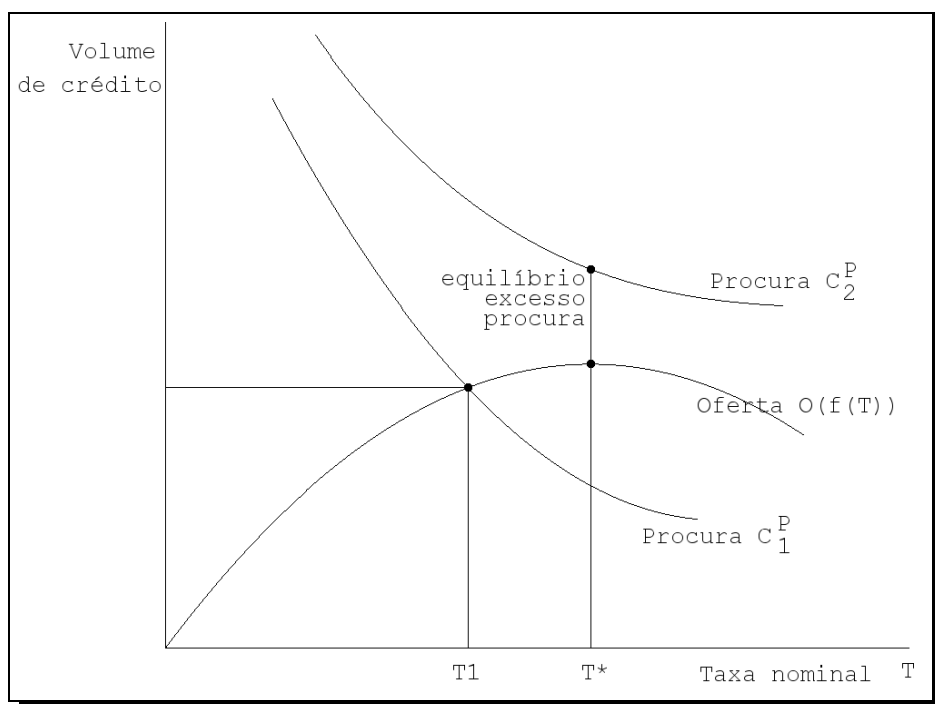


Figura 2.2: Equilíbrio numa situação de racionamento de crédito.

Analiseemos o gráfico apresentado⁶ (Figura 2.2). Se a procura de crédito for igual à curva C_1^P , existe um equilíbrio, caracterizado por uma oferta de crédito igual à procura, sendo T_1 a taxa de juro nominal desse equilíbrio. Se a procura for igual à curva C_2^P , as curvas da oferta e da procura não se intersectam. Um equilíbrio numa situação de racionamento de crédito será caracterizado por uma taxa de juro T^* , sendo nulo o lucro dos bancos.

⁶Ver Freixas e Rochet (1997).

Embora não seja explícita a competição entre bancos, nos termos da teoria dos jogos, no modelo de Stiglitz e Weiss (1981), as regras implícitas do jogo são as seguintes:

- Os bancos irão escolher simultaneamente a capacidade (procura de depósitos) e a taxa de juro nominal de forma a maximizarem os seus lucros;
- Os bancos assumem como dados o retorno exigido pelos depositantes e as taxas de juro dos empréstimos dos outros bancos.

Estas regras fazem com que seja representado no gráfico como variáveis relevantes a *oferta de crédito* e a *taxa de juro nominal*, uma vez que estas são variáveis a escolher pelos bancos, diferindo consoante a curva da *procura de crédito*.

O equilíbrio que prevalece é caracterizado pelo segundo tipo de racionamento de crédito de acordo com a distinção de Keeton (1979), ou seja, apenas algumas empresas seleccionadas aleatoriamente obterão o crédito pretendido. Isto deve-se ao pressuposto de indivisibilidade dos projectos de investimento. Se estes projectos fossem divisíveis, o tipo de racionamento de crédito que prevalecia dependeria das características dos devedores:

- sob retornos **crescentes à escala**, ou seja, numa situação em que o aumento proporcional em cada *input* se traduziria num aumento mais do que proporcional no *output*, o racionamento de crédito seria do segundo tipo, dado que o banco iria preferir os devedores em que o aumento no *output* fosse maior, uma vez que a probabilidade de receber o retorno contratado seria também superior;
- sob retornos **decrescentes à escala**, ou seja, numa situação em que o aumento proporcional em cada *input* se traduziria num aumento inferior ao proporcional no *output*, o racionamento de crédito seria do primeiro tipo.

Passemos a apresentar o modelo de Stiglitz e Weiss (1981). O pressuposto básico destes autores é que os devedores diferem por um parâmetro de risco (θ), observado em privado⁷. O banco sabe apenas a distribuição estatística desse parâmetro entre a população de potenciais devedores. No modelo pressupõe-se que todas as empresas têm o mesmo colateral (oferecem o mesmo nível de garantias C ao banco), pelo que não poderão ser discriminadas por este parâmetro. Como não podem observar o parâmetro de risco, os bancos não conseguem discriminar as empresas. Eles oferecem o mesmo contrato de dívida-padrão, segundo o qual todas as empresas pagam uma quantia fixa R , ou, caso não consiga pagar esse montante, pagam o *cash-flow* obtido no projecto.

Na ausência de colateral, cada empresa obterá um lucro (π) relacionado com o seu *cash-flow* y ⁸, dado pela expressão

$$E[\pi(y)] = \max(0, y - R)$$

No caso de existir um colateral C ⁹, a função lucro é dada por

$$\pi(y) = \max(-C, y - R)$$

No modelo de Stiglitz e Weiss é necessária a seguinte propriedade

$$E[\pi(y) | \theta] \text{ é uma função crescente de } \theta,$$

⁷Os autores pressupõe que cada devedor é diferente no seu “risco”, ou seja, há devedores mais arriscados (com maior probabilidade de *default*) do que outros. No entanto, essa diferença apenas é observada por quem tem acesso à realidade do devedor. Como aos bancos apenas é fornecida uma parte da informação do devedor, estes não conseguem discernir os devedores mais arriscados dos outros.

⁸Por y entende-se o *cash-flow* gerado pelo projecto de investimento financiado pelo banco (pela concessão de um crédito).

⁹Por C entende-se o montante quantificável do colateral (garantia do crédito) fornecido pela empresa ao banco. Como o lucro da empresa é o máximo entre as situações em que não recebe nada do projecto de investimento, ou recebe a totalidade do *cash-flow* gerado deduzido do reembolso a pagar ao banco, quando concede um colateral ao banco, na situação em que o projecto de investimento teve um lucro nulo, terá sempre que pagar o montante do colateral ($-C$).

ou seja, o valor esperado do lucro da empresa (π) em função do *cash-flow* do projecto (y), dado o seu nível de risco (θ), é uma função crescente do risco da empresa.

Caso a função lucro das empresas seja como a da Figura 2.3, para um dado nível de risco θ , esta propriedade é satisfeita se elevados valores do parâmetro de risco θ (significa empresas mais “arriscadas”) indicarem distribuições de *cash-flow* mais elevados. O *cash-flow* (y) de um projecto de investimento está relacionado com o seu risco associado, ou seja, se um projecto tem um risco (θ) diminuto o *cash-flow* previsto para o mesmo é menor do que no caso de um projecto mais arriscado, pois numa situação de indiferença uma empresa preferiria sempre a situação menos arriscada. Assim, quanto maior o retorno previsto maior o risco (quanto maior y maior será o valor de θ).

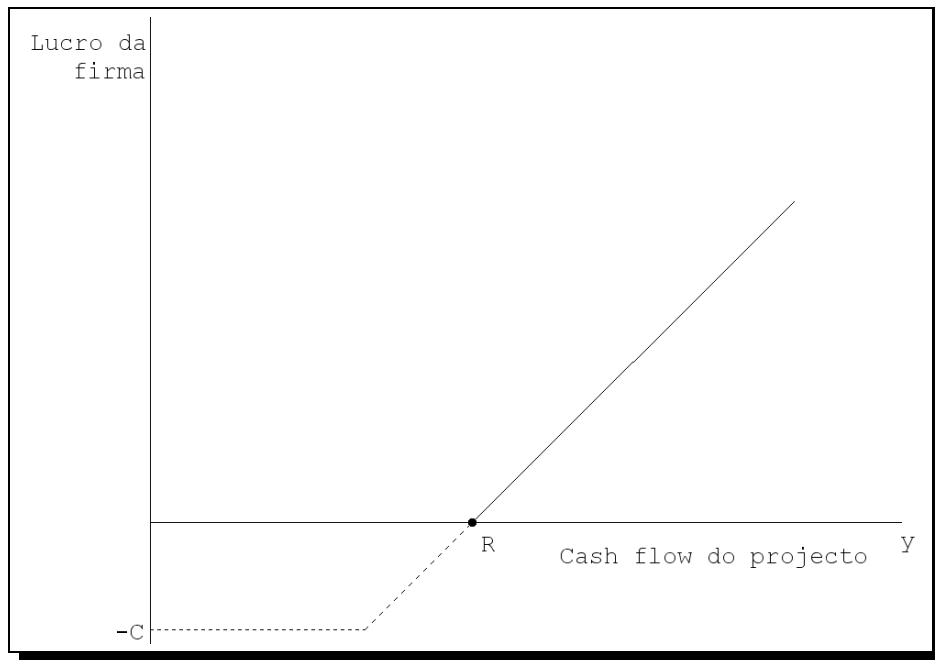


Figura 2.3: O Lucro da empresa como função do *cash-flow* (retorno) do projecto

Vamos assumir que as empresas têm um nível de reserva $\tilde{\pi}$ para os seus lucros esperados, abaixo do qual não estão interessadas em desenvolver os projectos financiados por crédito bancário. Este nível de reserva pode ser, por exemplo, o valor dos lucros que

a empresa obtém com outra fonte de fundos, ou outro tipo de projecto. Dado que os projectos são indivisíveis, a procura total de empréstimos é dada pelo número de empresas com lucros esperados maiores que os seus níveis de reserva.

Uma vez que o valor esperado dos lucros, dado o nível de risco da empresa, aumenta à medida que aumenta o nível de risco (θ), existe pelo menos um valor do nível de risco (θ^*) que satisfaz

$$E[\pi(y) | \theta^*] = \tilde{\pi}$$

No caso desse valor existir, então a procura de empréstimos (créditos) é determinada pela população de empresas com um nível de risco no intervalo $[\theta^*, \tilde{\theta}]$ ¹⁰.

Consideremos agora os lucros esperados pelos bancos. Estes lucros dependem do montante do reembolso R e da distribuição do *cash-flow* das empresas que solicitam um empréstimo. O efeito de um aumento das taxas de juro sobre os lucros esperados pelos bancos depende de duas forças antagónicas:

1. Aumenta os lucros que o banco consegue obter com cada empréstimo individual concedido a uma dada empresa de risco θ ;
2. Diminui o $E[\pi(y) | \theta]$ para cada θ , aumentando o θ^* , tornando-se mais arriscada a população das empresas que procuram crédito.

Assim, é usual que um aumento das taxas de juro provoque uma diminuição da procura de empréstimos, mas que acontece pelo facto das empresas menos arriscadas deixarem o mercado. Como consequência, um aumento nas taxas de juro pode não provocar um aumento dos lucros esperados pelos bancos. Isto depende da força dominante. A

¹⁰Por $\tilde{\theta}$ entende-se nível de risco esperado.

¹¹Ver Freixas e Rochet (1997).

distribuição do nível de risco das empresas (θ) tem um papel importante neste jogo de forças.

Em suma, num mercado simples, o preço de um produto ajusta-se pela *Oferta* e pela *Procura*. Num mercado de capitais, a taxa de juro deve ajustar a procura de capital com a oferta.

Se as empresas desejarem constantemente mais capital do que os bancos têm para oferecer ao preço corrente então a taxa de juro aumentará, até não existir excesso de procura (caso não haja racionamento de crédito pelos bancos). Às empresas mais arriscadas será sempre exigido taxas mais altas pela concessão do capital. Este modelo simples funciona enquanto os bancos conhecerem bem o tipo e as oportunidades de investimento das empresas que pedem emprestado. Se o banco não conhecer bem a empresa então aumentará a taxa de juro, pelo que o excesso de procura pode não ser satisfeito.

Altas taxas de juro afastarão empresas “boas” (problema da selecção adversa) ou encorajarão as empresas que pedem emprestado a realizar empréstimos arriscados (problema do “*moral hazard*”). Assim, as altas taxas de juro podem não ser suficientes para cobrir as perdas esperadas dos bancos, optando os bancos nessas situações por não emprestar, como vimos anteriormente. Neste contexto, as empresas encontrarão constrangimentos em termos de crédito.

Uma solução do mercado a este problema é o uso de intermediários financeiros para produzir e usar informação no processo que origina um crédito. Se a informação assimétrica entre o banco e a empresa puder ser resolvida, então o mercado funciona novamente (o excesso da procura pode ser satisfeita).

Esta produção de informação pode vir de múltiplas fontes. O papel das agências de reporte de crédito na agregação de informação em simples índices é parte deste processo.

Contudo, nem toda a informação pode ser recolhida por estas agências. Uma das vantagens dos relacionamentos é que permite ao banco coleccionar informação acerca da empresa, o que não é fácil de reproduzir pelas outras instituições financeiras. Isto pode conduzir o banco a uma vantagem competitiva.

2.4 Risco de Crédito

Dado o tema da tese (concessão de crédito), que por si só é a fonte primordial do risco de crédito a que os bancos estão sujeitos, analisa-se nesta secção o risco de crédito sob a perspectiva dos bancos, no sentido de aferir os pontos mais relevantes para a futura caracterização dos agentes bancos.

2.4.1 Definição de Risco de Crédito

O risco de crédito é o risco de não pagamento ou de não cumprimento por parte do devedor (citetSinkey:98 e Joulia (1995)), o que traduz a possibilidade do banco não receber, no futuro, os montante convencionados num contrato de concessão de crédito, isto é, os juros e as amortizações do capital cedido, nas datas previstas, por falta de vontade ou falta de capacidade financeira da contraparte.

Basu e Rolfes (1995) acrescentam que qualquer desvio negativo dos termos do contrato de crédito pode resultar num risco de crédito.

O risco de crédito é tanto mais importante para as instituições bancárias, quanto maior for a importância dos resultados obtidos via actividade creditícia e maior o valor dos activos inerentes a essa actividade.

2.4.2 Gestão do Risco de Crédito

Na análise do seu risco de crédito o banco tem sempre em consideração dois aspectos:

- Carteira de crédito – o banco tem que definir os seus mercados-alvo e sobretudo os tipos de clientes que devem compor a sua carteira de crédito;
- Concessão de crédito – o banco tem que definir critérios de análise, de avaliação e de concessão ou não dos pedidos de crédito, assim como as formas de garantir o seu pagamento, os limites de crédito, os objectivos de risco e o sistema de controlo dos créditos.

é importante para o banco definir os segmentos de mercado, isto é, os grupos específicos de clientes, com determinadas características comuns (nomeadamente o volume de negócios e o sector de actividade, entre outros), onde pretende actuar, ou então, os segmentos em que pretende diminuir a sua exposição. Para além disso, em função desses sectores, cabe-lhe definir a rentabilidade pretendida, ou seja, a respectiva margem lucro a obter.

Compete também ao banco a repartição dos riscos pelos vários sectores de actividade, sendo definidos os limites máximos de risco, de acordo com a rendibilidade e com a fase de desenvolvimento de cada sector.

A gestão individual do risco de crédito é fundamental, devendo ser contínua ao longo da vida do crédito e não apenas no momento da sua concessão. Basu e Rolfes (1995) definem a análise de crédito como *a acção de rever analiticamente e informar sobre o risco inerente ao produto de crédito e daí a sua recuperabilidade*.

Apesar de ser essencialmente quantitativa, a análise de crédito não deve descurar aspectos qualitativos. Mais concretamente, a análise quantitativa histórica dos elementos

económico-financeiros da empresa deve ser complementada com uma análise qualitativa da empresa (da sua gestão e estratégia) e da envolvente externa (análise do ambiente macro-económico).

Com o objectivo de gerir adequadamente a carteira de crédito do banco, deve existir um sistema que classifique o risco associado a cada crédito concedido. Basu e Rolfes (1995) referem que os sistemas de notação do risco de crédito (*rating*) são baseados em pressupostos pré-determinados e aceites, que tenham dado provas da sua eficácia. No entanto, cada vez mais os modelos estáticos de apuramento do *rating* estão a ser substituídos por modelos gerados dinamicamente, usando métodos de aprendizagem automática.

Se por um lado, os factores que influenciam o risco de crédito estão relacionados com o responsável pelo pagamento do crédito e dos respectivos encargos, por outro lado, as características da própria empresa e do sector em que a empresa se insere são muito importantes.

Características da empresa

A moderna análise financeira das empresas utiliza uma série de indicadores e várias ideias sofisticadas para proceder à análise do risco de crédito. Apesar de existirem várias classificações, estes factores podem ser divididos em três grandes grupos:

- Capacidade económico-financeira;
- Atitude de gestão;
- Êxito do negócio, fidelidade do cliente, objectivo do crédito, montante e período de vida, reembolso e garantias.

Na avaliação do risco de crédito a histórica situação económico-financeira da empresa revela-se de extrema importância. Esta análise reside no cálculo e interpretação de indicadores económico-financeiros. Para mais pormenores sobre os indicadores económico-financeiros ver, por exemplo, Brealey e Myers (1998) e Moreira (1997).

Estes indicadores podem ser divididos em várias classes. Uma das divisões possíveis consiste em agrupar os indicadores em quatro classes: liquidez, rentabilidade, estrutura e eficiência/produtividade.

Na classe **liquidez** temos indicadores como o rácio de liquidez geral, o rácio de liquidez reduzida, a tesouraria líquida, o fundo de maneo líquido e as necessidades de fundo de maneo, entre outros.

Na classe **rentabilidade** aparecem-nos indicadores do tipo rentabilidade bruta das vendas, rentabilidade operacional das vendas, rentabilidade líquida das vendas, rentabilidade do capital próprio, e rentabilidade do activo total, entre outros.

Na classe **estrutura** os indicadores como a autonomia financeira, o grau de alavancagem, o grau de endividamento e a cobertura dos encargos financeiros são de extrema importância.

Por último, na classe **eficiência / produtividade** aparecem-nos indicadores como a rotação do activo total, a duração média de *stocks*, o prazo médio de recebimentos, o prazo médio de pagamentos, entre outros.

Há que avaliar a capacidade da empresa gerar rendimentos controlando os custos, ou seja, a possibilidade de, no futuro, ter condições para reembolsar a dívida e os custos dessa dívida, dentro dos prazos previamente fixados.

Os bancos servem-se das informações históricas das empresas, baseadas nos seus elementos económico-financeiros¹², para perspectivar o futuro das suas relações de crédito.

Para os bancos é importante conhecer as pessoas que representam as empresas, uma vez que a sua atitude de gestão e o seu carácter são determinantes para avaliar se no futuro vão assegurar o reembolso do crédito concedido.

Vários têm sido os estudos que mostram que a capacidade de gestão é uma das maiores causas de falência das empresas, uma vez que lhe pode ser atribuída a incapacidade de reagir perante certos problemas. Assim, é importante quantificar a qualidade da gestão, por muito difícil que seja a sua mensuração.

O carácter dos gestores, também difícil de quantificar, é muito importante para perspectivar o reembolso do crédito. Há que avaliar a honestidade, a integridade, a responsabilidade dos gestores. Recorre-se com frequência a informação fornecida pela Central de Riscos do Banco de Portugal quanto a situações de incumprimento e incidentes, assim como a informações de empresas especializadas (exemplo: MOPE, D&B, ...).

O êxito do negócio depende das características inerentes à empresa e à sua actividade enquanto entidade produtiva. Convém analisar a experiência da empresa no mercado em que se insere, o seu *know-how*, a sua capacidade produtiva, a sazonalidade das vendas, a sua posição face à concorrência, a imagem da empresa e dos seus produtos, o histórico da empresa como devedora.

Para o banco conceder crédito a um novo cliente é uma situação muito mais arriscada do que conceder crédito a um cliente antigo (com historial) do banco. A fidelidade do cliente pode ser avaliada pela forma como tem decorrido a sua relação com o banco. Se o seu historial de cumprimento for positivo, então a empresa estará numa melhor posição que outra que não tenha nenhum passado com o banco.

¹²Em Portugal utilizam-se, por norma, o Balanço e a Demonstração de Resultados das empresas para calcular os seus indicadores económico-financeiros.

é também importante para o banco saber a que se destina o financiamento. Em termos de prazo, prazos mais curtos são melhores em termos de liquidez, uma vez que são mais rapidamente reembolsáveis. Os empréstimos que se destinam a financiar investimentos em activos fixos são dotados de maior risco, uma vez que por norma têm prazos mais dilatados.

Quanto ao montante que a empresa necessita, este pode não coincidir com o valor pedido ao banco, que pode ser maior ou menor que o necessário para a prossecução dos investimentos da empresa. Cabe ao banco analisar se o montante solicitado é o adequado à empresa e à sua capacidade de reembolso.

A existência de garantias (colaterais) associadas ao crédito permite diminuir, senão mesmo eliminar, as perdas para o banco, caso o incumprimento se concretize. Se o banco vai conceder um crédito a uma empresa, o nível de risco de crédito determina o tipo de garantias que o banco deve exigir e vice-versa.

Características do sector

é de extrema importância para os bancos conhecer o sector em que as empresas se inserem, uma vez que as empresas devem ser comparadas com as outras empresas do seu sector e não analisadas apenas em termos individuais.

Para isso convém atender às características gerais e financeiras do sector, de acordo com a classificação de Coleshaw (1998), acrescida do factor evolução tecnológica que se mostra cada vez mais importante na economia actual.

Nas ***características gerais*** temos o tipo de actividade, a evolução tecnológica, as características do produto, a procura do produto, o poder da concorrência e o perfil do cliente.

Começemos por analisar o tipo de actividade. Só faz sentido analisar os indicadores económico-financeiros das empresas por comparação com os indicadores sectoriais, para aferir a posição da empresa face à média do sector. Por outro lado, o tipo de actividade exercida pela empresa tem características próprias e riscos implícitos, o que faz com que empresas com os mesmos indicadores possam ser classificadas de modo diferente atendendo à probabilidade de incumprimento atribuída ao sector onde operam.

