

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA**  
**INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO**

**MESTRADO EM: Economia**

**O MODELO BASEADO NO AGENTE:**  
**UMA APLICAÇÃO AO ESTUDO DO MERCADO DE TRABALHO**

**LUÍS MIGUEL GONÇALVES DE FARIA**

**Orientação: Professor Doutor Mário José Gomes de Freitas Centeno**

**Júri:**

**Presidente: Professor Doutor Paulo Trigo Cortez Pereira**

**Vogais: Professor Doutor João Eduardo da Costa Limão Gata**

**Dezembro/2007**

## Resumo

Este trabalho apresenta um modelo baseado no agente que demonstra em que circunstâncias podem emergir comportamentos cooperativos, através de um processo heurístico, e como o equilíbrio emerge endogenamente de interações descentralizadas de agentes adaptativos e autónomos. Este tipo de modelação é apresentado como uma forma promissora de evitar as dificuldades inerentes à tradicional conceptualização do agente racional, por exemplo, a relação entre os níveis micro e macro, um obstáculo comumente ultrapassado pela ideia de “agregação” e pelo ubíquo conceito de “agente representativo”.

O modelo apresentado define dois tipos de agentes – empresas e trabalhadores –, com diferentes funções de pagamento e capacidades de aprendizagem, o que lhes permite desenvolver um repertório de regras, activadas selectivamente. Num contexto de contratos incompletos, cada salário oferecido pela empresa será associado a um nível de esforço escolhido pelo trabalhador. De acordo com os pagamentos obtidos, as regras serão redefinidas periodicamente e novos pagamentos irão emergir. Este processo é repetido várias vezes. São depois introduzidas pequenas alterações no modelo (por exemplo, reciprocidade, competição e desemprego) por forma a comparar os resultados obtidos com o tratamento base.

Como é que motivações individuais divergentes criam uma coordenação eficiente? A economia computacional distingue-se por ser descritiva e não fazer quaisquer exigências normativas. Tal como a teoria prospectiva, pretende explicar preferências quer estas sejam “racionais” ou não. As simulações computacionais baseadas no agente podem ajudar a explicar as complexas relações entre realidades emergentes micro e macro e, conseqüentemente, dar outra perspectiva das estruturas de interacção, a sua heterogeneidade e o processo de aprendizagem adaptativo. O principal desafio que se coloca é perceber que vantagens esta abordagem pode trazer na ligação entre a análise do agente individual e o comportamento sistémico.

Palavras-chave: modelo baseado no agente, simulação social dinâmica, *matching*, racionalidade limitada, heterogeneidade, regularidades agregadas

JELs: C73, C63, D83, J64

## Índice

1	Introdução.....	7
2	Análise Metodológica.....	11
2.1	Conceptualização e Metodologia.....	11
2.2	Racionalidade e Equilíbrio .....	16
2.3	Estudos Precedentes .....	19
3	O Modelo ACE no Mercado de Trabalho .....	27
3.1	Introdução.....	27
3.2	O Modelo.....	29
3.2.1	O Modelo ACE nas ciências sociais.....	33
3.3	Implementação.....	36
3.3.1	Parametrização do Modelo Computacional.....	41
3.3.2	A População.....	42
3.3.3	O <i>Matching</i> e a Selecção de Regras .....	42
3.3.4	A Renovação de Regras.....	44
3.3.5	Níveis de utilidade e bem-estar social .....	45
3.3.6	Taxas de Desemprego Voluntário e de Empresas fora do mercado .....	47
3.4	Resultados Experimentais .....	47
3.4.1	Memória, Competição e Reciprocidade .....	48
3.4.2	Memória e Competição .....	56
3.4.3	Memória e Reciprocidade.....	58
3.4.4	Memória .....	60
3.4.5	Memória e Reciprocidade Emergente .....	62
3.4.6	Desemprego voluntário.....	63
3.4.7	Conclusões.....	66
4	Conclusão e Futuras Direcções.....	69
4.1	Para onde vai a Economia?.....	72
	Bibliografia.....	74
	Anexos.....	81

## Índice de Tabelas e Gráficos

Tabela I: Tabela de Parametrização do Tratamento Base .....	41
Tabela II: Custo de esforço.....	46
Tabela III: Tratamento Base (probabilidade de mutação igual a 0.001) .....	49
Tabela IV: Parâmetros do Tratamento Base.....	51
Tabela V: Tratamento com 1 agente.....	53
Tabela VI: Tratamento com 6 agentes.....	53
Tabela VII: <i>Crossover</i> e número de regras.....	55
Tabela VIII: Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade com Desemprego" .....	65
Tabela IX: Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade" .....	82
Tabela X: Modelo "Memória e Competição" .....	83
Tabela XI: Modelo "Memória e Reciprocidade" .....	84
Tabela XII: Modelo "Memória" .....	85
Tabela XIII: Modelo "Memória e Reciprocidade Emergente" .....	86
Tabela XIV: Modelo "Memória e Competição com Desemprego" .....	87
Tabela XV: Modelo "Memória e Reciprocidade com Desemprego" .....	87
Tabela XVI: Modelo "Memória com Desemprego" .....	88
Gráfico I: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória, Competição e Reciprocidade” .....	50
Gráfico II: Desvio Padrão do Modelo “Memória, Competição e Reciprocidade” .....	52
Gráfico III: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória e Competição” .....	57
Gráfico IV: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória e Reciprocidade” ..	59
Gráfico V: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória” .....	61
Gráfico VI: Resultados individuais e agregados do Modelo “Reciprocidade Emergente” ..	62
Gráfico VII: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória, Competição e Reciprocidade com Desemprego” (Subsídio Desemprego = 30) .....	64

## **Agradecimentos**

Gostaria de começar este trabalho com algumas palavras de reconhecimento. Corro o risco de me esquecer de alguém, mas este possível lapso de memória seria consequência da minha racionalidade limitada e seria corrigido depois de aprender com o meu erro.

Umberto Eco considera ser pouco correcto agradecer ao orientador, por considerar a ajuda prestada não mais do que uma obrigação implícita. Mas quantos mestrandos podem dizer que fizeram a tese que desejavam, mesmo quando esta segue caminhos menos convencionais, sem por isso deixar de ter toda a liberdade e receber todo o apoio do seu orientador? Assim, e contra a opinião de Eco, agradeço ao Professor Doutor Mário Centeno o facto de ter aceite o meu pedido de orientação e a ajuda que sempre prestou. Devo também ao Professor Doutor José Maria Castro Caldas um agradecimento muito especial pela forma apaixonada com que sempre me acompanhou e as inúmeras horas que despendeu a ajudar-me a perceber um pouco mais do, até então desconhecido, universo da computação. Assim, e recuperando a ideia de Bernard de Chartres, fui apenas mais um anão empoleirado nos ombros de gigantes que me fizeram ver mais longe e mais claro. No entanto, todas as opiniões expressas neste trabalho são, unicamente, da minha responsabilidade.

Pude sempre recorrer à ajuda dos amigos quando deles mais precisei. Pelos vertiginosos dias de computação e alguns comentários agradeço à Joana, à Maria Ana e à Sara. À Sara agradeço também os vários retiros académicos que pude fazer ao longo do tempo que demorou escrever este trabalho e todo o apoio dado. Deixo também uma palavra de apreço a todos aqueles que mostraram interesse em saber como decorria o trabalho, ofereceram ajuda, incentivaram e criticaram sempre que foi necessário.

Recebi da minha família todo o apoio e incentivo necessários para avançar através desta “irresponsabilidade”. Agradeço, sobretudo, a ajuda incondicional da minha mãe sem a qual este trabalho nunca teria sido feito. Agora que está concluído, dedico-o a quem já não o pode ler.

## 1 Introdução

A relação bidireccional entre micro e macroestruturas é há muito reconhecida na ciência económica<sup>1</sup>. Uma questão central em vários domínios da ciência, mas agravada nas ciências sociais devido ao papel assumido pelos agentes humanos, são os problemas próprios da relação dos níveis micro e macro. O individualismo metodológico é a forma que o reducionismo assume nas ciências sociais. De acordo com esta abordagem, a estratégia científica para a aquisição de conhecimento passaria, obrigatoriamente, pela identificação de elementos fundamentais, pelo conhecimento das suas propriedades e pela descoberta das regras que permitem compreender as propriedades do agregado, a partir da interacção dos elementos. Através de uma análise mais geral destes problemas encontra-se o fenómeno da *emergência* – o “comportamento colectivo de um sistema que de alguma forma transcende os seus componentes”<sup>2</sup>.

A ciência económica, através de concepções evolucionistas e teorias darwinistas, assumiu a capacidade de explicar a complexidade do comportamento que emerge a partir do nível básico e se organiza no nível macro e, ao mesmo tempo, fazer compreender de que forma os efeitos de retroacção são exercidos sobre o nível micro.

Uma distinção ao nível do sistema implica uma distinção nos seus mecanismos de produção ao nível micro. Se quisermos colocar a questão de forma clara e sucinta, não existem distinções macro sem distinções micro. O inverso, contudo, não é verdadeiro, pois poderão existir distinções micro sem que existam quaisquer distinções macro, no sentido em que diferentes processos micro poderão produzir resultados macro equivalentes. Em suma, deveremos adoptar modelos que sejam tão complexos quanto necessário para determinar as distinções ao nível macro.

---

<sup>1</sup> Hayek, F. A. (1948), Olsen, M. (1965), Schelling, T. C. (1978) e Smith, A. (1937)

<sup>2</sup> Cohen, J. e Stewart, I. (1994: 4)

Os processos adaptativos não convergem, necessariamente, para um ponto de equilíbrio em linha com a otimização e racionalidade perfeita, características pelas quais se rege o comportamento do agente representativo. Algumas das respostas para a solução do problema colectivo emergem espontaneamente da interacção entre agentes, apesar dos interesses individuais divergentes e motivados pela obtenção de pagamentos. Alguns investigadores em teoria dos jogos, nomeadamente Axelrod (1997), têm tentado demonstrar que é possível compreender a ordem social como um processo espontâneo que decorre naturalmente da interacção continuada de agentes racionais.

O ponto de partida na modelação baseada no agente é o indivíduo. Depois de atribuídas regras comportamentais aos agentes, e uma vez o sistema em funcionamento através do tempo, emergem estruturas sociais macro. Através da análise dos dados agregados e das relações entre micro e macro, revela-se que as características centrais e distintivas da microeconomia neoclássica continuam a desempenhar um papel central no desenvolvimento da teoria económica.

O equilíbrio geral quando obtido através de uma simulação computacional é o exemplo de uma entidade emergente. No equilíbrio geral convencional assume-se que os agentes aceitam os pressupostos impostos pelo “leiloeiro” walrasiano. Pelo contrário, a modelação computacional faz emergir um preço de equilíbrio “de baixo para cima” através de interacções locais e dispensa o papel do “leiloeiro” e a agregação. No entanto, não é só o preço de equilíbrio que emerge destas sociedades artificiais e da evolução dos atributos dos agentes ao longo das interacções sociais. Também emergem outras macro-estruturas como as distribuições de riqueza ou os padrões colectivos de escolha.

A abordagem da teoria dos jogos tem sido complementada com previsões razoáveis, inferidas através da evidência experimental onde o processo de aprendizagem e os comportamentos adaptativos assumem particular importância na interacção entre os indivíduos. Smith (1991) colocou a complexa relação entre os planos micro e macro nos seguintes termos: “Por que razão os agentes violam os cânones da escolha racional quando estudados em laboratório, mas no contexto social das instituições sociais as suas decisões

são consistentes (como por magia) com os modelos de previsão baseados na racionalidade individual?”, Smith (1991: 894).

O principal objectivo dos modelos computacionais é permitir o desenvolvimento de processos evolutivos e simular uma miríade de situações no contexto da ciência económica, nomeadamente a existência de conflitos, a emergência de grupos e a adaptação dos agentes. Estas construções sociais artificiais podem ajudar a reinterpretar a análise e explicação nas ciências sociais, no sentido em que permitem construir estruturas sociais que demonstram que certos conjuntos de especificações micro são suficientes para gerar fenómenos macro de interesse. E, em última análise, é o resultado emergente o objectivo central aqui proposto.

Neste trabalho é apresentada uma simulação computacional do mercado de trabalho onde agentes heterogéneos interagem e fazem assim emergir características macro. Através de alguns paralelismos com algumas das abordagens da economia do trabalho, por exemplo Jovanovic (1979), a análise aqui apresentada procurou encontrar regularidades através da interacção entre indivíduos heterogéneos, ao longo de um processo adaptativo individual.

De acordo com Epstein e Axtell (1996), o modelo baseado no agente não pode ser considerado dedutivo ou indutivo no sentido em que esses termos são habitualmente utilizados, mas consideram antes que o termo apropriado a utilizar seria “gerador”. Uma estrutura macro emergente é explicada por especificações micro quando é atingida a suficiência geradora. Efectivamente, as simulações computacionais propõem um programa gerador para as ciências sociais e têm nas sociedades artificiais o seu principal instrumento científico. No entanto, existem limitações a esta abordagem para as ciências sociais, nomeadamente os limites teóricos para o que pode ser reconhecido como sociedades artificiais nestes sistemas computacionais. Estes limites têm sobretudo que ver com a capacidade de computação, a tomada de decisão, a não completude e a propriedade dos algoritmos, e as áreas de investigação na lógica, informática e programação em geral.

Trabalhos futuros e uma relação mais estreita entre o experimentalismo e as simulações computacionais podem ajudar a esclarecer estas complexas relações onde antigas metodologias, como o agente representativo e o “leiloeiro” walrasiano, são abandonadas e, conseqüentemente, as estruturas de interação e a heterogeneidade são vistas de outra forma.

## **2 Análise Metodológica**

### **2.1 Conceptualização e Metodologia**

Uma economia é composta por um conjunto de indivíduos com comportamentos heterogéneos, mais ou menos coordenados, de onde emerge alguma ordem natural. Este fenómeno é muitas vezes atribuído à “mão invisível” de Adam Smith e, apesar do conflito de interesses entre os diferentes indivíduos, a sua acção “egoisticamente orientada” acaba por ter resultados socialmente satisfatórios e os seus interesses individuais convergem para o bem-comum. Mas a demonstração das leis da ordem natural ficou por fazer e foi só em 1954 que o equilíbrio geral e as suas propriedades foram formalizados de uma forma mais rigorosa, quando Arrow e Debreu<sup>3</sup> publicaram os seus resultados. Contudo, estes resultados sempre estiveram sujeitos a críticas dado o conjunto de pressupostos em que assentam: racionalidade ilimitada dos agentes, concorrência perfeita, rendimentos não crescentes e externalidades inexistentes.

O comportamento do agente descrito nos resultados das experiências levadas a cabo no âmbito da economia experimental e computacional não apresenta um comportamento de escolha irracional. De facto, estes trabalhos evidenciam as diferenças em relação ao modelo de acção humana da teoria económica tradicional.

#### **Individualismo metodológico**

Mas os dilemas filosóficos entre individualismo e holismo subsistem no seio da ciência económica e arrastam atrás de si um conjunto de questões políticas, científicas e ontológicas, para as quais não há respostas simples. Caldas (2001) resumiu-as da seguinte forma:

---

<sup>3</sup> Arrow e Debreu (1954)

“A explicação dos fenómenos socioeconómicos (incluindo a acção individual) deve ser procurada nas propriedades sistémicas do agregado? Ou pelo contrário, a explicação das propriedades sistémicas do agregado deve ser procurada na acção individual e nas propriedades do indivíduo? É a estrutura que determina a acção ou a acção que determina a estrutura? O sentido apropriado das explicações é ‘de cima para baixo’ ou ‘de baixo para cima’?”, Caldas (2001: 14).

Esta demonstração passava por descobrir as leis e as relações da ordem natural da sociedade. Assim, os marginalistas do séc. XIX tentaram demonstrar formalmente a viabilidade da ordem natural. A ciência económica adoptou o conceito de individualismo metodológico como princípio explicativo e o paradigma do agente representativo com informação perfeita e infinita capacidade computacional como orientação metodológica, da qual o equilíbrio geral é um exemplo.

As motivações para a utilização do agente representativo assentam sobretudo no desejo de dar princípios micro ao comportamento agregado, do qual resulta uma matriz na qual o equilíbrio é único e estável. No entanto, estes motivos não justificam em si mesmos a utilização do agente representativo, mas antes uma forma de encontrar condições assentes em pressupostos que garantam unicidade e estabilidade. Segundo Kirman (1992), as alterações de política afectam os indivíduos de forma distinta e o agente representativo construído anteriormente, mesmo que seja representativo da economia, deixa de o ser depois dessas alterações. Qualquer que seja o objectivo da investigação, não há justificação formal para o pressuposto de que a agregação, mesmo de indivíduos maximizadores, tenha o mesmo resultado que seria obtido com um indivíduo maximizador, uma vez que não há qualquer relação directa entre o comportamento individual e o colectivo. Por outro lado, ainda que se aceite que as escolhas do agregado podem ser consideradas as mesmas do indivíduo maximizador, subsiste a dificuldade de interpretação das reacções provocadas por variações nos parâmetros originais, uma vez que não são necessariamente as mesmas para o agregado e o agente representativo.

Se as anteriores críticas não se justificassem, manter-se-ia ainda assim a possibilidade de as preferências do agente representativo não coincidirem com as da agregação e, dessa

forma, as suas preferências não poderem ser legitimamente utilizadas para decidir quando uma situação é melhor que outra. Por último, a representação empírica do agente representativo reproduz uma restrição na explicação do comportamento de grupo através da modelação de um agente representativo:

“A soma do comportamento de indivíduos economicamente credíveis pode criar problemas dinâmicos, uma vez que a construção de um indivíduo cujo comportamento tem esta dinâmica pode levar a que este indivíduo tenha características pouco naturais” (Kirman, 1992: 118).

O problema da análise “de baixo para cima” manifesta-se quando é colocada a questão sobre a acção e a interacção dos indivíduos e de como, ciclicamente, os indivíduos são influenciados pelas instituições e, em sentido contrário, influenciam as instituições. A origem destas deficiências é a concepção filosófica reducionista, o próprio individualismo metodológico. A economia neoclássica tem mais dificuldade em explicar a ordem socioeconómica num mundo de incerteza e racionalidade limitada, onde a concorrência é imperfeita, os rendimentos podem ser crescentes e existem externalidades.

Os modelos Neo-Keynesianos de Diamond introduziram na teoria económica a possibilidade de ineficiência dinâmica, através da extensão do modelo de crescimento do agente representativo. Assim, em vez de haver um número definido de indivíduos que vivem para sempre, o modelo de Diamond prevê indivíduos que, constantemente, nascem e morrem. Uma vez que os indivíduos têm diferentes níveis de utilidade, torna-se difícil avaliar o bem-estar social. No entanto, Diamond conclui que o equilíbrio descentralizado pode ser Pareto eficiente. Mais tarde, Diamond (1982) modelou a heterogeneidade dos trabalhadores e empresas e como o processo de emparelhamento poderia resultar num nível de desemprego de equilíbrio.

No entanto, a adopção de regras partilhadas e hábitos na explicação da acção pode ser conciliada com a abordagem “de baixo para cima”. Perante uma situação de escolha, a regra social é determinada pelo agente através de um padrão de acção habitual e não coincide com a opção maximizadora, mantendo-se apenas se esta se reflectir numa

vantagem individual. Para Caldas (2001: 29) esta situação procura: a) recombinar num modelo de agente a racionalidade limitada, a indução (capacidade de aprender com a experiência directa ou delegada) e as motivações complexas (capacidade de articular utilidade e dimensões normativas); b) dar corpo a este agente num modelo computacional; c) inserir o agente (e os seus semelhantes) em contextos interactivos; d) derivar, com apoio na simulação multiagentes, as implicações da reconstrução da concepção de acção no plano da ordem social.

Jovanovic e Nyarko (1984) também exploraram o processo de aprendizagem individual através de um modelo com dinâmica global. Através da aprendizagem e escolha tecnológica, o agente aprende e orienta as suas escolhas de acordo com a análise feita gradualmente.

Kirman afirma que a heterogeneidade pode representar uma ajuda para o modelo tradicional. Este autor defende também a abordagem microeconómica como ponto de partida para a macroeconomia, não como o estudo dos indivíduos isolados, mas antes o estudo da actividade agregada através da interacção entre diferentes indivíduos. No entanto, a heterogeneidade não é uma análise exclusiva das simulações baseadas no agente, uma vez que já no âmbito da economia do trabalho, nomeadamente por Rosen (1987), esta condição havia sido estudada, em particular no que diz respeito às diversas características do emparelhamento, por exemplo, os vários ambientes laborais, as capacidades dos trabalhadores e outras particularidades do posto de trabalho. Há assim uma certa especificidade em cada emparelhamento, tal como acontece ao longo da simulação computacional descrita ao longo deste trabalho.

### **Diferenças metodológicas**

Mas os processos experimentais desenvolvidos na economia experimental e na economia computacional não estão isentos de críticas. Os modelos não são mais que representações parciais da realidade, tão rigorosas e aproximadas quanto possível. São várias as diferenças metodológicas na ciência económica e, hoje, conhecemos uma variedade de abordagens para além do agente racional, entre as quais a economia

experimental, a economia evolutiva e a economia computacional. Esta última é utilizada neste trabalho através do recurso a ideias evolucionistas e aos resultados da economia experimental. A contribuição de experiências robustas sobre o comportamento dos indivíduos tem um potencial valor heurístico para o desenvolvimento de novos modelos empíricos.

Como fazem notar Epstein e Axtell (1996: 1), os processos sociais são complexos e não podem ser estudados através de uma simples decomposição em sub-processos e posterior agregação de análises individuais, por forma a obter uma análise adequada do processo social como um todo.

A metodologia baseada em simulações computacionais pode ser uma alternativa para o estudo do comportamento dinâmico dos sistemas económicos e os modelos computacionais baseados no agente (ACE) a forma de estudar a dinâmica populacional e os fenómenos sociais subjacentes. As estruturas sociais fundamentais e os comportamentos de grupo emergem da interacção entre indivíduos que agem em sociedades artificiais, sob regras que atribuem capacidade computacional e informação limitadas. O objectivo primordial da construção de sociedades artificiais é fazer emergir certas estruturas sociais através de simulações computacionais e descobrir mecanismos micro que sejam capazes de gerar estruturas sociais macro e comportamentos colectivos relevantes.

## **Inteligência Artificial**

Alguns paralelismos podem ser encontrados entre a literatura em Inteligência Artificial (IA) e a teoria económica, nomeadamente através da racionalidade limitada. As simulações computacionais multiagentes podem ajudar a entender o processo da escolha, uma vez que o campo de estudo das duas disciplinas por vezes se sobrepõe, sobretudo na formalização, nas representações e algoritmos utilizados, nos problemas metodológicos comuns e nos conceitos e teorias sobre os quais incidem.

Depois do surgimento das linguagens de programação por objectos – modelações de uma entidade real que detêm informação (estados internos) e procedimentos (regras) –, a

programação e a modelação económica, em particular, assemelham-se cada vez mais a um conjunto de agentes autónomos em interacção no interior de grupos que procuram resposta para novos problemas. Certos conceitos tornaram-se fundamentais na linguagem económica, entre os quais os de agente e interacção, uma vez que o agente interfere com o mundo exterior – os outros agentes – e modifica-o.

