

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**TERCEIRIZAÇÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
COMO UM PROBLEMA DE RISCO MORAL**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

GUSTAVO BORGES ALENCAR SIQUEIRA

Orientadora: Prof^a. Ana Paula Cabral Seixas Costa, DSc.

RECIFE, MARÇO / 2013

S618t Siqueira, Gustavo Borges Alencar.
Terceirização de Tecnologia da Informação como um problema de risco moral / Gustavo Borges Alencar Siqueira – Recife: O Autor, 2013. xi, 72f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2013.
Inclui Referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Terceirização de TI. 3. Serviço de desenvolvimento de Software. 4. Teoria dos Contratos. 5. Modelo Principal-Agente. 6. Risco Moral. I. Costa, Ana Paula Cabral Seixas (Orientadora). II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

GUSTAVO BORGES ALENCAR SIQUEIRA

“TERCEIRIZAÇÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COMO UM PROBLEMA DE
RISCO MORAL”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera o candidato **GUSTAVO BORGES ALENCAR SIQUEIRA** **APROVADO.**

Recife, 25 de março de 2013.

Profª. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Prof. LEANDRO CHAVES RÊGO, PhD (UFPE)

Prof. HERMANO PERRELLI DE MOURA, PhD (UFPE)

Dedico este trabalho aos meus pais, **Marcelo** e **Cristina**, por todo amor e incentivo; e ao meu irmão, **Henrique**, pelo apoio e pelo exemplo.

AGRADECIMENTOS

A gratidão que exponho aqui é o reconhecimento de que essa conquista não seria possível sem a ajuda de várias pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Citar nomes é sempre uma tarefa difícil, mas gostaria de agradecer e compartilhar essa vitória com algumas pessoas em especial:

- Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me iluminou e me deu forças;
- A toda minha família, em especial meu pai, Marcelo; minha mãe, Cristina; e meu irmão, Henrique, pelo amor e incentivo;
- A minha namorada, Gabriela, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo carinho nos momentos presentes;
- A minha orientadora, Prof^a. Ana Paula, que me presenteou com a sugestão de tema para esta dissertação, me incentivando a estudar um assunto tão interessante e ao mesmo tempo desconhecido por mim até então. A ela agradeço também pela competência e disponibilidade sempre presentes;
- Aos demais professores do DEP/UFPE e a todos que integram o PPGE/UFPE, pelo conhecimento transmitido e pelo convívio na universidade;
- Aos colegas da UFPE, em especial Pedro, que me acompanhou nos estudos e discussões desde a graduação, no mestrado, e agora também no mundo profissional;
- Finalmente, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro que me foi dado durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A Terceirização da Tecnologia da Informação (TI) é destacada na literatura como um tema complexo e controverso. Por um lado, as firmas visualizam na terceirização a oportunidade de reduzir custos, aumentar eficiência, focar nas suas atividades centrais e usufruir da expertise especializada de terceiros. Por outro, pelo simples fato de delegar suas atividades de TI à outra organização, a empresa contratante passa a vivenciar uma situação de risco pela possibilidade dessas atividades não serem desempenhadas com o ímpeto esperado. Conhecido como Risco Moral, esse problema surge a partir do conflito de interesses entre as partes envolvidas e da assimetria de informação intrínseca ao problema. Como forma de analisar matematicamente essa questão, este trabalho apresenta um modelo Principal-Agente aplicado ao contexto de terceirização de serviços de desenvolvimento de software. São propostos dois contratos com formas diferentes de pagamento e avaliadas as implicações decorrentes das estratégias adotadas pelos jogadores em cada situação. Como resultado, o trabalho constata que: (1) em um contrato de pagamento fixo a firma contratante é incapaz de influenciar as ações a serem escolhidas pela firma contratada; (2) a solução de equilíbrio encontrada na situação de Risco Moral apresenta ineficiência se comparada à solução sem Risco Moral; (3) uma relação ganha-ganha poderia ser obtida a partir de uma negociação entre jogadores cooperativos; e, finalmente, (4) apresenta-se no trabalho a equação referente ao valor do pagamento ótimo a ser proposto pela firma contratante à firma contratada, considerando um contrato de pagamento proporcional à qualidade.

Palavras-chave: Terceirização de TI; Serviços de Desenvolvimento de Software, Teoria dos Contratos; Modelo Principal-Agente, Risco Moral.

ABSTRACT

Information Technology Outsourcing (ITO) seems to be a complex and controversial theme. On the one hand, there are some compelling reasons to outsource, such as cost reduction, increasing business performance, focus on core capabilities and access to expertise/skills. On the other hand, companies become exposed to risks by the mere fact of delegating its IT functions. It happens because the vendor might not exert the appropriate level of effort once the contract has been signed. Known as Moral Hazard, this problem emerges from the conflicting objectives between the players and from the information asymmetry inherent to this arrangement. As a way to analyze mathematically this problem, this work presents a Principal-Agent model applied to the context of outsourcing software development. Two contracts with different forms of payment are proposed and the implications of the strategies adopted by the players in each situation are analyzed. As a result, this study suggest that: (1) adopting fixed-price contracts, the client cannot influence the vendor's actions; (2) the equilibrium solution found in the Moral Hazard context introduces inefficiency in the arrangement; (3) a win-win relationship could be obtained if players were able to negotiate and cooperate; and finally (4) this work presents the optimal value for the payment to be proposed by the client, considering a contract payment proportional to software quality.

Key Words: IT Outsourcing; Software Development; Contract Theory; Agency Theory; Moral Hazard.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificativa e Relevância	1
1.2. Objetivo do Trabalho	2
1.3. Metodologia Empregada	3
1.4. Estrutura do Trabalho	3
2. TEORIA DOS CONTRATOS	4
2.1. Origem e Importância da Teoria dos Contratos	4
2.2. O Problema Principal-Agente	6
2.3. Classificação dos Tipos de Modelos	9
2.3.1. Seleção Adversa	12
2.3.2. Risco Moral	14
2.3.2.1. O Jogo da Produção	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	27
3.1. Terceirização de Tecnologia da Informação (TI)	27
3.1.1. Motivos Para Terceirizar	30
3.1.2. Riscos Envolvidos	33
3.1.3. Tipologia da Terceirização de TI	34
3.2. Teoria dos Contratos aplicada ao Contexto de Terceirização de TI	36
3.3. Estado da Arte e Posicionamento deste Trabalho	41
4. PROPOSTA DE MODELO	43
4.1. Descrição	43
4.2. Modelagem Matemática	45
4.2.1. Solução “Primeiro-Ótimo”	47
4.2.2. Solução “Segundo-Ótimo”	48
4.2.2.1. Contrato de Pagamento Fixo ($\gamma = 0$)	49
4.2.2.2. Contrato de Pagamento Proporcional à Qualidade ($\gamma = 1$)	50

4.3. Resultados Obtidos	52
4.4. Considerações Sobre o Modelo	53
5. SIMULAÇÃO NUMÉRICA	55
5.1. Simulação do Cenário “Primeiro-Ótimo”	55
5.2. Simulação do Cenário de Pagamento Fixo ($\gamma = 0$)	56
5.3. Simulação do Cenário de Pagamento Proporcional à Qualidade ($\gamma = 1$)	58
5.4. Incorporação da Incerteza	61
5.5. Análise de Sensibilidade	64
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
6.1. Conclusões	67
6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Categorias de modelos de informação assimétrica	09
Figura 2.2 – O nível de esforço eficiente no Jogo da Produção I.....	19
Figura 2.3 – Três tipos de contratos que induzem o esforço e^* pelo salário w^*	20
Figura 3.1 – Evolução da terceirização de TI.....	30
Figura 4.1 – Linha do tempo do jogo proposto	44
Figura 5.1 – <i>Payoff</i> total do cenário “primeiro-ótimo” em função do nível de esforço	56
Figura 5.2 – <i>Payoff</i> do cenário de pagamento fixo em função do nível de esforço	57
Figura 5.3 – <i>Payoff</i> do cenário de pagamento proporcional à qualidade em função de P_2	59
Figura 5.4 – <i>Payoff</i> do cenário de pagamento proporcional à qualidade em função do nível de esforço	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Definições de terceirização de TI	28
Tabela 3.2 – Motivações para a terceirização de TI	31
Tabela 3.3 – Riscos comuns da terceirização de TI	33
Tabela 3.4 – Trabalhos sobre terceirização sob a ótica da Teoria dos Contratos.....	40
Tabela 5.1 – Simulação do cenário “primeiro-ótimo” considerando a incerteza	61
Tabela 5.2 – Simulação do cenário de pagamento fixo considerando a incerteza	62
Tabela 5.3 – Simulação do cenário de pagamento proporcional à qualidade considerando a incerteza.....	63
Tabela 5.4 – Estatística descritiva dos <i>payoffs</i> totais de cada cenário.....	63
Tabela 5.5 – Simulação do cenário “primeiro-ótimo” para diferentes valores de t.....	64
Tabela 5.6 – Simulação do cenário de pagamento fixo para diferentes valores de t.....	64
Tabela 5.7 – Simulação do cenário de pagamento proporcional à qualidade para diferentes valores de t.....	65

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

A – Agente

N – Natureza

P – Principal

RI – Restrição de Incentivo

RP – Restrição de Participação

SI – Sistema de Informação

TI – Tecnologia da Informação

1. INTRODUÇÃO

Um contrato de terceirização de Tecnologia da Informação (TI) é estabelecido quando uma empresa (contratante) paga à outra (contratada) para prestar serviços de tecnologia, os quais poderiam ser realizados pela própria empresa contratante. Esses serviços podem incluir a provisão e desenvolvimento de novos softwares, a administração da infraestrutura (manutenção de banco de dados e gerenciamento de redes, por exemplo) ou simplesmente o fornecimento do suporte necessário para que o sistema de informação vigente na empresa seja utilizado corretamente.