Empresas inseridas em sectores com uma forte evolução tecnológica apresentam um risco mais elevado, uma vez que facilmente podem ser ultrapassadas se não acompanharem o desenvolvimento da tecnologia. Por outro lado, estão sujeitas a maiores necessidades de capital para realizarem esses investimentos.

Os produtos e serviços das empresas influenciam o seu nível de risco. Por exemplo, a dependência de fornecedores estrangeiros, o facto de ser uma empresa mão-de-obra intensiva ou capital intensiva, entre outros, aumentam a vulnerabilidade das empresa.

A procura dos produtos e serviços da empresas, nomeadamente, a actuação em nichos de mercado, a associação a necessidades muito específicas / pontuais, a dependência das tendências do mercado, aumentam a fragilidade da empresa e o seu grau de risco.

Convém também ter em atenção o poder da concorrência, isto é, quanto maior for a concorrência maior é a instabilidade do sector, o que origina na maioria dos casos um aumento do risco de crédito.

Nas ***características financeiras*** do sector incluímos os prazos médios de recebimento, as situações de incumprimento, o crescimento do volume de negócios e dos resultados, os indicadores de liquidez, o endividamento e a rendibilidade do capital próprio.

O prazo médio de recebimentos é um indicador do risco da empresa. Empresas que operam em sectores com prazos de recebimentos dilatados têm uma maior probabilidade

de apresentar dificuldades de tesouraria na sua actividade corrente (curto prazo), o que origina o recurso a crédito para suplantar essas dificuldades.

Este factor está intimamente interligado com a liquidez da empresa. Assim, quanto maior a rotação de stocks e menor o prazo médio de recebimentos, maior a liquidez da empresa e menor o risco de crédito.

Outro factor importante para os bancos é saber o número / percentagem de situações de incumprimento que se verificaram no sector da empresa que está a solicitar o crédito, uma vez que isso vai determinar a probabilidade de incumprimento da empresa analisada.

Por norma, quando num dado sector se verifica uma tendência geral de estagnação, ou mesmo decréscimo, do Volume de Negócios e dos resultados obtidos, o risco de crédito considerado pelos bancos também aumenta.

Elevados valores dos indicadores de endividamento indiciam problemas financeiros nas empresas e são considerados como alarmantes quando se trata de conceder crédito. Como consequência, sectores que apresentem elevados valores dos rácios de endividamento são considerados pelos bancos como sectores com maiores probabilidade de incumprimento, logo mais arriscados.

Sectores com melhores rácios de rendibilidade do Capital Próprio (mede a percentagem de resultado obtido a partir do investimento efectuado pelos detentores do capital) atraem normalmente mais investidores, pelo que maior é a possibilidade de gerar fundos para se expandirem, o que se traduz, em média, por um menor risco de crédito.

Todos os aspectos referenciados são importantes, sobretudo numa análise em termos globais, isto é, quando são consideradas as suas inter-relações. Numa análise do risco de crédito o banco tem que atender às características da empresa, às características do sector em que esta se insere e à inter-dependência que se estabelece entre elas.

2.5 Conclusão

Neste capítulo procurámos contextualizar em termos económicos a concessão de crédito pelos bancos às empresa, com o objectivo de fornecermos as bases de entendimento do um sistema multi-agente criado (apresentado no Capítulo 4).

Inicialmente apresentámos o conceito de banco e das funções por ele desempenhadas na economia.

De seguida, tipificámos a relação credor-devedor, através da apresentação de um modelo económico simples, visando explicar a relação que se estabelece entre o banco e a empresa quando há concessão de crédito, uma vez que se trata da relação principal que existe no nosso sistema multi-agente.

Analisámos o equilíbrio do mercado de crédito, em termos de taxas de juro, quando existem numerosos devedores e credores, dado que o nosso sistema multi-agente é constituído por várias empresas e vários bancos.

Por último e uma vez que a concessão de crédito é a fonte principal do risco de crédito a que os bancos estão sujeitos, analisou-se o tema sob a perspectiva dos bancos. Explicou-se a gestão do risco de crédito pelos bancos, que é também tomado em conta na concepção do nosso sistema multi-agente.

Capítulo 3

Sistemas Multi-Agente

Diversas ciências, entre as quais as ciências sociais, fazem uso frequente de simulações para explicar ou prever certos fenómenos, construindo modelos da realidade e testando a sua validade “correndo” os modelos nos computadores. Geralmente, esses modelos estão assentes na forma de relações matemáticas entre variáveis, representando valores concretos que podem ser medidos na realidade. Estes modelos, representações abstractas e estilizadas de parte da realidade, eliminam um grande número de detalhes concentrando-se nos aspectos considerados pertinentes.

Os Sistemas Multi-Agente (SMA) trazem uma nova solução ao conceito de modelação e simulação em diversas áreas, nomeadamente os mercados financeiros, a economia, entre outras, oferecendo a possibilidade de representar directamente os indivíduos, os seus comportamentos e as suas interacções. Vários têm sido os SMA criados com o intuito de analisar os modelos económicos.

Segundo Kwasnicki (1999) “*a simulação é uma das técnicas mais promissoras para investigar os processos sócio-económicos modernos*”. Ao imitar a realidade, a simulação distingue-se da simples utilização dos computadores para realizar cálculos. A simulação

multi-agente é baseada na ideia de que é possível representar na forma computarizada o comportamento das entidades, que são activos na sociedade, e os fenómenos resultantes da interacção de um conjunto de agentes com a sua própria autonomia operacional.

Dado o objectivo desta dissertação ser a criação de um SMA que simule a concessão de crédito pelos bancos às empresas, importa definir um SMA e conhecer os elementos que o constitui.

Para isso, dividiu-se este capítulo em cinco secções.

Na primeira secção faremos uma breve contextualização dos Sistemas Multi-Agente na Inteligência Artificial.

Na segunda secção apresentaremos o conceito de SMA. Ainda nessa secção, falaremos de agentes (nomeadamente, definição e algumas propriedades), da interacção entre agentes e da forma como comunicam entre si.

Na secção seguinte iremos apresentar as áreas de aplicação dos SMA.

Na quarta secção apresentaremos referências bibliográficas a SMA que abordem a concessão de crédito pelos bancos às empresas.

Terminaremos o capítulo com a referência a plataformas desenvolvidas para facilitar a implementação de um SMA.

3.1 Contextualização dos Sistemas Multi-Agente na Inteligência Artificial

Da análise dos SMA concluímos que os mesmos cruzam várias sub-áreas da Inteligência Artificial, sendo as duas mais importantes a Inteligência Artificial Distribuída e a Vida

Artificial.

A Inteligência Artificial Distribuída é um campo da Inteligência Artificial que se debruça sobre o estudo de entidades computacionais que interagem entre si, quer na perspectiva das suas capacidade internas, quer na perspectiva da sua “socialização”, incluindo cooperação, levando à realização conjunta de objectivos pré-definidos.

A Vida Artificial estuda sistemas construídos pelo homem, que exibem comportamentos característicos dos sistemas vivos naturais. Procura compreender a vida natural, criando mundos nos quais é possível explorar essa mesma vida.

Na Inteligência Artificial Distribuída podemos distinguir duas área principais

- A resolução cooperativa e distribuída de problemas, que considera que a tarefa de resolver um problema particular pode ser distribuída por um conjunto de módulos, que cooperam na divisão e partilha de conhecimento acerca do problema e da sua solução;
- Os sistemas multi-agente, que se preocupam com o comportamento de uma colecção de agentes autónomos para a resolução de um determinado problema.

Actualmente, os tópicos mais importantes de investigação da Vida Artificial são (ver exemplos em Costa e Simões (2004)):

- A análise da dinâmica de fenómenos complexos com a ajuda de autómatos celulares;
- A evolução de populações através do uso de algoritmos genéticos;
- A criação de autómatos capazes de actuar e sobreviver, em ambientes não especificados;

- O estudo de fenómenos colectivos baseados na interacção de uma assembleia de agentes reactivos.

3.2 Sistema Multi-Agente

Como não faz sentido falar de SMA sem definir o que se entende por SMA, iremos de seguida apresentar o seu conceito. Ainda nesta secção, falaremos de agentes (nomeadamente da sua definição e algumas das suas propriedades), da sua interacção e da forma como comunicam entre si.

3.2.1 Sistema Multi-Agente: Conceito

Por Sistema Multi-Agente (SMA) entende-se sistema composto por múltiplos agentes que interagem, o que requer que os agentes comuniquem entre si, tenham conhecimento uns dos outros e raciocinem sobre os outros. Podemos dizer que os SMA são conjuntos de agentes associados pela interacção num ambiente comum. Cada agente do sistema procura atingir um objectivo, que pode ser diferente ou não de agente para agente. Neste tipo de sistema é possível haver cooperação ou competição entre os agentes.

De acordo com a definição de SMA apresentada por Ferber (1999), o termo SMA aplica-se a um sistema que compreende os seguintes elementos:

- Um ambiente;
- Um conjunto de objectos situados / localizados no ambiente, pelo que a cada momento é possível associar um objecto com a sua posição no ambiente. Estes objectos são passivos, isto é, podem ser percebidos, criados, destruídos e modificados pelos agentes;

- Um conjunto de agentes, objectos específicos que representam as entidades activas do sistema;
- Um conjunto de relações, correspondendo uma relação a uma ligação específica entre objectos;
- Um conjunto de operações, que torna possível que os agentes (objectos activos) percebam, produzam, consumam, transformem e manipulem os objectos (objectos passivos);
- Operadores que têm a tarefa de representar a aplicação das operações e a reacção do ambiente a esta tentativa de modificação.

Da leitura de diversos artigos sobressaem alguns dos aspectos de interesse da utilização de SMA, mais concretamente:

1. A possibilidade de modelar situações complexas, isto é modelar macro-estruturas (nomeadamente sociedades globais, populações) que emergem de vários modelos de nível micro-social (ou seja, das interacções entre dois ou um número reduzido de agentes), através do uso de agentes;
2. A possibilidade de adicionar novos tipos de agentes com o seu próprio modelo de comportamento, que interagem com os agentes definidos inicialmente (assemelhando-se ao que acontece na realidade, onde não há dois indivíduos iguais);
3. A capacidade de considerar parâmetros quantitativos e parâmetros qualitativos (comportamentos individuais), ou seja, possibilidade de integrar no mesmo modelo variáveis quantitativas, equações diferenciais e comportamentos baseados em regras simbólicas.

3.2.2 Agente

O conceito de agente é fundamental para se entender uma simulação multi-agente. No entanto, não há uma única definição de agente. Os agentes são frequentemente descritos como entidades com atributos considerados úteis num dado domínio.

Segundo Shoham (1997), um agente “*é uma entidade que actua contínua e autonomamente, num ambiente particular, geralmente apoiado por outros agentes e processos*”. Ou seja, é um componente de *software* activo, que raciocina, em função do ambiente que percebe, e age consoante os objectivos que lhe estão incumbidos.

Um agente deve possuir capacidades adaptativas de forma a que possa reagir autonomamente a alterações no ambiente, sem que necessite de modo constante da intervenção do utilizador.

Uma definição abrangente de agente, de acordo com Russel e Norvig (1995), que se aplica tanto a agentes humanos como a *robots* e agentes de *software*, diz que agente é algo que obtém conhecimento do seu ambiente através de sensores e actua nesse ambiente através de efectuadores.

Segundo Bradshaw (1997), podemos considerar como atributos comuns dos agentes as seguintes características:

- Adaptatividade – a capacidade do agente aprender e melhorar com a experiência;
- Autonomia – o agente possui controlo sobre as suas próprias acções, sobre o seu estado interno, não havendo qualquer intervenção do utilizador ou dos outros agentes quando ele está a executar as suas tarefas;
- Comportamento Colaborativo / Sociabilidade – o agente interage com outros agentes ou com o utilizador para resolver o seu problema, ou ajudar os outros

na sua actividade. Isto requer a existência de um meio de comunicação e de um mecanismo interno de decisão;

- Capacidade de Inferência – o agente é capaz de actuar com base em especificações abstractas usando o conhecimento prévio sobre os objectivos globais. Este conhecimento vai para além da informação fornecida e pode ter modelos explícitos da situação, do utilizador, de outros agentes e dele próprio;
- Comunicação de Alto Nível – o agente pode comunicar com outros agentes, recorrendo a primitivas de alto nível, semelhantes a actos de discurso entre humanos;
- Mobilidade – a capacidade do agente de migrar de uma plataforma para outra, por sua iniciativa;
- Personalidade – o agente é capaz de manifestar atributos próprios de carácter humano;
- Reactividade – o agente observa e percebe o ambiente, agindo face a alterações que nele ocorram;
- Continuidade temporal – persistência da identidade e estados por longos períodos de tempo.

Para além destes atributos podemos ainda enunciar a pró-actividade e a racionalidade do agente.

O agente, para além de agir como resposta a alterações do ambiente, possui objectivos, exibindo comportamento oportunista (toma a iniciativa sempre que considera apropriado).

A actuação de um agente deve ser racional. Ele deve tentar satisfazer os seus objectivos, maximizando o seu desempenho, relativamente a uma função de avaliação própria.

Wooldridge e Jennings (1998), partindo das capacidade de raciocínio e decisão dos agentes, distinguiram os agentes em dois níveis: noção fraca e noção forte de agente.

Esta distinção assenta no conceito de grau de autonomia e autoridade atribuído ao agente, que pode ser medido pela natureza da interacção entre o agente e as outras entidades no sistema. No nível mais baixo, o agente deve ser capaz de comunicar de forma assíncrona. Um agente mais avançado pode interagir com dados, aplicações e outros agentes.

A noção fraca de agente deriva essencialmente das áreas da Inteligência Artificial Distribuída e da Computação Distribuída. O agente é entendido como uma entidade que resolve problemas e que é sociável, reactivo, autónomo e racional.

A noção forte de agente deriva da área da Inteligência Artificial, sendo o agente entendido como uma entidade com conhecimento, que é capaz de sentir, de ter emoções, de perceber, como um humano. O agente é caracterizado pelos seus atributos, mas será tanto mais cognitivo, quanto maior for o número das características que diferenciam o seu grau de conhecimento. Essas características são:

- Veracidade e Benevolência – Um agente deve ser sempre verdadeiro e tentar cumprir / satisfazer os pedidos que lhe fazem;
- Intenções e Obrigações – Um agente deve possuir objectivos de longo prazo (intenções). Os compromissos assumidos pelo agente correspondem às suas obrigações;
- Conhecimento e Crenças – O agente possui conhecimento, mas para além disso pode ser capaz de raciocinar. O agente possui noções actuais relativamente aos factos, o que corresponde às suas crenças.

Podemos ainda distinguir os agentes com base na forma como seleccionam as acções a tomar. Assim temos três tipos de agentes: agente reactivo, agente deliberativo e agente híbrido.

O agente reactivo reage simplesmente a eventos que ocorrem no mundo envolvente, utilizando um conjunto de regras “situação-acção”, como um autómato, não possuindo qualquer modelo simbólico do mundo. Realiza as suas decisões “em tempo real”. A sua arquitectura é constituída por camadas, o que permite estruturar as funcionalidades e controlo dos agentes.

O agente deliberativo possui um modelo simbólico explícito do mundo. Através de raciocínio lógico realiza as suas decisões. Possui uma representação interna do mundo e um estado mental explícito que pode ser modificado por alguma forma de raciocínio simbólico.

O agente híbrido combina os dois tipos de agente acima referidos.

A arquitectura típica básica de um agente divide-se em:

- Sistema de Resolução de Problemas,
- Camada de Cooperação.

O sistema de resolução de problemas é a parte responsável por resolver os problemas do domínio da especialidade do agente. Fornece ao agente um carisma autónomo, que lhe permite tomar decisões inteligentes no que concerne às suas tarefas.

A camada de cooperação é a parte que permite ao agente comunicar e interagir com outros agentes do SMA em que está inserido. Permite que os agentes troquem mensagens entre si, de modo a interagirem.

3.2.3 Interacção

Num SMA o conceito de interacção é muito importante. Por interacção entende-se a relação dinâmica estabelecida entre dois ou mais agentes cujas consequências têm influência no comportamento futuro dos agentes. Por exemplo, quando um agente *Banco* não concede crédito ao agente *Empresa*, está a comprometer a capacidade futura de produção do agente *Empresa*.

Os agentes interagem através de uma série de eventos, durante os quais estão em contacto com os outros, seja directamente, indirectamente, ou através do ambiente.

As interacções não são apenas as consequências de acções realizadas por vários agentes ao mesmo tempo, mas também o elemento necessário para definir as organizações sociais. É através destas trocas que os agentes se tornam entidades sociais, podendo daí emergir novas funcionalidades, pelo que se torna impossível analisar as organizações sociais sem considerar as interacções entre os seus membros.

O conceito de interacção pressupõe:

- A presença de agentes capazes de actuar e/ou comunicar;
- As situações que podem servir de ponto de encontro para os agentes (por exemplo, colaboração, uso de recursos limitados, entre outras);
- Os elementos dinâmicos que permitem as relações temporais e locais entre agentes, ou seja, a comunicação, o impacto, entre outros.

A interacção é a base da constituição das organizações, tal como já foi referido, assumindo ao mesmo tempo a definição do espaço comum, ou seja, a razão de permanecer na organização. A dissolução da organização é coerente com o desaparecimento / redução das interacções entre os agentes individuais presentes na referida organização.

No contexto da concessão de crédito, vários são os exemplos de como o conhecimento dos outros agentes pode ser útil nas (inter)acções.

Por exemplo, se o agente *Banco 1* comunica a falência do agente *Empresa A* ao agente *Banco Central*, este vai difundir a notícia pelos outros agentes *Bancos*, que deixarão de conceder crédito a este agente *Empresa A*.

Outro exemplo reside na alteração da margem praticada pelo agente *Banco 1* isoladamente (apenas o agente *Banco 1* altera a margem praticada). Os agentes *Empresas* que recorrem ao agente *Banco 1*, vão alterar a sua “visão” do agente *Banco 1* (passam “a vê-lo com melhores olhos” caso a margem diminua e vice-versa), o que afectará as suas posturas / posições face aos restantes agentes *Bancos*.

Voltemos à questão dos recursos disponíveis limitados.

Se a quantidade de recursos disponível para os agentes é limitada então existirão conflitos, sendo um importante factor de interacção (ver Figura 3.1). Por exemplo, se o dinheiro disponível pelos agentes *Bancos* para conceder crédito a agentes *Empresas* de *rating* medíocre for inferior à necessidade dos agentes *Empresas* com essa característica, então alguns deles ficarão sem crédito, o que será prejudicial para as suas actividades. Pelo que os agentes *Empresas* competirão pelo crédito.

Há vários tipos de interacção, que podem ser descritos (de acordo com Ferber (1999) com base em critérios como a natureza dos objectivos dos agentes, o acesso aos recursos e as capacidades dos agentes. No entanto, dado o objectivo da dissertação, interessa apenas explorar alguns deles, nomeadamente:

- Independência;
- Colaboração simples;
- Obstrução;

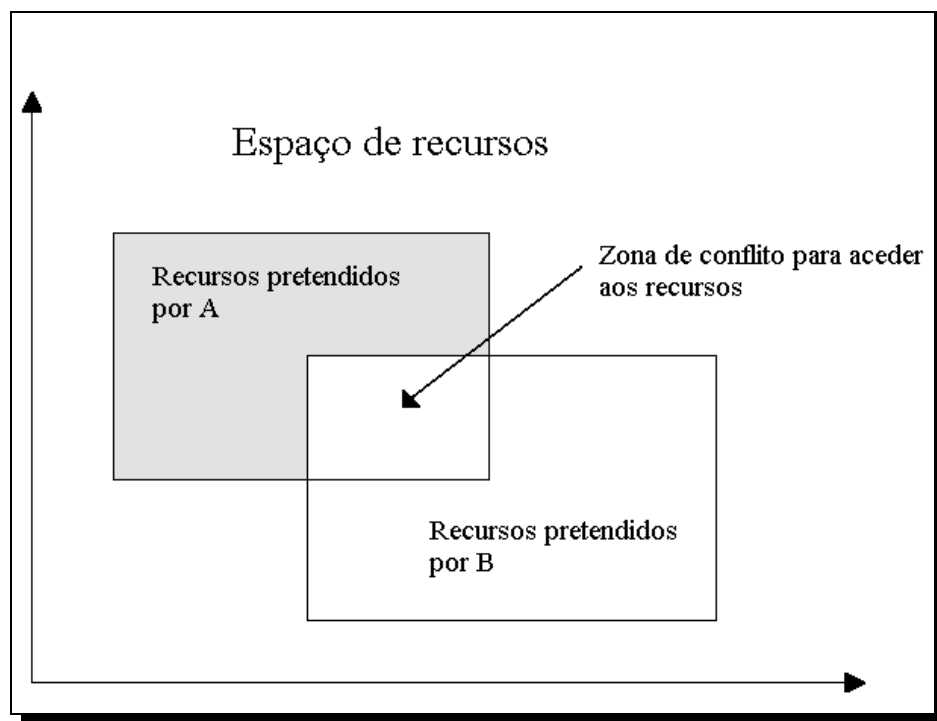


Figura 3.1: Agente A quer recursos, parte dos quais parte são também pretendidos pelos Agente B, o que gera conflitos.

- Competição individual pura.

Na situação de ***independência***, os objectivos dos agentes são compatíveis, os recursos disponíveis e as capacidades dos agentes são suficientes para todos. Este tipo de interacção não coloca problemas do ponto de vista dos SMA, uma vez que as acções dos agentes são simplesmente sobrepostas, isto é, sem interacção efectiva.

Um exemplo de independência é existir dois economistas que trabalham em projectos completamente diferentes e áreas distintas dentro da mesma empresa.

Quando falamos de ***colaboração simples***, os objectivos dos agentes são compatíveis, os recursos disponíveis são suficientes para todos os agentes, mas as capacidades dos agentes são insuficientes. Ou seja, a colaboração simples consiste na adição simples de capacidades, mas sem requerer acções coordenadas suplementares entre os agentes envolvidos. Este tipo de situação é característico em sistemas de comunicação nos quais todas as interacções são expressas na forma de partilha de conhecimento e alocação de tarefas.

Um exemplo deste tipo de interacção reside na mera partilha de conhecimentos pelos agentes para chegarem à solução dos seus problemas.

No caso de ***obstrução***, apesar dos objectivos dos agentes serem compatíveis e as suas capacidades serem suficientes, não há recursos disponíveis suficientes para todos os agentes.