A simulação multiagentes de sociedades como ferramenta que permite abordar de uma forma diferente a teoria social, é cada vez mais utilizada no âmbito das ciências sociais. Normalmente o detalhe tende a ser eliminado na construção dos modelos em detrimento da dimensão da população, no entanto, os modelos computacionais permitiram a aplicação simultânea de características como a aprendizagem, a racionalidade limitada e a cooperação na teoria económica.

## **2.2 Racionalidade e Equilíbrio**

O conceito de racionalidade é habitualmente aplicado na ciência económica como uma tautologia do comportamento maximizador, da determinação do conjunto de estratégias que constituem a solução para um problema de maximização. Desta forma, o comportamento agregado é o resultado das escolhas individuais baseadas no paradigma da escolha racional, que assume um papel central na transposição do hiato entre as decisões individuais e o comportamento agregado. Contudo,

“os desvios comportamentais do actual modelo normativo estão demasiado difundidos para serem ignorados, são demasiado sistemáticos para se considerarem meros erros aleatórios e demasiado fundamentais para serem integrados num sistema normativo menos rigoroso”, (Tversky e Kahneman, 1986: 252).

Por isso, o conceito alternativo de racionalidade limitada tem sido utilizado para explicar comportamentos mais próximos da volubilidade dos comportamentos humanos.

O conceito de racionalidade adquiriu significados precisos, apesar de divergentes, nas várias ciências sociais e na filosofia, mas em economia o conceito nunca foi consensual e a noção neoclássica tem cada vez mais opositores que a consideram desajustada relativamente ao comportamento humano. Na ciência económica, um agente é considerado racional se as suas preferências forem completas e transitivas e se nunca existir para ele uma opção preferida àquela que efectivamente é escolhida. A completude e a transitividade permitem estabelecer uma “ordenação fraca” de qualquer conjunto finito de opções e se as preferências forem completas, transitivas e contínuas podem ser representadas por uma função real contínua, designada função de utilidade. Diz-se, então, que um decisor racional é aquele que maximiza a utilidade.

O modelo alternativo de racionalidade limitada supõe que os agentes têm as mesmas capacidades cognitivas limitadas, mas que se caracterizam por não só desconhecerem parte do conjunto de opções disponíveis e os respectivos resultados, como por serem incapazes de associar a cada opção conhecida um único resultado. O agente limitadamente racional, ao contrário do agente representativo, dispõe de informação incompleta e de um modelo interno do mundo imperfeito para além de uma capacidade computacional limitada. Assim, este agente vive em ignorância parcial e as suas acções são orientadas por crenças, mas nem sempre estas coincidem com a realidade. Assim, a incerteza faz parte do seu processo de decisão e induz um processo de aprendizagem. A explicação das motivações é complexa, ao mesmo tempo plural e contingente, construída sobre uma autonomia limitada, caracterizada simultaneamente pelas noções de individualidade e interdependência. Assim, esta visão multidimensional, que se afasta da exclusiva maximização da utilidade ou da simples internalização de normas, tem como implicação a diversidade.

O Algoritmo Genético (AG) tem sido objecto de interpretações que o legitimam como um desses modelos de aprendizagem e, seguindo as palavras de Arthur (1994), um modelo é escolhido não porque é “correcto” – nunca saberemos – mas porque funcionou bem no passado e tem de acumular fracassos antes de ser preterido por outro.

Os modelos computacionais não se enquadram na noção de equilíbrio neoclássico e a escolha das estratégias não segue sempre as mesmas regras, uma vez que uma estratégia adoptada por um agente não é necessariamente uma melhor resposta ao conjunto de

estratégias de todos os outros indivíduos. Os resultados que localmente são ótimos podem não ser globalmente, isto porque enquanto há uma troca bilateral completamente descentralizada que leva a economia artificial para um equilíbrio global, há uma constante modificação das características e da configuração dos agentes, um processo de aprendizagem de tentativa e erro.

Mas este processo de aprendizagem não é exclusivo da economia computacional, já foi estudado no âmbito da economia do trabalho, nomeadamente na abordagem em que o emparelhamento entre empresas e trabalhadores é visto como um “*experience good*” (Jovanovic, 1979; Flinn, 1986). O modelo apresentado por Jovanovic caracteriza-se por ter informação imperfeita, com agentes que vivem para sempre e neutros ao risco. Tal como no modelo baseado no agente aqui apresentado, a aprendizagem é específica do emparelhamento, facto que permite ao agente aprender ao longo da vida através de sucessivos emparelhamentos (apesar de, no modelo de Jovanovic, a probabilidade de separação ser crescente numa fase inicial, mas depois tornar-se decrescente). Devido a este processo de aprendizagem, os salários são crescentes com a senioridade, uma vez que os maus emparelhamentos terminam, no caso apresentado por Jovanovic, ou, como é proposto neste trabalho, as regras com piores resultados são periodicamente substituídas. Também Topel e Ward (1992) apresentaram um modelo de mobilidade em que existe um processo de aprendizagem relativamente à qualidade dos emparelhamentos e em que os empregos são igualmente “*search goods*”.

O equilíbrio que emerge de trocas bilaterais tem características diferentes das encontradas no equilíbrio geral da teoria neoclássica. Este equilíbrio local implica que os agentes que têm características e preferências idênticas possam ter diferentes níveis de bem-estar devido às trocas descentralizadas existentes. O indivíduo ao interagir com diferentes agentes, logo diferentes ofertas, obtém diferentes níveis de bem-estar que são amplificados ao longo do tempo – fenómeno a que Epstein e Axtell (1996) chamam de iniquidade temporal.

Na modelação ACE não há agregação, a população é heterogénea e consiste em diferentes agentes, cada um com a sua própria herança cultural e genética, ambas expressas na forma de regras de comportamento. As características individuais podem mudar ao

longo da vida do agente, através de um processo de adaptação evolutivo que resulta da interação com outros agentes e, conseqüentemente, alteram a distribuição das características da população. Os agentes nascem com vários atributos genéticos – por exemplo, com a capacidade de escolher a melhor regra e “transformar” as piores regras através de *crossover* –, a sua escolha é local, nenhum agente tem informação completa, e não há um salário ou esforço de equilíbrio uma vez que a formação de preços ocorre através de um processo bilateral entre agentes, completamente descentralizado.

Também Jovanovic (1979) estuda a qualidade dos emparelhamentos sob uma perspectiva darwinista e chega à conclusão que apenas os bons empregos se mantêm e, pelo contrário, os de má qualidade não sobrevivem. Assim, o processo de determinação do equilíbrio no mercado de trabalho é visto como sendo de “tentativa e erro”, em que são essenciais a heterogeneidade de trabalhadores e empresas.

### 2.3 Estudos Precedentes

O paradigma do *homo economicus* é, desde há muito, alvo de algumas críticas, nomeadamente por Simon<sup>4</sup>, mas também Binmore (1998) critica a representação formal do universo, completa e normativa, e refere a importância da evolução na selecção de um equilíbrio dentre a infinidade de possibilidades existentes. No entanto, paralelamente à teoria dos jogos, outras alternativas são propostas, sobretudo por novos campos de investigação, empíricos e teóricos, entre as quais a convergência entre a economia experimental e computacional, através de uma abordagem indutiva.

De acordo com esta matriz, a coordenação refere-se a uma dinâmica de rotinas, parte integrante de um processo evolutivo e adaptativo, de conservação e transformação das sociedades. Neste sentido, as experiências são relevantes como elemento comparativo do valor social e cultural da informação, da aprendizagem individual ou grupal sob diferentes condições – o processo de decisão. A economia experimental promete uma abordagem

---

<sup>4</sup> Simon (1955, 1956, 1986)

indutiva da economia no sentido de uma investigação empiricamente suportada e não limitada por noções restritivas de interacção social.

A simulação computacional de modelos de comportamento complexos é outra abordagem indutiva, indubitável acréscimo de importância dos modelos uma vez que permite a interacção entre mais variáveis ou não-linearidades.

Há várias razões para que se explorem estes novos métodos indutivos. Primeiro, a evidência da disseminação de não linearidades em séries económicas, uma hipótese que considera a natureza da interacção social e das estruturas e que pode ser empírica e estatisticamente confirmada (Devetag e Louçã, 2004). Mas esta não é uma tarefa simples. Ao longo dos tempos, o equilíbrio tornou-se o paradigma recorrente. Por outro lado, a contribuição combinada da economia experimental e computacional permite a simulação de uma nova geração de modelos com objectivos descritivos dos mercados reais e da escolha social. Este contributo da economia experimental e computacional pode permitir uma perspectiva indutiva, empiricamente orientada e teoricamente renovada, que permita encontrar uma ciência social mais próxima da realidade.

Há cada vez mais provas empíricas acerca da violação dos pressupostos da teoria da decisão racional. A economia experimental revela que existem contextos em que os agentes reais, em condições laboratoriais, se comportam de acordo com os pressupostos da teoria da decisão racional mas, em contrapartida, as violações destes pressupostos são mais frequentes e sistemáticas.

À medida que aumenta a complexidade dos modelos económicos, diminui a plausibilidade do agente representativo que actua sempre de forma maximizadora. Uma alternativa a esta abordagem é oferecida pela teoria dos jogos, através do estudo de problemas de decisão multiagentes, onde a interacção entre indivíduos heterogéneos e não omniscientes não é menosprezada. Desta interacção emerge uma organização intrínseca que fornece regularidade ao nível macroeconómico. Em teoria dos jogos cada estratégia evolui de acordo com os resultados dessa estratégia e os modelos baseiam-se em indivíduos heterogéneos e, muitas vezes, no pressuposto de existência de racionalidade limitada. Consequentemente, os indivíduos agem e aprendem e dessa forma a população evolui para um equilíbrio.

Esta definição podia aplicar-se aos modelos computacionais, não fora um ponto vincar uma diferença conceptual determinante entre ambas as perspectivas: o pressuposto de que, em teoria dos jogos, cada jogador sabe que os outros jogadores se comportam da mesma maneira é abandonado e substituído pela heterogeneidade do comportamento dos agentes. Esta divergência na análise comportamental baseia-se, sobretudo, na diferente interpretação do conceito de racionalidade. Segundo Weibull (1997: 11), “um postulado básico de racionalidade em teoria dos jogos não cooperativos é que os jogadores ‘racionais’ nunca utilizam estratégias estritamente dominadas”. Mas este postulado representa um pressuposto de racionalidade “relativamente fraco”, pois apenas requer que: 1) cada jogador conheça a sua função de pagamentos, mas não é exigido que conheça as preferências ou comportamentos dos outros jogadores; e 2) cada jogador deve ser racional, mas não precisa de ter informação sobre a racionalidade dos outros jogadores. No entanto, numa situação de eliminação iterativa de estratégias estritamente dominadas, como sucede em teoria dos jogos, os jogadores têm de conhecer as funções de pagamentos de todos os jogadores e não só todos os jogadores devem ser racionais como deve existir um conhecimento partilhado dessa racionalidade. Nos modelos computacionais, a utilização do conceito de racionalidade limitada retira aos agentes esta característica omnisciente e confere-lhes uma dimensão descritiva. Contudo, quando na teoria dos jogos se abdica do conceito de racionalidade forte e se estuda o caso de jogos de informação incompleta, ou seja, quando pelo menos um jogador tem incerteza quanto à função de pagamentos de outro jogador, surgem tentativas de aprendizagem e resposta por parte dos jogadores com menos informação, facto que aproxima este processo heurístico das simulações computacionais.

Como foi referido anteriormente, a teoria económica foi concebida como um modelo normativo de um agente idealizado, não como uma descrição do comportamento das pessoas. Tversky e Kahneman (1986) demonstram que a lógica da escolha não fornece os pressupostos adequados para uma teoria descritiva da teoria da escolha, entre os quais a regra de cancelamento, a transitividade, a dominância e a invariância.

Se a evolução dos resultados e das probabilidades não são lineares, a violação do pressuposto de invariância ocorre consoante os contrastes da matriz do processo de decisão e os indivíduos não conseguem espontaneamente construir representações canónicas das

decisões, reduzir os problemas a uma mesma matriz. No entanto, a invariância pode ser assegurada através de dois mecanismos: as representações canónicas anteriormente mencionadas e a utilização de valores esperados actualizados, à semelhança do procedimento adoptado em teoria dos jogos perante a existência de informação incompleta. Mas os indivíduos não transformam espontaneamente os seus problemas de escolha numa única representação da realidade ou tão-pouco as probabilidades são lineares.

As probabilidades nem sempre dependem das diferenças entre duas escolhas, mas da forma como estas são formuladas. O problema da dominância não transparente, ou seja, a sobrevalorização dos resultados que são obtidos com certeza relativamente aos que são meras probabilidades, traz violações da regra das expectativas, propriedade que pode conduzir a violações na dominância e ao paradoxo de Allais<sup>5</sup>. Em situações de pouca transparência a valorização das decisões torna-se não linear e a detecção da dominância depende da matriz e da sofisticação e experiência do decisor. Assim, o efeito de pseudocerteza não pode ser apenas analisado através do relaxamento da regra de cancelamento, uma vez que também envolve uma violação da invariância. Tal como a dominância, a regra do cancelamento é uma regra intuitivamente obrigatória como princípio abstracto da escolha, verificada consistentemente em problemas transparentes e frequentemente violadas em problemas menos óbvios ou claros.

Da mesma forma, o pressuposto da transitividade pode ser violado em situações não transparentes. Estas conclusões sugerem que os axiomas da escolha racional são argumentos fortes e aplicáveis quando a situação é transparente, mas não devem ser vistos como leis universais que condicionam o comportamento dos agentes.

Mas há sobretudo duas preocupações que regem a investigação nesta área: uma descritiva, centrada na explicação do comportamento global emergente; e outra normativa, que se detém sobre os mecanismos de construção. A preocupação descritiva centra-se na explicação da evolução global de regularidades particulares e na sua persistência nas economias de mercado descentralizadas, apesar da ausência de planeamento “de cima para baixo” e de controlo da experiência. Nomeadamente, procura-se descrever como estas regularidades são geradas “de baixo para cima” através de sucessivas interacções locais de

---

<sup>5</sup> v. Mas-Colell et al (1995: 179)

agentes interactivos autónomos. Por outro lado, a análise normativa detém-se sobre as implicações de um determinado mecanismo sobre a economia no seu todo, ou sobre quais os resultados que se irão obter através das tentativas dos agentes no sentido de explorar o mecanismo para benefício próprio.

Há teorias alternativas que argumentam contra a reconciliação das perspectivas normativa e descritiva. Devido à ubiquidade dos efeitos matriciais e às inerentes violações da invariância, nenhuma teoria descritiva adequada pode ignorar este fenómeno. Por outro lado, uma vez que a invariância é normativamente indispensável, nenhuma teoria prescritiva pode permitir a sua violação. Consequentemente, o desejo de reconciliar ambas as perspectivas é irrealizável. A economia computacional, como a teoria prospectiva, distingue-se por ser descritiva e por não fazer quaisquer exigências normativas, pois pretende explicar preferências, quer estas sejam “racionais” ou não.

O conceito de interesse próprio, baseado em definições estipulativas não é coincidente com a evidência da escolha racional. Algumas experiências e funções de utilidade mais complexas comprovam que, rigorosamente, os seres humanos não podem ser caracterizados como simples maximizadores. Se aspectos alternativos relacionados com o ambiente em que cada indivíduo decide são determinantes nas escolhas em contextos de incerteza, o comportamento dos indivíduos reflectirá a avaliação de variáveis alternativas.

Neste trabalho foi desenvolvida uma análise heurística, mais do que a procura da explicação entre a dicotomia entre o individualismo metodológico e o determinismo estrutural. Esta análise torna-se ainda mais importante quando se investiga a relação micro/macro, uma vez que a evidência experimental sugere que as questões chave que interessam aos economistas são essencialmente empíricas.

As tentativas de incorporar evidência empírica no modelo tradicional e assim preservar a matriz da maximização da utilidade não têm sido convincentes, por exemplo, Rabin (1998) e Fehr e Schmidt (1999). Primeiro, porque procuram afastar o problema apenas pela reversão do paradigma canónico de maximização com a alteração do argumento da função de utilidade. Segundo, quando as previsões são pouco robustas o melhor será começar de novo à procura de outras regularidades empíricas. Os economistas não têm tido os meios necessários para modelar quantitativamente esta relação entre a micro e macro estrutura de

uma forma próxima à da sua complexidade real, uma vez que uma das principais características dos modelos económicos quantitativos tradicionais baseados em pressupostos micro é a sua construção “de baixo para cima”. A coordenação é sobretudo assente em instrumentos impostos externamente, tais como as regras de decisão fixas, os pressupostos de conhecimento comum, os agentes representativos e as restrições no equilíbrio de mercado. Habitualmente, as interações entre agentes económicos não assumem qualquer papel ou, então, surgem sob a forma de interações fortemente estilizadas, não restando, desta forma, muita flexibilidade de acção aos agentes. Neste sentido, vários autores consideram as experiências uma enorme ajuda e os recentes avanços nas ferramentas de modelação têm aumentado a possibilidade de escolha dos economistas quanto ao tipo de experiências a fazer.

Os primeiros estudos sobre experimentação paralela foram apresentados por Miller e Andreoni (1990), Andreoni e Miller (1995), Arifovic (1996), Arthur (1991), e Chan et al. (1999). Posteriormente, também Marimon et al. (1990) e Duffy (2001) utilizaram as experiências paralelas como forma de demonstrar situações de emergência de regularidades. Arifovic (1996) e Duffy (2001) concluíram que as características dos resultados das experiências entre agentes humanos e computacionais são, em termos gerais, idênticas. Arifovic (1996) no seu estudo sobre o comportamento da taxa de câmbio, concluiu que a maior parte dos valores encontrados com o AG estão dentro do intervalo dos resultados experimentais.

Por último, Pingle e Tesfatsion (2001) chegam às mesmas conclusões na experiência paralela que desenvolveram para um mercado de trabalho com contratos incompletos. Trabalhadores e empresas são emparelhados e participam numa relação laboral modelada como um jogo dilema do prisioneiro. Os agentes de ambas as experiências aprendem ao longo das iterações e de acordo com as experiências passadas. Em cada uma das experiências, aumentos no subsídio de desemprego resultam no respectivo aumento das taxas de desemprego e de empresas fora do mercado, ao mesmo tempo que aumenta a cooperação entre trabalhadores e empresas emparelhados. No entanto, muitos destes resultados não podem ser observados em experiências de curta duração como habitualmente são as experiências com agentes humanos.

Estudos experimentais recentes têm fornecido uma vasta base para a modelação de preferências individuais e à medida que a informação emerge parece falsear a noção de interesse próprio como tradicionalmente é formulada. Os modelos criados sobretudo em laboratório realçam a aversão à iniquidade (Fehr e Schmidt, 1999) ou a reciprocidade (Rabin, 1998 e Silva, 2002), mas nas escolhas quotidianas encontram-se outras explicações para além destas. Akerlof (1982) aborda, à luz da teoria dos salários de eficiência e sob uma perspectiva microeconómica, respostas que o modelo neoclássico não encontra para o comportamento dos trabalhadores e empresas, respectivamente, trabalhar acima do nível mínimo de esforço e oferecer salários superiores ao valor de equilíbrio de mercado. O artigo seminal de Akerlof é uma referência para as experiências em economia experimental sobre o estudo das interações laborais. Este artigo apresenta soluções com ênfase sociológica, num modelo em que a interação promove laços entre trabalhadores e a própria empresa, baseados em normas de comportamento estabelecidas endogenamente. Mas foi Schelling o precursor da utilização dos modelos ACE nas ciências sociais. Actualmente, os investigadores podem modelar quantitativamente uma maior variedade de fenómenos associados a economias descentralizadas, dos comportamentos individuais às instituições económicas – aprendizagem indutiva, competição imperfeita, formação endógena de interações entre agentes e co-evolução. Os modelos ACE permitem estudar economias de mercado descentralizadas, através de simulações computacionais, como sistemas evolutivos de agentes autónomos e interactivos, sob condições experimentais controladas.

O investigador começa por construir uma população inicial de agentes, neste estudo trabalhadores e empresas, e depois define o estado inicial da economia pela especificação dos atributos iniciais dos agentes – características, normas e modos de comportamento internos, e informação detida internamente. A partir desse momento, a economia evolui ao longo do tempo sem a intervenção do modelador ou quaisquer outras influências exteriores, e os acontecimentos posteriores resultam do registo histórico de interações do agente com outros agentes.

O número de investigadores que utilizam a metodologia ACE tem vindo a aumentar, tal como os temas estudados segundo esta abordagem, e, concomitantemente, o número de trabalhos publicados, por exemplo, Epstein e Axtell (1996), Axtell (1999), Arthur, Durlauf

e Lane (1997), Batten (2000), Day e Chen (1993), Holland (1992), Krugman (1996), Sargent (1995), Young (1998) e Tesfatsion (2001). No entanto, esta é uma área em que há ainda muito trabalho empírico por desenvolver.

Este trabalho tem como principal objectivo ilustrar as potenciais vantagens que a metodologia ACE apresenta. O Capítulo seguinte introduz, implementa e analisa o modelo e, por último, o Capítulo 4 conclui e apresenta os caminhos que a ciência económica pode seguir no futuro.

### **3 O Modelo ACE no Mercado de Trabalho**

#### **3.1 Introdução**

Um problema com que os decisores se debatem é o impacto dos efeitos das relações laborais no desempenho macroeconómico. No entanto, não tem sido fácil para a ciência económica obter evidência empírica conclusiva que corrobore esta influência sobre a actividade económica (Freeman, 1998). A regulação do mercado de trabalho e o comportamento humano são factores determinantes para os resultados obtidos nesta área e qualquer abordagem em economia do trabalho deve, sempre que possível, ultrapassar a fronteira que divide os planos micro e macro. Se situações em que as escolhas ou os comportamentos dependem das atitudes de terceiros não permitem extrapolações para o agregado, como será possível criar uma coordenação eficiente entre uma miríade de incentivos?

A solução para ultrapassar este problema de endogeneidade pode passar por um sistema de interações entre os indivíduos e a sociedade uma vez que, segundo Schelling (1978), as actividades humanas são caracterizadas pelo comportamento individual influenciado pelo comportamento de outros, pela importância atribuída às suas atitudes ou por ambos os factores. Nestes modelos, a estrutura social emerge da construção a que se determinou chamar “de baixo para cima” e, assim, as experiências sobre o comportamento individual têm um potencial valor heurístico para o desenvolvimento de novos modelos empíricos e para superar as dificuldades encontradas pela economia tradicional. Recentemente têm sido criados modelos de comportamento individual em grupos e também considerada, explicitamente, a dicotomia entre cooperação e competição, através do recurso à modelação computacional, a qual permite obter uma análise dinâmica completa do espaço de soluções (por exemplo, Axelrod, 1997; Binmore, 1998; Pingle e Tesfatsion, 2003). Nestes modelos computacionais baseados no agente, os conjuntos de informação que representam os agentes são criados e interagem entre si, de onde emergem regularidades sistemáticas, por

vezes ao nível macro, que por sua vez influenciam a determinação das interações locais. Assim, podemos dizer que “as regularidades macroscópicas ‘crescem’ de baixo para cima” (Axtell, 1999: 6). Não há quaisquer equações representativas da estrutura macro e, habitualmente, as únicas equações existentes são as utilizadas pelos agentes no processo de decisão. Também não há o pressuposto da existência de informação completa que os agentes facilmente pudessem processar. Pelo contrário, os agentes recolhem informação de outros agentes de acordo com o ambiente onde interagem, ou seja, através de interações locais. Esta metodologia facilita a modelação de agentes heterogéneos, a dinâmica de não equilíbrio e as interações locais de onde resulta um comportamento de racionalidade limitada. O resultado é um complicado sistema dinâmico de interações recorrentes entre agentes e o bem-estar social daí decorrente.