Existem vários motivos que levam as organizações a terceirizar essas atividades, sejam por razões estratégicas, operacionais ou de gestão. Dentre os principais motivos destacam-se: a possibilidade de redução de custos, a oportunidade de focar nas competências principais do negócio e a necessidade de usufruir das qualidades técnicas de um fornecedor especializado (LACITY *et al.*, 2009). Por outro lado, pelo simples fato de delegar suas atividades de TI à outra organização, a empresa contratante passa a vivenciar uma situação de risco. Como os serviços e produtos de TI são tipicamente complexos para avaliar e geralmente só são entregues após um longo período de tempo, torna-se difícil à empresa contratante garantir que a empresa contratada irá emendar seus melhores esforços na execução dos serviços acordados (ELITZUR *et al.*, 2012). Em outras palavras, a empresa contratada poderá agir de maneira oportunista ao não desempenhar suas responsabilidades com o ímpeto esperado, poupando recursos ou até mesmo priorizando projetos de outros clientes. Na literatura esse problema é conhecido como Risco Moral (LAFFONT e MARTIMORT, 2002; SALANIÉ, 2005).

Nesse contexto, esta dissertação analisa o processo de terceirização de TI com foco na relação entre empresa contratante e contratada, onde a assimetria de informação exerce um papel fundamental no desenho do contrato a ser firmado. A análise é fundamentada nos conceitos da Teoria dos Contratos e, mais precisamente, discute-se o problema de Risco Moral existente na relação de terceirização de serviços de desenvolvimento de software.

1.1. Justificativa e Relevância

De acordo com Richmond *et al.* (1992), a utilização da Teoria dos Contratos como uma fonte de estudo para analisar questões relativas à terceirização de TI é justificada por pelo menos três benefícios principais.

Primeiro, a Teoria dos Contratos é o alicerce para a construção de modelos analíticos que proporcionem aos gestores de TI uma melhor compreensão e apoio às decisões da área. Os modelos são desenvolvidos, por exemplo, com o objetivo de avaliar quando é melhor para uma firma terceirizar suas atividades de TI ou internalizá-las, ou para analisar como as decisões tomadas pelas partes envolvidas no processo influenciam o resultado final obtido com a relação.

Segundo, uma vez desenvolvidas proposições, hipóteses e modelos de Teoria dos Contratos, eles podem ser testados através de estudos empíricos, simulações em laboratório e estudos de campo. A modelagem teórica seguida de sua validação empírica fornece informações úteis para os gestores de TI e, conseqüentemente, para suas organizações.

Terceiro, os modelos da Teoria dos Contratos são fundamentados na questão de incentivos, os quais desempenham um papel extremamente importante para a motivação dos indivíduos. Assim, uma vez compreendida a influência do desenho ótimo de incentivos no sucesso da relação econômica estudada, espera-se que os gestores de TI possam administrar melhor seus recursos e desenhar contratos de terceirização eficientes.

1.2. Objetivo do Trabalho

O objetivo geral da dissertação é propor um modelo de Risco Moral como forma de descrever e analisar o processo de terceirização de TI, tratando mais precisamente do contexto de terceirização de serviços de desenvolvimento de software, com foco na relação existente entre empresa contratante e contratada.

Os objetivos específicos são:

- Apresentar uma revisão da literatura, identificando as contribuições que já foram feitas e os aspectos que ainda precisam ser desenvolvidos sobre o tema;
- Estruturar o jogo envolvendo a empresa contratante e a contratada com base na literatura apresentada;
- Propor contratos com diferentes formas de pagamento e avaliar as implicações das estratégias adotadas pelos jogadores em cada cenário;
- Efetuar simulação numérica do modelo proposto com o intuito de ilustrar as características do mesmo.

1.3. Metodologia Empregada

Na fase inicial do desenvolvimento da dissertação foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo e exploratório, acerca dos temas abordados no decorrer da pesquisa. Segundo Gil (2006), uma pesquisa exploratória deve ser utilizada quando se deseja aprimorar as ideias ou familiarizar-se com o fenômeno estudado. Assim, para proporcionar melhor compreensão sobre o tema e tornar o problema mais explícito, a pesquisa bibliográfica abrangeu a leitura, análise e interpretação de monografias, artigos científicos, livros e revistas sobre o tema.

Em seguida, para o desenvolvimento do modelo, utilizou-se a metodologia baseada no processo de análise quantitativa. O modelo foi construído a partir de conceitos e equações já disseminados na literatura em conjunto com ideias e considerações levantadas pelo próprio autor. A natureza desta etapa da pesquisa é quantitativa, uma vez que procurou traduzir em números as informações obtidas para serem analisadas, além de procurar descrever a relação entre as variáveis utilizadas no problema (GIL, 2006).

Por fim, com o auxílio de uma planilha eletrônica, foi realizada uma aplicação numérica do modelo proposto com o intuito de avaliar seu funcionamento.

1.4. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos:

- O Capítulo 1 contextualiza o trabalho, define o objetivo da dissertação e destaca sua relevância e a metodologia empregada;
- O Capítulo 2 apresenta a base conceitual sobre Teoria dos Contratos, no qual são descritos conceitos relevantes para a compreensão deste trabalho;
- O Capítulo 3 traz uma revisão bibliográfica sobre Terceirização de TI e sobre os trabalhos de Teoria dos Contratos aplicados a esse contexto;
- No Capítulo 4 um modelo de Risco Moral para o contexto de terceirização de serviços de desenvolvimento de software é proposto. São apresentadas também as considerações sobre o modelo e os resultados obtidos;
- O Capítulo 5 apresenta uma simulação numérica do modelo como forma de ilustrar o problema abordado a partir de dados realísticos;
- Por fim, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. TEORIA DOS CONTRATOS

Este capítulo apresenta a base conceitual sobre Teoria dos Contratos, abrangendo conceitos relevantes para a compreensão deste trabalho. O início do capítulo traz uma breve explanação sobre a origem da Teoria dos Contratos culminando na apresentação do pensamento de alguns autores sobre o reconhecimento da importância do tema para a compreensão das relações econômicas vigentes. Em seguida, são tratados conceitos relativos ao Modelo Principal-Agente, mais precisamente problemas de Seleção Adversa e Risco Moral. Finalmente, é apresentado o Problema da Produção como um exemplo salutar para elucidar a questão de Risco Moral.

2.1. Origem e Importância da Teoria dos Contratos

Até o final do século XX, o foco da maioria dos estudos econômicos estava centrado na análise do funcionamento de mercados e no processo de formação de preços, mais precisamente sob a ótica da Teoria do Equilíbrio Geral (SALANIÉ, 2005). A apreciação pelo Modelo de Equilíbrio Geral tornou-se ainda maior quando teóricos conseguiram desenvolver generalizações poderosas para lidar com aspectos como incerteza, tempo e fatores externos, enquanto pudessem ser instituídos mercados competitivos apropriados. Martimort (2008) relata que, durante essa época, questões como desenho de incentivos e estabelecimento de contratos entre agentes econômicos eram assuntos, de certa forma, ignorados pelos economistas.

Com o acúmulo de experiências e estudos sobre o tema, pesquisadores constataram que a abordagem utilizada até então não era uma ferramenta eficiente para descrever os fenômenos econômicos em sua plenitude. Isso porque a Teoria do Equilíbrio Geral tem como forte limitação a dificuldade de lidar com informações assimétricas (LAFFONT e MARTIMORT, 2002; SALANIÉ, 2005).