Todas as situações nas quais os agentes “se colocam no caminho dos outros agentes quando tentam completar as suas tarefas” são conhecidas por obstrução. Um exemplo típico é o controlo de tráfego aéreo e os carros na estrada.

Numa situação de ***competição*** individual pura os objectivos dos agentes são incompatíveis, embora os recursos disponíveis e as capacidades dos agentes sejam suficientes.

Quando os objectivos são incompatíveis, os agentes têm que negociar entre si. Um exemplo de competição pura é uma corrida de carros. Cada competidor tem espaço suficiente e pode fazer uso de uma quantidade similar de espaço. Mas apenas os competidores que tenham capacidade “atlética” podem fazer a diferença e ganhar.

3.2.4 Comunicação

Num SMA a comunicação é a base das interacções e das organizações sociais.

Sem comunicação, o agente é somente um indivíduo isolado, limitado às suas percepções, deliberações e acções. É devido à comunicação entre os agentes que eles podem cooperar, coordenar as suas acções, executar tarefas em conjunto, tornando-se de facto elementos “sociais”.

O sistema de comunicação que liga um conjunto de agentes funciona como um sistema nervoso, permitindo o contacto entre os agentes individuais.

A comunicação entre os agentes não só expande as capacidades perceptivas dos agentes, permitindo que beneficiem da informação e *know-how* que outros os agentes possuem, como é indispensável para a cooperação, sendo difícil conceber um sistema de cooperação entre agentes se não existir um sistema que permita a troca de informação entre eles.

Quando um agente envia uma mensagem a outro (o agente *A* comunica com o agente *B*), podemos estar perante duas formas de comunicação.

Na primeira forma de comunicação, o envio da mensagem é o resultado de uma intenção. Na segunda forma de comunicação, o envio da mensagem é um facto accidental, independente dos desejos do agente que envia a mensagem.

Nos SMA os agentes podem comunicar através da troca directa de mensagens entre

si, bem como da troca indirecta de mensagens através de um repositório de dados partilhado (*blackboard*). De modo conceptual, o *blackboard* é um repositório onde os agentes escrevem mensagens e buscam informação. Esta informação pode estar hierarquizada por níveis de *blackboard*.

A negociação entre os agentes resulta da comunicação, ou seja, da troca de mensagens, com base num dado protocolo, tendo como objectivo o estabelecimento de um acordo.

3.3 Áreas de aplicação dos Sistemas Multi-Agente

Várias são as áreas de aplicação dos SMA.

Podemos dividir essas aplicações em várias categorias, como por exemplo:

- resolução de problemas,
- equipas de *robots*,
- desenho de programas,
- construção de mundos artificiais,
- simulação multi-agente.

Das áreas apresentadas, a que possui mais interesse para o trabalho desta tese é a ***simulação multi-agente***, isto porque o que se pretende é reproduzir uma economia, constituída por bancos e empresas, existindo uma entidade reguladora (banco-central), com o objectivo principal de estudar a concessão de crédito pelos bancos às empresas.

A simulação multi-agente consiste na análise de propriedades de modelos teóricos do mundo circundante.

A física, a biologia, a química, a geografia, as ciências sociais, nomeadamente a economia, entre outras, fazem uso frequente de simulações para tentar explicar / prever certos fenómenos. Para isso, os investigadores das diversas disciplinas constroem modelos dessas realidades. Geralmente, esses modelos assentam em relações matemáticas entre as variáveis representativas e mensuráveis da realidade a estudar, representando relações causa-efeito (variáveis *input* / *output*).

Mas as técnicas de simulação apresentam alguns problemas, nomeadamente, dificuldades em integrar diferentes níveis de análise (não é possível executar comportamentos ao nível micro-social, com base apenas nas variáveis de nível macro-social¹), complexidade e realismo dos parâmetros, dificuldade de modelar acções, deficiência qualitativa (na maioria das vezes os modelos incorporam apenas variáveis quantitativas).

Os sistemas multi-agente trouxeram um novo conceito à modelação e simulação. A simulação multi-agente baseia-se na ideia de que é possível representar de forma computarizada o comportamento das entidades e os fenómenos que resultam das interacções de vários agentes. Permite também considerar simultaneamente, não só os parâmetros quantitativos, mas também os qualitativos.

O objectivo da simulação multi-agente não é obter apenas a resposta do modelo aos parâmetros *input*, mas contribuir no próprio processo de procura de modelos (aprendizagem de modelos).

¹A título ilustrativo vejamos o seguinte exemplo: Num dado momento, não é pelo facto da banca em geral estar a aumentar as margens praticadas que conseguimos explicar o aumento da rentabilidade do banco A, que manteve a sua margem inalterada face aos restantes.

3.4 Sistemas Multi-Agente e Gestão Bancária

Dado o tema da dissertação, apresentaremos referências bibliográficas a SMA que abordam a concessão de crédito pelos bancos às empresas.

Como já vimos no capítulo anterior, quando um banco concede um crédito a uma empresa, ambos assinam um contrato que regula um conjunto de direitos e obrigações para cada uma das partes. Vários têm sido os modelos económicos apresentados por diversos autores para tipificar esta situação (ver Capítulo 2).

No entanto, ao nível dos SMA, foi encontrado um SMA que simula a concessão de crédito pelos bancos às empresas utilizando Redes Neurais (Beltratti *et al*, 1996).

O sistema construído pelos autores contempla duas populações: os agentes *Bancos* e os agentes *Empresas*. Os agentes *Empresas* são vistos apenas sob a perspectiva produtiva.

Apenas os bancos são modelados por redes neuronais, enquanto as empresas são simuladas através de um processo estocástico. O comportamento das empresas não é adaptativo, mas varia exogenamente, dependendo do ciclo da economia.

No entanto, este SMA centra-se sobretudo na aprendizagem dos montantes a conceder às empresas pelos bancos.

Os bancos decidem se concedem ou não empréstimos com base num conjunto de informação, parte correspondente às especificidades das empresas, parte com base na macroeconomia. A avaliação dessa informação é feita através das redes neuronais que aprendem a distinguir, ao longo do tempo, as boas das más empresas.

Os autores estudaram o processo de aprendizagem no qual os bancos partem de um conhecimento incompleto da produtividade das empresas existentes e chegam a regras de decisão, sendo concedidos empréstimos a empresas com certas características, dado

um certo estado da economia.

3.5 Plataformas

Existem várias plataformas desenvolvidas para facilitar a implementação de um SMA (ver ?).

Estas plataformas providenciam uma infra-estrutura dentro da qual os agentes operam e interagem. Um dos aspectos principais destas infra-estruturas é o seu suporte para comunicação entre os agentes. A plataforma de comunicação disponibiliza o meio de transmissão de informação entre os diversos agentes que constituem o SMA.

Dada a variedade de plataformas existente e uma vez que utilizámos uma “plataforma não convencional” para a criação do nosso sistema, apresentaremos a título meramente exemplificativo o Bee-Gent (?) e o CORBA (?). Posteriormente, apresentaremos as razões que nos fizeram optar pela linguagem **R**.

O **Bee-gent** [www2.toshiba.co.jp/beegent/index.htm] (*Bonding and Encapsulation Enhancement Agent*) é uma plataforma desenvolvida pelo Computer & Network Systems Laboratory da Toshiba (ver ?). Ao contrário das outras plataformas que apenas utilizam algumas das capacidades dos agentes, no Bee-gent as aplicações tornam-se agentes e as mensagens são transportadas por agentes. O Bee-gent permite construir ambientes distribuídos flexíveis, optimizando o uso de aplicações existentes.

O Bee-gent usa protocolos de interacção para representar as actividades de coordenação entre os diversos agentes. Os protocolos de interacção são descrições dos processos de interacção, envolvendo troca de mensagens, que permitem a resolução de problemas através de diferentes componentes do sistema. Um protocolo de interacção representa as interacções de cada componente com os seus congéneros no sistema.

A troca de informação é realizada através da notação XML. Os agentes interpretam as mensagens XML recebidas, de forma a perceber o conteúdo da mensagem. É assim possível definir todo o tipo de mensagens entre os agentes, não havendo limitação no desenvolvimento do sistema a um conjunto de mensagens disponibilizado pela plataforma.

O **CORBA** (*Common Object Request Broker Architecture*) permite a interoperabilidade de objectos entre ambientes heterogéneos. Nesta arquitectura, as aplicações distribuídas são vistas como objectos, isto é, uma entidade fechada, cujas funcionalidades são visíveis para o exterior através de *interfaces* bem definidos. Os objectos são assim especificados, por meio de uma interface descrita num alto nível de abstracção, em termos das suas características externamente visíveis, independentemente da implementação.

Esta arquitectura facilita a comunicação entre aplicações distribuídas, disponibilizando um conjunto de serviços adicionais que permitem esconder a localização das aplicações, o modo como estas são implementadas e mesmo qual o mecanismo de comunicação usado. A comunicação entre aplicações é realizada simplesmente pelo envio, para a arquitectura CORBA, da descrição *Interface Definition Language* referente ao serviço pretendido. É da responsabilidade da plataforma CORBA encontrar a aplicação que satisfaz os requisitos desse pedido, realizar o pedido, e retornar o resultado à aplicação cliente.

Tal como já foi referido, todo o sistema multi-agente criado nesta tese foi implementado em R Development Core Team (2004). O R foi inicialmente desenvolvido por Ross Ihaka e Robert Gentleman da Universidade de Auckland, Nova Zelândia. Actualmente é desenvolvido por várias pessoas, de várias instituições, de todo o mundo.

A escolha deste tipo de linguagem prende-se com:

- a sua fácil aprendizagem e manuseamento, característica fundamental para quem

venha de áreas sociais (economia, gestão) não relacionadas com a computação;

- a sua eficácia no cálculo de expressões com vectores, muito utilizada no nosso SMA;
- a sua facilidade na construção de gráficos, necessários para a análise dos resultados.

Como o R é uma linguagem interpretada, flexível e de nível elevado, forneceu-nos desde o início um fácil desenvolvimento dos primeiros protótipos do sistema.

A inadequação do R na execução distribuída de processos não se revelou importante, dado que se pretendia uma simulação que poderia ser sincronizada. No nosso SMA as funções que simulam os agentes, só são executadas se houver alguma mensagem para esse agente. Dado que os agentes têm que executar operações em cada unidade de tempo, independentemente de existirem ou não interações com outros agentes, foi criada uma mensagem especial, que denominamos de temporização, que é enviada para cada agente em cada unidade de tempo.

Mais pormenores sobre a implementação do nosso SMA serão apresentados no próximo capítulo.

3.6 Conclusão

Dado o objectivo da tese ser a criação de um Sistema Multi-Agente que simule a concessão de crédito pelos bancos às empresas, iniciámos este capítulo com a contextualização dos SMA na Inteligência Artificial.

Mas para se poder construir um SMA, é necessário saber o que representa um SMA e quais as suas componentes, pelo que, na segunda secção, apresentámos o conceito

de SMA, de agentes (nomeadamente, definição e algumas propriedades), de interacção entre agentes e da forma como comunicam entre si.

Na secção seguinte apresentámos algumas categorias das áreas de aplicação dos SMA, com especial destaque na simulação multi-agente, objecto do nosso trabalho. Posteriormente, referimos o trabalho de Beltratti *et al* (1996), que simula através de um SMA a concessão de crédito pelos bancos às empresas utilizando Redes Neurais.

Concluimos o capítulo com a referência a plataformas desenvolvidas para facilitar a implementação de um SMA, dando especial ênfase à linguagem por nós utilizada (**R**).

Capítulo 4

Sistema Multi-Agente SMAGeB

Para que se possa aferir alguma evidência face ao problema da concessão de crédito é necessário proceder a simulações, que de forma mais simplificada que a realidade, permitem alterar alguns parâmetros, mantendo tudo o mais constante.

Daqui surgiu a ideia de modelar a concessão de crédito pelos bancos às empresas através de um sistema multi-agente, o SMAGeB (Sistema Multi-Agente para Gestão Bancária), para posterior estudo do comportamento do mesmo face a alteração de alguns parâmetros.

Neste capítulo iremos:

1. descrever de uma forma global o sistema multi-agente, mais concretamente os agentes que nele participam, a forma como estão estruturados e os seus procedimentos regulares, bem como a maneira como interagem / comunicam;
2. abordar algumas questões mais específicas do SMAGeB. Mais concretamente, pretendemos explicar com mais detalhe situações de interacção (troca de mensagens entre agentes), fornecendo diagramas que explicam essas interacções, e explicar

os procedimentos específicos de cada agente.

O capítulo encontra-se dividido em 7 secções.

Começaremos com uma breve apresentação dos agentes existentes no SMAGeB. De seguida, descreveremos as interacções que se estabelecem entre os agentes num dado momento do tempo.

Posteriormente, apresentaremos a arquitectura geral dos agentes e a forma como interacção, através da troca de mensagens.

Nas três secções seguintes apresentaremos cada tipo de agente, mais concretamente os seus parâmetros gerais, as suas variáveis estado e os seus procedimentos regulares. No caso dos agentes bancos, iremos descrever o seu comportamento quando uma empresa lhe solicita crédito, assim como todas as implicações daí decorrentes, uma vez que se trata da questão principal no SMAGeB.

As duas últimas secções estão relacionadas com questões específicas do SMAGeB.

Assim, desenvolveremos as trocas de mensagens entre os agentes, com vários exemplos e diagramas.

Por último, falaremos dos procedimentos específicos de cada agente, o que vem complementar os procedimentos regulares fornecidos nas secções anteriores.

Este trabalho encontra-se parcialmente descrito em Gomes e Brazdil (2004).

4.1 Os Agentes

Começemos com uma breve apresentação dos agentes intervenientes no sistema.

O sistema é constituído por 3 tipos de agentes:

- agentes *bancos*,
- agente *banco central* (1 único agente) e
- agentes *empresas*.

Os *bancos*¹ estão no sistema para responderem às necessidades de crédito das empresas. Tal como as empresas, têm como o objectivo principal a maximização do seu lucro e a minimização dos riscos de não cumprimento das obrigações por parte das empresas (*default*).

Os bancos são caracterizados pela sua política de crédito, nomeadamente no que diz respeito às margens praticadas e aos riscos que estão dispostos a correr no que concerne ao montante de crédito a conceder (bancos optimistas *versus* bancos pessimistas).

O *banco central* é uma entidade que concentra informações sobre os *ratings* dos sectores de actividade onde as empresas estão inseridas, sobre as responsabilidades das empresas na banca (corresponde às responsabilidades / créditos em aberto na totalidade dos bancos existentes na economia).

O banco central é informado pelos bancos sobre as dívidas que as empresas têm em aberto em cada período de tempo, assim como as empresas que entram numa situação de falência em cada período do tempo.

As *empresas* estão no sistema para gerar sinais de procura de crédito. Têm como objectivo a maximização do lucro.

Embora as empresas sejam agentes cujo objectivo principal no contexto desta tese é criar pedidos de crédito e cumprir o pagamento das prestações de crédito, as empresas são capazes de planear as suas necessidades de tesouraria (fazem a gestão dos montantes

¹Quando nos referimos a bancos, a empresas e a banco central estamos a designar os agentes bancos, os agentes empresas e o agente banco central. Por uma questão de simplificação usámos esta notação.

a receber e dos montantes a pagar) e antecipar as suas necessidades de crédito.

4.2 Interacções no SMAGeB

No SMAGeB existem interacções entre os diversos agentes decorrentes das necessidades dos mesmos. Por exemplo, a falta de tesouraria numa empresa implica que esta recorra à banca para obter crédito, o que se manifesta no SMAGeB através de uma interacção entre a empresa e um determinado banco.

Uma característica do sistema é que não existem interacções entre agentes do mesmo tipo e também entre empresas e o banco central.

A Figura 4.1 exemplifica alguns tipos de interacções entre os agentes num determinado momento do tempo, num SMA simplificado constituído apenas por 3 bancos, 1 banco central e 9 empresas.

Como podemos constatar existem vários tipos de interacção decorrentes de:

- Pedidos de crédito;
- Cobrança de prestações de crédito;
- Centralização de informação no Banco Central.

Na secção seguinte apresentaremos a arquitectura geral dos agentes e a forma como interagem, exemplificada na Figura 4.1, através da troca de mensagens.

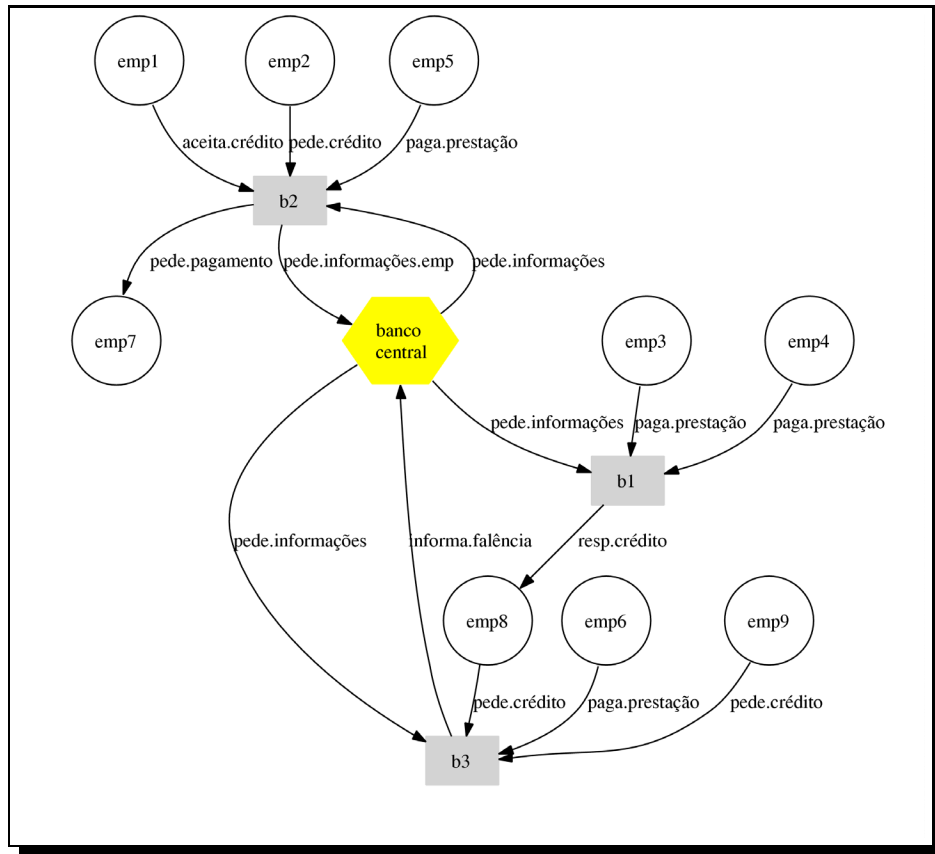


Figura 4.1: Exemplos de interações entre os agentes num dado momento do tempo

4.3 A Arquitectura Geral dos Agentes

Embora existam 3 tipos distintos de agentes, conforme descrito na primeira secção, todos eles partilham uma mesma arquitectura, sumarizada no diagrama apresentado na Figura 4.2 .

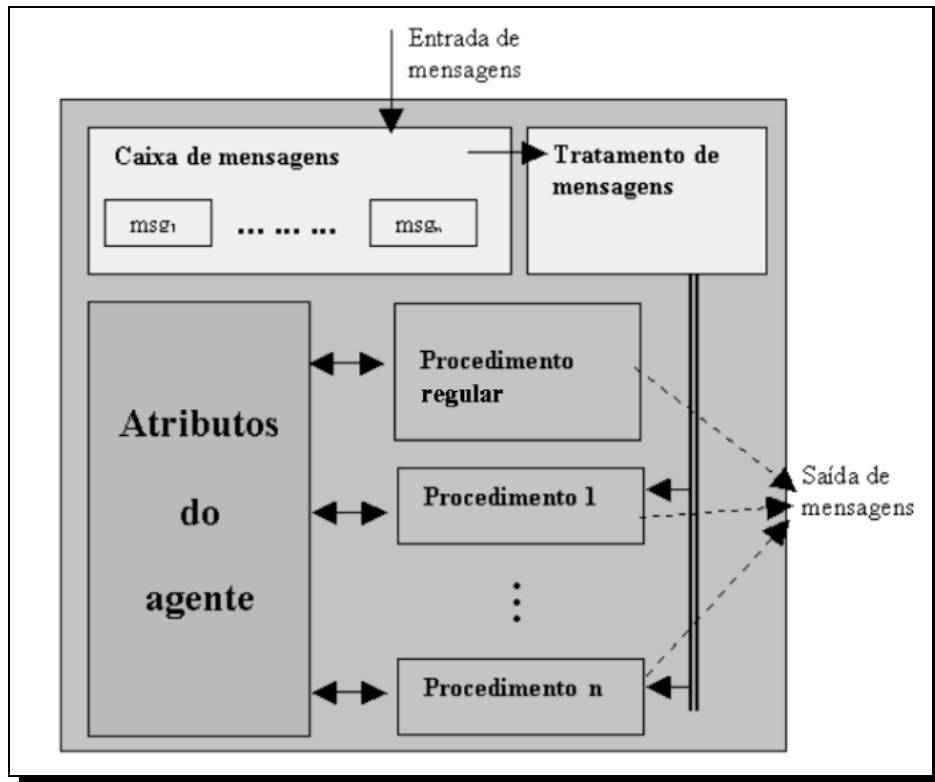


Figura 4.2: Arquitectura dos Agentes

Cada agente possui uma *caixa de mensagens* onde são guardadas as mensagens que os outros agentes lhe enviam.

O conceito de mensagem no nosso sistema é um pouco mais abrangente que o habitual. Embora uma mensagem seja sempre envio de informação de um agente para o outro, pode também representar uma acção que o agente emissor realiza sobre o agente

receptor (por exemplo, pagamento de uma prestação).

Todos os agentes possuem um *conjunto de atributos* (descrito na Figura 4.2 como “atributos do agente”) que descrevem:

- o estado em que o agente se encontra (por exemplo, no caso das empresas, o saldo da empresa),
- o que o agente conhece (por exemplo, no caso dos bancos, o banco I sabe que a empresa H não pagou uma determinada prestação),
- quais os compromissos do agente (por exemplo, no caso das empresas, a empresa A sabe que tem que pagar X aos fornecedores no tempo T),
- quais as expectativas que o agente tem perante algum acontecimento futuro (por exemplo, no caso dos bancos, o banco J perspectiva que a empresa P o colocou no topo da sua lista de expectativas, uma vez que tem dois créditos em aberto no banco).