O desafio aqui proposto é demonstrar como algumas regularidades podem emergir de sucessivas interações entre agentes. As economias de mercado descentralizadas assentam sobre a dinâmica própria das relações interpessoais, sobre as inúmeras interações locais que originam regularidades macroeconómicas e que, por sua vez, determinam também elas as interações locais. Esta tentativa de fazer emergir uma estrutura social a partir de uma relação bidireccional entre micro e macroestruturas há muito que surgiu na ciência económica, mas o recente advento de poderosas ferramentas na modelação computacional permite novas abordagens ao estudo de estruturas interactivas e à sua heterogeneidade, ao “não-equilíbrio” dinâmico e aos comportamentos entre indivíduos limitadamente autónomos e racionais.

Da análise introdutória da subsecção 2.2, podemos concluir que a utilização de modelos baseados no agente envolve uma forma de racionalidade limitada. É relativamente fácil simplificar os pressupostos ao simular modelos baseados no agente. Estes modelos podem desenhar agentes com características distintas, onde os preços emergentes são heterogéneos e a informação é local. Mesmo quando os modelos formais podem ser resolvidos explicitamente, os modelos computacionais baseados no agente são úteis e apresentam os resultados através da análise e reconhecimento de padrões. Assim, um modelo baseado no agente pode representar uma nova forma de apresentar novas conceptualizações da empresa. Este tipo de modelação requer uma especificação explícita de como os agentes

interagem ao nível micro e os resultados são depois projectados no futuro através de sucessivas interacções. No entanto, coloca-se a questão de saber se a análise e o critério de avaliação utilizados são os mais indicados na validação dos resultados obtidos. Para isso, a abordagem utilizada permite comparar os resultados com os alcançados numa experiência laboratorial, onde foi utilizada uma matriz idêntica à da modelação computacional.

De acordo com Pingle e Tesfatsion (2001), apesar das dúvidas sobre se as experiências computacionais estão a captar a mesma estrutura económica e temporal que as experiências laboratoriais, as experimentações do passado têm para o mercado de trabalho da experiência computacional uma dimensão que, inevitavelmente, a economia experimental não pode assumir. Assim, as experiências computacionais podem oferecer melhores previsões sobre o comportamento de longo prazo nos mercados de trabalho.

### **3.2 O Modelo**

Neste trabalho são utilizadas simulações computacionais para construir modelos teóricos nas ciências sociais por forma a aproveitar o potencial que esta abordagem tem como “terceira via” para lidar com algumas das questões colocadas às ciências sociais, em complemento à argumentação e à formalização” (Gilbert e Terna, 1999: 2). A modelação de sociedades artificiais baseia-se na interacção de agentes com estados internos, fixos ou não, que operam e interagem num ambiente próprio, de acordo com regras de comportamento. Destas simulações computacionais é possível formalizar teorias complexas sobre processos comportamentais, implementar experiências e observar que da interacção “de baixo para cima” emergem estruturas sociais colectivas.

Quase todos os processos de investigação em ciências sociais recorrem à construção de representações de fenómenos sociais. No entanto, os modelos matemáticos e estatísticos encontram alguns obstáculos, entre os quais o facto de várias das equações que gostaríamos de utilizar na representação de fenómenos reais serem demasiado complexas para permitir um tratamento analítico, sobretudo quando os fenómenos envolvem relações não-lineares, habituais nas relações sociais do mundo real. A solução que a formalização matemática

encontra é o recurso à informação completa, racionalidade perfeita e capacidade de computação ilimitada.

As simulações computacionais envolvem a representação de um modelo através da utilização de programação informática que permite modelar teorias quantitativas ou qualitativas. O comportamento do modelo pode ser analisado através de sucessivas iterações por forma a avaliar a introdução e variação de diferentes parâmetros. Esta abordagem é uma metodologia comum nas ciências naturais e na engenharia, mas relativamente recente nas ciências sociais. No entanto, a sua utilização tem aumentado, sobretudo devido às simulações baseadas no agente e pelo valor acrescido e o reconhecimento que os programas computacionais têm como modelos de previsão, compreensão e formalização.

Na simulação computacional, a empresa é encarada como uma amálgama de regras que evoluem através de um processo heurístico. Assim, em vez de interpretar a estrutura e a função da empresa como um programa de optimização, a abordagem evolucionista encontra o equilíbrio através do próprio comportamento dos agentes, nível no qual o modelo é escrito. Assim, os agentes interagem em ambientes permanentemente novos nos quais os contratos são incompletos e, dessa forma, os custos de transacção são intrínsecos.

O modelo aqui apresentado consiste numa população de agentes heterogéneos que têm preferência por rendimento (resultado da relação laboral) ou lazer. Este estudo recai sobre a dinâmica de “não-equilíbrio” que pode, sob determinadas circunstâncias, proporcionar um bem-estar maior do que o que seria obtido numa situação de equilíbrio estável. Este “não-equilíbrio” é muito difícil de identificar analiticamente, por isso se recorre a modelos computacionais como alternativa para um estudo sistemático deste fenómeno. O modelo gera padrões e regularidades empíricas sobre as quais não há muita informação, nomeadamente, a reacção das empresas e trabalhadores à introdução de novas variáveis na relação laboral, como por exemplo a competição e a reciprocidade. A característica essencial deste modelo é ser construído ao nível do indivíduo e, por isso, ser designado de modelo “baseado no agente”.

Neste trabalho é utilizada uma matriz ACE centrada em duas características. Em primeiro lugar, a explicação do comportamento global a partir da diversidade de escolhas

individuais e das interações entre os diferentes agentes. Depois, a preocupação normativa assente na forma como mecanismos sociais e económicos (por exemplo, reciprocidade, competição, desemprego) influenciam a acção individual, determinam a sensibilidade do mercado a regularidades emergentes e a eficiência dos resultados no longo prazo.

É proposta uma convergência entre os resultados da economia experimental e computacional, análise que novos campos de investigação empíricos e teóricos têm sugerido e que pretende descrever a estrutura e a evolução das economias. De acordo com esta matriz, a coordenação não se refere a um estado de equilíbrio mas a uma dinâmica de rotinas, parte integrante de um processo simultaneamente evolutivo e adaptativo intrínseco às sociedades. Neste sentido, as experiências são relevantes como elemento comparativo relativamente à aprendizagem individual sob diferentes condições, durante o processo de decisão (Devetag e Louçã, 2004).

A simulação aqui apresentada baseia-se numa experiência de laboratório, no âmbito da economia experimental, realizada no Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG), em Lisboa. Esta experiência foi realizada com o propósito de explicar a reciprocidade na função de utilidade dos agentes no mercado de trabalho, como um comportamento condicionado na forma de norma de equidade. Na referida experiência, o autor tem como principal objectivo “mostrar que a reciprocidade facilita o cumprimento dos contratos de trabalho e explica as diferenças salariais” (Silva, 2002: 44). As experiências paralelas entre agentes reais e computacionais permitem aplicar características do comportamento humano na especificação do processo de aprendizagem, mas também podem ser úteis na formulação de hipóteses sobre o próprio comportamento humano. No entanto, não é fácil perceber os motivos que levam os indivíduos a tomar determinada escolha. As suas preferências, crenças e comportamentos, devem ser inferidos das suas justificações e acções. Pelo contrário, as condições iniciais de um modelo ACE são definidas pelo investigador e uma vez que os agentes computacionais evoluem ao longo do tempo e das sucessivas iterações, o investigador pode determinar as origens desses comportamentos. Podem surgir algumas dificuldades na especificação realista do processo de aprendizagem evolutivo dos agentes, mas é possível obter resultados surpreendentes com experiências paralelas entre agentes humanos e computacionais. A interpretação da acção individual, o modelo de acções

interdependentes entre indivíduos e as explicações causais da acção deverão ser estabelecidas através da procura de modelos simples do agente individual e das interacções que o envolvem. Esta simplificação decorre do objectivo analítico geral de fornecer uma explicação de nível macro e será por isso adoptado o princípio KISS (*Keep it simple, stupid*), referido por Axelrod (1997), e os critérios da mínima informação por agente e da adopção de modelos que possam ser progressivamente complexificados.

É apresentado neste trabalho um modelo central (MCR), baseado na experiência descrita por Silva (2002), onde são estudados os efeitos da memória (M), da competição (C) e da reciprocidade (R). A este modelo são depois introduzidas ligeiras alterações representadas em modelos distintos: 1) a ausência de reciprocidade – modelo MC (memória e competição); 2) ausência de competição – modelo MR (memória e reciprocidade); 3) ausência de competição e reciprocidade – modelo M (memória). Um outro modelo, com reciprocidade emergente, confirma que a reciprocidade emerge da interacção entre os agentes. Por reciprocidade emergente, como veremos na sub-secção 3.4.5, considera-se a função de reacção dos trabalhadores inicialmente igual a 0, ao contrário das outras experiências em que esta função assume um valor aleatório, mas superior a 0. Desta forma, existe de facto reciprocidade emergente desde a primeira iteração. Ao modelo central e às três alterações iniciais efectuadas é depois adicionada a possibilidade de rejeição da oferta salarial por parte do trabalhador e a concomitante existência de desemprego e de empresas fora do mercado.

Na totalidade são apresentados nove modelos e em cada um são estudados vários tratamentos, de acordo com o conjunto de parâmetros a testar e com uma matriz do mercado de trabalho de contratos incompletos e informação imperfeita. Assim, depois de se criar e associar exogenamente empresas e trabalhadores, desenrola-se uma regra de pesquisa sequencial: a empresa selecciona um salário, de entre o seu repertório de regras, a que o trabalhador a ela associado, após “interpretar” essa oferta, responde com a escolha de um nível de esforço a partir do seu conjunto de regras. As regras são activadas selectivamente e construídas através de um processo de aprendizagem evolutivo e adaptativo, fundamentado em experiências passadas. Por este motivo o AG, nomeadamente

o processo de aprendizagem que dele decorre e a sua validação perante a realidade, assume particular relevância na compreensão do comportamento dos agentes.

As experiências computacionais realizadas evidenciam três efeitos distintos para a obtenção de salários e de níveis de esforço médios<sup>6</sup> mais elevados: a) por um lado, o impacto da competição; b) por outro, a presença de comportamentos recíprocos; e, por fim, c) a possibilidade de existência de desemprego e empresas inactivas. A implementação dos tratamentos com desemprego seguiu parcialmente a abordagem utilizada por Pingle e Tesfatsion (2003). Define-se como rendimento líquido a diferença entre a soma dos níveis de utilidade médios obtidos pelas empresas e trabalhadores e a média dos subsídios pagos aos trabalhadores e às empresas (este último sempre zero). O conceito de eficiência é determinado através do rácio do rendimento líquido actual e o maior nível de rendimento líquido possível (neste caso 118). Como critério de medição do bem-estar social são utilizadas duas funções: 1) a função de bem-estar de Sen (1974)<sup>7</sup>; e 2) uma função linear utilitarista de soma directa. Todos os resultados são analisados no curto, médio e longo prazo geracional, concluindo-se que o processo de aprendizagem é relativamente rápido, como também Jovanovic (1979) concluiu em relação ao comportamento dos agentes nos primeiros anos de vida laboral, nomeadamente os rápidos processos de aprendizagem ao longo dos emparelhamentos iniciais.

### 3.2.1 O Modelo ACE nas ciências sociais

Sob a perspectiva dos modelos ACE e dos sistemas multiagentes,

“os agentes são processos implementados num computador e têm autonomia (controlam as suas acções); capacidade social (interagem com outros agentes

---

<sup>6</sup> Nos resultados individuais são apresentadas as médias, mas nos resultados agregados são aplicadas as medianas.

<sup>7</sup>  $SW = \mu(1-G)$ , onde  $\mu$  é um parâmetro de eficiência igual à média do rendimento da sociedade e onde

$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j|}{2n^2 \mu}$ , com  $0 \leq G \leq 1$ , é o coeficiente de Gini da distribuição de rendimentos.

através de uma mesma ‘linguagem’); reactividade (reconhecem o ambiente em que estão inseridos e respondem de acordo com essa percepção); e pró-actividade (são capazes de assumir acções direccionadas para um objectivo claro)”, Gilbert e Terna (1999: 7)<sup>8</sup>

No entanto, é necessário ser cauteloso na definição da acção destes agentes e compreender que a intencionalidade deve ser vista de forma metafórica, apesar da importância de algumas das conclusões que se podem retirar destas representações simples de pessoas. Para isso, é importante a tarefa de definir a configuração inicial do sistema, isto é, as capacidades cognitivas e sensoriais dos agentes; as acções que podem empreender e as características do contexto em que terão de interagir. Só depois poderemos observar os resultados obtidos ao longo da simulação. Da interacção entre os agentes surge a ideia de emergência, conceito que tem uma “forte influência em alguns ramos das ciências naturais e também tem um impacto óbvio nas ciências sociais, onde a relação entre a acção individual e a estrutura social emergente é um assunto fundamental” (Gilbert e Terna, 1999: 8). A principal dificuldade, característica das simulações, é o facto de os agentes poderem reconhecer, racionalizar e reagir ao conhecimento que formam sobre as instituições que as suas próprias acções criam. Uma vez percebida esta característica da sociedade, a área conhecida como “emergência de segunda ordem, reflexividade ou hermenêutica dupla” (Gilbert e Terna, 1999: 8) assume um papel fundamental na modelação computacional, nomeadamente nas expectativas dos resultados que com ela podem ser obtidos.

A construção dos agentes tem de conter uma série de mecanismos que prevejam as suas necessidades, desde a recepção de dados à memorização dos mesmos e das acções anteriores, bem como a planificação das medidas a tomar, e, finalmente, a posterior análise dos resultados obtidos. No entanto, na resolução de alguns problemas, a mais importante das características é a capacidade de aprendizagem, onde uma estrutura interna se adapta às circunstâncias. Uma das técnicas habitualmente utilizadas é a dos algoritmos evolucionistas, como é o caso do AG aplicado ao modelo aqui apresentado. Esta técnica

---

<sup>8</sup> Citação retirada de Wooldridge, M. e Jennings, N. R. (1995), *Intelligent agents: theory and practice*, *Knowledge Engineering Review*, vol. 10(2): 115-152.

baseia-se numa analogia biológica e é desenhada de acordo com a teoria evolutiva da selecção natural. A população de indivíduos em estudo, os quais têm um nível de utilidade mensurável, “reproduz-se” através da combinação de regras entre indivíduos mais aptos, ao longo de várias gerações, aumentando através deste processo o nível de utilidade médio da população.

Do ponto de vista computacional, os agentes transformam-se em objectos e os eventos em passos activados repetidamente ao longo do programa, num ambiente em que a linguagem é totalmente orientada para objectos. Assim, “o conceito chave é o objecto: uma parte de código que contém informações e regras que operam essas informações”, (Gilbert e Terna, 1999: 8).

A principal vantagem da programação ACE é ajudar a compreender os sistemas artificiais através de uma abordagem que de outra forma não seria possível. Mas este é também o principal desafio destas simulações, ou seja, modelar com um elevado nível de complexidade, sem no entanto esquecer as linhas gerais que devem ser seguidas por forma a facilitar a compreensão do modelo. Assim, e como já foi referido anteriormente, os agentes são considerados objectos e as suas regras devem permitir transformar a informação recebida do exterior. A observação do comportamento do indivíduo passa pelo estado interno das variáveis de cada objecto e os resultados surgem do seu comportamento colectivo. Assim, é importante confirmar que as observações a um nível agregado são consistentes com os estados internos dos agentes. Para analisar a especificidade dos resultados do modelo dever-se-á adoptar um critério de análise menos formalizado, que permita comparar os comportamentos dos agentes da simulação com o comportamento de agentes reais (Gilbert e Terna, 1999: 16). Neste contexto, os modelos ACE assumem que o comportamento dos agentes é simples e adaptativo, por forma a analisar a complexidade do comportamento agregado. Assim, se essa adaptabilidade consistir em aprender a prever, os resultados surgem das regras comportamentais e do algoritmo aprendizagem construído. O comportamento agregado emergente pode então ser interpretado como o resultado de métodos de aprendizagem alternativos que podem ser imputados aos agentes. O principal resultado da interpretação da realidade é a percepção das complexas consequências que os mecanismos micro, mesmo que simples, podem provocar através da interacção entre os

agentes. Esta problemática suscitada pela transição de modelos simples para resultados complexos, sublinha a importância da estrutura sobre a qual assenta o modelo.

As simulações computacionais são um método relativamente recente de construir e avaliar teorias nas ciências sociais. Por esse facto, algum tempo será necessário até que todos os refinamentos sejam feitos.

### 3.3 Implementação

A simulação do mercado de trabalho<sup>9</sup>, no tratamento base (MCR), consiste num modelo com emparelhamento diversificado e função de reacção. A este modelo são depois introduzidas pequenas alterações com o objectivo de analisar de que forma os agentes se comportam perante novos cenários: ausência de reciprocidade (MC); ausência de competição (MR); e, ausência de reciprocidade e competição (M). Cada um destes modelos é depois estudado com a introdução da possibilidade de existência de desemprego, respectivamente: MCRu (modelo tratamento base com desemprego), MCu (modelo com ausência de reciprocidade e com desemprego), MRu (modelo com ausência de competição e com desemprego) e Mu (modelo com ausência de reciprocidade e competição e com desemprego). Outro modelo é apresentado – modelo com reciprocidade emergente (M\_emerg\_rec) -, onde foi estudada a reciprocidade emergente ‘real’, ou seja, o segundo termo do cromossoma da função de reacção dos trabalhadores é, inicialmente, definido com um valor igual a 0 ( $b=0$ )<sup>10</sup>, o que permite analisar a evolução da emergência da reciprocidade a partir da primeira iteração.

---

<sup>9</sup> Os vários modelos apresentados são escritos em linguagem de programação Java, numa programação orientada a objectos e implementados por meio do RePast.

<sup>10</sup> A função de esforço encontrada tem como objectivo representar todas as possibilidades previstas na experiência. O valor de esforço está entre 0.1 e 1, representado por um termo “a” - o valor do próprio esforço quando não existir possibilidade de reciprocitar -; e um segundo termo,  $b \times \left( \frac{1-a}{100} \right) \times (w-20)$ , que permite identificar o efeito da reciprocidade. Assim, a função de esforço é:  $e = a + b \times \left( \frac{1-a}{100} \right) \times (w-20)$ , onde a, com  $a \in [0.1,1]$ , é determinado pelos primeiros 10 genes do cromossoma e b, com  $b \in [0,1]$ , é determinado

O mercado de trabalho consiste numa população de 24 agentes – 12 empresas e 12 trabalhadores –, que se mantém constante ao longo da experiência. Para cada tratamento são geradas 30 corridas, cada uma com um gerador de números aleatórios diferente, e cada corrida consiste num total de 75000 gerações, o único critério de paragem considerado. Para melhor analisar o processo evolutivo foram criados três pontos de observação geracional de resultados – curto, médio e longo prazo geracional – baseados, respectivamente, nas iterações 21 a 120, 9901 a 10000, e nas últimas 100 gerações, 74901 a 75000. As medianas das médias obtidas a partir destas 30 corridas é o valor sobre o qual incidirá a análise dos resultados experimentais no Capítulo 3.4.

Uma vez criados os agentes, o que sucede apenas uma vez e antes da primeira iteração, cada geração é composta por um ciclo dividido nas seguintes fases: (1) associação de agentes e selecção das suas ofertas; (2) cálculo das utilidades; (3) recolha de dados estatísticos relativos às empresas e aos trabalhadores; e, por último, (4) renovação do repertório de regras de cada agente.

Em modelação económica, o AG descreve a evolução de uma população de regras, que representam diferentes tipos de crenças, em resposta ao tratamento experimental. As regras cujos resultados sejam mais bem sucedidos estão mais representadas na população, através de um processo idêntico ao da selecção natural encontrado na genética. A recombinação de partes de regras e mutações aleatórias criam novas regras através da alteração das características das regras que anteriormente compunham a população, o que permite a exploração de novas características.

O AG foi o mecanismo evolutivo simplificado escolhido para representar o contexto sócio-económico descrito e baseia-se no estudo computacional de processos adaptativos, através dos quais são atribuídas capacidades de aprendizagem artificiais – eficiência – e procedimentos heurísticos aos multiagentes de uma simulação. O conceito geral de AG é definido por Caldas (2001: 98) da seguinte forma:

---

pelos últimos. Note-se que para facilitar a programação o esforço é sempre inteiro no código de programação ( $e \in [1,10]$ ), mas todos os resultados são apresentados segundo a função aqui descrita.

- Existe uma população de indivíduos [neste caso 24], cada um dos quais representado por uma cadeia de caracteres de um alfabeto finito denominado cromossoma;
- Cada indivíduo tem um valor de aptidão [no contexto dos modelos descritos neste trabalho, este valor de aptidão corresponde à utilidade dos indivíduos];
- O AG é iniciado através da criação de uma população e da determinação de um valor de aptidão individual;
- Em cada iteração o AG efectua uma transição geracional em duas fases:
  - Na primeira, através da selecção, um banco de reprodução é constituído por uma cópia da população corrente de cromossomas, seleccionada de acordo com um critério estabelecido;
  - Por último, os cromossomas, ou parte deles [nesta simulação metade], do banco de reprodução são modificados através de recombinações com outros cromossomas do mesmo banco – *crossover* – ou através de modificações aleatórias – mutação. Os descendentes mantêm algumas das características dos seus progenitores mas não são a sua cópia fiel.

Dada a importância assumida pelo AG-simulação<sup>11</sup> no contexto do mercado de trabalho, particularmente para o comportamento dos agentes, justifica-se a sua apresentação detalhada. A aprendizagem por reforço é um fenómeno individual e baseia-se na ideia de um agente com repertório interno e limitado, que age de acordo com as melhores regras resultantes de um contínuo processo de avaliação interno.

---

<sup>11</sup> Sobre as principais diferenças entre o AG-simulação e o AG-optimização, v. Caldas (2001: 130)

## Pseudocódigo do programa AG-aprendizagem por reforço modificado<sup>12</sup>

**Program** AG – Aprendizagem por reforço

**begin**

$t \leftarrow 0$ ;

**for** todo o agente  $i$  **do for** toda a regra **do**

**begin**

    gerar aleatoriamente regra;

    aptidão (regra):  $\leftarrow$  valor por defeito;

**end**;

$t \leftarrow t + 1$ ;

**while not** (critério de paragem) **do**

**begin**

**for** todo o agente  $i$  **do**

$\text{regra\_activa} \leftarrow \text{ESCOLHER\_ACÇÃO}$ ;

    determinar resultados agregados;

**for** todo o agente  $i$  **do**

      actualizar a aptidão da regra\_activa;

    if  $t \bmod k = 0$  then **for** todo o agente  $i$  **do**

      GERA\_NOVAS\_REGRAS:

**end**;

**end**

**function** ESCOLHER\_ACÇÃO;

**begin**

**for** cada regra do agente  $i$  **do**

    licitação  $\leftarrow$  aptidão  $\times (1 + \epsilon)$ ;

  determinar a licitação\_mais\_elevada;

  escolher\_acção  $\leftarrow$  licitação\_mais\_elevada;

**end**;

**procedure** GERA\_NOVAS\_REGRAS;

**begin**

  ordenar pop\_corrente;

  copiar metade superior da pop\_corrente para a nova\_pop

**for** regras da nova\_pop de  $m/2+1$  a  $m$  **do**

**begin**

    seleccionar ( $\text{regra}_{lk}$ ,  $\text{regra}_{ll}$ ) na pop\_corrente;

    crossover ( $\text{regra}_{lk}$ ,  $\text{regra}_{ll}$ ) para obter ( $\text{nova\_regra}_{lk}$ ,  $\text{nova\_regra}_{ll}$ );

    mutação ( $\text{nova\_regra}_{lk}$ );

    mutação ( $\text{nova\_regra}_{ll}$ );

**end**;

**end**;

---

<sup>12</sup> De acordo com a apresentação proposta por Caldas (2001: 160).