Na verdade, Arrow e Debreu conseguiram estender o Modelo de Equilíbrio Geral para tratar incertezas em um ambiente com informação simétrica (ARROW e HAHN, 1971; DEBREU, 1959). No entanto, assimetria de informação é um fator presente na grande maioria das transações reais. Em outras palavras, uma das partes geralmente possui mais informação do que a outra: consumidores certamente sabem mais sobre suas próprias preferências e desejos do que as empresas que ofertam os produtos; funcionários sabem mais sobre suas habilidades e sobre o esforço despendido nas tarefas cotidianas do que as firmas para as quais

trabalham; o agricultor de um determinado lote de terra eventualmente possui mais informações sobre características relacionadas à cultura plantada do que o próprio dono do terreno; dentre outros vários exemplos.

Neste sentido, na década de 1970, as obras de Akerlof (1970), Spence (1974), e Rothschild e Stiglitz (1976) mostraram de várias maneiras que a presença de assimetria de informação constituía por si só um desafio muito maior para análise e não poderia ser satisfatoriamente estudada através de uma generalização da Teoria de Arrow-Debreu¹. Além desses autores vários economistas se concentraram em uma nova maneira de examinar essas relações. De acordo com Laffont e Martimort (2002), os problemas encontrados foram tão graves que toda uma geração de teóricos do equilíbrio geral momentaneamente abandonaram seus estudos e reconsideraram o problema da interação entre agentes, dessa vez sob a ótica da assimetria informacional. Eles se uniram a outros especialistas em Teoria dos Jogos e Teoria das Organizações e juntos construíram uma nova teoria.

A evolução do que hoje é chamada Teoria dos Contratos nasceu, portanto, a partir dos fracassos e limitações da Teoria do Equilíbrio Geral. Segundo Martimort (2008), o surgimento dessa nova perspectiva mudou completamente a visão sobre o funcionamento das organizações e dos mercados.

Bolton e Dewatripont (2005) afirmam que Teoria dos Contratos é uma denominação resumida que engloba a Teoria dos Incentivos, Problemas Informacionais e Instituições Econômicas. Salanié (2005) expõe que a Teoria dos Contratos e, mais genericamente, a chamada Economia da Informação foram os termos utilizados para explorar esse novo domínio.

De acordo Macho-Stadler e Pérez-Castrillo (2001), a Economia da Informação lida com o desafio de se adquirir novas informações ou evitar custos provocados pela ignorância informacional em uma determinada relação ou interação entre agentes econômicos. Assim, quando a informação é distribuída de maneira assimétrica entre as partes envolvidas, o desafio da análise envolve o desenho de contratos destinados a prover incentivos à parte informada e/ou induzir a revelação de informações privativas.

¹ George A. Akerlof ; A. Michael Spence e Joseph E. Stiglitz receberam juntos o Prêmio Nobel em Economia no ano de 2001 pelos estudos de mercados com informações assimétricas. Um resumo dos trabalhos pode ser encontrado em Löfgren *et al.* (2002).

Stiglitz (2000) resume bem a importância da Economia da Informação:

Eu argumentaria que talvez a mais importante ruptura com o passado – aquela que deixa em aberto grandes oportunidades para trabalhos futuros – reside na Economia da Informação. O reconhecimento que a informação é imperfeita, que a obtenção da informação pode acarretar custos expressivos, que existem assimetrias de informação relevantes e que o grau dessa assimetria é afetado pelas ações tomadas pelas firmas e indivíduos, geraram profundas implicações para a sabedoria herdada do passado e proporcionaram explicações para os fenômenos econômicos e sociais que de outra forma seriam difíceis de compreender. Posso afirmar que a Economia da Informação suscitou – de maneira direta e indireta – um efeito profundo sobre a forma como pensamos a Economia atualmente.

Em suma, pode-se afirmar que a Teoria dos Contratos estuda a configuração e consolidação de relações contratuais entre agentes econômicos. Ela possui algumas características que a diferencia das demais abordagens (SALANIÉ, 2005):

- Os modelos típicos da Teoria dos Contratos são modelos de equilíbrios parciais. Isolam-se mercados de uma única mercadoria (ou duas) do resto da economia;
- Os modelos descrevem a interação de um número pequeno de agentes econômicos (geralmente dois, onde apenas um deles possui informação privativa, a chamada “parte informada”);
- Os modelos sintetizam as restrições impostas pela configuração institucional vigente através de um contrato. O contrato pode ser explícito (na forma de um acordo escrito) ou pode ser implícito e subordinado a normas comportamentais;
- Os modelos fazem uso intensivo de técnicas de Teoria dos Jogos, mais precisamente jogos não-cooperativos e com informação assimétrica, embora a descrição do processo de negociação geralmente seja construída por um dispositivo simplista conhecido como Modelo Principal-Agente.

2.2. O Problema Principal-Agente

O modelo típico que representa o paradigma Principal-Agente é formado por uma relação bilateral entre agentes econômicos: o Principal – P , jogador carente de informação, e

o Agente – A , a parte informada². Tanto o Principal como o Agente podem ser indivíduos, instituições, organizações ou até mesmo uma entidade ou grupo bem definido como, por exemplo, um departamento de uma empresa. Geralmente, considera-se que P contrata A para prestar um determinado serviço e, em algum momento do jogo, A adquire uma vantagem informacional sobre o seu tipo (habilidades), suas ações (esforço), ou sobre um fator externo à relação (RASMUSEN, 2007).

O relacionamento entre o Principal e o Agente é governado através de um contrato, onde são registradas as responsabilidades de cada um e as regras sob as quais deverá ser prestado o serviço. De acordo com Hart e Holmström (1987), contratos fornecem o alicerce da maioria das análises econômicas, pois qualquer relação de troca, acordo ou comércio pode ser mediada por algum tipo de contrato, seja ele explícito ou implícito. No intuito de motivar A e assegurar que ele envide os seus melhores esforços na execução da tarefa, P introduz incentivos no contrato geralmente sob a forma de uma recompensa financeira.

Além da assimetria de informação, Macho-Stadler e Pérez-Castrillo (2001) destacam outro ingrediente peculiar dos modelos Principal-Agente: a presença de objetivos conflitantes entre os jogadores. O custo de um está relacionado à receita do outro. Enquanto P deseja um serviço de qualidade a um baixo custo, A quer receber uma boa quantia financeira de P sem ter que despendar muito esforço na prestação do serviço.

Em relação ao problema da barganha entre P e A , o Modelo Principal-Agente é simplificado, uma vez que o modelo aloca todo o poder a uma única parte. Essa parte torna-se responsável por propor um contrato que deve ser simplesmente aceito ou rejeitado pelo outro jogador, sem possibilidade de negociação. Logo, o Problema Principal-Agente pode ser interpretado como um Jogo de Stackelberg³, no qual o líder (quem propõe o contrato) é o Principal e o seguidor (quem apenas aceita ou rejeita o contrato) é o Agente (SALANIÉ, 2005)

Laffont e Martimort (2002) enumeram algumas hipóteses intrínsecas ao Modelo Principal-Agente:

² Neste trabalho, a notação "Agente" (com a primeira letra maiúscula) é utilizada para representar um jogador do modelo Principal-Agente, enquanto "agente" (com a primeira letra minúscula) é simplesmente um agente econômico. Assim, o Principal é também um agente.

³ Uma definição do Jogo de Stackelberg pode ser encontrada em Gibbons (1992).

- P e A são racionais e procuram maximizar suas utilidades individuais;
- P não sabe a informação privativa de A , mas a distribuição de probabilidade dessa informação é conhecimento comum;
- P se move como um líder de Stackelberg sob informações assimétricas, antecipando-se ao comportamento subsequente de A ;
- Implícito na utilização de tais modelos há a presença de tribunais que têm o poder de punir qualquer jogador que se desvie do contrato firmado.

Segundo Eisenhardt (1989), o foco da literatura do Principal-Agente é a determinação de contratos ótimos: comportamento *versus* resultados, entre P e A . A concepção de contratos eficientes envolve a otimização da utilidade esperada de uma das partes, condicionada a certo nível mínimo de utilidade esperada da outra parte, a denominada “Restrição da Racionalidade Individual”, “Restrição da Utilidade Reserva” ou “Restrição de Participação” (RP) como é mais comumente chamada. Frequentemente uma das partes age como monopolista, maximizando sua utilidade, e a outra age competitivamente, sujeitando-se às restrições do contrato proposto pelo monopolista. Assim, há duas maneiras de se obter um contrato ótimo (RASMUSEN, 2007):

- Considerando que vários Principais competem para empregar um Agente: nessa situação, P compete com outros principais. Maximiza-se a utilidade esperada de A sujeita à restrição de que P obtém lucro zero;
- Considerando que vários Agentes competem para trabalhar para um Principal: aqui vários Agentes competem por um único Principal. Maximiza-se a utilidade esperada de P , sujeita à restrição de que A deve obter um nível mínimo de utilidade esperada $\bar{U}$. Essa restrição alerta que A só aceitará o contrato se ele obtiver pelo menos um determinado valor pelo qual ele aceitará trabalhar para o Principal, o chamado “valor externo” ou “utilidade reserva”.