Para além do conjunto de atributos do agente, todos os agentes possuem um *procedimento regular* que consiste no que têm que desempenhar em cada unidade de tempo². Ao descrevermos cada agente, nas secções seguintes, apresentaremos os procedimentos regulares de cada um deles.

Cada agente possui ainda um conjunto de *procedimentos especiais* (característicos do tipo de agente) que são executados quando uma determinada mensagem é recebida (por exemplo, o banco central envia informações sobre a empresa X para o banco Y, quando recebe uma mensagem do banco Y a pedir informações da empresa X).

²No SMAGEB, uma unidade de tempo equivale a uma semana de tempo real.

As setas que ligam os procedimentos do agente aos seus atributos representam a consulta desses atributos, o que origina, por vezes, a sua modificação quando os procedimentos são executados (por exemplo, o pagamento de uma prestação implica que a empresa verifique que tem saldo para pagar. Nesse caso, efectua a actualização do mesmo).

As setas em tracejado entre os procedimentos e a saída de mensagens significam que os procedimentos podem desencadear o envio de mensagens a outros agentes (por exemplo, quando é calculado o prejuízo que um banco tem numa empresa falida é enviada uma mensagem com essa informação para o banco central).

No SMAGeB existem funções que activam os agentes e que só são executadas se houver alguma mensagem para esse agente. Assim, existe uma mensagem, que denominamos de *temporização*, que é enviada para cada agente em cada unidade de tempo. Este tipo de mensagem é tratada pela função de procedimento regular do agente. Para além destas mensagens de temporização existem outros tipos de mensagens que são enviadas por outros agentes e que despoletam a execução de um determinado procedimento específico no agente (receptor).

Quando o agente não tem mais mensagens para tratar então activa-se o próximo agente da lista e assim sucessivamente.

O esquema geral da simulação pode ser descrito de acordo com o algoritmo apresentado na Figura 4.3 .

4.4 Os Bancos

Os agentes do tipo banco são caracterizados por *parâmetros* e *variáveis de estado*.

```
Para tempo=1 até N {  
  Envia mensagens de temporização a todos os agentes  
  Enquanto existirem mensagens para qualquer agente {  
    Para cada agente X com mensagens {  
      Activa_agente(X)  
    }  
  }  
}
```

Figura 4.3: Algoritmo Geral da Simulação

4.4.1 Parâmetros dos bancos

Os parâmetros são os atributos que descrevem o agente no momento da sua criação, embora os seus valores possam ser alterados com o tempo.

Cada banco é caracterizado pelo conjunto de parâmetros apresentados na Tabela 4.1 :

4.4.2 Variáveis de estado dos bancos

Este tipo de variáveis servem para descrever o estado em que o agente se encontra (por exemplo, as variáveis que descrevem os créditos em aberto).

A Tabela 4.2 apresenta de forma sucinta as variáveis de estado que o banco possui, bem como o seu significado:

4.4.3 Procedimento regular dos bancos

Tal como nos outros tipos de agentes o procedimento regular é invocado uma vez em cada unidade de tempo (1 semana) e determina as acções que o agente executa.

Parâmetro	Significado
montante.credito	Montante de crédito disponível para conceder às empresas
Cp	Capital Próprio do banco no início da simulação
solv.ini	Rácio de Solvabilidade no início da simulação
spread.dimensao.empresa	Grelha de <i>spreads</i> que o banco acrescenta à taxa base quando concede crédito de acordo com o risco dimensão da empresa
prev.vn	Número de períodos que o banco utiliza para prever o Volume de Negócios anual de uma empresa
max.cred.conceder	Montante máximo de crédito que o banco está disposto a emprestar a cada empresa (varia de banco para banco situando-se entre os 25% e os 30% do <i>Volume</i> de Negócios)
Margem	<i>Spread</i> que o banco acrescenta à taxa base quando concede crédito
tipo.banco	Perfil de assumpção de risco do banco. Os bancos podem ser <i>Arriscados</i> ou <i>Menos Arriscados</i> conforme o grau de risco que assumem em relação à sua carteira de crédito
capital.rec	Montante de capitais recuperados
Prejuizos	Montante de prejuízos em que o banco incorre no decorrer das falências dos seus clientes
juros.recebidos	Valor acumulado dos juros recebidos
juros.mora.recebidos	Valor acumulado dos juros de mora recebidos
max.credito.a.mediocres	Valor máximo total que o banco está autorizado a conceder a clientes considerados como medíocres
ja.concedido.a.mediocres	Montante total já concedido a clientes medíocres

Tabela 4.1: Parâmetros dos agentes bancos

Variável	Significado
credito	Variável multi-dimensional que contém os créditos que se encontram em aberto. Cada linha corresponde a um crédito e é descrita pelos campos <u>id_credito</u> (numero do processo) <u>empresa</u> , (identificação da empresa) <u>montante</u> (concedido), <u>mont.divida</u> (o que está em dívida), <u>taxa</u> (taxa acordada)
prestação	Variável multi-dimensional que representa as prestações dos empréstimos que se encontram por pagar. São criadas quando há um novo crédito e vão sendo eliminadas assim que são liquidadas
empresas.atrasaram	Lista de empresas que se atrasaram no pagamento de alguma prestação
empresas.div.atrasada	Valores em dívida (atrasados) das empresas. Estes valores são enviados ao Banco Central
empresas.div.normal	Valores em aberto (créditos por pagar) das empresas. Estas dívidas representam endividamento (não incluem prestações atrasadas). Este valores são enviados ao Banco Central

Tabela 4.2: Variáveis de estado dos agentes bancos

No caso dos bancos pode ser descrita pelo algoritmo apresentado na Figura 4.4 .

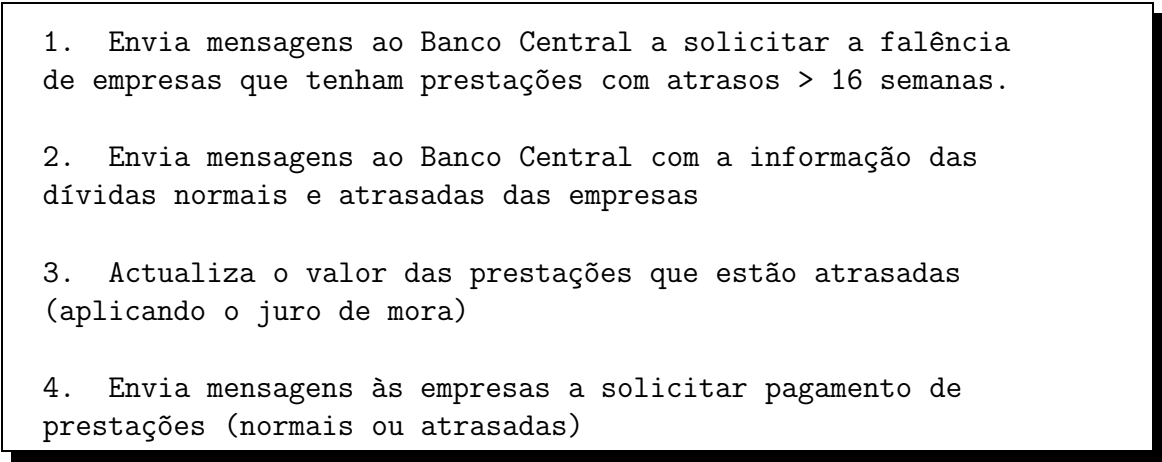
- 
1. Envia mensagens ao Banco Central a solicitar a falência de empresas que tenham prestações com atrasos > 16 semanas.
 2. Envia mensagens ao Banco Central com a informação das dívidas normais e atrasadas das empresas
 3. Actualiza o valor das prestações que estão atrasadas (aplicando o juro de mora)
 4. Envia mensagens às empresas a solicitar pagamento de prestações (normais ou atrasadas)

Figura 4.4: Algoritmo do procedimento regular dos agentes bancos

4.4.4 Comportamento do banco Y face a um pedido de concessão de crédito pela empresa X

Perante um pedido de concessão de crédito de uma empresa X o banco Y recorre a uma determinada metodologia para decidir a concessão ou não do crédito.

O banco começa por solicitar à empresa que pede o empréstimo os seguintes elementos económico-financeiros que a caracterizam³:

1. Volume de Negócios anual (ou elementos que o permitam calcular),
2. Autonomia Financeira,
3. Capacidade de libertação de fundos,

³Tal como foi referido no capítulo 2 quando um banco procede à análise económico-financeira da empresa analisa vários elementos (rácios, indicadores,...). No entanto, por uma questão de simplificação e atendendo à importância dos elementos indicados, usados na realidade bancária quando é feita a análise económico-financeira da empresa, optou-se por só utilizar estes 7 elementos.

4. Encargos Financeiros Líquidos / Meios libertos brutos,
5. Cobertura do Activo Circulante,
6. Liquidez Reduzida,
7. Rentabilidade do Activo.

Para além disso, inquire a empresa sobre o montante de crédito que pretende.

Apesar de tudo o que foi descrito no capítulo 2, por uma questão de simplificação da realidade económica, assume-se que a análise qualitativa da empresa (análise da gestão, da tecnologia, da concorrência e dos factores comerciais) é resultado do contacto com a empresa (é um parâmetro da empresa que vai sendo actualizado com alguma periodicidade - *pq*).

Recorrendo à base de dados do banco central o banco recolhe as seguintes informações:

1. Médias sectoriais dos indicadores acima referidos (de 2. a 7.),
2. Responsabilidades centralizadas da empresa na banca, o que permite visualizar se esta tem responsabilidades em atraso nalgum banco com um desfazamento de 8 unidades de tempo⁴;
3. Risco do sector em que a empresa se insere.

Com base no que é praticado na realidade portuguesa e nos inúmeros modelos estáticos existentes para apuramento do *rating* das empresas, foi criada uma metodologia interna simplificada para os bancos apurarem o *rating* das empresas (ver Apêndice 2).

⁴Tal como na realidade económica, o banco central apenas dispõe de informações creditícias da empresa desfazadas no tempo (por exemplo, o Banco de Portugal fornece aos bancos a operar em Portugal em Maio de 2005 as responsabilidades centralizadas das empresas na banca em Março de 2005).

Depois de obtido o *rating* da empresa, o banco tem que decidir se lhe concede o crédito. A questão é tanto mais pertinente quanto pior for o *rating* da empresa, isto é, o banco vai entrar em consideração com a sua carteira de clientes e as probabilidades de incumprimentos associadas a cada *rating*.

Assim, numa primeira análise, se a empresa for “boa” (por exemplo, do melhor *rating* existente) o banco opta por conceder crédito, uma vez que vai melhorar a composição da sua carteira de clientes. Em princípio, toma a mesma decisão no que concerne aos clientes de risco médio.

O problema coloca-se sobretudo nos clientes de risco *Sofrível* e *Mau*. As probabilidades de incumprimento das obrigações associadas a essas empresas são muito mais elevadas, começando o banco por analisar a percentagem da sua carteira que está disposto a deter neste tipo de clientes. Se a percentagem actual da sua carteira global já ultrapassar as guias de orientação estabelecidas pela sua administração, o crédito é rejeitado (no SMAGeB esta questão está considerada nos parâmetros dos bancos - *max.creditto.a.mediocres* e *ja.concedido.a.mediocres*). Caso contrário e na ausência de prestações em atraso no banco, o crédito é concedido, penalizando-se a empresa em termos de *spread* a aplicar ao empréstimo (que vai permitir cobrir eventuais provisões a constituir em situações de incumprimento da empresa).

Convém ainda referir que no SMAGeB se supõe que as probabilidades médias de incumprimento para cada nível de risco são conhecidas por todos os bancos e fornecidas pelo banco central.

De acordo com a avaliação do risco de crédito da empresa deve ser estabelecido o *pricing* do crédito⁵ para esse caso concreto (ver Apêndice 3), ou seja, o banco calcula qual o

⁵A taxa a aplicar no empréstimo, denominado *pricing* do crédito, visa cobrir o risco inerente à operação de crédito e realizar uma margem na concessão desse crédito (deve permitir o reforço dos fundos próprios do banco).

preço a cobrar pelo crédito que vai conceder.

Por último, tendo o banco decidido conceder crédito à empresa, após aferir o seu nível de risco e o risco da sua “dimensão” (ver Apêndice 3), sabendo qual o *pricing* a aplicar a esse empréstimo, vai atribuir à empresa uma capacidade máxima de endividamento. Estipulou-se que essa capacidade de endividamento é baseada no *Volume de Negócios* da empresa, considerando o banco que não deve exceder entre 25% a 30% desse Volume de Negócios (depende de banco para banco e está contemplado no parâmetro *max.cred.conceder*).

Por exemplo, um banco que considere como capacidade máxima de endividamento 30% do Volume de Negócios, vai expurgar desse valor os empréstimos que a empresa tem a decorrer na sua instituição acrescido das responsabilidades que a empresa tem na banca (embora o banco no período n só tenha acesso às responsabilidades do período $n - 2$). Se o valor obtido for negativo, então não deve conceder crédito, uma vez que a empresa se mostra muito endividada face à sua dimensão. Caso contrário, deve conceder crédito (no máximo até ao montante obtido).

4.5 Empresas

Os agentes do tipo empresa são caracterizados por *parâmetros* e *variáveis de estado*.

4.5.1 Parâmetros das empresas

Cada empresa é caracterizada por um conjunto de parâmetros. A Tabela 4.3 descreve os parâmetros utilizados pelos agentes do tipo empresa.

parâmetro	Significado
saldo	Saldo da empresa
custo.unit	Custo unitário do produto que a empresa vende
preco.venda	Preço de venda de um produto
custo.fixo	Custo fixo de produção
d	Diferimento entre o momento de produção e o recebimento dos clientes
dp	Diferimento entre o momento de produção e o momento de pagar as matérias-primas
media.v	Valor médio das quantidades vendidas. Este parâmetro não é conhecido pela empresa serve apenas para criar a distribuição das vendas
desv.v	O mesmo que o anterior mas referindo-se ao desvio padrão
act.total	Activo total da empresa
act.circ	Activo circulante da empresa
kp	Capitais próprios da empresa
pcp	Passivo de curto prazo da empresa
efl	Encargos financeiros líquidos da empresa
sector	Sector da empresa
tipo	Tipo de empresa. Pode ser resistente ou não à mudança de banco
pq	Pontuação qualitativa da empresa. Factor mais subjectivo que representa a imagem que os bancos têm sobre a empresa e sobre a sua gestão
volume.neg	Volume anual de negócios da empresa

Tabela 4.3: Parâmetros dos agentes empresas

4.5.2 Variáveis de estado das empresas

A Tabela 4.4 descreve de forma sucinta as variáveis de estado que a empresa possui bem como o seu significado:

4.5.3 Procedimento regular das empresas

No caso das empresas o procedimento regular pode ser descrito pelo algoritmo apresentado na Figura 4.5 .

O procedimento “*empresa.em.carência*” é um procedimento especial que é invocado na situação referida no procedimento regular (nº 4). Neste procedimento é enviado um pedido de empréstimo ao banco que está no topo da lista de preferências da empresa.

Inspirado no trabalho de McFadzean e Tesfatsion (1997) e de Tesfatsion (1997) e Tesfatsion (1998), simulou-se o comportamento das empresas no que concerne à escolha

Variável	significado
Venda	Vector com as vendas que a empresa efectuou nos períodos anteriores, bem como no período presente
Mov	Vector com os movimentos que empresa efectuou nos períodos anteriores, bem como no período presente. Um movimento positivo implica um aumento do saldo e um negativo uma diminuição do mesmo
mov.prev	Vector com os movimentos que a empresa prevê efectuar no futuro próximo (ex.: Se empresa vende no tempo T1 prevê receber daqui a d períodos de tempo e portanto acumula esse valor em T1+d)
expectativas	Vector com as expectativas que a empresa tem de cada banco. Quando a empresa precisar de crédito consultará os bancos na ordem decrescente das expectativas
mont.anuais.concedidos	Montante total de empréstimos concedidos no ano presente. Este valor é importante para que no fim do ano se calculem os elementos contabilísticos
mont.anuais.liquidados	Montante total de empréstimos liquidados no ano presente. Fundamental para calcular os elementos contabilísticos
juros.anuais.pagos	Montante total de juros de empréstimos pagos no ano presente. Fundamental para calcular os elementos contabilísticos
montante.a.pedir	Valor que a empresa necessita (recorre ao banco)

Tabela 4.4: Variáveis de estado dos agentes empresas

1. Se é fim de ano, então
 - actualiza elementos contabilísticos
2. Verifica quantas unidades de produto foram encomendadas (gerada por uma distribuição de probabilidade)
3. Se tem saldo que lhe permita produzir então
 - produz para a encomenda que recebeu
 - acumula os ganhos nos movimentos previstos
 - acumula as despesas nos movimentos previstos
4. Se é necessário recorrer a crédito para fazer face a despesas previstas então
 - cria uma lista com as expectativas que tem de cada banco e ordena-a por ordem decrescente de preferências
 - invoca o procedimento empresa.em.carência

Figura 4.5: Algoritmo do procedimento regular dos agentes empresas

dos bancos quando recorrem a crédito, de forma a actualizarem continuamente as suas expectativas com base na taxa de juro esperada (ver Apêndice 4).

4.6 Banco Central

O agente banco central é caracterizado por *parâmetros* e *variáveis de estado*.

4.6.1 Parâmetros do banco central

O banco central é caracterizado pelo conjunto de parâmetros apresentado na Tabela 4.5 .

Variável	significado
Sectores	Vector com as identificações dos sector existentes no sistema
Sectores.empresas	Vector que identifica o sector de cada empresa no sistema
dados.sector	Matriz com os indicadores económico-financeiros médios de cada sector
prob.incumprimento	Vector com as probabilidades de incumprimento (<i>default</i>) associadas a cada sector
taxa.Euribor	Taxa base do sistema financeiro

Tabela 4.5: Parâmetros do agente banco central

4.6.2 Variáveis de estado do banco central

A Tabela 4.6 descreve de forma sucinta as variáveis de estado que o banco central possui, bem como o seu significado:

Variável	significado
Responsabilidades	Matriz com as responsabilidades das empresas. Tem informação sobre as dívidas normais e as dívidas atrasadas
Prejuizos	Matriz com os valores dos prejuízos que os bancos têm com a falência de uma empresa (que foi dada como falida)
Falencias	Vector de valores lógicos indexados pelos identificadores das empresas e que indicam se uma empresa foi dada como falida ou não

Tabela 4.6: Variáveis de estados do agente banco central

4.6.3 Procedimento regular do banco central

No caso do banco central o procedimento regular pode ser descrito pelo algoritmo apresentado na Figura 4.6 .

1. Responde às mensagens que os bancos lhe enviam a solicitar informações sobre empresas
2. Se for início do ano então actualiza os dados sectoriais
3. Mensalmente (de 4 em 4 períodos de tempo) envia mensagens aos bancos a solicitar as responsabilidades em aberto das empresas

Figura 4.6: Algoritmo do procedimento regular do agente banco central

4.7 A Interacção entre os Agentes

Nesta secção descreveremos as situações de interacção entre os agentes, que no caso concreto se processam através da troca de mensagens entre os agentes do sistema.

Para ilustrar melhor o funcionamento do sistema apresentamos as mensagens agrupadas segundo o processo gerado pela primeira mensagem:

- Pedido de empréstimo;
- Cobrança de uma prestação de crédito;
- Recolha de Informações sobre o Endividamento das Empresas;
- Processo de falência desencadeado pelo Banco;
- Processo de Falência desencadeado pela Empresa.

Começemos por analisar um ***pedido de empréstimo*** (ver Figura 4.7).

Um pedido de empréstimo (1) de uma empresa X ao banco Y desencadeia um pedido de informações (2) do banco Y ao banco central.

O banco central responde ao pedido de informações (3) e, posteriormente, o banco Y comunica à empresa a sua decisão (4).

Se a resposta ao pedido de crédito for positiva, isto é, se o crédito foi aceite pelo banco Y, então a empresa X pode aceitar ou não a proposta do banco. Caso aceite, comunica ao banco Y (5). Observe que neste caso apresentamos a seta da mensagem a tracejado para indicar que a mensagem pode ou não ser enviada.

Analisemos agora uma ***cobrança de prestação de crédito*** (ver Figura 4.8), que é desencadeada por um aviso de pagamento de prestação.

Como seria de esperar, a mensagem (2) só é enviada se a empresa X puder pagar a prestação ao banco Y.

Este caso também inclui as prestações atrasadas de contratos de empréstimo em aberto, que englobam um montante para pagamento dos juros de mora decorrentes do atraso na liquidação das prestações.

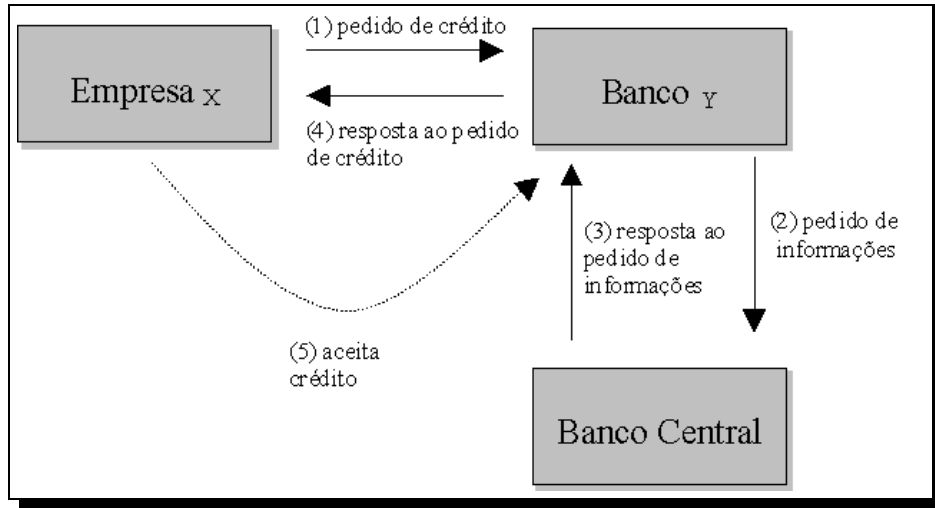


Figura 4.7: Mensagens trocadas no processo de pedido de empréstimo

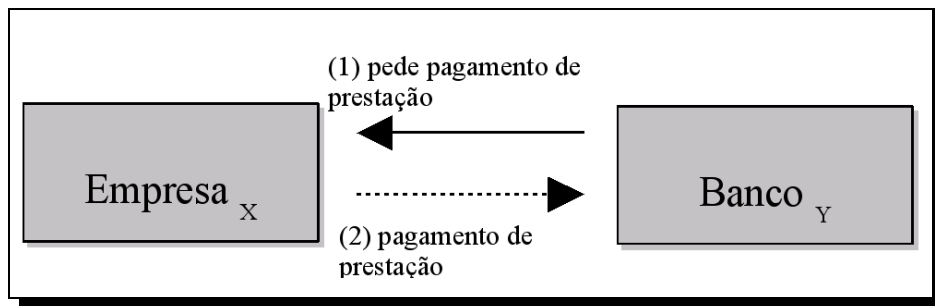


Figura 4.8: Mensagens trocadas no processo de cobrança de uma prestação de crédito

Quando o banco central pretende *recolher informações sobre o endividamento das empresas* (Figura 4.9) solicita informações a todos os bancos.