O objectivo desta experiência é estudar as propriedades de uma função de emparelhamento endógena e compará-las com os pressupostos habitualmente impostos pelas funções exógenas na literatura teórica e empírica em economia do trabalho e com os resultados da economia experimental. A ideia-chave por detrás da utilização de uma função de emparelhamento é a de resumir, de uma forma tão precisa quanto possível, o comportamento dos agentes no mercado de trabalho. Assim, em vez de assumir uma função holística, o modelo aqui proposto procura encontrar as propriedades que podem ser criadas através da interacção entre trabalhadores e empresas a um nível micro. A utilização de um modelo ACE permite facilmente analisar a heterogeneidade, devido à sua flexibilidade de modelação, muito para além do que permitem os modelos analíticos. As empresas e os trabalhadores que obtenham os piores resultados são substituídos por agentes que copiam parte dos cromossomas dos agentes da população anterior, através de um processo darwinista. Assim, ao longo do tempo, o mercado é constituído por uma população de agentes sobreviventes. Depois das características dos agentes e das regras que definem o seu comportamento estarem programadas, o comportamento macro emergente pode ser estudado e o modelo utilizado para testar a capacidade de aprendizagem dos agentes no longo prazo, contrariamente às experiências de laboratório que normalmente apenas permitem análises de curto prazo.

Existe um grande potencial associado à modelação computacional em modelos ACE em economia do trabalho, nomeadamente no estudo de resultados num mundo em que as políticas do mercado de trabalho definidas pelos decisores de política determinam o comportamento dos agentes e os resultados podem conduzir os decisores a reconsiderar as suas escolhas e, assim, alterar a evolução da procura e da oferta. Estes modelos endógenos permitem construir um mercado com mais estrutura para ambos os agentes. Os agentes neste trabalho apenas seguem as estratégias com as quais nasceram e que ao longo do tempo vão evoluindo. Aqueles que obtiverem os resultados mais fracos abandonam o mercado e são substituídos por novos agentes, descendentes dos agentes que compunham a totalidade da população anterior.

### 3.3.1 Parametrização do Modelo Computacional

Nos estudos realizados com modelos analíticos, a atenção recai sobre um grupo representativo. Contudo, num modelo computacional, os diferentes grupos são modelados pelo investigador e as interações entre os diferentes agentes originam resultados diversos. As preferências da população são heterogéneas e cada agente, neste caso, pertence a um dos dois grupos definidos *a priori*: trabalhadores ou empresas. Cada um destes grupos é composto por agentes, activados aleatoriamente ao longo da experiência através de uma distribuição uniforme. Os agentes escolhem depois os níveis de esforço e salário associados aos mais altos valores de utilidade. Um período de tempo consiste na activação de todos os agentes, ao seu emparelhamento e respectivo resultado. A configuração inicial prevê que cada empresa empregue apenas um trabalhador e este critério mantém-se constante ao longo da experiência.

A parametrização do tratamento base do modelo acima descrito pode ser resumida da seguinte forma:

**Tabela I: Tabela de Parametrização do Tratamento Base**

Características do Modelo	Valor
Agentes	24
Regras por agente (cromossomas)	20
Comprimento dos cromossomas <sup>13</sup> :	
- empresas	7 genes
- trabalhadores	20 genes
Distribuição de activação de agentes	Uniforme (aleatoriamente)
Distribuição de preferências	Uniforme
Período de renovação das regras	4
Probabilidade de mutação	0,001
Intervalo de utilidade das empresas	[0, 100]
Intervalo de utilidade dos trabalhadores	[18, 118]

<sup>13</sup> A definição do comprimento dos cromossomas baseou-se na própria sequência da relação laboral, apesar da discricionariedade da escolha. Os trabalhadores “respondem” a uma oferta das empresas e, devido a essa reciprocidade, adquirem uma maior “complexidade”. Esta característica reflecte-se através do maior comprimento do cromossoma e da sua divisão em duas partes com funções diferentes.

### **3.3.2 A População**

Como já foi referido, nos modelos ACE é evitada a agregação imposta pelo agente representativo e a população é heterogénea na sua composição genética. Ao contrário do que sucede na economia neoclássica, os agentes não vivem para sempre nem têm preferências fixas. A população deste modelo computacional é formada por empresas e trabalhadores, cujos perfis são constituídos por uma multiplicidade de métodos e variáveis por eles utilizados no processo de decisão. No tratamento base cada agente é constituído por 20 regras – cada regra é um cromossoma – que podem ser interpretadas como o seu genoma. Os cromossomas têm um determinado comprimento e são constituídos por caracteres booleanos – genes – que podem assumir o valor 0 ou 1. O comprimento dos cromossomas das empresas é de 7 genes enquanto as regras dos trabalhadores são formadas por 20 genes, uma diferença explicada pela função de esforço dos trabalhadores. O valor de cada gene é seleccionado aleatoriamente, através de uma distribuição uniforme, e este processo ocorre  $n \text{ regras} \times n \text{ genes}$  vezes para cada agente. O próximo passo é o cálculo do valor de aptidão – a utilidade – das regras dos agentes. Uma vez que os seus valores de aptidão apenas são actualizados no final da primeira iteração, os valores de aptidão iniciais para cada regra são predefinidos e correspondem ao valor máximo que as regras de aptidão podem assumir, de modo a assegurar que todas as regras são actualizadas, como se verá no processo de selecção.

### **3.3.3 O *Matching* e a Selecção de Regras**

Uma vez criada a população desencadeia-se a relação laboral, o processo de associação dos agentes. As empresas e os trabalhadores são emparelhados aleatoriamente e cada empresa apenas pode ser associada a um trabalhador em cada geração. Seguidamente, ambos os agentes seleccionam uma das regras do seu repertório de regras de acordo com um processo aleatório. Para cada regra é gerado um valor de licitação, com um termo

aleatório, e a regra escolhida será a que obtiver a maior licitação<sup>14</sup>. Esta função, com o seu termo histórico (*fitness*), baseado no valor da utilidade das gerações anteriores, e uma avaliação conjuntural ( $\varepsilon$ ), introduz um elemento aleatório apropriado a uma modelação em contexto de incerteza (Caldas, 2001: 138). Da descodificação das regras binárias em números inteiros, obtêm-se os salários e os níveis de esforço seleccionados e são determinadas as utilidades individuais – o novo valor de aptidão da regra activa. Num modelo de aprendizagem individual como o que aqui é desenvolvido, o repertório de regras é informação privada, não partilhada socialmente, e existe uma memória de longo prazo. A procura de melhores regras é feita intrinsecamente e não através de informação global, uma vez que o processo de aprendizagem por reforço do agente indutivo é um fenómeno individual. O repertório de alternativas do agente é limitado e as acções que apresentam maus resultados são substituídas por outras, o que faz com que o repertório resulte da experiência e da capacidade do indivíduo em criar regras. Concluiu-se assim que o modelo é simultaneamente cognitivo e reactivo.

O comportamento dos trabalhadores e das empresas é analisado através da mediana dos respectivos níveis médios de esforço e de salário. A tendência para comportamentos cooperativos é verificada quando as medianas das ofertas se afastam dos valores mínimos, o que permite aos indivíduos obter níveis de utilidade superiores aos que teriam se, pelo menos, um deles optasse por não cooperar. No entanto, os agentes podem coevoluir ao longo do tempo de um estado cooperativo para um outro não-cooperativo. Esta coevolução é determinada endogenamente pelo facto dos agentes, pela sua própria composição, terem ao seu dispor uma memória de longo prazo, situação que lhes permite evoluir de um cenário inicial aleatório para comportamentos recíprocos, através de um processo de aprendizagem baseado na recombinação e mutação de regras. Esta contínua modificação das regras individuais torna ainda mais interessante o facto de existir uma estabilização da distribuição das ofertas e de esta se verificar em níveis superiores aos mínimos.

---

<sup>14</sup>  $bid = fitness \times (1 + \varepsilon)$ , onde  $\varepsilon$  tem uma distribuição normal com média 0 e variância 0.075 (cf. Caldas, 2001: 141), valores habitualmente utilizados nas experiências computacionais.

### 3.3.4 A Renovação de Regras

Os indivíduos nascem com determinados atributos, por exemplo a capacidade de escolher a melhor regra e modificar as piores através de *crossover*, e adaptam-se ao longo do tempo como resultado da interação com outros agentes. Durante este processo evolutivo, os agentes sofrem uma pressão selectiva sobre as suas características individuais. As regras individuais variam apenas parametricamente e não estruturalmente, isto é, as funções de utilidade dos indivíduos mantêm-se algebricamente inalteradas ao longo do tempo e apenas variam os seus parâmetros (Epstein e Axtell, 1996). Ciclicamente as regras são renovadas de acordo com um princípio darwinista – a selecção elitista – e através de dois operadores genéticos: *crossover* e mutação. No modelo base, de 4 em 4 gerações as regras de cada indivíduo são ordenadas de forma decrescente de acordo com o seu valor de aptidão e divididas em duas partes iguais. As regras que compõem a metade com os maiores valores integram a nova população de regras e mantêm os valores de aptidão. Entretanto, da recombinação aleatória de pares de regras da totalidade da actual população – pai e mãe<sup>15</sup> – são geradas as restantes regras da nova população – filho e filha.

No processo de *crossover* é gerado um número aleatório (entre 1 e a dimensão do respectivo cromossoma menos 1) que determina a posição em que as regras pai e mãe são divididas e recombinadas. Desta forma, a regra-filho nasce do início da regra-pai e do fim da regra-mãe e, inversamente, a regra-filha nasce do início da regra-mãe e do fim da regra-pai, assumindo cada uma delas a média do valor de aptidão dos seus pais. O *crossover* pode ser analisado como um processo heurístico de melhoramento baseado em experiências passadas.

A mutação pode ser interpretada como um “lapso de memória” (Caldas, 2001: 139) ou “*trembles or experimentation*” (Duffy, 2004: 31) e é uma alteração aleatória do valor de um gene, de 1 para 0 ou vice-versa. A mutação ocorre quando um número aleatório pertencente ao intervalo [0,1], gerado para cada gene, é inferior ao valor, necessariamente pequeno, definido como probabilidade de mutação (0.001 no tratamento base). Este operador

---

<sup>15</sup> O recurso à “metáfora familiar” facilita a explicação.

genético procura enriquecer o processo evolutivo, ao alterar o que o *crossover* e a selecção por si só não conseguem.

Este processo isola as regras com pior desempenho e altera-as, conferindo melhores regras aos agentes, logo, um melhor desempenho mesmo na eventualidade de surgir uma ‘má’ regra ao longo deste processo. Este ‘erro’ será certamente detectado e eliminado num próximo ciclo de renovação. Os agentes são capazes de aprender através das suas experiências directas e têm ao seu dispor os meios que lhes permitem encontrar comportamentos alternativos.

O processo de renovação repete-se ciclicamente e no final de cada uma destas fases emerge uma nova população, até que o seu decurso seja interrompido por um critério de paragem. Esta evolução começa com uma população inicial diversificada, constituída por indivíduos cujas características foram determinadas aleatoriamente, mas através da selecção individual e das sucessivas recombinações e mutações, a população tende a ser mais uniformizada e dominada por indivíduos com melhores características (Caldas, 2001: 99). A modelação prevê que o processo evolutivo seja transposto para o interior do agente, uma vez que cada agente é composto por um determinado número de regras de comportamento e, dentre estas regras, as melhores são preservadas e as piores eliminadas.

### 3.3.5 Níveis de utilidade e bem-estar social

A economia artificial, na forma de simulações computacionais, fornece variância às distribuições e os indivíduos que a compõem evoluem ao longo do tempo. O nível de utilidade de cada agente no final de cada geração é calculado de acordo com as suas funções de utilidade, que são definidas, como em Silva (2001), da seguinte forma:

- Empresas:  $\pi = (v - w)e$ ,
- Trabalhadores:  $u = w - c_0 - c(e) + 18$ <sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Comparativamente às expressões utilizadas por Silva (2001), um termo adicional foi inserido na função de utilidade dos trabalhadores para evitar níveis de utilidade negativos, possíveis no caso em que perante uma

Em todas as experiências, o valor do lucro máximo bruto que um trabalhador representa para a empresa, com  $e=1 - (v)$  - é 120 e o custo de oportunidade do trabalhador por estar envolvido numa relação laboral -  $(c_0)$  - é 20. As ofertas salariais -  $(w)$  - são restringidas a variações inteiras dentro do intervalo [20,120], enquanto o nível de esforço -  $(e)$  - e os custos associados ao esforço -  $(c(e))$  - são determinados de acordo com a relação expressa pela função de custos  $c = c(e) = (10e - 1)^{1.3}$ <sup>17</sup>, e resumidos na tabela seguinte:

**Tabela II: Custo de esforço**

e	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
c(e)	0	1	2	4	6	8	10	12	15	18

Fonte: Fehr, Kirchsteiger, Riedl (1998)

O bem-estar social é calculado segundo dois critérios distintos: 1) de acordo com a função de Sen (1974),  $SW = \mu(1 - G)$ , onde  $\mu$  é um parâmetro de eficiência igual à média do rendimento da sociedade, neste caso trabalhadores e empresas, e  $G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j|}{2n^2 \mu}$ , com  $0 \leq G \leq 1$ , é o coeficiente de Gini da distribuição de rendimentos, interpretado como um parâmetro de equidade. Sen tenta com esta representação captar o objectivo duplo de eficiência e equidade; e, 2) um critério utilitarista de soma directa, em que a função de bem-estar é uma função linear do rendimento.

O conceito de rendimento líquido utilizado é igual ao adoptado por Pingle e Tesfatsion (2003), ou seja, é a diferença entre a soma dos níveis de utilidade médios dos trabalhadores e empresas e os níveis de utilidade médios obtidos através dos subsídios recebidos por esses mesmos trabalhadores e empresas. Contudo, no caso das empresas o valor é sempre 0,

---

oferta salarial mínima (20) um trabalhador respondesse com um nível de esforço máximo (1), logo, com um custo associado também máximo (18), obtendo assim um nível de utilidade igual a -18.

<sup>17</sup> Definida por Fehr, Kirchsteiger e Riedl (1998: 11) e utilizada em Silva (2001: 49).

uma vez que não são atribuídos quaisquer subsídios a empresas que fiquem fora do mercado. Por outro lado, a eficiência é determinada pelo rácio do rendimento líquido actual e do valor máximo que este pode assumir.

### **3.3.6 Taxas de Desemprego Voluntário e de Empresas fora do mercado**

Nos tratamentos em que há desemprego voluntário, o trabalhador que rejeitar a proposta salarial da empresa recebe um subsídio de desemprego, no valor predefinido de 0, 15 ou 30. Um trabalhador rejeita o salário oferecido sempre que este, conjugado com o esforço despendido e com os custos a ele associados, for igual ou inferior ao obtido com o subsídio de desemprego. Assim, e uma vez que só é permitida uma tentativa de emparelhamento entre empresas e trabalhadores e que cada empresa só pode empregar um trabalhador, a taxa de desemprego em cada iteração será igual à taxa de empresas fora do mercado. Esta diferença dá aos trabalhadores uma vantagem estratégica nas interações laborais, reflectida no valor da utilidade final de ambos os agentes.

## **3.4 Resultados Experimentais**

Os resultados das experiências computacionais apresentam uma coerência e regularidade assinaláveis. Ao contrário do que sucede num modelo de equilíbrio geral, em que os agentes assumem um preço dado pelo “leiloeiro” walrasiano, os resultados da simulação são um exemplo de emergência “de baixo para cima” através de iterações locais, mas de onde também emergem as distribuições gerais de bem-estar e eficiência. As diferenças pouco expressivas entre os resultados obtidos no médio e longo prazo comprovam essa regularidade. Coloca-se então a questão de saber se a cooperação pode emergir entre agentes económicos quando *cheating* traz benefícios imediatos e quando os agentes não comunicam entre si. Numa simulação em que os agentes procuram maximizar a utilidade dado um determinado repertório de regras, estes indivíduos, apenas providos de memória de longo prazo, atingem resultados cooperativos em determinados tratamentos e sob certas

circunstâncias. Esta tendência cooperativa emerge sobretudo em contextos mais competitivos e perante comportamentos recíprocos, apesar de, entre estes últimos, em menor escala. Não é suficiente, portanto, ter memória para cooperar, é necessário que haja interação e competição. Axelrod (1997: 20) demonstrou que uma estratégia de aprendizagem desenvolvida pelo AG tinha resultados tão bons como a mais eficiente da teoria dos jogos – a estratégia *tit for tat* –, pois reforçava os comportamentos cooperativos. E sob determinadas circunstâncias obtinha melhores resultados do que os alcançados pela estratégia *tit for tat*.

Perante a hipótese de existência de desemprego, as medianas das ofertas salariais aumentam, uma vez que é do lado das empresas que se encontra a pressão devido a uma possível situação de inactividade (utilidade igual a 0), enquanto os trabalhadores mantêm os seus níveis de esforço medianos. Apesar de uma transição de uma sociedade de pleno emprego e sem empresas fora do mercado para uma outra em que existem agentes afastados do mercado de trabalho, a eficiência e o bem-estar social medianos aumentam.

Em todos os modelos foi adoptado um tratamento teste que consiste em fixar o salário e o esforço nos seus valores mínimos, respectivamente  $w=20$  e  $e=0.1$ , onde se pode constatar que, rapidamente, o outro agente da relação laboral “aprende” e as suas ofertas convergem para o mínimo. Estes tratamentos geram valores medianos de utilidade, bem-estar e eficiência muito inferiores aos obtidos para qualquer um dos outros modelos com estes parâmetros livres.

### **3.4.1 Memória, Competição e Reciprocidade**

Como é visível na Tabela III, constata-se no tratamento base de cada um dos modelos sem desemprego que a evolução das ofertas medianas estabiliza a partir do médio prazo, da geração 10000.

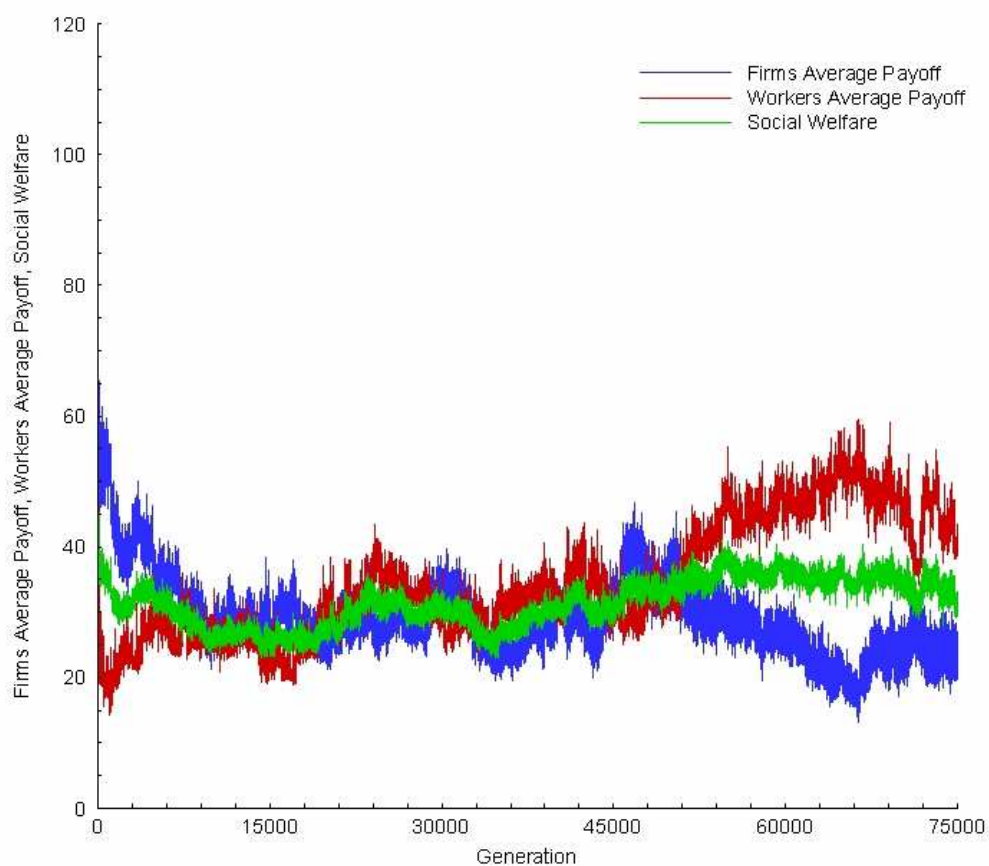
**Tabela III: Tratamento Base (probabilidade de mutação igual a 0.001)<sup>18</sup>**

	CURTO PRAZO							
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.
<u>Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade"</u>	57.79 ( 28.90 )	0.62 ( 0.24 )	36.34	46.85	41.55	42.01	84.02	71.2%
<u>Modelo "Memória e Competição"</u>	59.08 ( 28.58 )	0.51 ( 0.26 )	31.40	50.77	40.63	41.05	82.10	69.6%
<u>Modelo "Memória e Reciprocidade"</u>	60.27 ( 29.12 )	0.59 ( 0.23 )	33.48	49.38	41.73	42.20	84.41	71.5%
<u>Modelo "Memória"</u>	58.02 ( 29.02 )	0.51 ( 0.26 )	32.25	49.56	40.80	41.24	82.47	69.9%
	MÉDIO PRAZO							
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.
<u>Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade"</u>	37.67 ( 14.01 )	0.38 ( 0.19 )	30.41	32.19	31.37	31.58	63.15	53.5%
<u>Modelo "Memória e Competição"</u>	34.29 ( 13.58 )	0.29 ( 0.18 )	25.04	29.38	27.48	27.67	55.34	46.9%
<u>Modelo "Memória e Reciprocidade"</u>	34.17 ( 18.27 )	0.16 ( 0.08 )	12.87	31.81	21.98	22.16	44.33	37.6%
<u>Modelo "Memória"</u>	21.56 ( 3.68 )	0.12 ( 0.04 )	11.43	19.38	15.85	15.95	31.90	27.0%
	LONGO PRAZO							
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.
<u>Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade"</u>	41.00 ( 15.15 )	0.37 ( 0.19 )	28.09	34.06	32.94	33.16	66.32	56.2%
<u>Modelo "Memória e Competição"</u>	32.88 ( 13.06 )	0.32 ( 0.19 )	27.40	27.85	28.24	28.47	56.94	48.3%
<u>Modelo "Memória e Reciprocidade"</u>	31.58 ( 17.38 )	0.16 ( 0.08 )	12.28	29.19	20.99	21.19	42.37	35.9%
<u>Modelo "Memória"</u>	21.13 ( 1.97 )	0.12 ( 0.04 )	11.58	18.85	15.56	15.67	31.34	26.6%

Dentre estes modelos é o MCR aquele que regista melhores resultados: no longo prazo, o salário mediano é de 41 e o nível de esforço mediano 0.37. Consequentemente, apresenta também os níveis medianos de utilidade (28.09 e 34.06, respectivamente para as empresas e os trabalhadores), bem-estar social (32.94 ou 33.16, consoante o critério utilizado) e rendimento líquido (66.32) mais altos.