Na presença de Seleção Adversa ou Risco Moral (problemas tratados a seguir, nas Seções (2.3.1) e (2.3.2) respectivamente), deve-se adicionar ainda outra restrição ao problema de otimização, a denominada “Restrição de Compatibilidade de Incentivos” ou simplesmente “Restrição de Incentivo” (RI). A Restrição de Incentivo reconhece a liberdade para A escolher o contrato que lhe foi proposto (no caso de Seleção Adversa) ou tomar um nível de esforço adequado (no caso de Risco Moral).

De acordo com Salanié (2005), um motivo que ratifica a utilização de Modelos Principal-Agente é observar que o conjunto de soluções ótimas de Pareto sempre pode ser obtido ao se maximizar a utilidade de um dos agentes enquanto mantêm-se a utilidade do outro constante. Isso é exatamente o que o Modelo Principal-Agente faz. Assim, se o interesse é apenas nas propriedades comuns do ótimo e não na busca por um ótimo em particular, essa análise não traz perda de generalidade.

Finalmente, é importante destacar que a escolha das palavras “Principal” e “Agente” não implica que uma das partes está totalmente subordinada à outra, ou que o analista está mais interessado em uma parte em detrimento da outra. Cada tipo de modelo tem uma lógica própria e deve ser interpretado individualmente (SALANIÉ, 2005).

2.3. Classificação dos Tipos de Modelos

Para Rasmusen (2007), os modelos de informação assimétrica podem ser classificados em cinco grandes grupos, representados na Figura (2.1) como jogos na forma extensa.

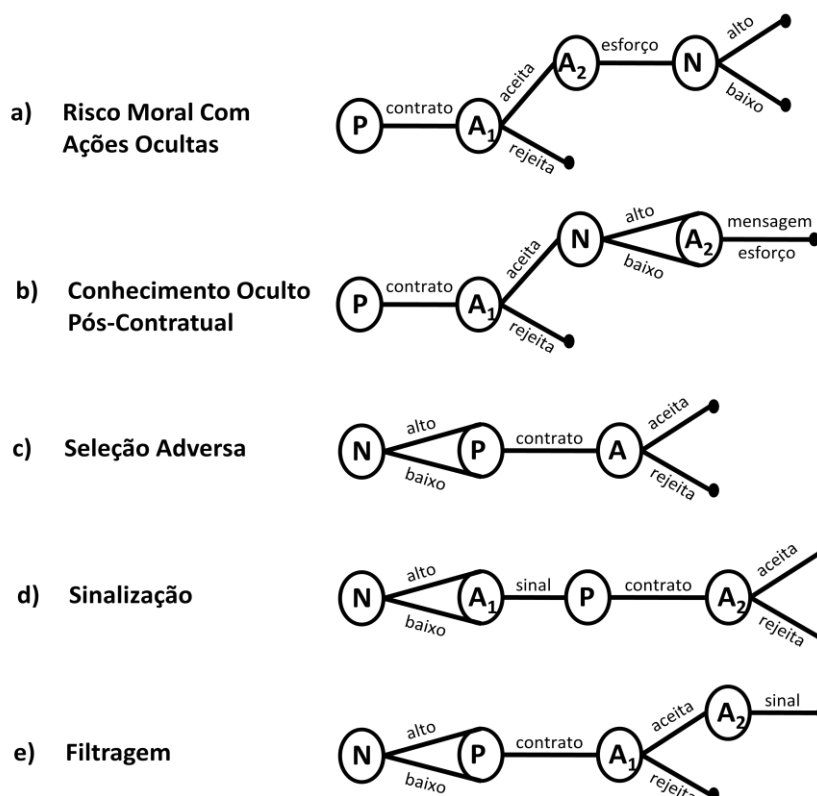


Figura 2.1 – Categorias de modelos de informação assimétrica
Fonte: Traduzida de Rasmusen (2007)

A terminologia “Principal” e “Agente” foi introduzida pela primeira vez por Ross (1973) para tratar do que ele denomina “Problema da Agência”⁴, que na verdade é um problema de Risco Moral. No entanto, Rasmusen (2007) utiliza o paradigma Principal-Agente para ilustrar todas as cinco classificações apresentadas na Figura (2.1), sem perda de generalidade. Em cada caso, o Principal (P) oferece ao Agente (A) um contrato que deve ser simplesmente aceito ou rejeitado. Em alguns, a Natureza (N) faz um movimento ou A escolhe um nível de esforço, mensagem ou sinal.

Nos modelos de Risco Moral, P oferece um contrato, A escolhe se aceita ou rejeita e N acrescenta ruído à tarefa realizada por A . Em Risco Moral Com Ações Ocultas, A age antes de N . Já em Conhecimento Oculto Pós-Contratual, A se move após N e envia uma “mensagem” para P sobre o movimento tomado pela Natureza.

Já nos modelos de Seleção Adversa, a Natureza é a primeira a agir escolhendo o “tipo” do Agente, tipicamente com base na sua capacidade de executar a tarefa (habilidades). No modelo de Seleção Adversa mais simples, A simplesmente aceita ou rejeita o contrato proposto por P sem se comunicar com ele. Nos casos mais complexos, considera-se que A pode enviar um “sinal” para P . Se esse “sinal” puder ser enviado antes de o contrato ser oferecido, trata-se de um problema de Sinalização; senão, diz-se que o problema é de Filtragem. Rasmusen (2007) destaca que um “sinal” é diferente de uma “mensagem”, uma vez que a transmissão de um “sinal” implica custos para o Agente, diferentemente do envio de uma “mensagem”.

Para proporcionar uma melhor compreensão sobre a classificação utilizada, Rasmusen (2007) apresenta um exemplo prático. Ele considera um empregador (o Principal) que contrata um trabalhador (o Agente) e faz algumas suposições:

- Se o empregador sabe completamente a habilidade do trabalhador, mas não o seu nível de esforço (o quanto ele irá se dedicar), o problema é o Risco Moral com Ações Ocultas;
- Se ninguém sabe a habilidade do trabalhador no início, mas o trabalhador descobre sua habilidade quando começa a trabalhar, o problema é de Conhecimento Oculto Pós-Contratual;

⁴ Para mais detalhes sobre o “Problema da Agência” recomenda-se a leitura dos trabalhos clássicos de Jensen e Mecking (1976); Arrow (1985) e Eisenhardt (1989).

- Se o trabalhador conhece sua habilidade desde o início, mas o empregador não, o problema é de Seleção Adversa;
- Se, além de o trabalhador conhecer sua habilidade desde o início ele puder adquirir credenciais e mostrar o seu “tipo” antes de fazer um contrato com o empregador, o problema é de Sinalização;
- Se o trabalhador adquire suas credenciais em resposta a uma oferta salarial proposta pelo empregador, o problema é de Filtragem.

É importante destacar que as cinco categorias apresentadas por Rasmusen (2007) são apenas uma classificação da extensa literatura que aborda o Problema Principal-Agente e as nomenclaturas utilizadas por pesquisadores da área divergem bastante (KREPS, 1990). Em particular, alguns autores argumentam que problemas de Conhecimento Oculto Pós-Contratual e problemas de Filtragem são, na verdade, casos particulares de Seleção Adversa. Além disso, muitos não diferenciam problemas de Sinalização e de Filtragem e usam os termos como sinônimos.

Neste trabalho não é feita nenhuma crítica sobre qual nomenclatura é a mais apropriada. Como em grande parte dos trabalhos sobre o tema, considera-se aqui a distinção dos problemas de informação assimétrica em apenas duas grandes categorias: Seleção Adversa (ou informação oculta) e Risco Moral (ou ações ocultas)⁵.

Para Molho (1997), na sua forma mais simples, Seleção Adversa pode ser definida como um problema de oportunismo pré-contratual, no qual um agente com informação privativa tem a oportunidade de “mentir” antes de o contrato ser estabelecido. Já Risco Moral é definido como um problema de oportunismo pós-contratual, no qual um agente tem a oportunidade de “enganar” o outro, depois que o acordo é firmado, devido à impossibilidade de verificação ou observação de suas ações. Molho (1997) utiliza os termos “mentir” e “enganar” para representar possíveis comportamentos oportunistas por parte do Agente, provenientes da assimetria informacional.

⁵ A separação do problema Principal-Agente em problemas de informação oculta e ações ocultas foi apresentado por Arrow (1985) e é comentado em Hart e Holmström (1987).

2.3.1. Seleção Adversa

Molho (1997) afirma que o termo Seleção Adversa é oriundo do mercado de seguros e surge quando um agente econômico detém informações privativas (ou conhecimento oculto como é comumente chamado). Para Laffont e Martimort (2002) o exato custo de oportunidade do serviço, a tecnologia específica utilizada e a adequação dessa tecnologia à habilidade intrínseca do Agente são exemplos de informações que se tornam conhecimento privativo do Agente.