No esquema seguinte podemos observar um pedido feito pelo banco central a solicitar informações sobre as responsabilidades que as empresas têm em aberto em cada banco.

As informações sobre as dívidas das empresas na banca são concentradas pela entidade banco central. Posteriormente, este agente informa os bancos sobre o endividamento das empresas.

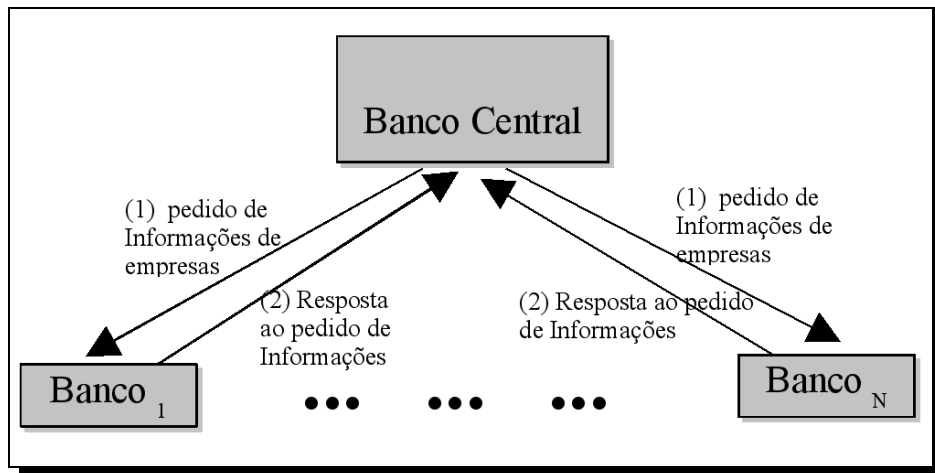


Figura 4.9: Mensagens envolvidas no processo de recolha de informações sobre o endividamento das empresas

Quando *um banco solicita a falência de uma empresa* (ver Figura 4.10) começa por informar o banco central do sucedido.

O banco central propaga essa informação para os outros bancos e espera que estes (inclusive o banco que o informou) enviem uma relação com o total de prejuízos relativos a essa empresa.

O banco central utiliza 50% dos activos totais e do saldo da empresas para pagar aos bancos credores. Esse valor é atribuído aos bancos na razão da proporção dos prejuízos

de cada banco (ver Figura 4.10).

Nota: Os restantes 50% destinam-se aos credores preferenciais: Estado, trabalhadores, etc.

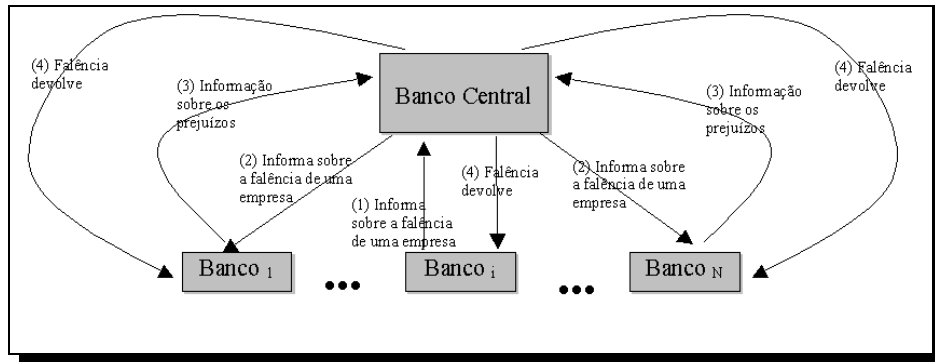


Figura 4.10: Mensagens envolvidas no processo de falência desencadeado pelo Banco i

Por último, analisemos um *processo de falência desencadeado pela empresa*, situação que acontece caso esta não possua capacidade de pagamento sistemática, durante um determinado período de tempo.

Temos assim um esquema semelhante ao anterior (Figura 4.11).

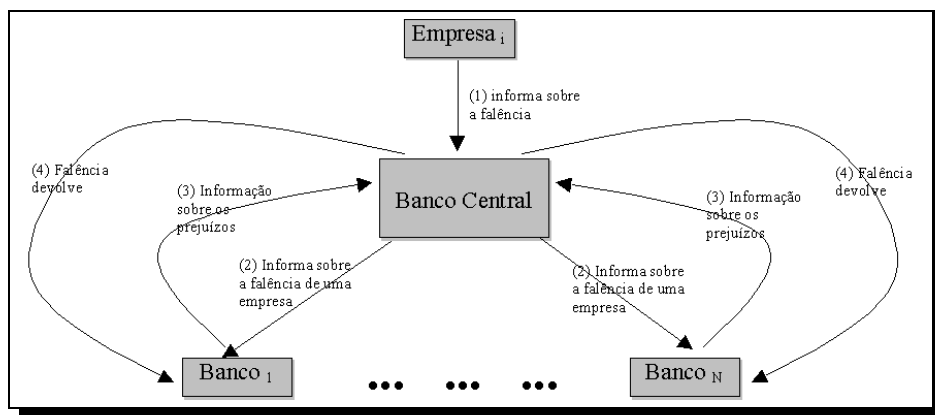


Figura 4.11: Mensagens envolvidas no processo de falência desencadeado pela Empresa i

4.8 Os procedimentos específicos dos agentes

Nesta secção apresentaremos os procedimentos específicos de cada agente.

Por procedimento específico entende-se tudo o que é executado pelo agente em resposta a uma dada mensagem, exceptuando-se as mensagens de temporização.

No Apêndice 5 apresentaremos extractos de código R com o intuito de complementar a informação sobre algum dos procedimentos específicos dos agentes, nomeadamente as seguintes mensagens:

- responde.informações.empresas,
- trata.falencia,
- trata.falencia.devolve,
- recebe.conta,
- resposta.pedido.informacoes.

4.8.1 Bancos

De seguida explicaremos os procedimentos específicos que são executados quando o banco recebe os seguintes tipos de mensagem:

- trata.pedido.empréstimo
- trata.resposta.pedido.informações
- trata.aceita.crédito
- responde.informações.empresas

- trata.pagamento.prestação
- trata.falencia
- trata.falencia.devolve

Mensagem “*trata.pedido.empréstimo*”

Este procedimento é executado quando é recebida uma mensagem de uma empresa a solicitar um crédito.

O banco envia uma mensagem de pedido de informações ao banco central sobre a empresa em questão (corresponde ao (2) na Figura 4.7). O processo de crédito fica suspenso até haver resposta do banco central.

Mensagem “*trata.resposta.pedido.informações*”

Este procedimento é executado após o banco central ter respondido a um pedido de informações que o banco fez sobre uma determinada empresa.

O banco com os elementos que recebeu do banco central e da própria empresa toma neste procedimento a decisão de atribuição de crédito (corresponde ao (4) na Figura 4.7).

Mensagem “*trata.aceita.crédito*”

Este procedimento é executado quando uma empresa aceita o crédito que lhe foi atribuído, decorrente de um pedido anterior (corresponde ao (5) na Figura 4.7).

O agente banco tem que armazenar os dados do empréstimo usando as variáveis de estado “*credito*”, “*prestação*”, “*empresas.div.atrasada*” e “*empresas.div.normal*”.

Mensagem “*responde.informações.empresas*”

Este procedimento é executado quando o banco central solicita informações sobre empresas que são clientes do banco (corresponde ao (1) na Figura 4.9).

O banco utiliza as variáveis de estado “*empresas.div.atrasada*” e “*empresas.div.normal*” para compôr a mensagem com a informação pedida.

Mensagem “*trata.pagamento.prestação*”

Este procedimento é executado quando chega uma mensagem de pagamento de prestação (corresponde ao (2) na Figura 4.8).

É eliminada a prestação correspondente na variável de estado homónima.

É actualizado o valor das variáveis “*empresas.div.atrasada*” ou “*empresas.div.normal*” conforme a prestação é normal ou atrasada e também o valor do campo “*mont.divida*” da linha respectiva da variável crédito.

Mensagem “*trata.falencia*”

Este procedimento é executado em resposta a uma informação do banco central sobre a falência de uma empresa (corresponde ao (2) nas Figuras 4.10 e 4.11).

No caso do banco ter dívidas dessa empresa envia uma mensagem ao banco central com os prejuízos apurados (somando todas as prestações em dívida).

Mensagem “*trata.falencia.devolve*”

Este procedimento é executado em resposta a uma mensagem do banco central com o valor que foi apurado para devolver ao banco em face da falência duma determinada empresa (corresponde ao (4) nas Figuras 4.10 e 4.11). O valor é subtraído aos prejuízos do banco.

4.8.2 Empresas

Relativamente aos procedimentos específicos das empresas, existem dois tipos de mensagem que despoletam esses procedimentos:

- `empresa.a.negociar`
- `recebe.conta`

Mensagem “*empresa.a.negociar*”

Este procedimento é invocado quando recebe uma mensagem de resposta ao pedido de crédito do banco que contactou para um crédito.

Se a resposta for positiva então aceita crédito (corresponde ao (5) na Figura 4.7).

Por fim, recalcula as expectativas dos bancos.

Mensagem “*recebe.conta*”

Este procedimento é invocado quando recebe uma mensagem de pedido de pagamento.

Se o saldo lhe permitir pagar a conta, então envia uma mensagem de resposta com o pagamento (corresponde ao (2) na Figura 4.8).

Caso contrário, retira esta despesa dos movimentos previstos para o momento actual e coloca-a no período de tempo seguinte reflectindo-lhe o juro de mora.

4.8.3 Banco Central

De seguida explicaremos os procedimentos específicos que são executados quando o banco central recebe os seguintes tipos de mensagem:

- trata.informacoes.empresas
- resposta.pedido.informacoes
- falencia
- prejuizo.falencia

Mensagem “*trata.informacoes.empresas*”

O banco central concentra a informação relativa às responsabilidades em aberto das empresas na banca. Estas responsabilidades podem ser normais ou atrasadas (em mora).

Este procedimento é executado quando os bancos lhe enviam os valores das dívidas em aberto no momento actual (corresponde ao (2) na Figura 4.9). Os valores são somados e guardados para posterior divulgação.

Mensagem “*resposta.pedido.informacoes*”

Este procedimento é invocado quando um banco pede informações sobre as responsabilidades na banca de uma determinada empresa. O banco central envia a informação para o banco que a solicitou (corresponde ao (3) na Figura 4.7).

Mensagem “*falencia*”

Este procedimento é invocado quando o banco central é informado que uma determinada empresa faliu (corresponde ao (1) na Figura 4.10). O banco central envia a todos os bancos esta informação para que estes considerem como prejuízos as dívidas em aberto com essa empresa (corresponde ao (2) na Figura 4.10). Espera depois que os bancos o informem dos montantes dos prejuízos para que os activos da empresa falida sejam distribuídos por todos os credores de forma proporcional.

Mensagem “*prejuizo.falencia*”

Este procedimento é invocado quando um banco informa o banco central sobre os valores dos prejuízos com a falência de uma dada empresa (corresponde ao (3) na Figura 4.10). Este valor é armazenado para que quando todos os bancos respondam se possa aferir a proporção dos activos da empresa falida a devolver a cada banco (corresponde ao (4) na Figura 4.10).

4.9 Conclusão

Neste capítulo apresentámos o Sistema Multi-Agente SMAGeB, descrevendo os agentes que nele participam, a sua arquitectura e a forma como interagem.

Por forma a explicitar as bases do SMAGeB, descrevemos os atributos dos agentes, mais concretamente os seus parâmetros e as suas variáveis estado. Para cada um deles apresentámos os seus procedimentos regulares, que consistem no que cada agente tem que desempenhar em cada unidade de tempo e determinam a forma como os agentes interagem com os restantes.

No caso específico dos bancos descrevemos o seu comportamento face a um pedido de crédito por uma empresa, uma vez que se trata da questão principal do SMAGeB.

Explicámos as trocas de mensagens entre os agentes, com vários exemplos e diagramas. Mais concretamente, explicámos em pormenor cinco situações de interacção, importantes no sistema criado, segundo o processo gerado pela primeira mensagem (pedido de empréstimo, cobrança de uma prestação de crédito, recolha de informações sobre o endividamento das empresas, processo de falência desencadeado pelo banco e processo de falência desencadeado pela empresa).

Abordámos também os procedimentos específicos de cada agente, no sentido de complementar os procedimentos regulares fornecido no capítulo anterior.

Capítulo 5

Experiências e Resultados

Como já foi referido anteriormente, a concessão de crédito às empresas coloca os bancos num *trade-off* entre risco e rentabilidade.

Por um lado, o objectivo principal dos bancos é a maximização do lucro, mas por outro lado, procuram deter uma carteira de clientes de “risco aceitável”. Todos os bancos querem ter “bons clientes”, mas também querem obter a “máxima rentabilidade”.

Neste contexto, os bancos deparam-se com várias dúvidas, nomeadamente do género: “se eu (banco X) aumentar os *spreads*¹ de forma generalizada à minha carteira de clientes, o ganho que tenho em termos de juros / rentabilidade compensa-me a perda de bons clientes para os bancos concorrentes?”.

A pergunta colocada pelo banco X não é de fácil resolução. A economia é complexa, sendo constituída por diversos agentes económicos (nomeadamente, muitos bancos e muitas empresas) que reagem face a alterações de um banco isoladamente. As condições económicas também estão em constante mutação.

¹Por *spread* entende-se excedente à taxa de juro base.

Para que um banco possa aferir alguma evidência face à questão colocada (dilema risco/rentabilidade) e retirar algumas conclusões, é necessário proceder a simulações, que de forma mais simplificada que a realidade, alterem certos parâmetros e estudem o seu impacto na economia.

No nosso caso, vamos alterar apenas um parâmetro (a ***margem***), num único banco (banco 1), mantendo tudo o mais constante, para averiguar se essa alteração tem consequências positivas/negativas para a rentabilidade desse banco.

Nestas experiências considera-se um cenário *ceteris paribus*, isto é, todos os parâmetros, com excepção do parâmetro ***margem***, mantêm-se constantes. Assumimos também que no início da simulação as empresas não têm dívidas aos bancos, nem há criação/aparecimento de novas empresas ao longo da simulação².

Começaremos por descrever o cenário no qual serão realizadas as experiências.

De seguida, estudaremos os efeitos da alteração da margem do banco 1 na sua quota de mercado, nos seus juros acumulados e na sua rentabilidade líquida acumulada³. No entanto, dividiremos a análise em duas partes: quando a margem utilizada é inferior à margem dos outros bancos concorrentes e numa situação em que a margem é superior.

A nossa simulação decorre ao longo de 100 unidades de tempo. Cada unidade de tempo simulado corresponde a uma semana do tempo real⁴.

O nosso cenário inclui 5 bancos, 200 empresas repartidas equitativamente por 4 sectores

²Optámos por um cenário sem criação/aparecimento de novas empresas ao longo da simulação, uma vez que os resultados numa situação de “entrada” de empresas iriam variar consoante o sector de actividade das empresas que iriam surgindo e do ritmo a que as mesmas empresas aparecessem, pelo que se teria sempre que comparar com a situação por nós adoptada. Esta questão é analisada no próximo capítulo, na secção 2.

³Por rentabilidade líquida do período t entende-se o somatório dos juros recebidos e dos créditos recuperados no período t deduzido dos prejuízos desse período.

⁴Consideramos que um ano real possui 48 semanas, representadas na simulação por 48 unidades de tempo (1 unidade de tempo simulado equivale a 1 semana de tempo real).

de actividade e um banco central. Os valores das margem variam entre 0% (ausência de margem) e 2%. As margens de todos os bancos, excepto do banco 1, são iguais a um valor fixo, denominado por “norma”. Nas experiências conduzidas a margem norma corresponde a 1%.

5.1 Cenário das experiências

A simulação inclui 5 bancos, 200 empresas e um banco central. O número de bancos utilizado (5 bancos) visou proporcionar às empresas opções no momento de solicitar crédito, isto é, não limitar as empresas a um número restrito de bancos, o que poderia enviesar a simulação (pretendeu-se dar a possibilidade de escolha às empresas no momento de solicitar um empréstimo).

Relativamente às empresas, utilizaram-se 200 empresas. Embora a nossa intenção inicial fosse utilizar um número superior de empresas, tal não era viável do ponto de vista computacional / tempo, dada a complexidade do sistema.

As empresas encontram-se repartidas em quatro sectores de actividade, cada um com 50 empresas:

- Fabricação de artigos de borracha e de matérias plásticas;
- Fabricação de produtos químicos e de fibras;
- Comércio por grosso e agentes de comércio;
- Transportes.

A escolha destes sectores de actividade residiu nas características intrínsecas dos mesmos, ou seja, dada a necessidade de simular uma economia com boas, médias e más

empresas, tivemos que seleccionar sectores bons, médios e maus em termos gerais.

A partir dos quadros de situação sectorial (QSS) do Banco de Portugal relativamente aos anos de 1999, 2000 e 2001 obtiveram os seguintes valores médios sectoriais:

- Volume de Negócios anual;
- Activo Líquido;
- Activo Circulante;
- Capitais Próprios;
- Encargos Financeiros Líquidos;
- Resultados Líquidos;
- Passivo Curto Prazo.

Os dados iniciais das empresas foram obtidos a partir dos dados do QSS do Banco de Portugal de 1999. Mais concretamente, obteve-se os indicadores das 50 empresas de cada sector através de uma distribuição Normal (dada a média sectorial).

Em relação à escolha dos bancos, quando recorrem a crédito, as empresas podem ser (*tipo.empresa*):

- Resistentes à mudança (preferem os bancos nos quais têm ou já tiveram empréstimos);
- Favoráveis à mudança (preferem os bancos que ainda não conhecem).

Esta característica *tipo.empresa*⁵ foi criada aleatoriamente (50% para as empresas resistentes à mudança e 50% para as empresas favoráveis à mudança).

⁵Ver Apêndice 4.

Tal como já foi referido, assumimos também que no início da simulação as empresas não têm dívidas aos bancos, nem há criação/aparecimento de novas empresas ao longo da simulação, o que vai provocar a redução das empresas à medida que estas entram numa situação de falência.

Considera-se ainda um cenário *ceteris paribus*, isto é, todos os parâmetros, com excepção da margem do banco 1, mantêm-se constantes.

5.2 Os efeitos da alteração da margem do banco 1

Com o intuito de analisar o dilema risco/rentabilidade, estudaremos nesta secção os efeitos da alteração da margem do banco 1 na sua quota de mercado, nos seus juros acumulados e na sua rentabilidade líquida acumulada face aos restantes bancos concorrentes.

O nosso estudo visa averiguar se para um banco é preferível seguir as tendências do mercado (sector), ou seja, praticar uma margem igual à dos restantes bancos, ou se para o banco é preferível ser diferente, aumentando ou reduzindo a sua margem face à margem utilizada pelos seus concorrentes

Neste sentido, vamos estudar duas situações de alteração da margem do banco 1 face à margem “norma”:

- Margem do banco 1 inferior à margem “norma” (valores 0,25% e 0,75%);
- Margem do banco 1 superior à margem “norma” (valores 1,25% e 2%).

5.2.1 Margens inferiores à norma

Para diferentes valores da margem, aplicadas ao banco 1, conduzimos várias simulações e estudamos os efeitos na sua quota de mercado⁶ (QM), nos seus juros acumulados (JA) e na sua rentabilidade líquida acumulada (RA).

Analisemos o que se passa com a *quota de mercado (QM)* do banco 1.

Inicialmente, a quota de mercado do banco 1 não depende da margem como mostra a curva da Figura 5.1..

Consideremos que $QM_{M<1}$ e $QM_{M=1}$ representam a quota de mercado do banco 1 para margens inferiores a 1% e igual a 1%, respectivamente. A médio prazo observamos a seguinte relação:

$$QM_{M<1} > QM_{M=1}$$

que corrobora as nossas expectativas. As justificações para estas conclusões são as seguintes:

- Numa fase inicial, como as empresas não possuem endividamento, nem conhecimento dos bancos existentes no mercado (as suas expectativas são as mesmas para os vários bancos), não possuem poder para discriminar entre taxas de juro diferentes aplicadas a um empréstimo. Só com o decorrer do tempo e com a necessidade de mais créditos, é que as empresas se apercebem que há bancos que lhes oferecem taxas mais competitivas (mais baixas), optando por recorrer a esses bancos. Isto justifica que inicialmente a quota de mercado do banco 1 seja igual independentemente das margens aplicadas.

⁶Por quota de mercado entende-se o rácio entre o montante de créditos em aberto no banco 1 sobre o montante de créditos em aberto em toda a Banca.