<sup>18</sup> Em todas as tabelas são apresentados os desvios padrão entre parêntesis.

**Gráfico I: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória, Competição e Reciprocidade”**



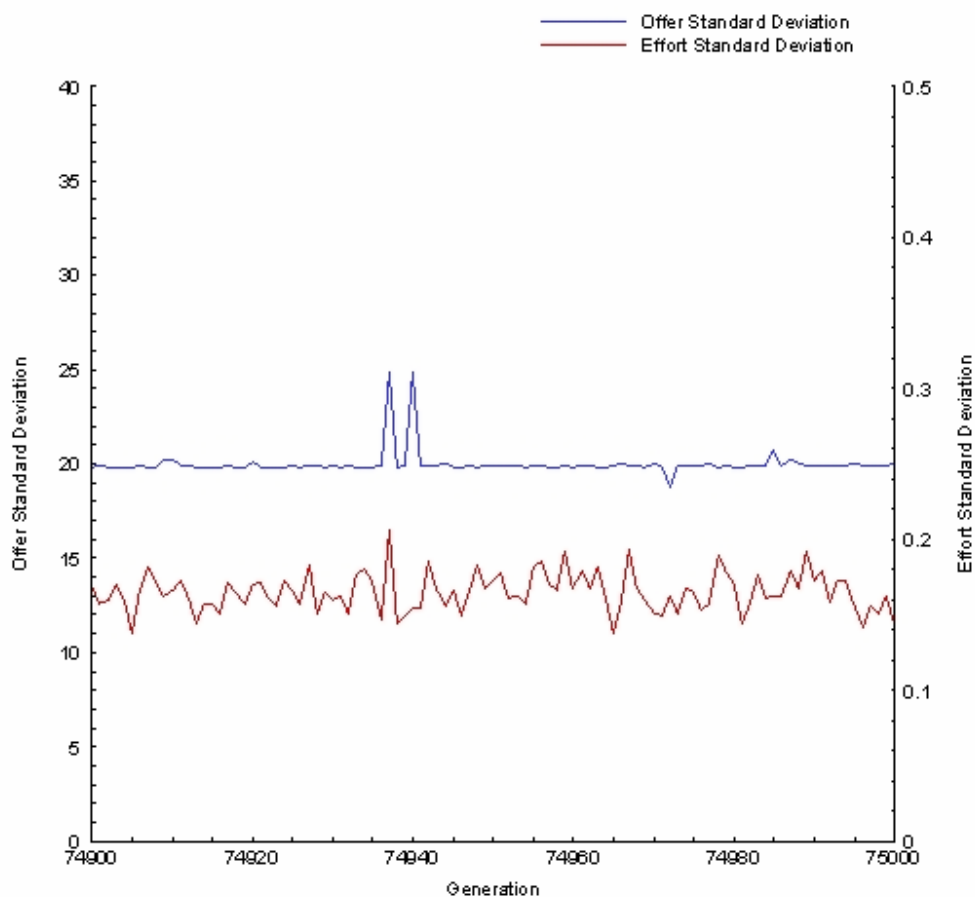
No entanto, a diferença entre os resultados medianos deste modelo e os restantes permite identificar três importantes efeitos: memória, competição e reciprocidade.

**Tabela IV: Parâmetros do Tratamento Base**

Número de populações	2
Dimensão das populações	12
Codificação	Cada regra representa a oferta do período subsequente, numa cadeia de 7 bits para as empresas, decodificada num número real pertencente ao intervalo [0, 100] e de 20 bits para os trabalhadores, por sua vez decodificada num número real pertencente ao intervalo [18, 118]
Operadores	Seleção por licitação e roleta enviesada, <i>crossover</i> simples e mutação simples
Probabilidade de mutação	0.001

Na Tabela IX (em anexo) pode ver-se que aumentar a probabilidade de mutação para um valor quase aleatório de 0.1, por forma a testar o modelo numa situação limite, provoca a instabilidade das regras dos agentes e, conseqüentemente, faz com que os desvios padrão das ofertas mantenham um comportamento caótico ao longo das gerações, ao contrário do que se verifica no tratamento base onde o comportamento é menos instável.

**Gráfico II: Desvio Padrão do Modelo “Memória, Competição e Reciprocidade”**



Como é visível na Tabela V, ao redefinir-se o número de agentes para  $n=1$ , um trabalhador e uma empresa, as semelhanças com os outros tratamentos no curto prazo contrastam com as divergências nos valores dos salários medianos (20.5) e dos níveis de esforço medianos (0.10) no longo prazo. Esta redução das ofertas medianas explica-se pela ausência de competição verificada numa relação laboral estabelecida apenas entre dois indivíduos e repercute-se nos níveis de bem-estar social de ambos os agentes (18.13 ou 18.5).

**Tabela V: Tratamento com 1 agente**

		CURTO PRAZO							
		Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Líq.	Efic.
<u>Tratamento base</u>		<u>57.79</u> ( <u>28.90</u> )	<u>0.62</u> ( <u>0.24</u> )	<u>36.34</u>	<u>46.85</u>	<u>41.55</u>	<u>42.01</u>	<u>84.02</u>	<u>71.2%</u>
Populações com 1 agente		47.00 ( 0.00 )	0.70 ( 0.00 )	32.90	38.50	39.03	44.20	88.40	74.9%
		MÉDIO PRAZO							
		Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Líq.	Efic.
<u>Tratamento base</u>		<u>37.67</u> ( <u>14.01</u> )	<u>0.38</u> ( <u>0.19</u> )	<u>30.41</u>	<u>32.19</u>	<u>31.37</u>	<u>31.58</u>	<u>63.15</u>	<u>53.5%</u>
Populações com 1 agente		27.00 ( 0.00 )	0.20 ( 0.00 )	12.40	22.50	23.63	26.10	52.20	44.2%
		LONGO PRAZO							
		Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Líq.	Efic.
<u>Tratamento base</u>		<u>41.00</u> ( <u>15.15</u> )	<u>0.37</u> ( <u>0.19</u> )	<u>28.09</u>	<u>34.06</u>	<u>32.94</u>	<u>33.16</u>	<u>66.32</u>	<u>56.2%</u>
Populações com 1 agente		20.50 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	18.13	18.50	37.00	31.4%

Ao reduzir-se o número de agentes para metade (n=6), e assim manter alguma competição no modelo, as variações relativamente ao tratamento base são menos pronunciadas (v. Tabela VI).

**Tabela VI: Tratamento com 6 agentes**

		CURTO PRAZO							
		Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Líq.	Efic.
<u>Tratamento base</u>		<u>57.79</u> ( <u>28.90</u> )	<u>0.62</u> ( <u>0.24</u> )	<u>36.34</u>	<u>46.85</u>	<u>41.55</u>	<u>42.01</u>	<u>84.02</u>	<u>71.2%</u>
Populações com 6 agentes		58.25 ( 26.78 )	0.60 ( 0.23 )	34.47	48.00	40.71	41.54	83.09	70.4%
		MÉDIO PRAZO							
		Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Líq.	Efic.
<u>Tratamento base</u>		<u>37.67</u> ( <u>14.01</u> )	<u>0.38</u> ( <u>0.19</u> )	<u>30.41</u>	<u>32.19</u>	<u>31.37</u>	<u>31.58</u>	<u>63.15</u>	<u>53.5%</u>
Populações com 6 agentes		39.83 ( 15.92 )	0.35 ( 0.19 )	27.98	33.00	30.33	30.92	61.83	52.4%
		LONGO PRAZO							
		Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Líq.	Efic.
<u>Tratamento base</u>		<u>41.00</u> ( <u>15.15</u> )	<u>0.37</u> ( <u>0.19</u> )	<u>28.09</u>	<u>34.06</u>	<u>32.94</u>	<u>33.16</u>	<u>66.32</u>	<u>56.2%</u>
Populações com 6 agentes		39.00 ( 13.70 )	0.32 ( 0.18 )	25.08	32.67	28.92	29.37	58.73	49.8%

Os parâmetros de periodicidade de renovação das regras e o número de regras são definidos discricionariamente. Assim, para testar o comportamento dos modelos perante a variação destes parâmetros definiram-se como tratamentos os parâmetros, respectivamente, *renew* e *rules*. Quanto maior for o valor de *renew* mais lento será o processo de aprendizagem. É este tratamento que permite extrair o principal motivo pelo qual o AG não tende para valores mínimos. A explicação reside no facto de a periodicidade de renovação das regras ser uma componente fundamental do sistema evolutivo do indivíduo – a sua capacidade de aprendizagem. Quando é imposto ao agente um espaçamento entre períodos de aprendizagem, o indivíduo ir-se-á adaptar aos sucessivos resultados e recorrer às boas regras até que estas se tornem medíocres. Isto porque se a melhor regra é aquela sobre a qual, naturalmente, recai a escolha, só deixa de ser escolhida quando um mau *matching* a torna uma má regra. É o que se verifica em todos os modelos apresentados, mas ao prolongar a fase de aprendizagem esta insistência na escolha das melhores regras, sem que exista um processo de reprodução, acaba por extinguir estas regras e as suas boas características. Quanto maior for o período entre os sucessivos processos de *crossover*, maior será o empobrecimento do repertório de regras, uma vez que o *crossover* é o processo através do qual os agentes melhoram o seu repertório. Uma regra com boas características para que possa perdurar tem de, obviamente, existir ou poder deixar descendência. Assim, na experiência com *renew*=20, a uma boa regra não resta mais do que sobreviver a emparelhamentos sucessivos, esperando que nenhum tenha maus resultados ou, de outra forma, será uma regra exaurida.

É através de um processo de aprendizagem recorrente que as boas regras prevalecem. O recurso quase exclusivo à adaptação resultante somente da interacção, evidencia um processo adaptativo sobretudo conjuntural, interrompido por um fenómeno reprodutivo ocasional. Os melhores resultados obtidos pelo tratamento base demonstram a vantagem de se proceder a um processo de aprendizagem mais frequente, procedimento este que permite disseminar as melhores características de cada indivíduo antes que estas sejam esgotadas e substituídas por outras de pior qualidade.

**Tabela VII: Crossover e número de regras**

	CURTO PRAZO							
	w	e	$\pi$	U	SW	USW	Net earn	Effic
<u>Tratamento base</u>	<u>57.79</u> ( <u>28.90</u> )	<u>0.62</u> ( <u>0.24</u> )	<u>36.34</u>	<u>46.85</u>	<u>41.55</u>	<u>42.01</u>	<u>84.02</u>	<u>71.2%</u>
Crossover de 20 em 20 períodos	50.52 ( 18.73 )	0.53 ( 0.23 )	35.18	41.19	38.74	39.00	78.01	66.1%
Crossover de 5 em 5 períodos	52.85 ( 25.75 )	0.60 ( 0.24 )	37.92	42.00	40.43	40.82	81.65	69.2%
Agentes compostos por 8 regras	48.98 ( 19.38 )	0.55 ( 0.23 )	37.39	39.85	39.15	39.48	78.97	66.9%
Agentes compostos por 16 regras	52.04 ( 24.34 )	0.59 ( 0.24 )	39.07	42.44	40.38	40.75	81.50	69.1%
	MÉDIO PRAZO							
	w	e	$\pi$	U	SW	USW	Net earn	Effic
<u>Tratamento base</u>	<u>37.67</u> ( <u>14.01</u> )	<u>0.38</u> ( <u>0.19</u> )	<u>30.41</u>	<u>32.19</u>	<u>31.37</u>	<u>31.58</u>	<u>63.15</u>	<u>53.5%</u>
Crossover de 20 em 20 períodos	45.42 ( 15.08 )	0.29 ( 0.15 )	19.82	40.54	31.28	31.58	63.16	53.5%
Crossover de 5 em 5 períodos	41.71 ( 16.32 )	0.40 ( 0.20 )	28.81	36.25	32.98	33.21	66.43	56.3%
Agentes compostos por 8 regras	49.63 ( 16.01 )	0.39 ( 0.20 )	27.19	43.46	34.85	35.14	70.29	59.6%
Agentes compostos por 16 regras	44.92 ( 14.35 )	0.37 ( 0.18 )	28.06	37.81	33.13	33.39	66.79	56.6%
	LONGO PRAZO							
	w	e	$\pi$	U	SW	USW	Net earn	Effic
<u>Tratamento base</u>	<u>41.00</u> ( <u>15.15</u> )	<u>0.37</u> ( <u>0.19</u> )	<u>28.09</u>	<u>34.06</u>	<u>32.94</u>	<u>33.16</u>	<u>66.32</u>	<u>56.2%</u>
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%
Crossover de 5 em 5 períodos	43.83 ( 14.93 )	0.30 ( 0.15 )	21.75	39.17	30.42	30.69	61.39	52.0%
Agentes compostos por 8 regras	49.79 ( 15.61 )	0.36 ( 0.18 )	25.83	43.48	33.68	34.00	68.00	57.6%
Agentes compostos por 16 regras	44.17 ( 15.39 )	0.38 ( 0.21 )	27.86	38.25	32.79	33.06	66.12	56.0%

O processo de *crossover* exige um número de regras divisível por 4. A limitação do número de regras para cada indivíduo confere-lhes uma maior estabilidade interna, devido à menor dimensão do seu repertório, e acelera o ritmo de convergência para o resultado final. Com um conjunto de regras igual a 8 para todos os indivíduos, rapidamente é atingido um valor estável para as ofertas medianas de ambos os agentes e um pouco superior ao obtido no tratamento base. Este facto é justificado pelo próprio *crossover*, ou seja, a média para o valor de *fitness* obtida pelos “filhos” é menos diversificada do que aquela verificada numa

situação com 20 regras, situação em que a diversidade da população dá origem a uma descendência mais variada. Esta estabilidade é também conseguida na experiência em que se estudam as três características comportamentais dos agentes: memória, competição e reciprocidade. Mas na ausência de qualquer uma das duas últimas características os resultados assumem uma tendência decrescente.

O facto de se atingirem elevados níveis medianos de bem-estar e eficiência, demonstra que as empresas e os trabalhadores modelados vivem em sociedade, em permanente interacção, e as suas opções não são suportadas pelo aforismo da economia tradicional “menos é mais”, neste caso interpretado como menos salário e menos esforço.

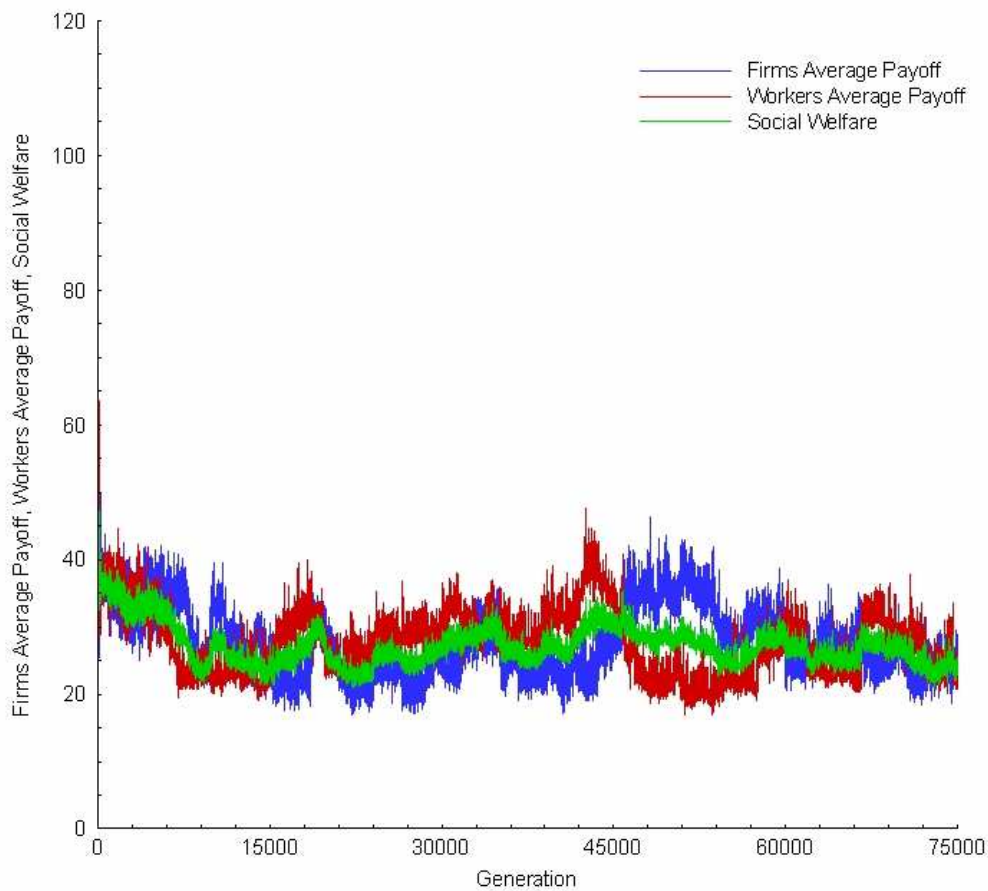
### 3.4.2 Memória e Competição

O tratamento base do modelo MC reflecte o efeito da competição e está descrito na Tabela X. A diferença na construção deste modelo relativamente ao modelo MCR é o facto de a função de utilidade dos trabalhadores omitir o termo de reacção ao salário<sup>19</sup>. Esta pequena modificação tem efeitos sobre as ofertas de ambos os agentes: no longo prazo, o salário mediano é 32.88 e o esforço mediano 0.32, valores inferiores aos registados em MCR. Os resultados obtidos nesta experiência seguem o padrão encontrado no modelo MCR, o qual já foi apresentado detalhadamente, no entanto os valores obtidos são menores.

---

<sup>19</sup>  $e = a + b \times \left( \frac{1-a}{100} \right)$  em vez de  $e = a + b \times \left( \frac{1-a}{100} \right) \times (w - 20)$

**Gráfico III: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória e Competição”**



Saliente-se a diferença dos resultados registados no tratamento com apenas 8 regras – de 49.79 para 20.00 relativamente à oferta salarial e de 0.36 para 0.10 para o esforço –, explicada pela uniformização que resultou da redução do número de regras de 20 para 8. Conclui-se novamente que no caso em que os agentes vêm reduzido o seu número de regras interiores, aumenta a rapidez com que os resultados convergem para os valores

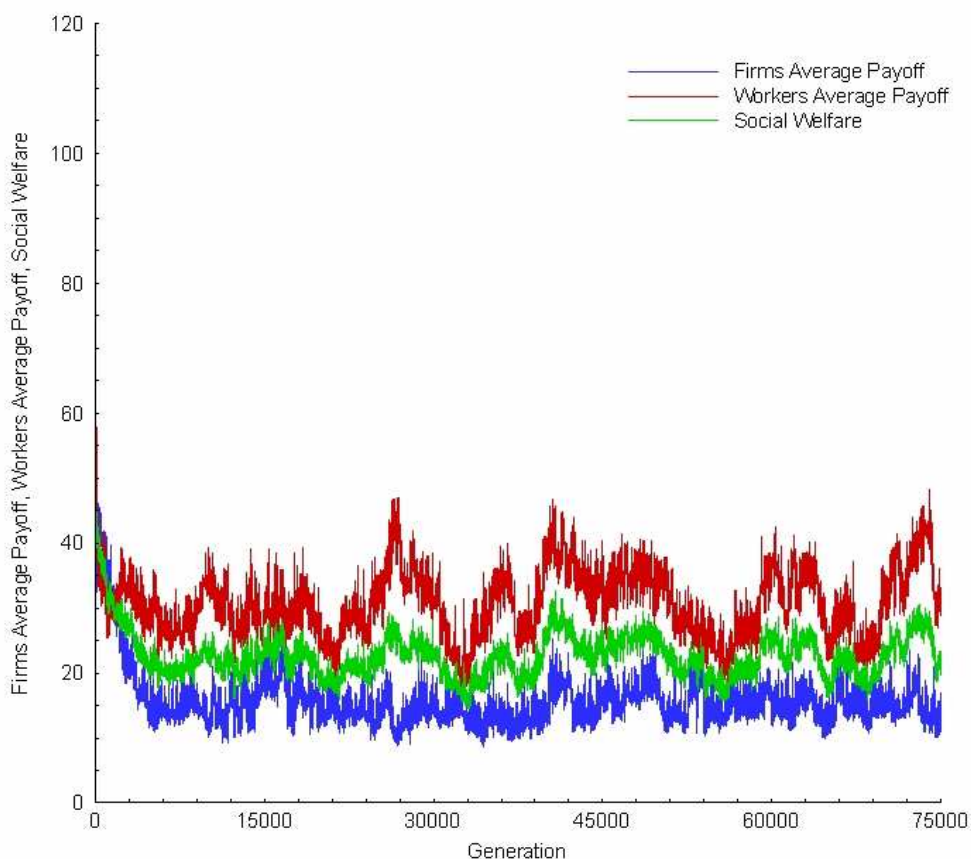
mínimos, excepto no modelo em que os seus efeitos são contrariados pela existência de comportamentos simultaneamente recíprocos e competitivos.

### **3.4.3 Memória e Reciprocidade**

A única diferença entre este modelo e o MCR é o facto de o emparelhamento entre trabalhadores e empresas estar fixo desde a primeira iteração até ao final da experiência (v. Tabela XI).

Este modelo mostra que o efeito da reciprocidade na mediana dos salários é similar, apesar de um pouco inferior, ao efeito da competição (31.58). No entanto, o impacto dos níveis de esforço são mais discretos (0.16).

**Gráfico IV: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória e Reciprocidade”**



Conclui-se que a competição e reciprocidade têm efeitos idênticos sobre os salários, mas sobre o esforço é a competição que demonstra ter um papel determinante na obtenção de melhores resultados. Esta conclusão advém do facto de a reciprocidade se manifestar ao nível da função de reacção dos trabalhadores.

É também visível que no tratamento com apenas 2 agentes, onde a própria natureza do tratamento impõe ausência de competição, o efeito da reciprocidade sobre a mediana do salário é idêntico ao resultado obtido no mesmo tratamento dos modelos MC e M, sem

reciprocidade (20.0), o que demonstra que por si só a reciprocidade não é suficiente para atingir os melhores resultados obtidos no modelo MCR.

Os resultados obtidos demonstram o impacto da existência de comportamentos cooperativos numa relação laboral em que os contratos são incompletos. A propensão dos trabalhadores para reciprocitar é proporcional ao valor de um dos componentes da sua função de esforço e à inclinação do termo de reacção ao salário<sup>20</sup>. No entanto, apesar de as empresas não terem qualquer termo que reflecta directamente um comportamento cooperativo, o nível de esforço escolhido pelos trabalhadores influencia a utilidade das empresas, condicionando a escolha dessas regras no futuro. Não há por parte da empresa uma resposta a uma acção, mas as suas decisões não são completamente independentes da acção dos trabalhadores.