Suponha, por exemplo, uma companhia de seguros que queira oferecer um seguro contra furtos de um determinado modelo de carro para a população de uma cidade. Considere ainda que a companhia realizou uma cuidadosa pesquisa de mercado e descobriu que o único fator relevante relacionado à ocorrência de furtos é o local de residência do cliente e essa taxa de furtos varia amplamente de um bairro para outro. Assim, a companhia de seguros (Principal) pode distinguir dois “tipos” de clientes (Agente). Alguns são classificados como indivíduos de alto-risco por morar em bairros mais perigosos; enquanto outros são considerados de baixo-risco, uma vez que residem em locais onde os furtos são bastante raros.

Considerando a ciência do local de residência como uma informação privativa de cada indivíduo e supondo que esse fator não pode ser verificado ou observado pela companhia de seguros, um possível cenário para a empresa seria oferecer o seguro ao mesmo preço para todas as pessoas baseado apenas na estimação do provável custo médio com furtos. Nesta situação quem comprará o seguro a uma taxa média? Cada indivíduo certamente ponderará o preço pago pelo seguro com a probabilidade de utilizá-lo. Um indivíduo de baixo-risco tende a achar o seguro caro e desnecessário, enquanto o de alto-risco julgará o preço atrativo e contratará o serviço por conhecer, de maneira privativa, a grande possibilidade de utilizá-lo. Assim, uma empresa que eventualmente aplique essa medida arcará com enormes prejuízos, pois sua carteira de clientes será tomada por indivíduos de alto-risco, aqueles que moram nos bairros mais perigosos.

Informação privativa significa que os clientes podem “mentir” sobre o fator que os caracterizam como sendo do grupo de alto-risco ou de baixo-risco que, neste exemplo simples, foi o local de residência. Se isso acontecer, a seguradora não obterá uma seleção imparcial de clientes; ao contrário, ela obterá uma “seleção adversa” tendo que lidar com muitos clientes de alto-risco.

Além do contexto de seguros, Salanié (2005) discorre sobre alguns dos inúmeros exemplos de problemas de Seleção Adversa:

- No setor bancário, o risco dos empréstimos para novos empreendimentos podem ser avaliados apenas parcialmente, em particular nos casos em que um cliente (Agente) solicita financiamento ao banco (Principal) para projetos arriscados. A ideia natural é a utilização de taxas de juros para discriminar empresários. No entanto, isso poderá induzir menor liberação de crédito, a menos que os bancos também variem os níveis de garantia;
- No mercado de trabalho, um candidato a emprego (Agente) tem vantagem informacional sobre seu empregador (Principal), pois conhece sua própria habilidade. Assim, as firmas desenvolvem processos de seleção cada vez mais sofisticados para escolher apenas os candidatos mais promissores;
- Na relação regulamentar entre governo (Principal) e firma (Agente), a última dispõe de melhores informações sobre seus custos e capacidade produtiva do que o governo. Assim, a firma poderá manipular a maneira de divulgar informações ao órgão regulador na tentativa de maximizar seus retornos.

Outro exemplo clássico de Seleção Adversa é apresentado no artigo seminal de George Akerlof (1970) e trata do mercado de carros usados, exposto no trabalho como “problema dos limões”⁶. Akerlof (1970) argumenta que na presença de informação assimétrica, o dono de um carro usado possui informações sobre a qualidade do carro que não podem ser verificados por um comprador. A qualidade do carro é, portanto uma informação privativa e se constitui na fonte do problema de Seleção Adversa. Como os compradores não podem averiguar a qualidade de um carro usado antes de comprá-lo, carros bons e ruins (os chamados “limões”) são vendidos, em média, pelo mesmo preço. Akerlof (1970) mostra que na medida em que mais carros de baixa qualidade (“limões”) são inseridos no mercado, menor é o nível de qualidade do mercado como um todo e, portanto, menor é o preço dos carros usados. Isso torna mais difícil vender um carro de boa qualidade a um preço justo. Ou seja,

⁶ No livro de Varian (2003) há um alerta sobre a utilização do termo “limão” como tradução do trabalho, pois “lemon” é um termo utilizado na língua inglesa que equivale a “abacaxi” em português. No Brasil, o termo “abacaxi” é utilizado de maneira informal para representar um problema, uma confusão ou uma má sorte e segundo Varian (2003) seria a tradução mais apropriada para o “limão” tratado por Akerlof (1970).

quanto mais “limões” presentes no mercado, maior a tendência de declínio do preço de carros usados e mais afastados do mercado ficam os carros de alta qualidade.

Para Laffont e Martimort (2002) o aspecto comum a todos os exemplos de Seleção Adversa é que a assimetria da informação existente entre o Principal e o Agente terá uma implicação fundamental no desenho do contrato bilateral que será firmado. Na tentativa de buscar o uso eficiente dos recursos econômicos o contrato deverá revelar as informações privativas do Agente. Isso só poderá ser feito através do pagamento de uma taxa para o Agente pela sua informação privativa, a chamada “renda informacional”, que acarreta custos ao Principal. Esse custo da informação é adicionado ao custo da tecnologia necessária para a execução da tarefa e justifica a ineficiência e distorções obtidas nos problemas de Seleção Adversa.

2.3.2. Risco Moral

De acordo com Molho (1997), o termo Risco Moral também procede do mercado de seguros e está relacionado ao fenômeno de clientes (Agente) que tendem a se arriscar mais quando estão assegurados por uma companhia (Principal).

Suponha o mesmo exemplo do seguro contra furtos de veículos apresentado na Seção (2.3.1), mas considere agora que todos os clientes moram em bairros com a mesma probabilidade de ocorrência de furtos, de modo que não haja problema de Seleção Adversa.

No contexto anterior a companhia de seguros estava preocupada com o “tipo” dos clientes e com a possibilidade desses clientes “mentirem” sobre o fator que os caracterizava como de alto-risco, antes de o contrato ser firmado. Dessa vez, a preocupação da companhia está centrada nas possíveis ações que os clientes podem tomar após contratarem o seguro.

Considere, por exemplo, um cidadão que tenha seu veículo assegurado por essa companhia. Imagine que antes de contratar o seguro esse indivíduo costumava ligar o alarme do carro ao sair do veículo e sempre conferia se as portas estavam corretamente trancadas com o intuito de evitar ou ao menos minimizar a possibilidade de furto. Depois de contratar o seguro, esse mesmo cliente passou a ter menos incentivo para zelar pelo seu carro, pois ele sabe que será recompensado financeiramente caso tenha seu veículo furtado. Ou seja, o cliente pode “enganar” a companhia sobre quais ações estão sendo efetivamente executadas para prevenir o furto do veículo, uma vez que essas ações não podem ser observadas pela seguradora.

Na verdade, diz-se que é perigoso ou arriscado para a companhia de seguros acreditar que seus clientes se comportarão adequadamente com base apenas na suposição do caráter ou moral de cada um, motivo da utilização do termo “risco moral”. Outra maneira de compreender a nomenclatura utilizada é analisar a situação como uma oportunidade do cliente agir de maneira deliberada com a intenção de ganhar o valor do seguro. Isso poderia acontecer, por exemplo, ao se abandonar o carro propositalmente com as portas abertas. Essa perspectiva pode ser encarada como uma tentação, um “risco para a moral” do cliente.

Para Salanié (2005) fala-se de Risco Moral quando:

- O Agente toma uma decisão (escolhe uma ação ou um nível de esforço) que afeta a utilidade dele e do Principal;
- O Principal observa apenas o resultado final (aquilo que foi obtido com o trabalho do Agente) como um sinal imperfeito da decisão tomada;
- A ação escolhida espontaneamente pelo Agente não é ótima de Pareto.

Devido à impossibilidade de observar de maneira perfeita a ação do Agente, o Principal não pode forçá-lo a escolher uma ação ótima de Pareto. Então, a alternativa que resta ao Principal para superar o Risco Moral é fornecer incentivos de acordo com o resultado final obtido, o qual, por sua vez, é observável e está relacionado com as ações do Agente. Em outras palavras o desafio do Principal é tentar influenciar indiretamente a decisão do Agente fornecendo incentivos para que ele escolha as melhores ações (na visão do Principal).