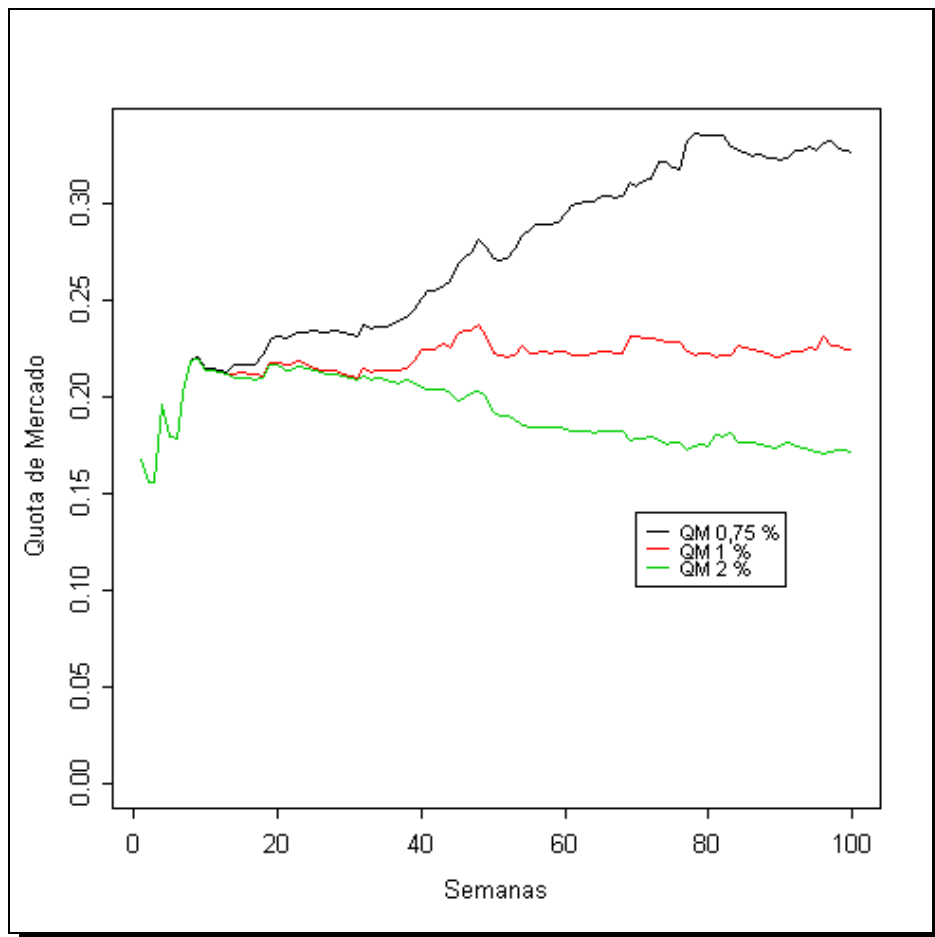


Figura 5.1: Evolução da quota de mercado (curvas QM 0,75%, QM 1%, QM 2%) para as margens 0,75%, 1% e 2%.

- No momento 1, todos os bancos aplicam uma margem norma (i.e. igual a 1%), excepto o banco 1, que aplica margens inferiores nas várias simulações. Nesta situação, mantendo-se a margem de 1% para os restantes bancos, as taxas de juro aplicadas aos empréstimos concedidos são também menores, o que faz com que as empresas actualizem “em alta” as expectativas do banco 1, aumentando a procura do banco 1, o que faz com que a sua quota de mercado aumente face à situação em que a sua margem era a norma (ver Figura 5.1. para QM 0,75% e QM 1%).

Analisemos agora o que acontece aos *juros acumulados (JA)* do banco 1.

Como seria de esperar, se se aplicar uma margem muito pequena (por exemplo, 0,25%), ou se não se aplicar nenhuma margem, os juros acumulados no final do período 100 são menores que os obtidos quando a margem aplicada é a norma (ver Figura 5.2).

Apesar do banco conseguir uma maior quota de mercado, em virtude de uma margem inferior levar à diminuição da taxa de juro aplicada aos créditos concedidos, o que faz com as empresas actualizem “em alta” as expectativas do banco, o acréscimo do número de empréstimos concedidos não compensa a perda em termos absolutos nos juros obtidos.

No entanto, para valores intermédios da margem, somos confrontados com cenários mais interessantes. Analisemos o que acontece quando os valores da margem são ligeiramente inferiores à margem norma (i.e. 1%) aplicada pelos outros bancos.

Quando a margem aplicada pelo banco 1 é de 0,75%, os juros acumulados (JA) até ao momento 90 são inferiores aos que este obterá para uma margem norma. Contudo, a partir daí a situação inverte-se (ver Figura 5.3).

Este comportamento aparece relacionado com a quota de mercado. Isto é, apesar dos

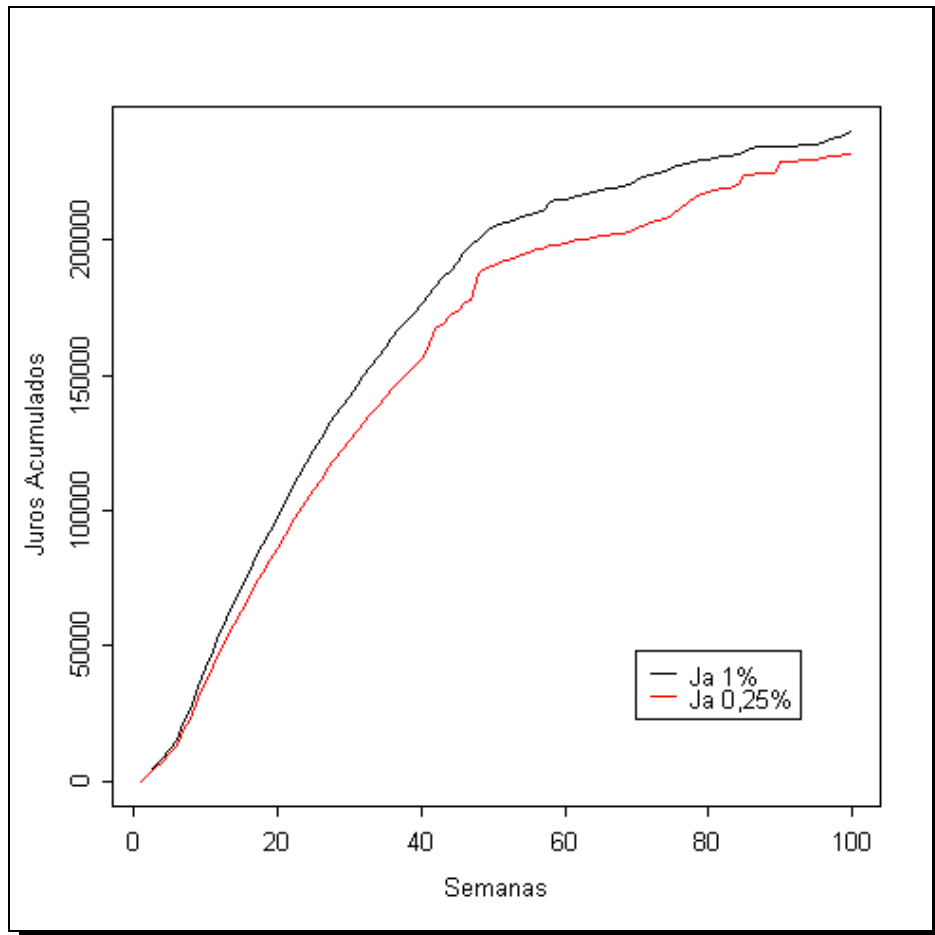


Figura 5.2: Evolução dos juros acumulados do banco 1 (curvas JA 0,25% e JA 1%) para as margens 0,25% e 1%.

juros obtidos em cada empréstimo serem menores, como concede mais empréstimos, obtém mais juros acumulados.

Por outro lado, esta margem traduz-se em menores taxas de juro aplicadas aos empréstimos, o que permite que empresas em má situação económico-financeira, com prestações em atraso e juros de mora, consigam num dado período recuperar e liquidar essas prestações e juros.

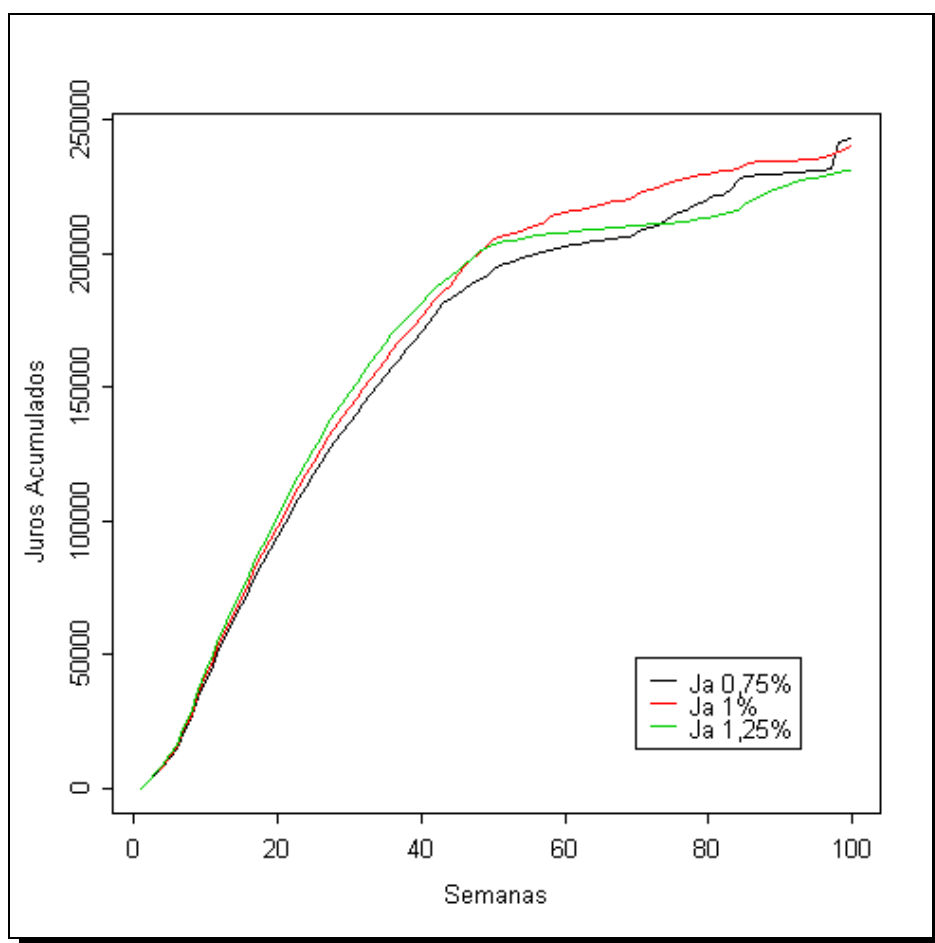


Figura 5.3: Evolução dos juros acumulados (curvas JA 0,75%, JA 1% e JA 1,25%) para as margens 0,75%, 1% e 1,25%

Aproveitando o que foi referido quanto à quota de mercado e aos juros acumulados

do banco 1, vejamos agora o que acontece em termos de **rentabilidade líquida acumulada (RA)** do banco 1, quando utiliza margens inferiores à norma.

Como já foi referido, numa primeira fase, as empresas ainda não possuem elementos que lhes permitam distinguir entre bancos, isto é, que lhes permitam aferir qual o banco que lhes concede crédito a uma taxa mais baixa. Isto justifica que até ao momento 26, independentemente da margem, a rentabilidade líquida acumulada (RA) assuma uma trajectória ascendente e semelhante (ver Figuras 5.4 e 5.5).

No momento 27, com a falência de empresas em virtude de dívidas acumuladas⁷ e a assumpção de prejuízos daí decorrentes⁸, o banco 1 regista uma rentabilidade líquida acumulada negativa. Ou seja, os prejuízos são superiores à rentabilidade líquida acumulada até esse momento, como se pode comprovar pela análise das Figuras 5.4 e 5.5.

A seguir, a rentabilidade retoma a trajectória ascendente.

Mas é a partir do momento 27 que se verifica os resultados mais interessantes das experiências:

- Para as margens inferiores a 0,75% (como por exemplo 0,25%), a partir de um dado período e até ao momento 100, a rentabilidade líquida acumulada é superior à obtida com a margem norma (ver Figura 5.4);
- Para uma margem de 0,75%, ao fim de 100 períodos, a rentabilidade líquida

⁷Um dos pressupostos da simulação reside no requerimento de falência de uma empresa por um banco, quando a empresa tem 16 prestações em atraso de um dado empréstimo concedido (simboliza cerca de 4 meses sem receber). Este pressuposto visa eliminar potenciais empresas que “ficariam eternamente sem pagar” dada a sua falta de liquidez.

⁸No caso de uma empresa ir à falência, os seus activos (bens imóveis, circulantes, . . .) são repartidos da seguinte forma:

50% vão para os credores preferenciais (simbolizam os trabalhadores e o estado);
os restantes 50% são repartidos pelos bancos credores em proporção dos seus créditos.

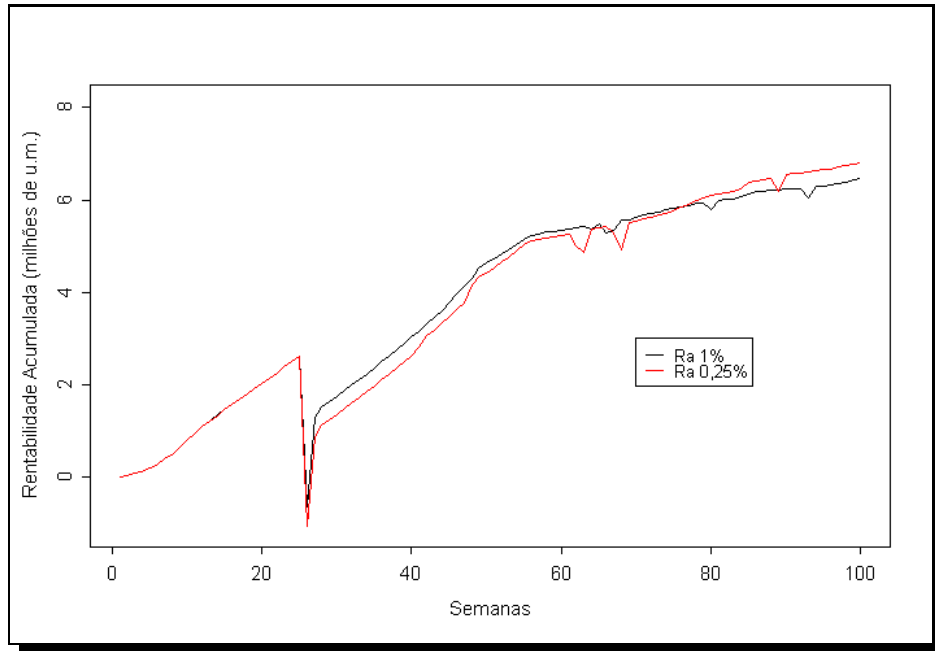


Figura 5.4: Rentabilidade Acumulada do banco 1 para as margens 0,25% e 1%.

acumulada pouco difere da obtida com a margem norma (6.446.827 unidades monetárias *versus* 6.457. 724 unidades monetárias), pelo que se presume que, caso o período de simulação fosse maior, a partir de um dado momento a rentabilidade líquida acumulada seria superior (ver figura 5.5).

Como já foi referido anteriormente, quando se altera a margem do banco 1, *ceteris paribus*, existem duas forças antagónicas a actuar:

- Margens inferiores à norma fazem com que os juros acumulados em cada empréstimo concedido sejam também menores;
- Margens inferiores à norma conduzem a um aumento da procura do banco 1, aumentando a sua quota de mercado, bem como, aumentando os créditos recuperados.

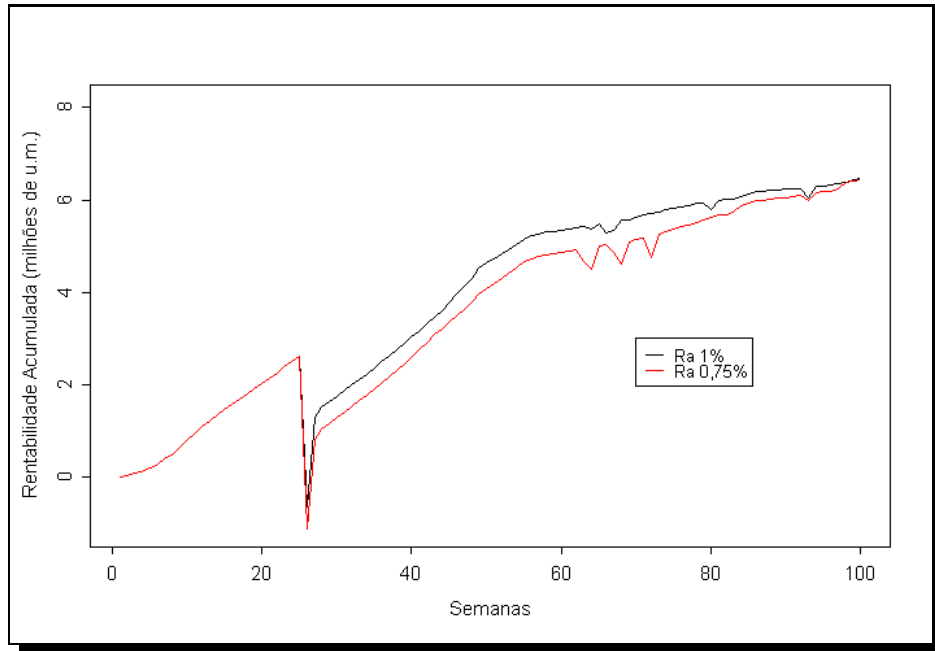


Figura 5.5: Rentabilidade Acumulada do banco 1 para as margens 0,75% e 1%.

Para além disso, quando se analisa a rentabilidade líquida acumulada, é preciso considerar adicionalmente o efeito das falências. Ou seja, quando o banco concede créditos a empresas que posteriormente entram numa situação de insolvência, mais tarde traduzida em falência, a sua rentabilidade vai ser afectada pelos prejuízos que daí advêm.

Pela análise dos resultados concluímos que para margens inferiores à norma o efeito quota de mercado / recuperação de créditos consegue prevalecer sobre o efeito juros de mercado. Esta situação traduz-se numa rentabilidade líquida acumulada de médio prazo superior à obtida com a margem norma.

O que sucede para a margem 0,75% (margem ligeiramente inferior à norma) é que o horizonte temporal estabelecido (100 períodos) não é suficiente para que o efeito quota de mercado / recuperação de créditos prevaleça sobre o efeito juros acumulados.

5.2.2 Margens superiores à norma

Estudemos agora a situação em que a margem utilizada pelo banco 1 é superior à norma, ou seja, o banco 1 decide aumentar as margens aplicadas aos seus clientes quando concede empréstimos face à aplicada pela concorrência.

Começemos por analisar o que acontece em termos de *quota de mercado (QM)* do banco 1.

Já foi referido na sub-secção anterior, inicialmente a quota de mercado do banco 1 não depende da margem.

No entanto, a médio prazo observa-se a seguinte relação:

$$QM_{M=1} > QM_{M>1},$$

com $QM_{M=1}$ e $QM_{M>1}$ a representar a quota de mercado do banco 1 para margens igual a 1% ou superiores a 1%, respectivamente (ver Figura 5.1. para as margens de 1% e 2%).

As justificações são as mesmas, mas em sentido inverso, das apresentadas para as margens inferiores a 1%.

Numa fase inicial, como as empresas não possuem endividamento, nem conhecimento dos bancos existentes no mercado, as suas expectativas são as mesmas para os vários bancos, pelo que não possuem poder para discriminar entre taxas de juro diferentes aplicadas a um empréstimo. Só com o decorrer do tempo e com a necessidade de mais créditos, é que as empresas se apercebem que há bancos que lhes oferecem taxas de juro menos competitivas, optando por recorrer a outros bancos.

Analisemos agora o que acontece em termos de *juros acumulados (JA)*.

Se o banco 1 optar por aplicar margens bastante superiores à norma (1,75% ou 2%), os juros acumulados no final do período 100 são maiores que os obtidos quando a margem aplicada é a norma. Apesar do banco reduzir a sua quota de mercado, essa perda é compensada via o ganho em termos absolutos nos juros obtidos.

Para margens ligeiramente superiores à norma, como por exemplo 1,25% ou 1,5%, os juros acumulados no período 100 são inferiores aos obtidos quando a margem iguala a norma (ver Figura 5.3 para as margens de 1% e 1,25%). Este comportamento deve-se à existência de duas forças antagónicas que estão a actuar:

1. Por um lado, a margem é superior, o que faz com que os juros acumulados em cada empréstimo concedido sejam também maiores;
2. Por outro lado, uma margem maior conduz a uma diminuição da procura do banco 1, reduzindo a sua quota de mercado.

Se observarmos os gráficos dos juros acumulados (ver Figura 5.3), constatámos que inicialmente os juros acumulados são superiores face à margem de 1%, uma vez que o efeito 1 prevalece sobre o 2. Só quando as empresas conseguem assimilar que o banco 1 pratica maiores margens, isto é, actualizam as suas expectativas, é que os juros acumulados passam a ser mais baixos que os obtidos para uma margem de 1%.

Esta tendência não se verifica para taxas mais elevadas (1,75% e 2%), uma vez que aparentemente “o efeito 1 absorve o efeito 2” (ver Figura 5.6.).

Convém contudo salientar, que para a margem de 1,75%, os efeitos 1 e 2 quase que se anulam, aproximando-se muito os juros acumulados no período 100 (ver Figura 5.7.).

Os resultados obtidos ao nível da *rentabilidade líquida acumulada (RA)* permitem tirar algumas conclusões.