Nos últimos dois modelos analisados, MC e MR, verifica-se que os resultados individuais e sociais são inferiores aos obtidos na experiência MCR, apesar de as empresas e os trabalhadores reduzirem o valor das suas ofertas medianas.

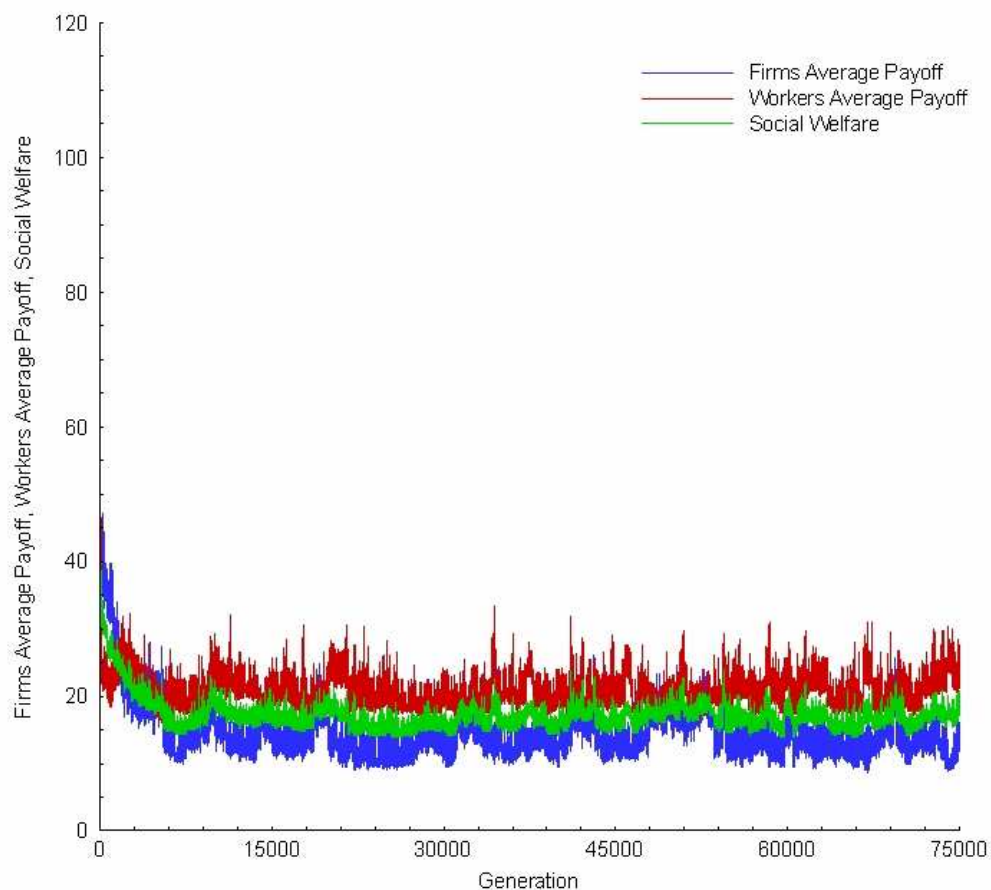
#### **3.4.4 Memória**

Como já foi referido anteriormente e segundo as palavras de Schelling (1978), as actividades humanas são caracterizadas pelo comportamento individual influenciado pelo comportamento de outros, pela importância atribuída às suas atitudes ou por ambos. Neste modelo (v. Tabela XII) é possível constatar o significado desta frase. Uma vez que não há competição nem reciprocidade, as interacções entre os agentes baseiam-se unicamente na sua memória. Assim, os resultados no longo prazo convergem para os valores mínimos, com excepção do tratamento com probabilidade de mutação igual a 0.1, devido às suas características quase aleatórias já apresentadas anteriormente.

---

<sup>20</sup>  $b \times \left( \frac{1-a}{100} \right)$ .

**Gráfico V: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória”**



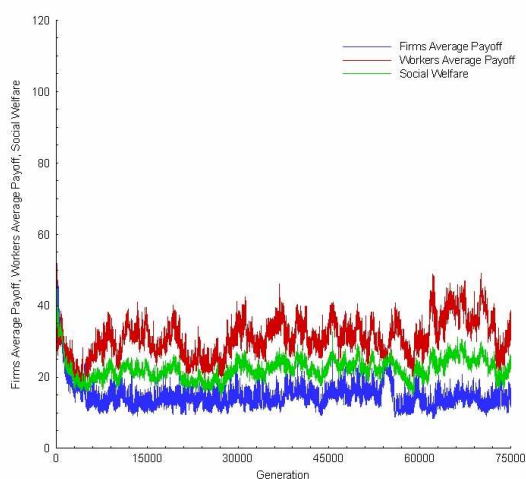
Conclui-se que, para obter bons resultados, é necessário que haja competição e, ou, uma função de resposta que faça aumentar as ofertas e, concomitantemente, as utilidades individuais e o bem-estar social.

### 3.4.5 Memória e Reciprocidade Emergente

Este modelo (v. Tabela XIII) tem como principal característica o facto de a função de reacção dos trabalhadores ser inicialmente igual a  $0^{21}$ . Assim, a reciprocidade é “realmente” emergente desde a primeira iteração, ao contrário da experiência MR, em que desde o início existe uma predisposição para reciprocitar (com  $b \neq 0$ ).

No tratamento base, o efeito da reciprocidade emergente sobre o nível das medianas dos salários é ligeiramente superior ao efeito verificado no modelo MR (34.75) e igual para o esforço (0.16). Em todos os outros tratamentos os resultados são semelhantes aos obtidos no modelo MR.

**Gráfico VI: Resultados individuais e agregados do Modelo “Reciprocidade Emergente”**



---

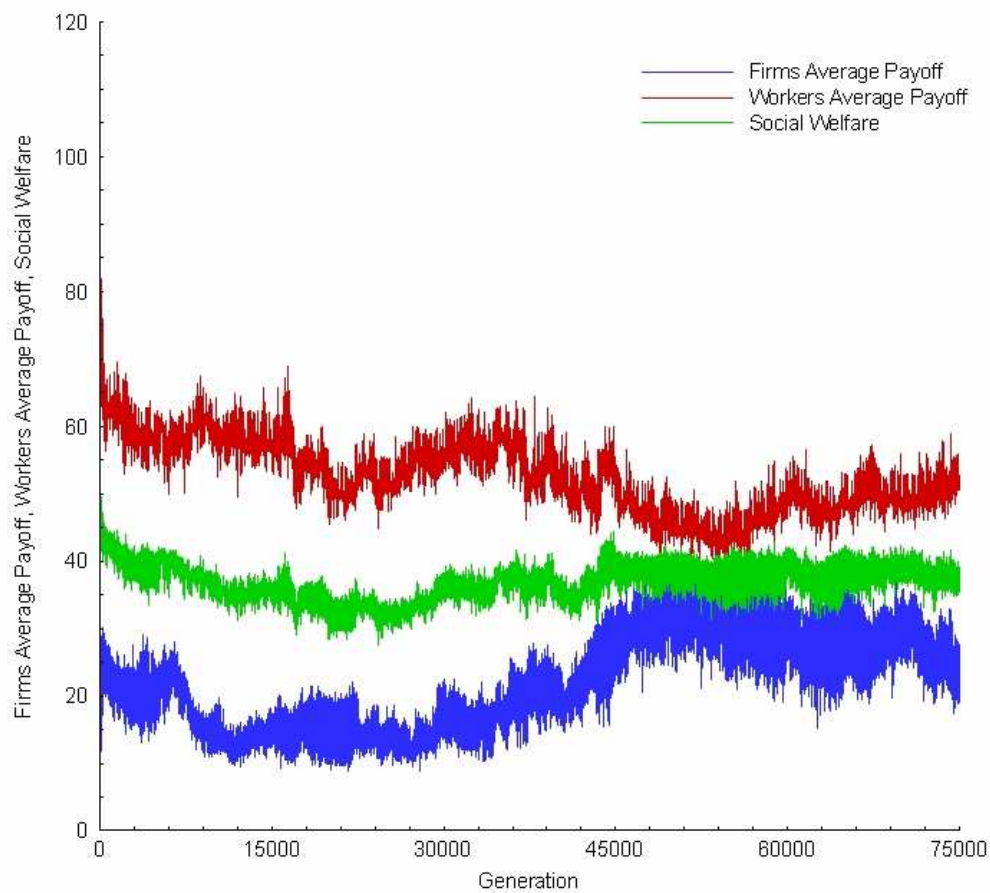
<sup>21</sup>  $e = a + b \times \left( \frac{1-a}{100} \right) \times (w - 20)$ , com  $b=0$ .

Conclui-se, portanto, que em ambos os modelos existe reciprocidade é de facto emergente, apesar da pequena alteração na construção do código que permite aos trabalhadores definir a emergência desde o primeiro *matching*.

#### **3.4.6 Desemprego voluntário**

Depois de introduzir no modelo a possibilidade de desemprego é o tratamento com o nível de subsídio mais alto ( $SD=30$ ) aquele que atinge os valores de eficiência mais elevados no longo prazo.

**Gráfico VII: Resultados individuais e agregados do Modelo “Memória, Competição e Reciprocidade com Desemprego” (Subsídio Desemprego = 30)**



No curto prazo, são os tratamentos com o menor nível de subsídio os que obtêm os melhores resultados sociais. Mas estes ganhos de eficiência, bem-estar social e de utilidade gerais, nomeadamente por parte dos trabalhadores, são alcançados em detrimento dos lucros das empresas e de um pequeno número de desempregados e empresas inactivas no longo prazo.

**Tabela VIII: Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade com Desemprego"**

	CURTO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	56.12 ( 28.07 )	0.62 ( 0.24 )	36.50	45.04	41.46	41.85	0.0%	83.70	70.9%	
Subsídio de Desemprego = 15	62.98 ( 28.11 )	0.58 ( 0.26 )	29.83	53.15	41.31	41.65	0.0%	83.01	70.3%	
Subsídio de Desemprego = 30	63.88 ( 33.61 )	0.53 ( 0.31 )	22.84	58.40	40.51	40.86	16.7%	77.25	65.5%	
	MÉDIO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	39.50 ( 13.51 )	0.40 ( 0.20 )	31.68	32.75	32.15	32.41	0.0%	64.81	54.9%	
Subsídio de Desemprego = 15	46.58 ( 14.74 )	0.40 ( 0.19 )	28.40	40.65	34.04	34.25	0.0%	68.49	58.0%	
Subsídio de Desemprego = 30	59.00 ( 14.25 )	0.38 ( 0.20 )	22.18	52.83	37.64	37.94	0.0%	75.61	64.1%	
	LONGO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	41.38 ( 16.64 )	0.38 ( 0.19 )	28.20	35.75	32.35	32.57	0.0%	65.14	55.2%	
Subsídio de Desemprego = 15	48.96 ( 15.27 )	0.41 ( 0.21 )	26.99	42.00	34.95	35.15	0.0%	70.30	59.6%	
Subsídio de Desemprego = 30	57.33 ( 13.81 )	0.35 ( 0.19 )	21.16	51.67	36.91	37.23	0.0%	74.47	63.1%	

Os resultados apresentados nas Tabelas VIII e XIV-XVI demonstram que os valores medianos de bem-estar e eficiência são superiores aos verificados nos tratamentos sem desemprego. A justificação deve-se ao facto de as empresas serem muito mais sensíveis a rejeições e, por isso, excluïrem do seu repertório as regras que provocam inactividade – as ofertas salariais mais baixas – e conseqüente utilidade nula. O processo de aprendizagem que elimina as ofertas salariais que conduzem a esse cenário faz com que o nível de salários medianos no longo prazo seja superior ao dos modelos sem desemprego, como se pode constatar na comparação entre as Tabelas VIII e XIV-XVI e as Tabelas IX-XII.

Conclui-se que a existência de um mecanismo como o subsídio de desemprego provoca uma alteração dos comportamentos individuais, com efeitos determinantes para a análise sistémica do mercado de trabalho. Assim, a possibilidade de existência de desemprego e de empresas inactivas faz aumentar significativamente as ofertas salariais das empresas, apesar de não ter um impacto tão claro como no esforço dispendido pelos trabalhadores. No entanto, seria interessante proceder a outros estudos, mais próximos da realidade, onde, por

exemplo, as empresas pudessem empregar mais do que um trabalhador o que permitiria obter resultados, também eles, mais ajustados à realidade.

### 3.4.7 Conclusões

Os modelos computacionais do mercado de trabalho caracterizam-se pelas seguintes especificações: endogeneidade e aleatoriedade das ofertas e um processo de selecção de mercado que elimina os agentes que não atinjam bons resultados comparados. Por outro lado, é interessante verificar o impacto dos efeitos das políticas laborais na endogeneidade da função de *matching* e confirmar que a função exógena nem sempre é o instrumento apropriado para avaliar estas políticas. Simular os efeitos de diferentes factores (memória, competição, reciprocidade e desemprego) permite compreender as alterações que se dão ao nível das funções dos agentes e nos resultados dos diferentes emparelhamentos, com consequências na avaliação de políticas.

Para os autores neoclássicos, o equilíbrio é o ponto sobre o qual o agente racional se mantém. Mesmo quando colocada a hipótese de adaptação durante o processo evolutivo, o agente, mesmo não sendo perfeitamente racional, age “como se” fosse. Mas alguns autores contradisseram esta ideia, nomeadamente Alchian<sup>22</sup> que considerava a racionalidade uma consequência do funcionamento dos mercados concorrenciais e não um pressuposto da racionalidade individual. Desta forma, os comportamentos eficientes perduravam e surgiria uma tendência para a existência de escolhas optimizadoras. No modelo apresentado ao longo deste trabalho, os agentes recorrem a um processo de tentativa e erro para assim melhorarem as suas regras. Segundo Alchian, o comportamento dos agentes não tem necessariamente de convergir para um equilíbrio compatível com o descrito pelos pressupostos da racionalidade perfeita. Contudo, nem todos os autores defendem esta ideia<sup>23</sup>.

A análise dos resultados obtidos permite concluir que os pressupostos neoclássicos conduzem a conclusões que não são confirmadas nem pela evidência empírica,

---

<sup>22</sup> Alchian, A. (1950)

<sup>23</sup> Enke (1951); Friedman (1953) e Lucas (1987)

nomeadamente as experiências laboratoriais, nem pelos resultados das simulações computacionais. Outra conclusão que se pode retirar dos resultados apresentados é que a equidade e a eficiência são realidades que podem coexistir no processo de decisão.

O AG serve para modelar o processo adaptativo através do qual os agentes aprendem e melhoram as suas regras e ajuda também a criar paralelismos com o processo de aprendizagem no âmbito da racionalidade perfeita e das expectativas racionais. Segundo Caldas (2001: 151), os processos adaptativos permitem aos agentes seleccionar regras de decisão que “funcionam bem” e que, como tal, deixam de ser “substancialmente revistas” e, em última análise, conduzem a melhores resultados. No entanto, a economia interessa-se pelos “estados estacionários” dos processos adaptativos “em que é legítimo esperar que o agente sabe ou aprendeu a conhecer as consequências das diferentes acções”, isto é, comporta-se “como se” fosse racional.

Na literatura económica do modelo baseado no agente, o estudo das condições em que os processos adaptativos convergem para equilíbrios compatíveis com os pressupostos da racionalidade está, em grande medida, por fazer. A própria noção de equilíbrio talvez esteja desprovida de significado nos contextos evolutivos em que o conjunto das acções ou das estratégias susceptíveis de serem adoptadas pelos agentes não é finito, situação em que a possibilidade de novidade é constante. A teoria neoclássica coloca a ênfase no equilíbrio e desta forma tem marginalizado o estudo das dinâmicas de equilíbrio. Todavia, estes modelos demonstram que o desequilíbrio não é necessariamente sinónimo de “caos” e de desordem, uma vez que estas dinâmicas são susceptíveis de estudo. Desta forma, e uma vez que a instabilidade e a imprevisibilidade são próprias de um mundo de incerteza em que nem sempre a existência real de equilíbrios se verifica, a simulação multiagentes pode constituir uma ferramenta de grande utilidade no estudo das regularidades dos comportamentos, não necessariamente baseados na racionalidade e no equilíbrio.

As conclusões retiradas deste trabalho sugerem que o estudo das propriedades de convergência dos sistemas adaptativos baseados no AG apresenta conclusões que fazem desta área de investigação um importante contributo para perceber os processos de aprendizagem e as regularidades dos modelos sem um equilíbrio apriorístico. Seria no entanto interessante analisar se as estimações das funções de emparelhamento geradas pelos

agentes computacionais apresentariam os mesmos parâmetros quando comparadas com uma análise que não impusesse, à partida, uma estrutura do mercado de trabalho.

## 4 Conclusão e Futuras Direcções

Um ramo da ciência económica prevê que o interesse próprio, por si só, justifique a acção dos indivíduos e, em concordância, criou os pressupostos sobre os quais ainda assenta a teoria neoclássica. No entanto, a estrutura teórica sobre a qual foi edificada a ciência não responde satisfatoriamente à heterogeneidade própria da realidade.

Esta dificuldade em integrar a heterogeneidade, quer a um nível comportamental, quer das próprias características dos indivíduos, levou a uma crescente complexificação dos modelos, imposta pelos pressupostos de racionalidade e os concomitantes requisitos de conhecimento, informação e capacidade computacional atribuídos aos agentes. Mas o esforço de aproximação à realidade, sobretudo através da interdependência entre os agentes, levou a teoria económica a considerar o comportamento dos agentes apenas “como se” fossem racionais.

Se à racionalidade limitada de Simon – onde a escolha do agente é vista de uma forma estática e como um fenómeno individual – forem aplicados os conceitos de aprendizagem e de sociabilidade de Holland, o modelo torna-se indutivo e é enriquecido com agentes com racionalidade limitada, que vivem em ignorância parcial, incerteza e sujeitos à surpresa, mas que aprendem com as regularidades do contexto social em que habitam. Este processo de aprendizagem por reforço faz com que os agentes reafirmem ou substituam as suas crenças.

Como refere Roth (2002), os recentes avanços dos métodos experimentais e da teoria dos jogos que recorrem à comparação entre indivíduos e agentes computacionais, permitem aos economistas estudar uma multiplicidade de complexos fenómenos associados a economias de mercado descentralizadas. O aproveitamento de sinergias entre as experiências laboratoriais com indivíduos e as experiências com agentes computacionais, através de desenhos experimentais paralelos, pode impulsionar a disciplina para um patamar até agora desconhecido. Assim, deverão ser estudados outros desenhos

experimentais que permitam, através de uma comparação válida, calibrar as experiências computacionais à evidência empírica.

O salário médio obtido na experiência de Silva (2002) foi de cerca de 60 e o nível de esforço médio de 0.46, ao fim de 12 períodos para o tratamento sem ofensas. Estes resultados são semelhantes aos resultados salariais de curto prazo encontrados na simulação MC descrita na subsecção 3.4.1. No tratamento com ofertas e ofensas, os resultados médios obtidos por Silva (2002) - salário de 40.8 e esforço 0.44 - aproximam-se dos obtidos na simulação computacional com competição e reciprocidade (MCR), no longo prazo. Tal como Arifovic (1996) e Duffy (2001) haviam concluído, as características dos resultados das experiências entre agentes humanos e computacionais são idênticas.

Ao convergir para os resultados obtidos no âmbito das experiências da economia experimental, o comportamento dos agentes nas experiências apresentadas ao longo deste trabalho não é explicado unicamente pelo interesse individual. No contexto em que decorrem as relações laborais, constata-se que a competição, a reciprocidade e a possibilidade de desemprego têm efeitos positivos nos níveis das medianas de bem-estar e eficiência, facto que promove a cooperação entre empresas e trabalhadores.

A agregação de interacções emerge automaticamente nestes modelos, longe do que poderia imaginar o “*armchair economist*”<sup>24</sup>. O modelo computacional procura nos resultados obtidos um padrão que se adapte à evidência empírica, nomeadamente a comportamentos cooperativos, à concorrência e ao desemprego e não tem de incluir necessariamente um equilíbrio estável. Schelling (1978) argumenta que não há qualquer presunção de que o comportamento baseado no interesse próprio dos indivíduos deva, habitualmente, conduzir a resultados colectivamente satisfatórios, em particular, o equilíbrio. Também para Axtell (1999), a existência de equilíbrio torna-se trivial nestes modelos e a importância recai sobre a selecção do equilíbrio. O equilíbrio obtido nestes modelos é sempre muito particular, uma vez que de interacção para interacção as características podem variar. Os modelos computacionais baseados no agente têm como características comuns a racionalidade limitada e o equilíbrio inatingível, no entanto, se é difícil formalizar o não-equilíbrio analiticamente, estes modelos têm a capacidade de

---

<sup>24</sup> Segundo a expressão de Simon (1986).

ultrapassar essa questão e estudar a sua dinâmica. Segundo Rust<sup>25</sup>, a dificuldade de computação do equilíbrio geral deve ser ultrapassada pela construção de computações que permitam reproduzir a economia real, de uma forma emergente e através de modelos baseados no agente.

A simulação computacional de modelos com comportamentos complexos é um indubitável contributo para a modelação, uma vez que permite a interacção entre mais variáveis ou não-linearidades. Considerando que os modelos estão subdeterminados quando comparados com a realidade que procuram descrever, é possível reconstituir a teoria económica com uma maior aderência à realidade através da construção de um modelo de acção mais sofisticado. Para isso, pode ser conferida estrutura aos seus componentes e aos pressupostos subjacentes, através de um modelo de acção relativamente simples e do complexo, mas simplificado, sistema comportamental resultado da interacção dos indivíduos. Este tipo de modelos é um primeiro passo na direcção de uma teoria da empresa mais realista, onde os fundamentos micro estão explicitados, os agentes são heterogéneos, têm capacidades cognitivas limitadas e interagem localmente num ambiente em constante mutação. Esta abordagem tem demonstrado produzir resultados empiricamente robustos, mas tecnicamente só é possível alcançar estes resultados através da utilização dos computadores que, ao longo dos tempos, têm sido utilizados para ajudar os economistas a resolver equações, a ultrapassar os problemas da programação matemática através de técnicas de microsimulação e a superar a dificuldade inerente à simulação de modelos macroeconómicos e à agregação de variáveis. Este trabalho procura demonstrar que é na análise da relação do comportamento do agente individual com o comportamento do sistema que residem as principais promessas de ganho.

O agente representativo como simplificação para obtenção de regularidades não justifica a sua utilização exclusiva. O mesmo quer dizer que se deixarmos cair a chave num sítio escuro não a devemos procurar apenas sob a luz do candeeiro, apenas porque é onde se vê melhor. Mas o AG permitiu a interpretação comportamental da interacção entre agentes, apesar de ser uma simplificação da realidade social, com todas as restrições associadas. Por

---

<sup>25</sup> Rust (1996), citado em Axtell (2000).

outro lado, e apesar da relativa complexidade que caracteriza o AG, “executar muitas simulações e ver o que acontece é um exercício frustrante e finalmente improdutivo, a não ser que se possa criar um ‘modelo do modelo’ que nos permita compreender o que se passa”, segundo Krugman (1996). A simulação computacional não deve ser encarada como uma solução às outras técnicas de modelação, mas antes uma outra forma de verificar as implicações das construções teóricas.