Existem vários exemplos de problemas que envolvem Risco Moral e é difícil imaginar uma relação econômica que não esteja submetida a essa questão. Além do contexto de seguros, Salanié (2005) enumera algumas situações onde Risco Moral está presente:

- Em relações trabalhistas, uma vez que o chefe (Principal) não consegue controlar todas as ações de seu subordinado (Agente). Assim, o Principal pode condicionar incentivos (o salário, por exemplo) à produção do trabalhador ou à outra variável observável para induzir o funcionário a envidar seus melhores esforços na execução das tarefas;
- Em atividades de serviços, Risco Moral está presente quando o esforço do provedor do serviço incide diretamente sobre o resultado da tarefa executada. Exemplos simples abrangem a relação entre o dono de um carro (Principal) e um mecânico (Agente), ou entre um paciente (Principal) e um médico (Agente);

- No contexto econômico, Risco Moral é utilizado com frequência para descrever as relações existentes entre um proprietário de terra (Principal) e um agricultor (Agente). Quando são estabelecidas parcerias, por exemplo, o proprietário incentiva o agricultor a aplicar seus melhores esforços, estipulando que a colheita será compartilhada por ambas as partes.

De maneira geral, pode-se afirmar que a compreensão e a resolução do problema Principal-Agente no contexto de Risco Moral envolve a análise e estudo de dois cenários: o “primeiro-ótimo” e o “segundo-ótimo”.

Segundo Salanié (2005), o “primeiro-ótimo” é definido quando o Principal pode observar perfeitamente qualquer ação tomada pelo Agente. Essa situação é bastante cômoda para o Principal, pois ele pode forçar a escolha de uma determinada ação pelo Agente ao definir incentivos que otimizem a partilha ideal do risco. Nesses casos, assume-se geralmente que o Principal é neutro ao risco, enquanto o Agente é avesso ao risco. A partilha ideal do risco requer, portanto, que o Principal assegure perfeitamente o Agente pagando-lhe um incentivo (salário) constante e arcando com todos os riscos envolvidos na transação.

No “segundo-ótimo”, por outro lado, o Principal não consegue observar diretamente a ação tomada pelo Agente; observa apenas alguma variável correlacionada com essa ação, geralmente a variável que representa o chamado “resultado final” (pode ser a qualidade do serviço prestado ou lucro total obtido com a relação, por exemplo).

Se o Principal é neutro ao risco, a solução do “primeiro-ótimo” consiste em fornecer ao Agente um salário constante. Já no “segundo-ótimo”, a assimetria de informação possibilita ao Agente a liberdade de escolher como quiser uma ação que promova para ele um custo mínimo. Como, em regra, os dois jogadores possuem interesses conflitantes e buscam maximizar sua utilidade individual, essa ação tipicamente não é ótima para o Principal (SALANIÉ, 2005).

A concepção dos problemas de Risco Moral consiste na arte de elaborar contratos que incentivem o Agente a agir com seu melhor empenho. Para isso há um preço a se pagar e o resultado é normalmente menos eficiente do que em situações com informação perfeita. Essa subtração na eficiência é denominada “custo da agência”, obtida pela diferença entre a solução “primeiro-ótimo” e a solução “segundo-ótimo”.

Em suma, de acordo com Salanié (2005), resolver um problema de Risco Moral implica para o Principal oferecer ao Agente um contrato ao avaliar o *trade-off* existente entre partilha de riscos e incentivos:

- Partilha de riscos para que o salário do Agente não dependa tão fortemente do resultado final obtido;
- Incentivos de maneira que o Principal possa condicionar o salário do Agente ao resultado final.

O Jogo da Produção, discutido na Seção (2.3.2.1), é um exemplo que expõe de maneira simples e objetiva a modelagem e as considerações envolvidas num problema de Risco Moral, proporcionando ao leitor uma melhor compreensão sobre os conceitos matemáticos utilizados nesse tipo de problema e elucidando, inclusive, a questão do *trade-off* existente entre riscos e incentivos.

2.3.2.1. O Jogo da Produção

Esta seção é toda extraída do livro de Rasmusen (2007), onde são apresentadas cinco variações do Jogo da Produção. O Jogo da Produção compreende uma série de jogos envolvendo um empregador (Principal) que contrata um trabalhador (Agente) para produzir um determinado bem.

Denote o resultado final da produção (valor monetário) por $q(e)$, que aumenta em função do esforço e . A função de utilidade do Agente é $U(e, w)$, decrescente em relação ao esforço despendido (e) e crescente em relação ao salário recebido (w), pago pelo Principal. Já a utilidade do Principal é dada por $V(q - w)$ e aumenta quanto maior for a diferença entre o resultado final obtido com a produção (q) e o salário pago ao Agente (w).

O Jogo da Produção pode ser então definido:

- Jogadores:
 1. O Principal é um empregador;
 2. O Agente é o responsável pela produção, o trabalhador;
- Sequência do jogo:
 1. O Principal oferece ao Agente um salário w ;
 2. O Agente decide se aceita ou rejeita o contrato;
 3. Se o Agente aceitar, ele escolhe o nível de esforço e ;
 4. O resultado final é igual a $q(e)$, onde $\frac{\partial q}{\partial e} > 0$.

- Determinação dos *payoffs*:

1. Se o Agente rejeita o contrato, então $\pi_{agente} = \bar{U}$ e $\pi_{principal} = 0$;
2. Se o Agente aceita o contrato, então $\pi_{agente} = U(e, w)$ e $\pi_{principal} = V(q - w)$.

Uma maneira de compreender o pressuposto de que o Principal se move primeiro no Jogo da Produção é imaginar que muitos Agentes competem para trabalhar pelo Principal. A ordem de movimentos permite ao Principal propor uma oferta de contrato que deve ser simplesmente aceita ou rejeitada, deixando o Agente com tão pouco espaço de negociação como se ele estivesse competindo com uma infinidade de outros Agentes. Isto é realmente apenas uma conveniência de modelagem. Por outro lado, uma vez definida a utilidade reserva do Agente ($\bar{U}$), o Principal terá que pagar pelo menos $\bar{U}$ para que o Agente tenha interesse em entrar no jogo.

✓ **Jogo da Produção I – Informação Completa**

Neste jogo, cada movimento é observado por todos os jogadores e o salário pago pelo Principal é uma função direta do esforço despendido pelo Agente: $w(e)$.

Encontrar o equilíbrio envolve, portanto, encontrar o melhor contrato possível (do ponto de vista do Principal) prevendo como o Agente vai reagir aos incentivos ofertados. O Agente receberá um valor $\tilde{w}(e)$ para exercer o esforço e , onde $\tilde{w}(e)$ é uma função definida de maneira tal que o Agente apenas aceite o contrato (nada mais do que isso, já que um salário maior incorreria em utilidade negativa para o Principal). Assim a utilidade do Agente definida no contrato será exatamente sua utilidade reserva, ou seja:

$$U(e, w(e)) = \bar{U} \quad (2.1)$$

Logo, o problema do Principal é:

$$\max_{\{e\}} V(q(e) - \tilde{w}(e)) \quad (2.2)$$

A condição de primeira ordem para esse problema é:

$$V'(q(e) - \tilde{w}(e)) \left(\frac{\partial q}{\partial e} - \frac{\partial \tilde{w}}{\partial e} \right) = 0 \quad (2.3)$$

O que implica em:

$$\frac{\partial q}{\partial e} = \frac{\partial \tilde{w}}{\partial e} \quad (2.4)$$

Da Equação (2.1), utilizando o Teorema da Função Implícita, temos:

$$\frac{\partial \tilde{w}}{\partial e} = - \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial e}}{\frac{\partial U}{\partial \tilde{w}}} \right) \quad (2.5)$$

Combinando (2.4) e (2.5) ficamos com

$$\left(\frac{\partial U}{\partial \tilde{w}} \right) \left(\frac{\partial q}{\partial e} \right) = - \left(\frac{\partial U}{\partial e} \right) \quad (2.6)$$

A Equação (2.6) nos diz que no nível ótimo do esforço e^* , a utilidade marginal do Agente que seria resultado de um possível esforço extra é igual a sua desutilidade marginal para desprender esse esforço.

A Figura (2.2) mostra graficamente essa análise. O Agente tem curvas de indiferença no espaço esforço *versus* salário com inclinação positiva, pois se seu esforço aumenta seu salário também deve aumentar para manter o mesmo nível de utilidade (curva de indiferença). A curva de indiferença do Principal também tem inclinação positiva porque, embora ele não se preocupe diretamente com o nível de esforço do Agente, ele se importa com o resultado final obtido e pagará mais por um maior esforço do Agente. Mesmo se o Principal for avesso ou neutro ao risco sua curva de indiferença é côncava em ambos os casos, pois a Figura (2.2) supõe uma tecnologia com retornos decrescentes em relação ao esforço (isto é, côncava, com $q'' < 0$). Isso representa que se o esforço do Agente começa a ser mais elevado esse esforço extra não gera um retorno adicional considerável para o Principal, ou seja, não há possibilidade de se aumentar muito o salário pago ao Agente sem que o lucro do Principal seja reduzido.