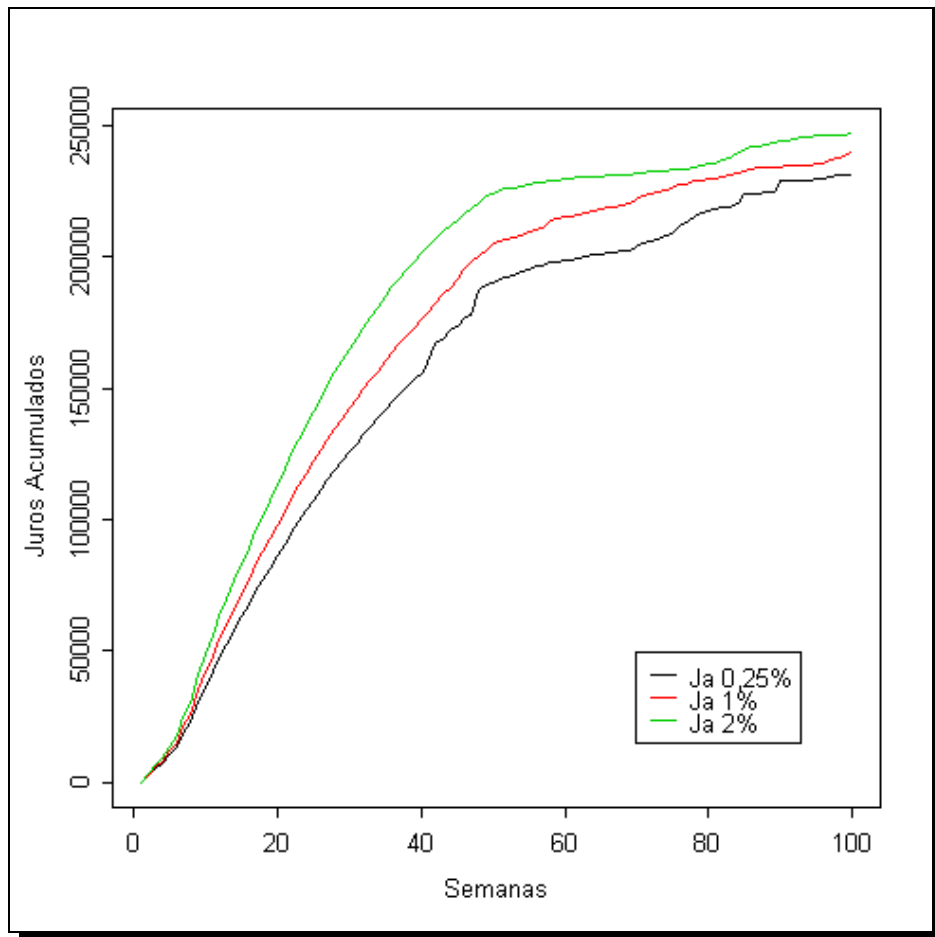


Figura 5.6: Evolução dos juros acumulados do banco 1 (curvas JA 0,25%, JA 1% e JA 2%) para as margens 0,25%, 1% e 2%

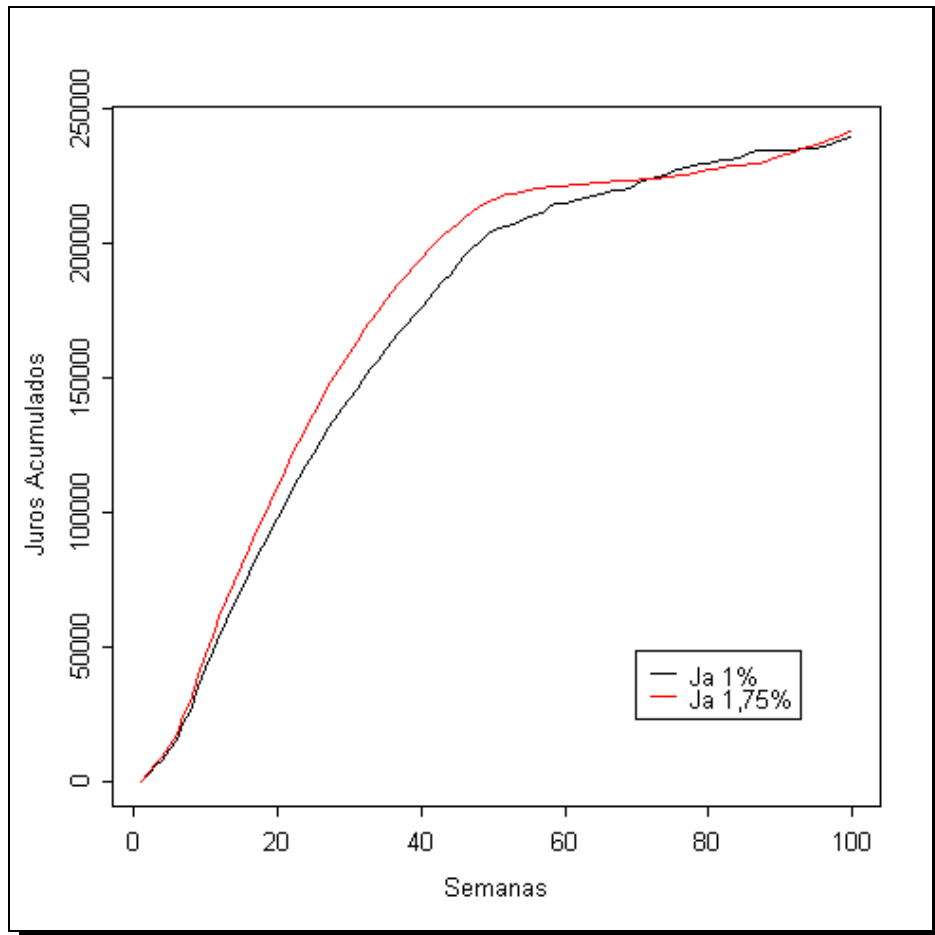


Figura 5.7: Evolução dos juros acumulados do banco 1 (curvas JA 1% e JA 1,75%) para as margens 1% e 1,75%

Tal como já foi indicado, inicialmente, as empresas ainda não possuem elementos que lhes permitam distinguir entre bancos, isto é, que lhes permitam aferir qual o banco que lhes concede crédito a uma taxa mais baixa. No momento 27, ocorre a falência de empresas em virtude de dívidas acumuladas. Ao ter que assumir os prejuízos, o banco 1 regista uma rentabilidade acumulada negativa.

Mas é a partir do momento 27 que se verificam os resultados mais interessantes das experiências:

- Para margens superiores à norma, apesar de inicialmente a rentabilidade líquida acumulada ser superior à obtida com a margem norma, a partir de um dado momento de tempo a relação inverte-se (ver gráfico 5.8).

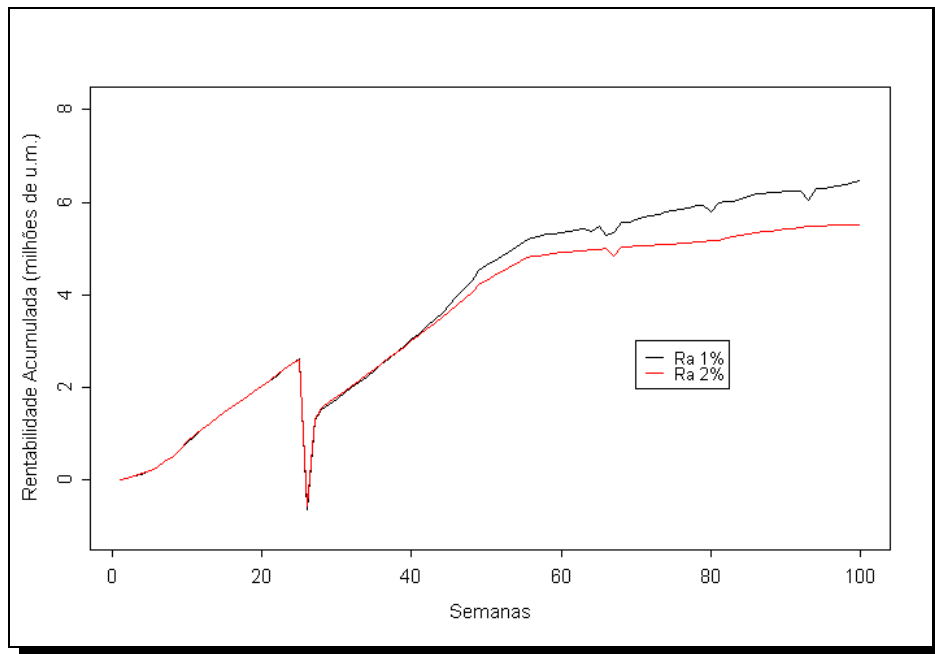


Figura 5.8: Rentabilidade Acumulada do banco 1 para as margens 1% e 2%.

Pela análise dos resultados concluímos que para margens superiores à norma o efeito quota de mercado consegue prevalecer sobre o efeito juros de mercado. Esta situação

traduz-se numa rentabilidade líquida acumulada de médio prazo inferior à obtida com a margem norma.

5.3 Conclusão

Neste capítulo, com o intuito de esclarecer o *dilema risco/rentabilidade* a que os bancos estão sujeitos, estudámos os efeitos da alteração da margem do banco 1 face à concorrência, num cenário *ceteris paribus*, na sua quota de mercado, nos seus juros acumulados e na sua rentabilidade líquida acumulada. No entanto, dividimos a análise em duas partes:

- margem utilizada pelo banco 1 inferior à margem dos outros bancos;
- margem utilizada pelo banco 1 superior à margem norma.

Os efeitos sobre a quota de mercado foram os esperados, ou seja, *uma redução da margem praticada conduziu a um aumento da quota de mercado*, num horizonte temporal de 100 períodos, em virtude de uma margem inferior levar à diminuição da taxa de juro aplicada aos créditos concedidos, o que faz com as empresas actualizem “em alta” as expectativas do banco, aumentando a sua procura. As conclusões são inversas para margens superiores à norma.

Relativamente aos juros acumulados as conclusões são mais interessantes e decorrem da existência de duas forças antagónicas a actuar:

- Por um lado, *quando a margem é superior, os juros acumulados em cada empréstimo concedido são também maiores*;

- Por outro lado, *uma margem maior conduz a uma diminuição da procura do banco 1, reduzindo a sua quota de mercado.*

A actuação destas duas forças traduz-se numa incerteza quanto ao resultado final a obter pelo banco e embora não seja uma tarefa trivial prever qual destas duas forças vai dominar, sobretudo se a população em estudo for muito semelhante, esse objectivo foi conseguido com a nossa simulação.

Embora não seja tão acentuado como nos juros acumulados, também na rentabilidade líquida se verifica a actuação das duas forças antagónicas, o que introduz alguma incerteza quanto à direcção dos resultados obtidos via alteração das margens.

Também importa considerar adicionalmente que, quando o banco concede créditos a empresas que posteriormente entram numa situação de insolvência, mais tarde traduzida em falência, a sua rentabilidade vai ser afectada pelos prejuízos que daí advêm.

No entanto, no caso estudado, concluímos que, *ao variar a margem do banco 1, o efeito quota de mercado / recuperação de créditos prevaleceu sobre o efeito juros de mercado, o que se traduziu em maiores (menores) rentabilidades líquidas acumuladas de médio prazo face à obtida com a margem norma, quando se utilizou menores (maiores) margens.*

Como conclusões finais e em resultado das experiências realizadas, descritas neste capítulo, podemos referir o seguinte:

Se um banco isoladamente decidir alterar a sua margem, com o objectivo de melhorar a sua rentabilidade, sem descurar a composição da sua carteira de clientes, é preferível reduzir a sua margem praticada em relação à margem dos seus concorrentes, sobretudo para valores bastante inferiores à margem norma (no pressuposto que a população (empresas) tem

um comportamento semelhante “à realidade do SMAGeB”). Isto vai permitir que o banco usufrua de uma maior quota de mercado e que consiga recuperar créditos potencialmente “maus”, compensando a perda que tem em termos de juros acumulados. Assim, a sua rentabilidade líquida acumulada tende a ser superior à que teria se a sua margem fosse igual à margem norma.

Por outro lado, há que salientar a perspectiva temporal. Embora não seja notório a curto prazo, a rentabilidade líquida acumulada obtida com margens superiores à norma será inferior à obtida com a margem norma (ver Figuras 5.7 e 5.8), uma vez que o efeito negativo da quota de mercado a médio prazo consegue suplantear o efeito positivo dos juros de mercado.

No entanto, convém não esquecer que os outros agentes bancos não ficar ficar estáticos face à alteração da margem do banco 1.

Logo que esses bancos se apercebam da alteração e das consequências para a sua carteira de clientes/crédito, vão ajustar o seu comportamento, pelo que o banco 1 não terá um horizonte temporal muito alargado para usufruir desta vantagem competitiva.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Apresentaremos neste último capítulo uma síntese do trabalho reportado nesta tese, referindo as contribuições da mesma e as conclusões retidas.

Dado tratar-se de um trabalho onde muito ainda pode ser estudado, apresentaremos também as perspectivas de desenvolvimento futuro.

6.1 O Sistema SMAGeB e os nossos Objectivos

O trabalho desta dissertação consistiu na criação do Sistema Multi-Agente SMAGeB, ou seja, de um sistema multi-agente que simula a concessão de crédito pelos bancos às empresas.

Vários princípios nortearam a criação do SMAGeB.

Por um lado, pretendeu-se obter um melhor entendimento da concessão de crédito pelos bancos às empresas. Por outro lado, foi também nosso objectivo contribuir para melhorar a gestão por parte dos bancos. Para isso, estudou-se o comportamento

do sistema face a alteração de certos parâmetros, mais concretamente alteração do parâmetro *margem* de um banco isoladamente, mantendo-se tudo o mais constante.

Apresentámos o SMAGeB, descrevendo os agentes que nele participam, a sua arquitectura e a forma como interagem. Por forma a explicitar as bases do SMAGeB, descrevemos os atributos dos agentes, mais concretamente os seus parâmetros e as suas variáveis estado. Para cada um deles apresentámos os seus procedimentos regulares, que consistem no que cada agente tem que desempenhar em cada unidade de tempo e determinam a forma como os agentes interagem com os restantes.

No caso específico dos bancos descrevemos o seu comportamento face a um pedido de crédito por uma empresa, uma vez que se trata da questão principal do SMAGeB.

Procurámos também explorar aspectos mais específicos do SMAGeB, com o intuito de complementar a informação fornecida. Mais concretamente, explicámos em pormenor cinco situações de interacção, importantes no sistema criado, segundo o processo gerado pela primeira mensagem:

- pedido de empréstimo,
- cobrança de uma prestação de crédito,
- recolha de informações sobre o endividamento das empresas,
- processo de falência desencadeado pelo banco,
- processo de falência desencadeado pela empresa.

Por último, abordámos os procedimentos específicos de cada agente, no sentido de complementar os procedimentos regulares fornecidos anteriormente.

Com o intuito de esclarecer o *trade-off* risco/rentabilidade a que os bancos estão sujeitos, estudámos os efeitos da alteração da margem do banco 1 face à concorrência,

num cenário *ceteris paribus*, na sua quota de mercado, nos seus juros acumulados e na sua rentabilidade líquida acumulada. No entanto, dividimos a análise em duas partes, dependente da margem utilizada pelo banco 1 ser inferior, ou superior, à margem dos outros bancos.

6.2 Contributo da Tese

A ideia de modelar a concessão de crédito pelos bancos às empresas através do SMAGeB, surgiu da necessidade de estudar o problema da concessão de crédito no mundo actual. No entanto, dada a impossibilidade de efectuar experiências no mundo real, decidimos simular essa mesma realidade, com a representação dos vários agentes nela intervenientes.

O principal contributo desta tese residiu na formulação do problema utilizando o sistema multi-agente, incluindo os agentes que nela intervêm (especialmente os bancos), a forma como são caracterizados, a maneira como interagem entre si e a complexidade desse mesmo sistema. A economia é complexa, sendo constituída por diversos agentes económicos (nomeadamente, muitos bancos e muitas empresas), pelo que não foi tarefa fácil determinar os contornos de um sistema multi-agente que simulasse as diversas vertentes da economia no que concerne aos agentes que intervêm na concessão de crédito.

A maior parte dos modelos económicos criados para simular a realidade económica apresenta agentes muito simplificados, nomeadamente as empresas são caracterizadas por poucos parâmetros, como a *quantidade vendida* e o *preço de venda* (ver Beltratti *et al* (1996)). No entanto, procurámos trazer para o SMAGeB um pouco mais da realidade económica, o que se traduziu em agentes com diversos parâmetros, complexos, que procuram ser o “*mais realistas possíveis*”.

A complexidade do SMAGeB tornou muitas vezes difícil a resolução computacional, obrigando a refazer procedimentos com o intuito de simplificação e aceleração do programa. Depois de vários ajustamentos, o SMAGeB ficou a funcionar num tempo útil, permitindo realizar várias experiências e recolher resultados.

Alguns dos resultados obtidos nas nossas experiências não foram surpreendentes, indo de encontro às nossas intuições / conhecimento da realidade económica, como foi o caso da análise da quota de mercado na análise da alteração da margem por um banco isoladamente. Contudo, outros resultados obtidos foram bastante interessantes, levantando questões pertinentes e agindo como estímulo para o trabalho futuro.

Considerando o nosso mundo simulado que inclui bancos, empresas e um banco central, mostrámos que há duas forças opostas que actuam, afectando os juros acumulados e a rentabilidade líquida acumulada dos bancos:

1. Margens elevadas (reduzidas) conduzem a juros elevados (reduzidos) e consequentemente a maiores (menores) rentabilidades, quando se considera um horizonte temporal de médio prazo;
2. Margens elevadas (reduzidas) reduzem (aumentam) a quota de mercado do banco e o crédito recuperado, o que se traduz em menores (maiores) juros acumulados e rentabilidades, quando se considera um horizonte temporal de médio prazo.

Da nossa análise concluímos que, se um banco isoladamente decidir alterar a sua margem, com o objectivo de melhorar a sua rentabilidade, sem descurar a composição da sua carteira de clientes, é preferível reduzir a sua margem praticada em relação à margem dos seus concorrentes, sobretudo para valores bastante inferiores à margem norma. Isto vai permitir que o banco usufrua de uma maior quota de mercado e que consiga recuperar créditos potencialmente “maus”, compensando a perda que tem em

termos de juros acumulados. Assim, a sua rentabilidade líquida acumulada tende a ser superior à que teria se a sua margem fosse igual à margem norma.

Por outro lado, a rentabilidade líquida acumulada obtida com margens superiores à norma será inferior à obtida com a margem norma, uma vez que o efeito negativo da quota de mercado a médio prazo consegue suplantar o efeito positivo dos juros de mercado.

6.3 Trabalho Futuro

Depois da criação do SMAGeB e das primeiras experiências realizadas, como trabalho futuro, pretendemos efectuar estudos adicionais que nos permitam clarificar algumas situações, nomeadamente sobre qual das duas forças antagónicas prevalece, em certas condições, quando um banco aumenta (diminui) a sua margem.

Algumas das ideias já estão a ser estudadas.

Assim, pretendemos efectuar uma análise semelhante à realizada, mas permitindo que as empresas tenham endividamento no início da simulação e que novas empresas vão surgindo ao longo da mesma.

Pretendemos também estudar os efeitos das estratégias dos bancos não só nos parâmetros por nós analisados (quota de mercado, juros acumulados e rentabilidade líquida acumulada), bem como nos parâmetros que caracterizam a economia como um todo (por exemplo, quantas companhias existem e como os seus activos / dívidas evoluem ao longo do tempo).

Considerámos interessante analisar os sectores individualmente, isto é, os sectores em que os bancos podem aumentar a margem, conseguindo aumentos de rentabilidade,

sem aumentar o risco de incumprimento.

Pretendemos estudar o sistema quando existem mecanismos de transmissão de informação, isto é agentes pertencentes ao mesmo grupo transmitem informações privilegiadas. Por exemplo, bancos parecidos (mesmo grupo) comunicam entre si, partilhando listas de empresas que não cumprem. Outro exemplo, empresas do mesmo grupo (ou porque têm um sócio comum, ou a mesma administração,...) comunicam umas às outras os bancos que lhes apresentam menores taxas de juro. Esta questão implica a definição de uma noção de distância entre os agentes.

Por último, é nosso objectivo dotar alguns agentes do sistema (bancos e/ou empresas) com capacidades de aprendizagem e avaliar os benefícios. Uma possibilidade a explorar é induzir padrões (por exemplo, regras) que caracterizem determinadas situações (nomeadamente, diminuição dos juros acumulados daqui a x períodos), que aplicadas a novas situações possam resultar em acções úteis para os agentes (por exemplo, aumentar / diminuir a margem). Outra possibilidade é utilizar métodos adaptativos (aprendizagem por reforço, programação genética) para analisar se um agente em particular (por exemplo, banco) se pode adaptar às condições particulares concretas que encontra.

Acreditámos que este esforço é válido como contributo para uma melhor compreensão do processo que envolve as interacções complexas entre os bancos e as empresas, que são difíceis de modelar usando os métodos tradicionais. Além disso, pode ajudar os bancos a melhorar o seu processo de tomada de decisão e o nosso trabalho representa um passo nessa direcção.

Apêndice A

Modelo credor-devedor

No momento 0 a empresa tem a possibilidade de investir o montante C , que se assume fixo, na produção de um dado bem. No momento 1, este investimento terá como retorno o *cash-flow* aleatório $\tilde{y}$.

Assume-se que a empresa não dispõe de recursos próprios em 0 e pede emprestado ao banco a quantia C (montante do crédito concedido).

Pressupõe-se também que ambos os agentes económicos consomem apenas no momento 1, sendo as suas preferências caracterizadas por funções utilidade (u_B e u_E) de Von Neumann-Morgenstern.

Se o resultado do investimento ($\tilde{y}$) for observável pelo banco e pela empresa, uma vez que estamos numa situação de informação simétrica, as duas partes podem assinar um contrato em que especificam como vão dividir o retorno do investimento no momento 1. Esta regra de partilha é completamente determinada após o reembolso $R(y)$ do banco estar especificado como função da realização do *cash-flow* (y de $\tilde{y}$). A empresa recebe o remanescente ($y - R(y)$).

Na maioria dos casos é razoável pressupor que os dois agentes recebem uma parte do *cash-flow*, ou seja, $0 \leq R(y) \leq y$, para todo o y no suporte de $\tilde{y}$.

A família dos contratos de dívida óptimos, sob a condição de informação simétrica, pode ser obtida parametricamente como solução do seguinte programa P_0 :

$$\max_{R(\cdot)} Eu_E(\tilde{y} - R(\tilde{y}))$$

sujeita à restrição

$$Eu_B(R(\tilde{y})) \geq U_B^0$$

$$0 \leq R(y) \leq y,$$

onde U_B^0 representa a utilidade esperada exigida pelo banco.

O banco e a empresa jogam segundo regras simétricas e as características dos contratos óptimos serão determinadas apenas pela partilha de risco e restrições de responsabilidades limitadas.

Quando as restrições não estão ligadas, a solução de P_0 é caracterizada pela igualdade das taxas marginais de substituição ao longo dos estados para as duas partes. Para todo o y_1 e y_2 no suporte de $\tilde{y}$ temos

$$u'_B[R(y_1)]/u'_B[R(y_2)] = u'_E[y_1 - R(y_1)]/u'_E[y_2 - R(y_2)]$$

ou seja, o rácio das utilidades marginais das duas partes é constante μ no suporte de $\tilde{y}$.

Para todo o y neste suporte

$$u'_E[y - R(y)]/u'_B[R(y)] = \mu$$

É claro que μ depende de U_B^0 . Se o logaritmo desta equação é diferenciável em relação a y , é obtido o seguinte resultado para todo o y no suporte de $\tilde{y}$

$$\frac{u''_E}{u_E}(y - R(y))(1 - R'(y)) - \frac{u''_B}{u_B}(R(y))R'(y) = 0$$

Isto fornece a relação entre $R'(y)$ e o índice absoluto de aversão ao risco das duas partes, definido por

$$I_E(x) = -\frac{u''_E(x)}{u_E(x)}$$

e

$$I_B(x) = -\frac{u''_B(x)}{u_B(x)}$$

A partir daqui podemos obter um resultado clássico (ver Wilson [31]) segundo o qual quando as restrições de responsabilidade limitada não estão ligadas, o contrato de dívida ótimo sob informação simétrica é caracterizado por

$$R'(y) = I_E(y - R(y))/[I_E(y - R(y)) + I_B(R(y))] .$$

Isto significa que a sensibilidade do reembolso $R(y)$ ao resultado y é maior quando a empresa é mais adversa ao risco que o banco (I_E/I_B é grande) e menor nos casos contrários.