Assim, entre as particularidades das economias modeladas através do ACE encontra-se a capacidade construtiva das interações de agentes autónomos e adaptativos. Estes agentes sofrem necessariamente com as restrições impostas inicialmente pelo modelador. Todavia, o dinamismo do processo económico é governado pelas interações entre agentes, e não por um qualquer sistema de equações imposto exogenamente, e o estado da economia num determinado momento temporal é dado pelos atributos internos dos agentes individuais que constituem a população. Este tipo de descrição dinâmica pode contribuir para uma maior transparência da própria modelação, com os consequentes impactos sobre o trabalho de economistas e demais cientistas sociais. De facto, um número crescente de resultados computacionais e a própria evidência empírica sugerem que os comportamentos individuais podem gerar complexas regularidades macroeconómicas.

Os economistas têm vindo a afastar-se da interpretação de ordem e equilíbrio como sinónimos e, cada vez mais, analisam as decisões como o resultado do processo evolutivo de tentativa e erro. Nas simulações computacionais, como na economia do trabalho, a ordem não deve ser procurada na racionalidade enquanto pressuposto, mas antes na forma como as regularidades sociais emergentes influenciam os comportamentos dos agentes.

#### **4.1 Para onde vai a Economia?**

A questão central sobre a dinâmica evolucionista é saber até que ponto esta pode, ou deve, substituir as teorias económicas tradicionais. A matriz ACE pode encorajar os economistas a lidar com questões como o crescimento, o emprego e o bem-estar de uma forma mais compreensiva e que envolva uma variedade de factores económicos, sociais,

políticos e psicológicos. Outra análise interessante a fazer seria, por exemplo, estudar o modelo altamente estilizado, com agentes homogêneos e preferências fixas, através do estudo sistemático de uma modelação com agentes heterogêneos e limitadamente racionais. Seriam os resultados obtidos uma reprodução dos resultados analíticos conhecidos e uma primeira validação do seu desempenho? Seria interessante estudar até que ponto os resultados obtidos com parâmetros definidos e pelas funções geradas pelos agentes computacionais seriam idênticos aos de um modelo que não impusesse, à partida, uma estrutura fixa do mercado de trabalho. Assim, o modelo ACE pode tornar-se uma ferramenta para a compreensão de fenómenos que a teoria mais formal não consegue explicar.

Neste trabalho foi adoptada a metodologia comparativa entre experiências com agentes reais e computacionais, no entanto, certos desafios ainda se colocam à investigação ACE nesta área. Por um lado, é necessário garantir que as experiências paralelas são verdadeiramente paralelas, para que seja possível a comparação entre ambas as experiências e, conseqüentemente, se obtenham resultados robustos. Por outro lado, a “sombra do passado”, por exemplo idiosincrasias ou preconceitos sobre as relações com os outros agentes, pode influenciar os resultados experimentais com agentes reais, de uma forma que pode não ser possível reproduzir na totalidade pelos investigadores. O horizonte temporal das experiências computacionais também pode ser determinado por forma a diminuir a dependência relativamente às condições iniciais e, assim, fornecer a melhor aproximação aos processos económicos observados.

As potencialidades das simulações computacionais podem ser utilizadas no âmbito da economia do trabalho. Através dos princípios e interesses comuns, seria possível estudar o comportamento do mercado de trabalho perante um ambiente dinâmico e em constante evolução. Assim, conceitos como a rotatividade, a experiência, a senioridade, os rendimentos ou o desemprego, poderiam ser testados perante a evolução das condições iniciais do mercado, das suas características emergentes e de um constante processo de aprendizagem.

O caminho a percorrer é longo mas promissor.

## Bibliografia

- Abell, P. (1996), Teoria Sociológica e Teoria da Escolha Racional, in *Teoria Social*, ed. Turner, B. S., Blackwell.
- Akerlof, G. (1982), Labor Contracts as Partial Gift Exchange, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 97, pp. 543-69.
- Alchian, A. (1950), Uncertainty, evolution and Economic Theory, *Journal of Political Economy*, 58: 211-221.
- Andreoni, J. e Miller, John H. (1995), Auctions with Artificial Adaptive Agents, *Games and Economic Behavior* 10, 39-65.
- Arifovic, J. (1994), Genetic Algorithm Learning and the Cobweb Model, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 3-28.
- Arifovic, J. (1996), The Behavior of the Exchange Rate in the Genetic Algorithm and Experimental Economics, *Journal of Political Economy*, 104, 510-541.
- Arifovic, J., e Eaton, C. (1995), Coordination via genetic learning, *Computational Economics*, 8, 181-203.
- Arrow, K. J. e Debreu, G. (1954), The Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, *Econometrica*, vol. XXII, pp. 265-90.
- Arthur, W. B. (1991), Designing Economic Agents that Act like Human Agents: A Behavioral Approach to Bounded Rationality, *American Economic Review*, 81, 353-359.
- Arthur, W. B. (1994), Inductive reasoning and bounded rationality, *American Economic Review*, papers e proceedings, 84 (2): 406-11
- Arthur, W. B., Durlauf, S. N., e Lane, D. A., eds., (1997), *The economy as an evolving complex system II*, Proceedings Vol. XXVII, SFI Studies in the Sciences of Complexity, Reading, MA: Addison-Wesley, Reading, MA.

- Axelrod, R. (1997), *The Complexity of Cooperation*, New Jersey: Princeton University Press.
- Axtell, R. (1999), The Emergence of Firms in a Population of Agents: Local Increasing Returns, Unstable Nash Equilibria, and Power Law Size Distributions, *Center on Social and Economic Dynamics*, Working Paper No. 3.
- Axtell, R. (2000), Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences, *Center on Social e Economic Dynamics*, Working Paper No. 17.
- Barnes, B. (2001), The Macro/Micro Problem and the Problem of Structure and Agency, in *Handbook of Social Theory*, ed. Ritzer, G. e Smart, B., London: SAGE Publications.
- Batten, D. (2000), *Discovering artificial economics: How agents learn and economies evolve*, Boulder, CO: Westview Press.
- Binmore, K. (1998), Recensão de Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration (Axelrod, 1997), *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 1, 1, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/1/1/review1.html>.
- Cadenhead, R. e Lemay, L. (2003), *Sams Teach Yourself Java 2 in 21 Days*, Professional Reference Edition, Third Edition.
- Caldas, J. (2001), *Escolha e Instituições: Análise Económica e Simulação Multiagentes*, Celta Editora, Oeiras.
- Caldas, J. (2002), *A modelação matemática da escolha e da aprendizagem em Economia*, in 2000 Matemática Radical: Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Matemática.
- Castelfranchi, C. (1998), Emergence and cognition: towards a synthetic paradigm in AI and cognitive science, in *Progress in AI – IBERAMIA98*, Berlim, Spriger-Verlag.
- Chaitin, G. (2000), A Century of Controversy Over the Foundations of Mathematics, *Complexity*, 5, 5: 12-21.
- Chan, N. T., LeBaron, B., Lo, A., e Poggio, T. (1999), Agent-based models of financial markets: A comparison with experimental markets, *MIT Artificial Markets Project*, Paper No. 124.
- Cohen, J. e Stewart, I. (1994), *The collapse of Chaos: Discovering Simplicity in a Complex World*, Londres, Viking, pp.1 e 4.

- Coleman, J. S. (1986), Psychological Structure and Social Structure in Economic Models, pp. S365-S369, *Journal of Business*, vol. 59 (4), pt.2.
- Coleman, J. S. (1994), *Foundations of Social Theory*, Harvard University Press, Paperback edition.
- Day, D. e Chen, P. (1993), *Nonlinear dynamics and evolutionary economics*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Devetag, G. e Louçã, F. (2004), The influence of experimental economics and computational economics: Economics back to the future of social sciences, *Working Papers 2004/10*, Department of Economics, Institute for Economics and Business Administration (ISEG), Technical University of Lisbon.
- Diamond, Peter A. (1982), Wage Determination and Efficiency in Search Equilibrium, *Review of Economic Studies*, vol. 49, 2, 217-27.
- Duffy, J. (2001), Learning to speculate: Experiments with artificial and real agents, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25, 295–319.
- Duffy, J. (2004), Agent-based Models and Human Subject Experiments, in ed. K. L. Judd and L. Tesfatsion, *Handbook of Computational Economics*, vol. 2, Amsterdam: Elsevier.
- Enke, S. (1951), On maximizing profits: a distinction between Chamberlin and Robinson, *American Economic Review*, 41:3, pp. 566-578.
- Epstein, J. M. (2001), Learning to be thoughtless: Social norms and individual computation, *Computational Economics*, 18, 9–24.
- Epstein, J. M. e Axtell, R. (1996), *Growing Artificial Societies: Social Science From The Bottom Up*, Brookings Institution Press, Washigton, D. C., The MIT Press.
- Fehr, E. e Schmidt, K.(1999), A Theory of Fairness, Competition and Cooperation, *Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 114(3), pp. 817-868.
- Fehr, E., Kirchsteiger, G. e Riedl, A. (1998), Gift Exchange and Reciprocity in Competitive Experimental Markets, *European Economic Review*, vol. 42, pp. 1-34.
- Flinn, Christopher J. (1986), Wages and Job Mobility of Young Workers, *The Journal of Political Economy*, vol. 94 (3), part 2, pp. S88-S110.

- Freeman, R. (1998), War of the Models: Which Labour Market Institutions for the 21<sup>st</sup> Century?, *Labour Economics* 5, pp. 1-24.
- Friedman, M. (1953), *Essays in Positive Economics*, Chicago, University of Chicago Press.
- Frohlich, N. e Oppenheimer, J. (2006), Skating on Thin Ice: Cracks in the Public Choice Foundation, *Journal of Theoretical Politics*, vol. 18, 3, pp. 235-266.
- Gibbons, R., (1992), *A Primer in Game Theory*, FT Prentice Hall: Harlow, Engle.
- Giddens, A. (1986), *Central Problems in Social Theory: Action, Structure and Contradiction in Social Analysis*, Londres, MacMillan.
- Gilbert, N. e Terna, P. (1999), How to build and use agent-based models in social science, Discussion Paper, [http://web.econ.unito.it/terna/deposito/gil\\_ter.pdf](http://web.econ.unito.it/terna/deposito/gil_ter.pdf).
- Goldberg, D. E. (1989), *Genetic Algorithms in Search, Optimization, e Machine Learning*, Massachusetts, Addison-Wesley.
- Hayek, F. A. (1948), *Individualism and economic order*, Chicago: University of Chicago Press.
- Holland, J. (1992), *Adaptation in natural and artificial systems*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Hollis, M. (1994), *The Philosophy of social science – an introduction*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Jovanovic, B. (1979), Firm-Specific Capital and Turnover, *Journal of Political Economy*, vol. 87 (6), pp. 1246-1260.
- Jovanovic, B. (1979), Job Matching and the Theory of Turnover, *Journal of Political Economy*, vol. 87 (5), part 1, pp. 972-990.
- Jovanovic, B. e Nyarko, Y. (1994), *The Bayesian Foundations of Learning by Doing*, C.V. Starr Center for Applied Economics, New York University.
- Kahneman, D. e Tversky, A. (1979), Prospect Theory: An analysis of decisions under risk, *Econometrica*, 47:2, pp. 263-91.
- Kirman, A. P. (1992), Whom or what does the representative agent represent, *Journal of Economic Perspectives*, 6 (2): 117: 36
- Kreps, D. e R. Wilson (1982), Sequential Equilibrium, *Econometrica*, 50, pp. 863-94.
- Krugman, P. (1996), *The self-organizing economy*, Cambridge, MA: Blackwell Publishers.

- Krugman, P. (1996), *What Economists Can Learn From Evolutionary Theorists*, <http://www.mit.edu/~krugman/evolute.html>.
- Lucas, R. (1987), Adaptive behaviour and economic theory, in Hogarth, M. R. e Reder, M. (orgs.), *Rational Choice: The Contrast Between Economics and Psychology*, Chicago, University Chicago Press.
- Marimon, R., McGrattan, E., e Sargent, T. J. (1990), Money as a medium of exchange in an economy with artificially intelligent agents, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 14, 329–373.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D. e Green, J. R. (1995), *Microeconomic Theory*, NY: Oxford University Press.
- Miller, J. H., e Andreoni, J. (1990), A coevolutionary model of free riding behavior: Replicator dynamics as an explanation of the experimental results, Santa Fe Institute Working Paper, Santa Fe, New Mexico.
- Nelson, R., e S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press.
- Neugart, M. (2004), Endogenous matching functions: An agent-based computational approach, *Advances in Complex Systems*, 7, pp. 187-202.
- Olsen, M. (1965), *The logic of collective action*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Parsons, T. (1954), *Essays in Sociological Theory Pure and Applied*, ed. revista Nova Iorque: Free Press.
- Pingle, M., e Tesfatsion, L. (2001), *Non-employment benefits and the evolution of worker-employer cooperation: Experiments with real and computational agents*, Economic Report, 55, Iowa State University, Ames, Iowa, <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/sce2001.pdf>.
- Pingle, M., e Tesfatsion, L. (2003), Evolution of Worker-Employer Networks e Behaviors Under Alternative Non-Employment Benefits: An agent-based computational study, *Contribution for Innovations in Financial and Economic Networks*, ed. Anna Nagurney.
- Plummer, K. (1996), *O Interaccionismo Simbólico no Século XX: A Emergência da Teoria Social Empírica*, in *Teoria Social*, ed. Turner, B. S., Blackwell.

- Rabin, M. (1998), Psychology and Economics, *Journal of Economic Literature*, 36, March, pp. 11-46.
- Rosen, S. (1986), The Theory of Equalizing Differences, in *Handbook of Labor Economics*, vol. 1, pp. 641-692, ed. Ashenfelter, O. and Layard, R., Amsterdam: Elsevier.
- Rosenberg, A. (1976), On the interanimation of micro and macroeconomics, in ed. Hausman, D., *The philosophy of economics: an anthology*, New York, Cambridge University Press.
- Roth, A. (2002), The Economist as Engineer: Game Theory, Experimentation, and Computation as Tools for Design Economics, *Econometrica* 70, 1341-1378.
- Roth, A. E. (1995), Introduction to experimental economics, in Kagel, J. H., and Roth, A. E., eds., *Handbook of Experimental Economics* (pp. 1–109), Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Rust, J. (1996), *Dealing with the Complexity of Economic Calculations*, Invited paper for workshop on Fundamental Limits to Knowledge in Economic, Santa Fe Institute.
- Sargent, T. (1995), Bounded rationality in macroeconomics, *Southern Economic Journal*, 62, 1, pp. 298-299.
- Schelling, T. C. (1978), *Micromotives and macrobehavior*, New York, NY: W. W. Norton and Co.
- Sen, A. K. (1974), Informational bases of alternative welfare approaches: Aggregation of income distribution, *Journal of Public Economics*, 3, 387-403.
- Silva, N. (2002), *Economia Experimental: Homo Reciprocans no Mercado de Trabalho*, Tese de Mestrado em Economia, Instituto Superior de Economia e Gestão.
- Simon, H. (1955), A behavioural model of rational choice, *Quarterly Journal of Economics*, 69, pp. 99-118
- Simon, H. (1956), Rational Choice and the Structure of the Environment, *Psychological Review*, 63, pp. 129-138.
- Simon, H. A., (1986), The Failure of Armchair Economics, *Challenge*, 29 (5): 18-25.
- Smith, A. (1937), *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*, New York, NY: Cannan Edition, American Modern Library Series.

- Smith, V. (1991), Rational Choice: The Contrast Between Economics and Psychology, *Journal of Political Economy*, 99 (4), pp. 877-897.
- Tesfatsion, L. (2001), Guest Editor, Special Issue on Agent-Based Computational Economics, *Computational Economics*, Vol. 18, No. 1.
- Tesfatsion, L. (2001c), Guest Editor, Special Issue on Agent-Based Computational Economics, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 25, No. 3-4, March.
- Tesfatsion, L. (2001d), Guest Editor, Special Issue on the Agent-Based Modeling of Evolutionary Economic Systems, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 5, No. 5, October.
- Tesfatsion, L. (2003), *Agent-Based Computational Economics*, Department of Economics, Iowa State University, <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/>, ISU Economics Working Paper No. 1, Revised August 24, 2003.
- Topel, Robert H. e Ward, Michael P. (1992), Job Mobility and the Careers of Young Men, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 107 (2), pp. 439-479.
- Tversky, A. e Kahneman, D. (1986), Rational Choice and the Framing of Decisions, *Journal of Business*, 59 (4), part 2, pp. S251-S278.
- Vanberg, V. (1994), *Rules and Choice in Economics*, Londres, Routledge.
- Weibull, J. (1997), *Evolutionary Game Theory*, Cambridge, Mass./London, Engle, MIT Press.
- Wooldridge, M. e N. R. Jennings (1995), Intelligent agents: theory and practice, *Knowledge Engineering Review*, vol. 10(2): 115-152.
- Young, H. P. (1998), *Individual strategy and social structure*, Princeton, NJ: Princeton University Press.

## **Anexos**

**Tabela IX: Modelo "Memória, Competição e Reciprocidade"**

	CURTO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>57.79</u> ( <u>28.90</u> )	<u>0.62</u> ( <u>0.24</u> )	<u>36.34</u>	<u>46.85</u>	<u>41.55</u>	<u>42.01</u>	<u>84.02</u>	<u>71.2%</u>	
Probabilidade mutação = 0.1	60.96 ( 29.03 )	0.63 ( 0.24 )	34.56	49.88	42.16	42.59	85.18	72.2%	
Populações com 1 agente	47.00 ( 0.00 )	0.70 ( 0.00 )	32.90	38.50	39.03	44.20	88.40	74.9%	
Populações com 6 agentes	58.25 ( 26.78 )	0.60 ( 0.23 )	34.47	48.00	40.71	41.54	83.09	70.4%	
Crossover de 20 em 20 períodos	50.52 ( 18.73 )	0.53 ( 0.23 )	35.18	41.19	38.74	39.00	78.01	66.1%	
Agentes compostos por 8 regras	48.98 ( 19.38 )	0.55 ( 0.23 )	37.39	39.85	39.15	39.48	78.97	66.9%	
Crossover de 5 em 5 períodos	52.85 ( 25.75 )	0.60 ( 0.24 )	37.92	42.00	40.43	40.82	81.65	69.2%	
Probabilidade mutação = 0.0015	59.81 ( 28.97 )	0.61 ( 0.24 )	35.20	48.98	41.46	41.90	83.79	71.0%	
<b>Agentes compostos por 16 regras</b>	<u>52.04</u> ( <u>24.34</u> )	<u>0.59</u> ( <u>0.24</u> )	<u>39.07</u>	<u>42.44</u>	<u>40.38</u>	<u>40.75</u>	<u>81.50</u>	<u>69.1%</u>	
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 )	0.53 ( 0.26 )	52.92	10.98	31.55	31.99	63.98	54.2%	
Esforço mínimo fixo =0.1	67.90 ( 30.00 )	0.10 ( 0.00 )	5.21	65.90	34.92	35.55	71.11	60.3%	
	<b>MÉDIO PRAZO</b>								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>37.67</u> ( <u>14.01</u> )	<u>0.38</u> ( <u>0.19</u> )	<u>30.41</u>	<u>32.19</u>	<u>31.37</u>	<u>31.58</u>	<u>63.15</u>	<u>53.5%</u>	
Probabilidade mutação = 0.1	53.50 ( 26.70 )	0.59 ( 0.24 )	37.33	43.69	40.32	40.66	81.32	68.9%	
Populações com 1 agente	27.00 ( 0.00 )	0.20 ( 0.00 )	12.40	22.50	23.63	26.10	52.20	44.2%	
Populações com 6 agentes	39.83 ( 15.92 )	0.35 ( 0.19 )	27.98	33.00	30.33	30.92	61.83	52.4%	
Crossover de 20 em 20 períodos	45.42 ( 15.08 )	0.29 ( 0.15 )	19.82	40.54	31.28	31.58	63.16	53.5%	
Agentes compostos por 8 regras	49.63 ( 16.01 )	0.39 ( 0.20 )	27.19	43.46	34.85	35.14	70.29	59.6%	
Crossover de 5 em 5 períodos	41.71 ( 16.32 )	0.40 ( 0.20 )	28.81	36.25	32.98	33.21	66.43	56.3%	
Probabilidade mutação = 0.0015	41.23 ( 16.04 )	0.39 ( 0.20 )	28.73	34.50	33.22	33.49	66.97	56.8%	
<b>Agentes compostos por 16 regras</b>	<u>44.92</u> ( <u>14.35</u> )	<u>0.37</u> ( <u>0.18</u> )	<u>28.06</u>	<u>37.81</u>	<u>33.13</u>	<u>33.39</u>	<u>66.79</u>	<u>56.6%</u>	
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%	
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%	
	<b>LONGO PRAZO</b>								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>41.00</u> ( <u>15.15</u> )	<u>0.37</u> ( <u>0.19</u> )	<u>28.09</u>	<u>34.06</u>	<u>32.94</u>	<u>33.16</u>	<u>66.32</u>	<u>56.2%</u>	
Probabilidade mutação = 0.1	52.25 ( 26.68 )	0.58 ( 0.24 )	36.90	42.77	39.61	40.01	80.01	67.8%	
Populações com 1 agente	20.50 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	18.13	18.50	37.00	31.4%	
Populações com 6 agentes	39.00 ( 13.70 )	0.32 ( 0.18 )	25.08	32.67	28.92	29.37	58.73	49.8%	
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%	
Agentes compostos por 8 regras	49.79 ( 15.61 )	0.36 ( 0.18 )	25.83	43.48	33.68	34.00	68.00	57.6%	
Crossover de 5 em 5 períodos	43.83 ( 14.93 )	0.30 ( 0.15 )	21.75	39.17	30.42	30.69	61.39	52.0%	
Probabilidade mutação = 0.0015	44.38 ( 16.10 )	0.37 ( 0.20 )	27.58	38.13	32.65	32.92	65.84	55.8%	
<b>Agentes compostos por 16 regras</b>	<u>44.17</u> ( <u>15.39</u> )	<u>0.38</u> ( <u>0.21</u> )	<u>27.86</u>	<u>38.25</u>	<u>32.79</u>	<u>33.06</u>	<u>66.12</u>	<u>56.0%</u>	
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%	
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 )	0.10 ( 0.00 )	10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%	