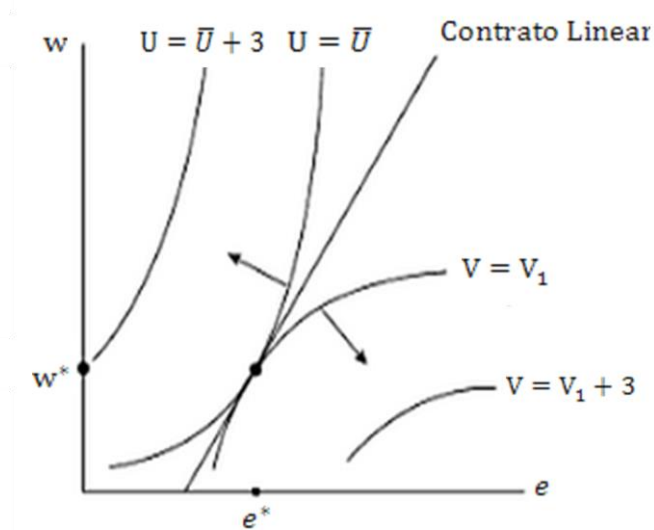


Figura 2.2 – O nível de esforço eficiente no Jogo da Produção I
Fonte: Traduzida de Rasmusen (2007)

Pode-se considerar também a perspectiva da concorrência perfeita entre Principais. Nesse caso, o lucro do Principal será igual a zero e a utilidade reserva do Agente ($\bar{U}$) estará no nível que maximiza seu retorno com o esforço despendido, $\tilde{w}(e) = q(e^*)$, ou:

$$U(e^*, q(e^*)) = \bar{U} \quad (2.7)$$

O Principal, então, escolhe o ponto na curva de indiferença $U = \bar{U}$ que maximiza seu retorno, no nível e^* e w^* . Em seguida ele deve desenhar um contrato que induza o Agente a escolher esse nível de esforço e^* . A Figura (2.3) apresenta três tipos de contratos igualmente efetivos para jogos com informação completa.

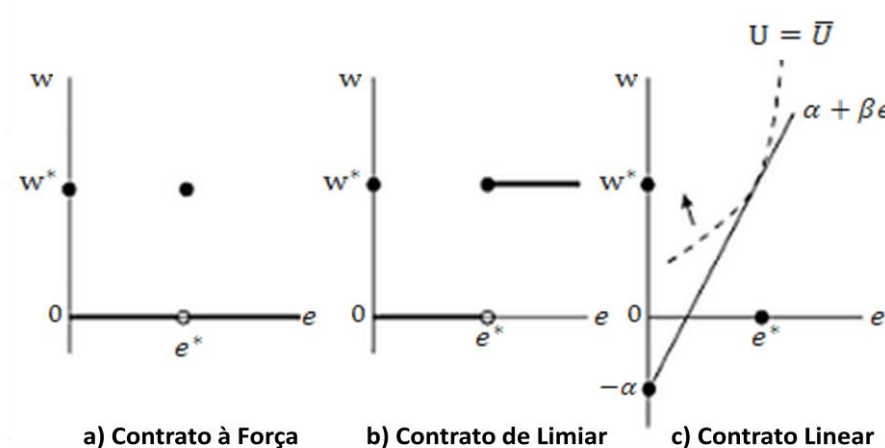


Figura 2.3 – Três tipos de contratos que induzem o esforço e^* pelo salário w^*
Fonte: Rasmusen (2007)

Os contratos ilustrados na Figura (2.3) são denominados:

- Contrato à Força: estabelece que $w(e^*) = w^*$ e $w(e \neq e^*) = 0$. Esse é um incentivo forte e agressivo para o Agente escolher exatamente $e = e^*$;
- Contrato de Limiar: estabelece $w(e \geq e^*) = w^*$ e $w(e < e^*) = 0$. Esse contrato define que o Agente não ganhará nada se seu esforço for menor do que e^* , mas se atingir e^* (ou mais) receberá w^* . Como o Agente não tem interesse em despendar um esforço alto (gera desutilidade), ele escolherá exatamente $e = e^*$;
- Contrato Linear: está representado tanto na Figura (2.2) quanto na Figura (2.3). Ele estabelece $w(e) = \alpha + \beta e$, onde α e β são escolhidos de forma tal que

$w^* = \alpha + \beta e^*$. A linha do Contrato Linear é tangente à curva de indiferença $U = \bar{U}$ exatamente no ponto e^* .

✓ Jogo da Produção II – Informação Completa – Agente se Move Primeiro

Neste jogo, novamente todos os movimentos podem ser observados perfeitamente pelos jogadores e o contrato é uma função $w(e)$. No entanto, dessa vez é o Agente quem se move primeiro e oferece o contrato ao Principal.

No Jogo da Produção I, o problema foi resolvido considerando que a utilidade final do Agente era igual a sua utilidade reserva, já que o mesmo não possuía nenhum poder de barganha. Agora quem não possui poder de barganha é o Principal e, por isso, o problema pode ser resolvido considerando um contrato que seja pelo menos aceitável para ele. Em outras palavras, o Principal deve receber lucro maior ou igual a zero, ou seja, tem-se $q(e) - w(e) \geq 0$. Na verdade, como é o Agente quem propõe o contrato, ele irá maximizar seu próprio *payoff* ao dirigir ao Principal exatamente o lucro zero, fazendo $q(e) = w(e)$. Ao substituir $q(e)$ por $w(e)$ para atender essa restrição, o problema de maximização do Agente ao propor o esforço e para receber $w(e)$, pode ser definido como:

$$\max_{\{e\}} U(e, q(e)) \quad (2.8)$$

A condição de primeira ordem para esse problema é:

$$\frac{\partial U}{\partial e} + \left(\frac{\partial U}{\partial q} \right) \left(\frac{\partial q}{\partial e} \right) = 0 \quad (2.9)$$

Como $\frac{\partial U}{\partial q} = \frac{\partial U}{\partial w}$, já que o salário do Agente é igual ao resultado final, tem-se:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial w} \right) \left(\frac{\partial q}{\partial e} \right) = - \left(\frac{\partial U}{\partial e} \right) \quad (2.10)$$

Comparando este resultado com a Equação (2.6) nota-se claramente que a equação de otimalidade é idêntica nos Jogos da Produção I e II. A intuição utilizada para explicar o resultado obtido também é a mesma para os dois casos: uma vez que o jogador que propõe o contrato captura todos os ganhos advindos do acordo (dando o valor reserva para o outro jogador), ele irá escolher um nível de esforço eficiente. Isso exige que a utilidade marginal do dinheiro referente ao esforço despendido seja igual à desutilidade marginal desse esforço.

No entanto, embora a forma da equação de otimalidade seja a mesma nos dois casos, o esforço ideal pode não ser. Geralmente, o Agente acaba com um *payoff* maior quando possui todo o poder de barganha (Jogo da Produção II) e esse efeito riqueza influencia na definição

do nível de esforço ótimo. Na verdade, se as preferências dos agentes não forem quase-lineares⁷, então o efeito riqueza vai mudar o esforço ideal. Uma exceção é o caso especial em que a utilidade reserva do Agente no Jogo de Produção I é igual ao seu *payoff* de equilíbrio no Jogo de Produção II.

Por outro lado, se as preferências forem da forma quase-linear, o nível de esforço eficiente é independente de qual lado tem o poder de barganha (mas não o salário e o *payoff*). Isso ocorre porque o ganho com o resultado final eficiente é independente de como esses ganhos estão sendo distribuídos, uma vez que nenhuma das duas partes tem interesse em abandonar a relação⁸. Como consequência, essa propriedade do nível de esforço eficiente significa que o analista é livre para fazer suposições sobre o poder de barganha, o que ajuda a manter o foco no problema informacional e não na questão de quem propõe o contrato.

Neste sentido, três razões principais justificam a análise de problemas considerando que um jogador propõe o contrato e o outro simplesmente aceita ou rejeita. São elas:

1. Essa abordagem é uma boa maneira de modelar situações contratuais de mercados competitivos;
2. Se o valor reserva do jogador sem poder de barganha é considerado alto suficiente, essas ofertas de contratos levam ao mesmo resultado que seria alcançado se o jogador possuísse um poder de barganha maior;
3. Se a função utilidade dos agentes é da forma quase-linear, a definição do nível de esforço ótimo não depende de quem tem o poder de barganha.

Essas três razões justificam a modelagem considerando o caso mais simples de barganha (todo poder está centrado em uma única parte que oferece o contrato), a qual pode ser empregada para análise de inúmeros problemas, em diferentes contextos.

⁷ Segundo Varian (2003) o termo função “quase-linear” significa que a função é linear em um bem, mas (possivelmente) não-linear em outro(s). Para duas variáveis, o modo natural de representar uma função quase-linear é através da equação $U(x_1, x_2) = k = v(x_1) + x_2$. Por exemplo: $U(x_1, x_2) = \sqrt{x_1} + x_2$ que é linear em x_2 .