Apêndice B

Metodologia interna do Banco para apuramento do rating das empresas

Tendo por base a análise económico-financeira da empresa, que assenta nos seus elementos económico-financeiros¹, a sua pontuação qualitativa (análise da gestão, da tecnologia, da concorrência e dos factores comerciais) e o risco do sector em que se insere, foi criado para os bancos um sistema interno de apuramento de *rating* das empresas.

Este sistema atribui uma ponderação a cada um dos elementos, considerando no entanto, tal como na realidade económica portuguesa, que a análise quantitativa (económico-financeira) da empresa tem uma maior ponderação para o seu *rating*.

A pontuação obtida (*rating*) é corrigida de acordo com a experiência e o conceito da empresa na banca em geral (se tem situações de incumprimento), após consulta dos

¹Convém referir que na análise dos rácios Autonomia Financeira, Capacidade de Libertação de Fundos, Cobertura do Activo Circulante, Liquidez Reduzida, Rentabilidade do Activo se considera que quanto maior for o rácio melhor. Relativamente ao rácio Encargos Financeiros Líquidos / Meios Libertos Brutos, considera-se que quanto menor o rácio melhor é a situação da empresa.

Ponderação 75%:	Análise Económico-Financeira: NOTA: Cada um dos indicadores da empresa é comparado com a média do sector em que a empresa se insere, sendo atribuída uma dada pontuação (50%, 75% ou 100%, respectivamente) consoante o seu desvio (negativo, nulo ou positivo) face a esses indicadores sectoriais médios de referência.
15%	1- Autonomia Financeira (quanto > melhor)
15%	2- Capacidade de libertação de fundos (quanto > melhor)
15%	3- Encargos financeiros liquidados / Meios libertos brutos (quanto < melhor)
10%	4- Cobertura do Activo Circulante (quanto > melhor)
10%	5- Liquidez Reduzida (quanto > melhor)
10%	6- Rentabilidade do Activo (quanto > melhor)
Ponderação 20%	Pontuação Qualitativa (Gestão, Tecnologia, Concorrência, Comercial)
Ponderação 5%	Risco Sectorial NOTA: Cada um dos sectores é classificado de acordo com a experiência existente ao nível do Sistema Bancário Nacional, sendo atribuída automaticamente uma pontuação ao sector em causa (por exemplo, 100% para o risco A, 75% para o risco B,...)

elementos facultados pelo banco central² (ver questões suscitadas no Capítulo 2):

	Conceito nos restantes Bancos (centralizado pelo Banco Cen- tral)	
No Banco	Positivo	Negativo
Cliente com experiência positiva	100%	75%
Cliente sem experiência	75%	50%

De acordo com a pontuação final obtida obtém-se o *rating* do cliente:

Pontuação Obtida	<i>Rating</i>	Risco de Crédito
>= 85%	A	Bom / Muito Bom
>= 65% e < 85%	B	Médio
>= 45% e < 65%	C	Sofrível
< 45%	D	Mau

²Se a empresa que solicita crédito tem prestações em atraso nesse Banco então é-lhe logo recusado o crédito.

Por experiência positiva na Banca considera-se as empresas que, embora não possuam prestações em atraso no Banco a quem solicitam o crédito, também não possuem responsabilidades em atraso (em mora) nas responsabilidades centralizadas no Banco Central (nos outros Bancos). Caso apresentem responsabilidades em atraso, considera-se que a experiência é negativa.

Apêndice C

O Pricing do crédito

A taxa a aplicar no empréstimo, denominado *pricing* do crédito, visa cobrir o risco inerente à operação de crédito e realizar uma margem na concessão desse crédito (deve permitir o reforço dos fundos próprios do banco). De acordo com a avaliação do risco de crédito deve ser estabelecido o *pricing* do crédito.

Sinkey (1998) apresentou um modelo para resolver a questão do *pricing*. Segundo este autor, a taxa de juro lucrativa para o banco (que permite ao banco compensar o valor do dinheiro no tempo), r , tem em consideração uma taxa livre de risco (t), que por questões de simplificação consideraremos igual à taxa de mercado no SMAGEB (parâmetro dado), e uma probabilidade esperada de incumprimento (d). Ou seja:

$$r = \frac{(1 + t)}{(1 - d)} - 1$$

Desta relação constatamos o *trade-off* risco / rendibilidade presente na actividade bancária. O risco de incumprimento deverá ser compensado pela taxa de juro calculada para o contrato em questão.

Um banco avesso ao risco considera que existe uma maior probabilidade esperada de

incumprimento. Pelo contrário, um banco mais propenso ao risco considera que essa probabilidade é menor (cada banco é caracterizado pelo parâmetro *tipo.banco*).

Para tipificar esta situação no SMAGEB considerámos que os bancos calculam a proporção das empresas da sua carteira, de *rating* X, que possuem como característica serem incumpridores:

$$X_i = \begin{cases} 1 & , in\tilde{a}ocumpre \\ 0 & , icumpre \end{cases}$$

$$d_{estimado} = \sum_{i \in S} \frac{X_i}{n} \text{ (proporção estimada de incumprimento)}$$

Para n grande (supõe-se maior que 100 empresas) e $\alpha=5\%$ o intervalo de confiança para a proporção de incumprimento será dado por:

$$\left[d_{estimado} - 1,96\sqrt{\frac{d_{estimado}(1-d_{estimado})}{n}}; d_{estimado} + 1,96\sqrt{\frac{d_{estimado}(1-d_{estimado})}{n}} \right]$$

Um banco avesso ao risco escolherá o maior valor deste intervalo como probabilidade esperada de incumprimento, o que agravará a taxa de juro a aplicar ao empréstimo. Pelo contrário, um banco propenso ao risco escolherá o valor mais baixo deste intervalo, o que tornará mais baixa a taxa de juro a aplicar ao empréstimo.

O banco ainda considera o risco associado à dimensão da empresa, sendo penalizadas as empresas com menor dimensão com um agravamento de *spread*, uma vez que estas apresentam uma maior probabilidade de incumprimento face às outras (a probabilidade associada à sua falência ou fecho é maior, uma vez que os custos associados a esse evento são mais reduzidos. Por outro lado, os credores de empresas de grandes dimensões fazem uma maior pressão / esforço para que estas não decretem falência uma vez que os seus prejuízos seriam elevados).

De acordo com a dimensão das empresas obtém-se o risco dimensão do cliente, importante para a definição do *spread* a aplicar à empresa:

Volume de Negócios anual	Risco	Risco dimensão	Acréscimo no <i>spread</i>
≥ 25 milhões de unidades monetárias	A	Baixo	0%
≥ 5 m.U.M.e. e < 25 m.U.M.	B	Aceitável	0,5%
≥ 1 m.U.M. < 5 m.U.M.	C	Acentuado	0,75%
< 1 m.U.M.	D	Alto	1%

Apêndice D

Expectativas das empresas sobre os custos de mudar de banco

Inspirado no trabalho de McFadzean e Tesfatsion (1997), Tesfatsion (1997) e Tesfatsion (1998), simulou-se o comportamento das empresas no que concerne à escolha dos bancos quando recorrem a crédito, de forma a actualizarem continuamente as suas expectativas quanto à taxa de juro esperada.

Assim, inicialmente, em relação aos bancos, as empresas podem ser (*tipo.empresa*):

- Resistentes à mudança;
- Favoráveis à mudança.

Se uma empresa é do primeiro tipo, a sua expectativa é que o custo (taxa de juro) de um novo empréstimo bancário num banco com o qual não trabalha seja superior ao custo médio ponderado dos financiamentos que tem a decorrer.

Se a empresa é do segundo tipo, a sua expectativa é inversa, ou seja, a empresa espera

que o custo (taxa de juro) de um novo empréstimo bancário num banco com o qual não trabalha seja inferior ou igual ao custo médio ponderado dos financiamentos que tem a decorrer.

Quando uma empresa necessita de um crédito, dispõe os bancos de acordo com a sua hierarquia de preferências:

1. Uma empresa resistente à mudança, coloca no topo da lista os bancos com quem já trabalha por ordem crescente da taxa de juro praticada. Os bancos com quem não trabalha são relevados para o fim da lista, com igual custo esperado;
2. Uma empresa favorável à mudança, coloca no cimo da lista os bancos com quem não trabalha, com igual custo esperado, aparecendo de seguida os bancos com quem trabalha por ordem crescente da taxa de juro praticada.

De acordo com a hierarquia obtida, a empresa solicita crédito ao primeiro banco da sua lista (o qual apresenta para ela uma melhor expectativa da taxa de juro). Caso existam vários bancos com o menor custo esperado, um dos bancos é escolhido aleatoriamente. O banco pode recusar-se a conceder crédito ou pode conceder o montante solicitado no todo ou em parte.

Em face da resposta, a empresa actualiza as suas expectativas, atendendo ao montante concedido, ao número de períodos do empréstimo e à taxa. Se o crédito for recusado, a empresa coloca o banco no fim da lista (a empresa atribui-lhe um custo esperado “muito alto” ou mesmo infinito).

Se o banco lhe conceder um dado montante de crédito, a expectativa da taxa de juro da empresa para esse banco é adaptada da seguinte forma:

1. Cada crédito i é “transformado” num equivalente de crédito por período T

$$mc_i = \frac{\text{montante_concedido}_i}{n^{\circ}\text{períodos_empréstimo}_i} \quad (\text{D.1})$$

2. É adaptada a expectativa para esse banco

$$e_n = \frac{\sum_{i=1}^z mc_i * \frac{\text{montante_solicitado}_i}{\text{montante_concedido}_i} * r_i}{\sum_{i=1}^z mc_i} \quad (\text{D.2})$$

em que n representa o **período de tempo** em que a empresa se encontra, i é o **índice do empréstimo**, e é a **expectativa da taxa de juro** e r é a **taxa de juro de cada crédito concedido** (solicitado).

De referir que no caso em que o banco j só concede uma parte do crédito solicitado, a expectativa da empresa vai penalizar o banco por este conceder apenas uma parte do que ela lhe solicitou.

Por exemplo, uma empresa possui um financiamento no banco A, no montante de 10.000 u.m., por 48 períodos, a uma taxa de 7%. Vamos supor que o montante solicitado é igual ao montante concedido.

No momento 6, obtém novo financiamento nesse banco, no valor de 5.000 u.m., a uma taxa de 8%, por 48 períodos. A empresa solicitou 10.000 u.m. e foi-lhe concedido 5.000 u.m..

A nova expectativa da taxa de juro no banco A é de:

$$e_6 = \frac{\frac{10.000}{48} * \frac{10.000}{10.000} * 7\% + \frac{5.000}{48} * \frac{10.000}{5.000} * 8\%}{\frac{10.000}{48} + \frac{5.000}{48}} = 10\%$$

As expectativas da empresa são adaptadas em cada período de acordo com:

- Caso o banco j conceda crédito à empresa, o processo é o referido em (D.1) e (D.2);
- Caso o banco j não aceite conceder crédito à empresa em n , a expectativa passa para 23% (taxa de juro de mora);
- Caso o banco j não seja consultado para concessão de crédito, mantém-se a expectativa anterior.

Apêndice E

Implementação em código R do Sistema Multi-Agente SMAGeB

Este apêndice visa complementar a informação sobre algum dos procedimentos específicos dos agentes, explicitados no Capítulo 4, com extractos de código R, nomeadamente as seguintes mensagens:

- `responde.informações.empresas,`
- `trata.falencia,`
- `trata.falencia.devolve,`
- `recebe.conta,`
- `resposta.pedido.informacoes.`

Mensagem “responde.informações.empresas”

```
banco.responde.informacoes.empresas<-function(b) {  
  w<=""  
  for(i in names(b$empresas.atrasaram)) {  
    b$empresas.div.normal[[i]][1]<-round(b$empresas.div.normal[[i]][1],2)  
    b$empresas.div.atrasada[[i]][1]<-round(b$empresas.div.atrasada[[i]][1],2)  
    linha<-paste(I,"&",b$empresas.div.normal[[i]][1],"&",  
                 b$empresas.div.atrasada[[i]][1],sep="")  
    if (w=="") {  
      w<-linha  
    } else {  
      w<-paste(w,linha,sep="%")  
    }  
  }  
  argumentos<-list(inf=w)  
  Argumentos<-meu.deparse(argumentos)  
  mensagem(from=b$id,to="banco.central",subject="informacoes.empresas",  
           argumentos=argumentos)  
  return(b)  
}
```

Mensagem “trata.falencia”

```
banco.trata.falencia<-function(b,msg) {  
  argumentos<-msg.arg(msg)  
  id.empresa<-argumentos[["id.empresa"]]  
  prestacoes.empresa<-which(b$credito$empresa[b$prestacoes$id.credito]==id.empresa)  
  remover<-vector()  
  if (length(prestacoes.empresa)>0) {  
    prej<-0  
    For(i in prestacoes.empresa) {  
      prej.prest<-b$prestacoes$capital[I]+b$prestacoes$juros[i]+b$prestacoes$juros.mora[i]  
      prej<-prej + prej.prest  
      B$prejuizos<-b$prejuizos + prej.prest  
      B$credito$faltam[b$prestacoes$id.credito[i]]<-0  
      Remover[length(remover)+1]<-I  
    }  
    b$prestacoes$id.credito<-b$prestacoes$id.credito[-remover,drop=FALSE]  
    b$prestacoes$tempo<-b$prestacoes$tempo[-remover,drop=FALSE]  
    b$prestacoes$juros<-b$prestacoes$juros[-remover,drop=FALSE]  
    b$prestacoes$capital<-b$prestacoes$capital[-remover,drop=FALSE]  
    b$prestacoes$juros.mora<-b$prestacoes$juros.mora[-remover,drop=FALSE]  
    b$prestacoes$juros.mora.ant<-b$prestacoes$juros.mora.ant[-remover,drop=FALSE]  
    argumentos<-list(id.empresa=id.empresa,prejuizo=prej)  
    argumentos<-meu.deparse(argumentos)  
    mensagem(from=b$id,to="banco.central",subject="prejuizo.falencia",  
              argumentos=argumentos)  
  }  
  return(b)  
}
```

Mensagem “trata.falencia.devolve”

```
banco.trata.falencia.devolve<-function(b,msg) {  
  argumentos<-msg.arg(msg)  
  b$prejuizos<-b$prejuizos-as.numeric(argumentos[["devolve"]])  
  return(b)  
}
```

Mensagem “recebe.conta”

```
empresa.recebe.conta<-function(emp,msg) {  
  argumentos<-msg.arg(msg)  
  capital<-as.numeric(argumentos["capital"])  
  juros<-as.numeric(argumentos["juros"])  
  juros.mora<-as.numeric(argumentos["juros.mora"])  
  juros.mora.ant<-as.numeric(argumentos["juros.mora.ant"])  
  valor<-capital+juros+juros.mora  
  if (valor<=emp$saldo) {  
    x<-capital+juros+juros.mora.ant  
    emp$mov.prev[1]<-emp$mov.prev[1]+x  
    argumentos<-c(argumentos["id.prestacao"])  
    names(argumentos)<-("id.prestacao")  
    argumentos<-meu.deparse(argumentos)  
    mensagem(from=emp$id,to=msg["from"],subject="pagamento",argumentos=argumentos)  
    emp$saldo<-emp$saldo-valor  
    emp$mont.anuais.liquidados<-emp$mont.anuais.liquidados+capital  
    emp$juros.anuais.pagos<-emp$juros.anuais.pagos + juros+juros.mora  
  } else {  
    x<-capital+juros+juros.mora.ant  
    emp$mov.prev[1]<-emp$mov.prev[1]+x  
    emp$mov.prev[2]<-ifelse(length(emp$mov.pre)>=2,emp$mov.prev[2]-valor,-valor)  
  }  
  return(emp)  
}
```

Mensagem “resposta.pedido.informacoes”

```
banco.central.resposta.pedido.informacoes<-function(msg) {  
  argumentos<-msg.arg(msg)  
  id.credito<-argumentos["id.credito"]  
  id.empresa<-argumentos["id.empresa"]  
  dn<-banco.central$responsabilidades[id.empresa,1]  
  da<-banco.central$responsabilidades[id.empresa,2]  
  dados.sectoriais<-  
    banco.central$dados.sector[banco.central$sectores.empresas[id.empresa],]  
  ra<-dados.sectoriais["cap.prop.med"]/dados.sectoriais["act.tot.med"]  
  rb<-dados.sectoriais["res.liq.med"]/dados.sectoriais["vol.neg.med"]  
  rc<-dados.sectoriais["enc.fin.liq.med"]/dados.sectoriais["res.liq.med"]  
  rd<-dados.sectoriais["res.liq.med"]/dados.sectoriais["act.circ.med"]  
  re<-dados.sectoriais["act.circ.med"]/dados.sectoriais["passiv.curto.prazo.med"]  
  rf<-dados.sectoriais["res.liq.med"]/dados.sectoriais["act.tot.med"]  
  argumentos<-  
    list(id.credito=id.credito,id.empresa=id.empresa,dn=dn,da=da,ra=ra,rb=rb,rc=rc,  
        rd=rd,re=re,rf=rf,risco.sectorial=dados.sectoriais["risco.sectorial"],  
        prob.incumprimento=banco.central$prob.incumprimento)  
  argumentos<-meu.deparse(argumentos)  
  mensagem(from="banco.central",to=msg["from"],subject="resposta.pedido.informacoes",  
    argumentos=argumentos)  
}
```

Referências

- Baltensperger, E. (1978), "credit rationing: Issues and questions". *Journal of Money, Credit, and Banking*.
- Basu, S. N. e H. L. Rolfes (1995), *Strategic Credit Management*. New York: John Wiley & Sons
- Beltratti, A. , S. Margarita e P. Terna (1996), *Neural Networks for Economics and Financial Modelling*, UK: International Thomson Computer Press.
- Bradshaw, J. M. (1997), "An Introduction to Software Agents", in *Software Agents*, Jeffrey M. Bradshaw (editores), pp. 3-46, AAAI Press.
- Brealey, R. A. e S. C. Myers (1998), *Princípios de Finanças Empresariais*, Lisboa: McGraw-Hill.
- Coleshaw, J. (1998), *Credit Analysis - How to Measure and Manage Credit Risk*, Cambridge: Woodhead Faulkner.
- Costa, E. e A. Simões (2004), *Inteligência Artificial - Fundamentos e Aplicações*, FCA - Editora de Informática, Lda
- Ferber, J. (1999), *Multi-Agent Systems - An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Great Britain: Addison-Wesley.

- Frank, R. H. (1991), *Microeconomics and Behavior*, Singapore: McGraw-Hill International Editions.
- Freixas, X. e J-C Rochet (1997), *Microeconomics of Banking*, Massachusetts: The MIT Press.
- Gale, D. e M. Hellwig (1995), "Incentive compatible debt contracts: The one-period problem", *Review of Economic Studies*, Vol. L11, pp. 647-663.
- Gomes, F. e P. Brazdil (2004), "SMAGeB: Multi-agent System for Analysis of Strategies of Concession of Credit", *Proceedings of the Workshop W4 on Data Mining and Adaptive Modelling Methods for Economics and Management (IWAMEM - 04)*, pp. 65-77.
- Kawamura, T., T. Hasegawa, A. Ohsuga e S. Honiden (2000), "Bee-gent: Bonding and encapsulation enhancement agent framework for development of distributed systems", *Systems and Computers in Japan*, 31 (13), pp 42-56
- Keeton, W. (1979), *Equilibrium Credit Rationing*, NewYork: 1979 Garland Press.
- Kwasnicki, W. (1999), "Evolutionary Economics and Simulation", in *Computational Techniques for Modelling Learning in Economics*, Thomas Brenner (editores), pp. 3-44, Kluwer Academic Publishers.
- Joulia, T. (1995), "L'expérience d'une banque commerciale", *Banque*, Vol. 564, Novembre, pp. 32-35.
- McFadzean, D. e L. Tesfatsion (1997), "A C++ Platform for the Evolution of Trade Networks", *Economic Report*, N? 39, Iowa State University.
- Moreira, J. (1997), *Análise Financeira de Empresas*, Porto: ABDP.

- O'Hare, G.M.P. e N. R. Jennings (1996), *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*, New York: John Wiley & Sons.
- Pinho, M. C. (1996), "Riscos na actividade bancária - Risco de Mercado", *Revista da Banca*, Vol. 37, pp.5-25.
- R Development Core Team (2004), *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Russell, S. e E. P. Norvig (1995), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, New Jersey: Prentice Hall.
- Sinkey, J. F. (1998), *Commercial Bank Financial Management*, New Jersey: Prentice Hall.
- Shoham, Y. (1997), "An Overview of Agent-Oriented Programming", in *Software Agents*, Jeffrey M. Bradshaw (editores), pp. 271-290, AAAI Press.
- Stiglitz, J. e A. Weiss (1981), Credit rationing in markets with imperfect information. *American Economic Review* 71(3). Pág.393-410
- Tesfatsion, L. (1997), "A Trade Network Game with Endogenous Partner Selection", em H. Amman, B. Rustem, A.B. Whinston (editores), *Computational Approaches to Economic Problems*, pp. 249-269, Kluwer Academic Publishers.
- Tesfatsion, L. (1998), "Gale-Shapley Matching in an Evolutionary Trade Network Game", *Economic Report*, N? 43, Iowa State University.
- Townsend, R. (1979), "Optimal contracts and competitive markets with costly state verification", *Journal of Economic Theory*, Vol. 21, pp. 265-293.

Weiss, Gerhard (2000), Multiagent Systems A Modern Approach to distributed Artificial Intelligence, England, The Mit Press

Wilson, R. (1968), "On the Theory of Syndicates", *Econometrica*, Vol. 36, pp. 119-132.

Wooldridge, M. J. e N. R. Jennings (1998), "Pitfalls of Agent-Oriented Development", *in Proceedings of the Second International Conference on Autonomous Agents (Agents '98)*, K. P. Sycara e M. Wooldridge (editores), ACM Press.