**Tabela X: Modelo "Memória e Competição"**

	CURTO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>59.08</u> ( <u>28.58</u> ) <u>0.51</u> ( <u>0.26</u> ) <u>31.40</u>	<u>50.77</u>	<u>40.63</u>	<u>41.05</u>	<u>82.10</u>	<u>69.6%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	61.69 ( 28.97 ) 0.53 ( 0.26 ) 30.60	52.56	41.26	41.72	83.43	70.7%			
Populações com 1 agente	51.50 ( 0.00 ) 0.55 ( 0.00 ) 38.20	44.50	38.33	43.70	87.40	74.1%			
Populações com 6 agentes	58.08 ( 29.14 ) 0.52 ( 0.24 ) 30.54	49.08	40.44	41.26	82.52	69.9%			
Crossover de 20 em 20 períodos	46.19 ( 19.36 ) 0.45 ( 0.24 ) 32.63	39.06	36.11	36.45	72.90	61.8%			
Agentes compostos por 8 regras	46.58 ( 20.88 ) 0.49 ( 0.25 ) 34.94	38.50	37.32	37.63	75.27	63.8%			
Crossover de 5 em 5 períodos	53.69 ( 27.07 ) 0.52 ( 0.26 ) 33.40	45.60	39.28	39.72	79.44	67.3%			
Probabilidade mutação = 0.0015	56.92 ( 28.53 ) 0.54 ( 0.26 ) 33.06	48.25	40.19	40.67	81.33	68.9%			
Agentes compostos por 16 regras	51.52 ( 25.29 ) 0.49 ( 0.26 ) 34.04	42.63	38.68	39.05	78.10	66.2%			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.52 ( 0.26 ) 51.88	11.25	31.02	31.47	62.94	53.3%			
Esforço mínimo fixo =0.1	66.42 ( 28.44 ) 0.10 ( 0.00 ) 5.36	64.42	34.27	34.89	69.77	59.1%			
	MÉDIO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>34.29</u> ( <u>13.58</u> ) <u>0.29</u> ( <u>0.18</u> ) <u>25.04</u>	<u>29.38</u>	<u>27.48</u>	<u>27.67</u>	<u>55.34</u>	<u>46.9%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	52.67 ( 26.64 ) 0.51 ( 0.26 ) 33.91	43.56	38.79	39.17	78.34	66.4%			
Populações com 1 agente	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.00	14.00	28.00	23.7%			
Populações com 6 agentes	31.58 ( 11.70 ) 0.25 ( 0.12 ) 21.45	26.25	24.50	24.89	49.79	42.2%			
Crossover de 20 em 20 períodos	20.29 ( 0.82 ) 0.11 ( 0.03 ) 10.44	18.29	14.47	14.56	29.12	24.7%			
Agentes compostos por 8 regras	32.46 ( 13.17 ) 0.23 ( 0.12 ) 19.92	28.67	25.35	25.55	51.10	43.3%			
Crossover de 5 em 5 períodos	34.21 ( 12.65 ) 0.25 ( 0.14 ) 21.87	29.63	25.41	25.60	51.20	43.4%			
Probabilidade mutação = 0.0015	36.40 ( 13.99 ) 0.32 ( 0.20 ) 27.34	30.83	29.61	29.89	59.77	50.7%			
Agentes compostos por 16 regras	34.71 ( 14.33 ) 0.31 ( 0.19 ) 26.33	30.33	28.01	28.21	56.42	47.8%			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
	LONGO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>32.88</u> ( <u>13.06</u> ) <u>0.32</u> ( <u>0.19</u> ) <u>27.40</u>	<u>27.85</u>	<u>28.24</u>	<u>28.47</u>	<u>56.94</u>	<u>48.3%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	51.50 ( 26.22 ) 0.51 ( 0.26 ) 34.95	43.15	38.71	39.11	78.23	66.3%			
Populações com 1 agente	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.00	14.00	28.00	23.7%			
Populações com 6 agentes	31.17 ( 11.84 ) 0.27 ( 0.19 ) 21.97	26.83	25.17	25.61	51.23	43.4%			
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Agentes compostos por 8 regras	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Crossover de 5 em 5 períodos	29.42 ( 11.89 ) 0.23 ( 0.12 ) 20.38	25.90	23.84	24.04	48.08	40.7%			
Probabilidade mutação = 0.0015	33.21 ( 14.71 ) 0.33 ( 0.20 ) 27.94	28.06	28.21	28.44	56.88	48.2%			
Agentes compostos por 16 regras	32.88 ( 11.27 ) 0.28 ( 0.18 ) 23.39	28.00	26.40	26.62	53.24	45.1%			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			

**Tabela XI: Modelo "Memória e Reciprocidade"**

	CURTO PRAZO							
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.
<b>Tratamento base</b>	<u>60.27</u> ( <u>29.12</u> ) <u>0.59</u> ( <u>0.23</u> ) <u>33.48</u>	<u>49.38</u>	<u>41.73</u>	<u>42.20</u>	<u>84.41</u>	<u>71.5%</u>		
Probabilidade mutação = 0.1	60.27 ( 29.33 ) 0.61 ( 0.24 ) 34.26	50.15	42.10	42.51	85.02	72.1%		
Populações com 1 agente	52.75 ( 0.00 ) 0.70 ( 0.00 ) 36.25	41.50	39.58	46.00	92.00	78.0%		
Populações com 6 agentes	58.46 ( 28.30 ) 0.60 ( 0.24 ) 35.16	48.62	41.45	42.34	84.67	71.8%		
Crossover de 20 em 20 períodos	49.92 ( 18.61 ) 0.54 ( 0.22 ) 36.14	41.06	38.54	38.81	77.63	65.8%		
Agentes compostos por 8 regras	47.19 ( 19.12 ) 0.45 ( 0.19 ) 33.31	39.96	35.60	35.84	71.68	60.7%		
Crossover de 5 em 5 períodos	52.19 ( 26.43 ) 0.61 ( 0.23 ) 39.02	42.21	40.82	41.21	82.41	69.8%		
Probabilidade mutação = 0.0015	57.92 ( 28.69 ) 0.59 ( 0.23 ) 35.42	47.63	41.99	42.41	84.81	71.9%		
<b>Agentes compostos por 16 regras</b>	<u>50.00</u> ( <u>25.23</u> ) <u>0.56</u> ( <u>0.23</u> ) <u>37.66</u>	<u>40.38</u>	<u>39.31</u>	<u>39.61</u>	<u>79.22</u>	<u>67.1%</u>		
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.53 ( 0.27 ) 52.71	11.13	31.49	31.93	63.85	54.1%		
Esforço mínimo fixo =0.1	68.58 ( 29.16 ) 0.10 ( 0.00 ) 5.14	66.58	35.22	35.86	71.73	60.8%		

	MÉDIO PRAZO							
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.
<b>Tratamento base</b>	<u>34.17</u> ( <u>18.27</u> ) <u>0.16</u> ( <u>0.08</u> ) <u>12.87</u>	<u>31.81</u>	<u>21.98</u>	<u>22.16</u>	<u>44.33</u>	<u>37.6%</u>		
Probabilidade mutação = 0.1	52.17 ( 26.49 ) 0.57 ( 0.24 ) 37.23	42.29	39.60	39.98	79.97	67.8%		
Populações com 1 agente	21.50 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	19.50	13.78	15.13	30.25	25.6%		
Populações com 6 agentes	33.08 ( 15.47 ) 0.17 ( 0.08 ) 14.49	30.50	21.51	21.84	43.68	37.0%		
Crossover de 20 em 20 períodos	27.75 ( 13.97 ) 0.12 ( 0.04 ) 10.59	25.42	17.82	17.98	35.97	30.5%		
Agentes compostos por 8 regras	23.17 ( 10.97 ) 0.11 ( 0.03 ) 10.10	21.08	15.71	15.84	31.68	26.8%		
Crossover de 5 em 5 períodos	27.81 ( 15.97 ) 0.13 ( 0.06 ) 11.13	25.27	18.43	18.60	37.20	31.5%		
Probabilidade mutação = 0.0015	35.13 ( 18.03 ) 0.18 ( 0.10 ) 14.12	32.00	23.74	23.92	47.85	40.6%		
<b>Agentes compostos por 16 regras</b>	<u>29.96</u> ( <u>17.15</u> ) <u>0.14</u> ( <u>0.07</u> ) <u>11.29</u>	<u>27.58</u>	<u>19.80</u>	<u>19.96</u>	<u>39.91</u>	<u>33.8%</u>		
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%		
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%		

	LONGO PRAZO							
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.
<b>Tratamento base</b>	<u>31.58</u> ( <u>17.38</u> ) <u>0.16</u> ( <u>0.08</u> ) <u>12.28</u>	<u>29.19</u>	<u>20.99</u>	<u>21.19</u>	<u>42.37</u>	<u>35.9%</u>		
Probabilidade mutação = 0.1	51.69 ( 26.03 ) 0.58 ( 0.24 ) 38.24	41.50	39.94	40.33	80.66	68.4%		
Populações com 1 agente	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.16	14.23	28.45	24.1%		
Populações com 6 agentes	32.00 ( 17.05 ) 0.15 ( 0.07 ) 11.98	29.67	20.40	20.80	41.60	35.3%		
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%		
Agentes compostos por 8 regras	21.58 ( 5.48 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	19.54	14.61	14.71	29.42	24.9%		
Crossover de 5 em 5 períodos	28.83 ( 18.17 ) 0.13 ( 0.08 ) 11.24	26.38	18.94	19.11	38.21	32.4%		
Probabilidade mutação = 0.0015	33.29 ( 18.46 ) 0.18 ( 0.10 ) 15.00	30.29	22.71	22.92	45.84	38.8%		
<b>Agentes compostos por 16 regras</b>	<u>29.63</u> ( <u>17.19</u> ) <u>0.13</u> ( <u>0.07</u> ) <u>10.92</u>	<u>27.42</u>	<u>20.20</u>	<u>20.35</u>	<u>40.70</u>	<u>34.5%</u>		
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%		
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%		

**Tabela XII: Modelo "Memória"**

	CURTO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>58.02</u> ( <u>29.02</u> ) <u>0.51</u> ( <u>0.26</u> ) <u>32.25</u>	<u>49.56</u>	<u>40.80</u>	<u>41.24</u>	<u>82.47</u>	<u>69.9%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	60.50 ( 29.03 ) 0.53 ( 0.26 ) 31.59	51.73	41.43	41.87	83.74	71.0%			
Populações com 1 agente	52.50 ( 0.00 ) 0.40 ( 0.00 ) 24.20	46.75	34.48	39.78	79.55	67.4%			
Populações com 6 agentes	61.21 ( 29.56 ) 0.49 ( 0.27 ) 29.99	54.25	40.83	41.75	83.50	70.8%			
Crossover de 20 em 20 períodos	45.38 ( 0.00 ) 0.43 ( 0.00 ) 31.61	37.94	35.34	35.65	71.30	60.4%			
Agentes compostos por 8 regras	39.23 ( 17.85 ) 0.40 ( 0.22 ) 33.68	32.19	32.32	32.57	65.14	55.2%			
Crossover de 5 em 5 períodos	53.44 ( 26.91 ) 0.50 ( 0.26 ) 32.54	45.73	38.96	39.36	78.71	66.7%			
Probabilidade mutação = 0.0015	60.42 ( 29.30 ) 0.51 ( 0.27 ) 32.27	51.17	41.02	41.45	82.90	70.3%			
Agentes compostos por 16 regras	49.90 ( 26.18 ) 0.50 ( 0.26 ) 34.17	42.63	38.41	38.85	77.70	65.8%			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.54 ( 0.26 ) 53.75	10.83	31.68	32.16	64.31	54.5%			
Esforço mínimo fixo =0.1	69.94 ( 29.22 ) 0.10 ( 0.00 ) 5.01	67.94	35.82	36.47	72.94	61.8%			

	MÉDIO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>21.56</u> ( <u>3.68</u> ) <u>0.12</u> ( <u>0.04</u> ) <u>11.43</u>	<u>19.38</u>	<u>15.85</u>	<u>15.95</u>	<u>31.90</u>	<u>27.0%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	50.65 ( 26.78 ) 0.49 ( 0.26 ) 34.65	42.31	38.43	38.85	77.70	65.8%			
Populações com 1 agente	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.47	14.68	29.35	24.9%			
Populações com 6 agentes	21.25 ( 2.24 ) 0.12 ( 0.04 ) 11.56	19.08	15.70	15.89	31.78	26.9%			
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.31	18.00	14.14	14.23	28.45	24.1%			
Agentes compostos por 8 regras	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Crossover de 5 em 5 períodos	20.08 ( 0.29 ) 0.11 ( 0.03 ) 10.36	18.00	14.35	14.43	28.86	24.5%			
Probabilidade mutação = 0.0015	22.29 ( 4.45 ) 0.13 ( 0.07 ) 12.95	19.85	16.97	17.10	34.20	29.0%			
Agentes compostos por 16 regras	20.38 ( 0.94 ) 0.11 ( 0.03 ) 10.82	18.25	14.64	14.72	29.44	25.0%			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			

	LONGO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<b>Tratamento base</b>	<u>21.13</u> ( <u>1.97</u> ) <u>0.12</u> ( <u>0.04</u> ) <u>11.58</u>	<u>18.85</u>	<u>15.56</u>	<u>15.67</u>	<u>31.34</u>	<u>26.6%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	51.21 ( 26.85 ) 0.49 ( 0.25 ) 33.20	43.06	38.16	38.56	77.13	65.4%			
Populações com 1 agente	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.00	14.00	28.00	23.7%			
Populações com 6 agentes	21.25 ( 2.41 ) 0.12 ( 0.04 ) 11.64	19.08	15.42	15.61	31.23	26.5%			
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Agentes compostos por 8 regras	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Crossover de 5 em 5 períodos	20.21 ( 0.60 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.08	14.69	14.77	29.54	25.0%			
Probabilidade mutação = 0.0015	21.65 ( 3.68 ) 0.13 ( 0.07 ) 13.17	19.17	16.58	16.69	33.38	28.3%			
Agentes compostos por 16 regras	20.21 ( 0.47 ) 0.11 ( 0.03 ) 10.83	18.00	14.78	14.88	29.76	25.2%			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			

**Tabela XIII: Modelo "Memória e Reciprocidade Emergente"**

	CURTO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<u>Tratamento base</u>	<u>58.12</u> ( <u>29.66</u> ) <u>0.51</u> ( <u>0.27</u> ) <u>33.17</u>	<u>49.35</u>	<u>41.23</u>	<u>41.76</u>	<u>83.52</u>	<u>70.8%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	60.46 ( 29.05 ) 0.59 ( 0.24 ) 33.98	49.73	41.91	42.37	84.73	71.8%			
Populações com 1 agente	55.00 ( 0.00 ) 0.40 ( 0.00 ) 20.30	51.00	38.63	43.28	86.55	73.3%			
Populações com 6 agentes	58.29 ( 0.00 ) 0.52 ( 0.00 ) 32.72	49.58	40.01	40.99	81.97	69.5%			
Crossover de 20 em 20 períodos	45.67 ( 19.57 ) 0.44 ( 0.24 ) 31.27	38.44	35.36	35.64	71.28	60.4%			
Agentes compostos por 8 regras	40.35 ( 19.48 ) 0.39 ( 0.22 ) 31.87	34.42	32.41	32.74	65.48	55.5%			
Crossover de 5 em 5 períodos	51.15 ( 27.46 ) 0.49 ( 0.26 ) 34.90	42.83	38.54	38.97	77.93	66.0%			
Probabilidade mutação = 0.0015	58.94 ( 29.41 ) 0.50 ( 0.25 ) 31.36	50.77	40.82	41.30	82.60	70.0%			
<u>Agentes compostos por 16 regras</u>	<u>48.77</u> ( <u>25.25</u> ) <u>0.53</u> ( <u>0.25</u> ) <u>38.05</u>	<u>39.54</u>	<u>39.10</u>	<u>39.50</u>	<u>79.00</u>	<u>66.9%</u>			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.54 ( 0.26 ) 53.75	10.85	31.80	32.24	64.48	54.6%			
Esforço mínimo fixo =0.1	69.42 ( 29.16 ) 0.10 ( 0.00 ) 5.06	67.42	35.59	36.24	72.47	61.4%			

	MÉDIO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<u>Tratamento base</u>	<u>32.21</u> ( <u>17.52</u> ) <u>0.16</u> ( <u>0.08</u> ) <u>12.96</u>	<u>29.44</u>	<u>21.67</u>	<u>21.90</u>	<u>43.81</u>	<u>37.1%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	51.60 ( 26.34 ) 0.58 ( 0.24 ) 37.37	41.90	39.62	40.02	80.04	67.8%			
Populações com 1 agente	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	14.09	15.58	31.15	26.4%			
Populações com 6 agentes	30.75 ( 0.00 ) 0.18 ( 0.00 ) 14.28	27.67	21.31	21.73	43.46	36.8%			
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	14.01	14.09	28.19	23.9%			
Agentes compostos por 8 regras	22.08 ( 7.22 ) 0.11 ( 0.03 ) 10.42	20.00	15.11	15.21	30.42	25.8%			
Crossover de 5 em 5 períodos	28.08 ( 16.93 ) 0.13 ( 0.05 ) 10.89	25.81	18.55	18.68	37.36	31.7%			
Probabilidade mutação = 0.0015	32.08 ( 16.22 ) 0.17 ( 0.09 ) 13.99	29.58	21.93	22.11	44.23	37.5%			
<u>Agentes compostos por 16 regras</u>	<u>29.13</u> ( <u>16.45</u> ) <u>0.13</u> ( <u>0.06</u> ) <u>11.56</u>	<u>26.65</u>	<u>18.80</u>	<u>18.97</u>	<u>37.95</u>	<u>32.2%</u>			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			

	LONGO PRAZO								
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Rend. Liq.	Efic.	
<u>Tratamento base</u>	<u>34.75</u> ( <u>18.98</u> ) <u>0.16</u> ( <u>0.09</u> ) <u>13.38</u>	<u>32.21</u>	<u>22.51</u>	<u>22.72</u>	<u>45.44</u>	<u>38.5%</u>			
Probabilidade mutação = 0.1	51.31 ( 26.71 ) 0.58 ( 0.24 ) 38.00	41.63	39.58	39.96	79.92	67.7%			
Populações com 1 agente	24.50 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	22.50	18.13	18.50	37.00	31.4%			
Populações com 6 agentes	32.17 ( 0.00 ) 0.15 ( 0.00 ) 12.39	29.58	21.26	21.62	43.24	36.6%			
Crossover de 20 em 20 períodos	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Agentes compostos por 8 regras	22.08 ( 7.22 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	19.96	14.97	15.07	30.15	25.5%			
Crossover de 5 em 5 períodos	28.17 ( 15.97 ) 0.13 ( 0.06 ) 11.28	26.08	18.48	18.64	37.28	31.6%			
Probabilidade mutação = 0.0015	34.04 ( 17.92 ) 0.16 ( 0.08 ) 13.78	31.25	22.11	22.32	44.64	37.8%			
<u>Agentes compostos por 16 regras</u>	<u>29.58</u> ( <u>16.76</u> ) <u>0.14</u> ( <u>0.08</u> ) <u>11.83</u>	<u>27.13</u>	<u>19.51</u>	<u>19.69</u>	<u>39.37</u>	<u>33.4%</u>			
Salário mínimo fixo = 20	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			
Esforço mínimo fixo =0.1	20.00 ( 0.00 ) 0.10 ( 0.00 ) 10.00	18.00	13.92	14.00	28.00	23.7%			

**Tabela XIV: Modelo "Memória e Competição com Desemprego"**

	CURTO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	58.83 ( 29.44 )	0.54 ( 0.27 )	32.98	49.58	41.16	41.60	0.0%	83.21	70.5%	
Subsídio de Desemprego = 15	63.17 ( 28.61 )	0.48 ( 0.28 )	25.88	54.85	40.10	40.48	0.0%	80.35	68.1%	
Subsídio de Desemprego = 30	63.10 ( 33.77 )	0.41 ( 0.29 )	17.79	60.42	38.91	39.37	16.7%	73.44	62.2%	
	MÉDIO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	35.25 ( 13.50 )	0.34 ( 0.20 )	27.18	30.21	29.16	29.39	0.0%	58.79	49.8%	
Subsídio de Desemprego = 15	39.98 ( 16.03 )	0.33 ( 0.20 )	24.11	36.46	30.69	30.93	0.0%	61.85	52.4%	
Subsídio de Desemprego = 30	55.29 ( 17.01 )	0.30 ( 0.18 )	18.98	52.04	34.73	35.07	0.0%	68.92	58.4%	
	LONGO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	31.92 ( 12.44 )	0.27 ( 0.16 )	23.74	27.58	25.56	25.80	0.0%	51.59	43.7%	
Subsídio de Desemprego = 15	39.83 ( 16.03 )	0.30 ( 0.17 )	23.27	35.33	29.21	29.48	0.0%	58.90	49.9%	
Subsídio de Desemprego = 30	53.17 ( 14.68 )	0.26 ( 0.15 )	17.26	49.88	33.00	33.40	0.0%	66.39	56.3%	

**Tabela XV: Modelo "Memória e Reciprocidade com Desemprego"**

	CURTO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	59.35 ( 28.98 )	0.61 ( 0.23 )	37.05	48.42	42.36	42.75	0.0%	85.51	72.5%	
Subsídio de Desemprego = 15	61.46 ( 29.93 )	0.58 ( 0.27 )	31.10	52.13	41.53	41.90	0.0%	83.14	70.5%	
Subsídio de Desemprego = 30	61.98 ( 33.80 )	0.51 ( 0.31 )	23.00	57.63	40.00	40.35	16.7%	76.38	64.7%	
	MÉDIO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	33.00 ( 18.60 )	0.17 ( 0.10 )	13.05	30.17	21.78	21.98	0.0%	43.95	37.2%	
Subsídio de Desemprego = 15	34.67 ( 17.37 )	0.16 ( 0.09 )	13.39	31.40	22.63	22.86	0.0%	45.72	38.7%	
Subsídio de Desemprego = 30	51.25 ( 15.15 )	0.18 ( 0.09 )	11.79	48.92	29.76	30.13	0.0%	59.65	50.6%	
	LONGO PRAZO									
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	32.04 ( 17.49 )	0.17 ( 0.08 )	13.57	29.25	21.86	22.08	0.0%	44.16	37.4%	
Subsídio de Desemprego = 15	35.63 ( 20.41 )	0.18 ( 0.11 )	13.40	32.63	23.25	23.45	0.0%	46.89	39.7%	
Subsídio de Desemprego = 30	51.88 ( 15.92 )	0.18 ( 0.10 )	11.61	49.25	30.44	30.87	0.0%	61.25	51.9%	

**Tabela XVI: Modelo "Memória com Desemprego"**

CURTO PRAZO										
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	59.81 ( 29.06 )	0.51 ( 0.27 )	32.05	50.15	41.12	41.59	0.0%	83.19	70.5%	
Subsídio de Desemprego = 15	61.44 ( 28.69 )	0.49 ( 0.27 )	27.94	53.17	40.68	41.12	0.0%	81.78	69.3%	
Subsídio de Desemprego = 30	64.71 ( 33.68 )	0.44 ( 0.30 )	19.83	60.88	40.03	40.40	16.7%	77.15	65.4%	
MÉDIO PRAZO										
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	21.42 ( 2.53 )	0.12 ( 0.04 )	11.62	19.08	15.92	16.03	0.0%	32.06	27.2%	
Subsídio de Desemprego = 15	22.08 ( 7.25 )	0.13 ( 0.06 )	12.32	19.73	16.22	16.33	0.0%	32.53	27.6%	
Subsídio de Desemprego = 30	51.71 ( 14.53 )	0.15 ( 0.09 )	10.00	49.21	29.36	29.73	0.0%	58.52	49.6%	
LONGO PRAZO										
	Salário	Esforço	Lucro	Utilidade	Bem-estar "Sen"	Bem-estar Util.	Taxa Desemp.	Rend. Liq.	Efic.	
Subsídio de Desemprego = 0	21.23 ( 2.16 )	0.11 ( 0.03 )	11.00	18.92	15.35	15.44	0.0%	30.88	26.2%	
Subsídio de Desemprego = 15	21.92 ( 7.22 )	0.13 ( 0.06 )	11.98	19.88	16.26	16.35	0.0%	31.86	27.0%	
Subsídio de Desemprego = 30	50.33 ( 14.21 )	0.14 ( 0.07 )	9.59	47.33	29.05	29.44	0.0%	58.87	49.9%	