⁸ Esse fato é exatamente a lição demonstrada no Teorema de Coase. Com base nesse Teorema, considerando preferências quase-lineares, pode-se afirmar que a quantidade eficiente do bem envolvida na externalidade independe da distribuição dos direitos de propriedade (COASE, 1960).

✓ **Jogo da Produção III – Salário Fixo (sob Certeza)**

Nessa versão do jogo, o Principal não condiciona o pagamento do salário nem de acordo com o esforço despendido pelo Agente nem de acordo com o resultado final obtido. Na verdade isso não é estabelecido porque o Principal não consegue observar diretamente nenhum dos dois fatores, apesar dele ter que propor um salário fixo (w) ao Agente.

O fato do Principal não conseguir observar o esforço do Agente acontece verdadeiramente em situações reais e é uma suposição fácil de aceitar. Contudo, a consideração de que o resultado final não pode ser observado pelo Principal é um pouco mais difícil de admitir, uma vez que o resultado final influencia diretamente o *payoff* obtido pelo Principal e, dessa forma, ele pode inferir diretamente qual resultado lhe gerou esse *payoff*. Ainda assim, o Jogo da Produção III pode ser adequado para representar casos mais extremos onde o resultado pretendido não está discriminado no contrato (o tribunal não pode fazer com que o contrato seja cumprido) ou o resultado não é verificável (o tribunal não consegue nem ao menos observar o resultado final).

A solução do Jogo da Produção III é, enfim, simples e ineficiente. Se o Principal considerasse pagar algum salário ao Agente, o último aceitaria o trabalho e exerceria esforço zero. Assim, o Principal oferece salário zero e não há acordo.

Uma característica importante do Jogo da Produção III é que o problema de Risco Moral surge efetivamente pela primeira vez nesse exemplo, pois o Agente pode agir de maneira oportunista, “enganando” o Principal sobre suas ações, já que o mesmo não pode observar o esforço do Agente nem utilizar o contrato para puni-lo.

Como forma de resolver essa situação, há exemplos que consideram a repetição do jogo ou a questão da reputação dos jogadores como elementos fundamentais na modelagem junto com a hipótese de que se algum jogador decidir quebrar o acordo ele terá que arcar com uma perda de utilidade. Geralmente, porém, o processo de modelagem supera de certa forma o Risco Moral pelo condicionamento do salário a alguma variável observável e correlacionada com o esforço do Agente (resultado final obtido, por exemplo), caso ilustrado no Jogo da Produção IV.

✓ **Jogo da Produção IV – Salário Baseado no Resultado (sob Certeza)**

Neste jogo, o Principal não consegue observar o esforço do Agente, mas observa o resultado final e especifica um contrato baseado nesse resultado.

Diferentemente do Jogo da Produção III, o Principal não escolhe agora apenas um único valor para o salário (w), mas sim uma função do resultado final obtido: $w(q)$. Além disso, este caso é um pouco mais complexo do que o Jogo da Produção I (quando o salário era função do esforço), mas aqui também é possível alcançar o nível eficiente e^* apesar do esforço não ser uma variável observável.

O Principal começa buscando encontrar o nível ideal de esforço e^* como no Jogo da Produção I. Esse esforço ótimo implicará obviamente no resultado final ótimo $q^* = q(e^*)$. Para fornecer ao Agente o incentivo adequado, o contrato deverá compensá-lo quando o resultado observado for exatamente q^* . Novamente uma variedade de contratos poderá ser utilizada. O Contrato à Força, por exemplo, pode ser uma função qualquer tal que $U(e^*, w(q^*)) = \bar{U}$ e $U(e, w(q)) < \bar{U}$, para $e \neq e^*$.

O Jogo da Produção IV mostra que a impossibilidade de observar o esforço não é realmente um problema se o contrato puder ser condicionado a algo observável e correlacionado de maneira perfeita com o esforço do Agente. No entanto, o verdadeiro Problema de Agência ocorre quando essa correlação não é perfeita, consideração feita no Jogo da Produção V.

✓ Jogo da Produção V – Salário Baseado no Resultado (sob Incerteza)

Nesta versão, o Principal não pode observar o esforço do Agente, mas pode observar o resultado final e especificar o contrato para ser $w(q)$. No entanto, o resultado agora é uma função $q(e, \theta)$, tanto do esforço e quanto do Estado da Natureza $\theta \in R$. Tem-se que θ é escolhida pela Natureza a partir da função densidade de probabilidade $f(\theta)$ como uma nova etapa do jogo que acontece logo depois do Agente escolher o esforço e .

No Jogo da Produção V o esforço escolhido pelo Agente não tem efeito perfeito no resultado final observado graças à incerteza sobre o Estado da Natureza. Um determinado resultado poderá, portanto, ser alcançado como consequência de níveis de esforços diferentes. Deste modo, ao contrário do Jogo da Produção IV, o Principal não pode mais relacionar diretamente o esforço despendido pelo Agente com a obtenção de um determinado resultado, ou seja, não pode deduzir que $e \neq e^*$ de $q \neq q^*$.

Novamente a utilidade esperada do Agente deverá ser igual a $\bar{U}$ para que ele aceite o contrato. No entanto, o Agente poderá receber um salário menor se o resultado observado não foi igual a q^* , mesmo ele tendo despendido o esforço correto. Assim, quando o resultado for justamente igual q^* ele deverá receber um salário maior para compensar essas situações.

Além disso, se o Agente for avesso ao risco, seu salário esperado deve ser maior do w^* encontrado anteriormente para que ele seja recompensado pelo risco extra ao qual está submetido. Esse é exatamente o *trade-off* existente nos problemas de Risco Moral entre incentivos e riscos, abordado exaustivamente na literatura da área.

De maneira mais formal, pode-se afirmar que o Risco Moral está presente quando $q(e)$ não é uma função um-para-um em relação à e , ou seja, um único valor de e pode resultar em qualquer valor de q , dependendo do valor de θ . Nesses casos a função resultado não é invertível em e : mesmo sabendo-se q , o Principal não pode deduzir o valor de e de maneira perfeita.

A combinação de esforços não observáveis e a impossibilidade de inverter a função $q(e)$ no jogo da Produção V significa que nenhum contrato poderá induzir o Agente a exercer o nível de esforço eficiente sem incorrer custos extras, os quais tipicamente representam um risco extra imposto ao Agente. Em algumas situações isso não é realmente um custo porque o Agente é neutro ao risco, mas geralmente o melhor que o Principal pode fazer é balancear incentivos (para que um nível de esforço adequado seja escolhido) com o custo de riscos extras (assumidos por um Agente avesso ao risco). Assim, busca-se um contrato que seja eficiente em termos da maximização do bem-estar social, dada as restrições informacionais.

O objetivo do Principal no Jogo da Produção V é, então, maximizar sua utilidade sujeito a duas considerações: o Principal sabe que o Agente é livre para rejeitar o contrato se a proposta não for interessante e sabe também que um incentivo deve ser fornecido ao Agente para que o nível de esforço desejado seja escolhido. Essas duas restrições aparecem em qualquer problema de Risco Moral e são denominadas Restrição de Participação (RP) e Restrição de Incentivo (RI), respectivamente.

Finalmente, o problema típico do Principal que lida com Risco Moral pode ser representado matematicamente como:

$$\max_{\{w(\cdot)\}} EV \left(q(\bar{e}, \theta) - w(q(\bar{e}, \theta)) \right) \quad (2.11)$$

Sujeito à:

$$RP \rightarrow EU \left(\bar{e}, w(q(\bar{e}, \theta)) \right) \geq \bar{U} \quad (2.12)$$

$$RI \rightarrow \bar{e} = \arg \max_{\{e\}} EU \left(e, w(q(e, \theta)) \right) \quad (2.13)$$

A Restrição de Participação requer que o Agente prefira aceitar o contrato em comparação com trabalhos alternativos ou até mesmo permanecer desempregado. Já a Restrição de Incentivo leva em consideração que o Agente se move depois do Principal, logo

o contrato deve induzir o Agente a escolher voluntariamente o nível de esforço desejado pelo Principal.

As Expressões (2.11) à (2.13) representam a melhor maneira que um analista consegue ilustrar matematicamente o caso de Risco Moral, mas sua modelagem é apenas um primeiro passo para a compreensão do problema como um todo. A dificuldade não reside apenas em escolher uma função salário em vez de apenas um número no problema de maximização. Além disso, há a presença de restrições não convexas no problema, o que permite um conjunto muito complicado de possíveis funções como resposta.

Apesar de não ser a intenção deste trabalho se aprofundar nos procedimentos e ferramentas de cálculo utilizadas para resolver problemas de Risco Moral, para a resolução desse problema em especial pode-se utilizar a abordagem desenvolvida por Grossman e Hart (1983), a qual é denominada “Procedimento de Três Etapas” por Fudenberg e Tirole (1991). A abordagem consiste em focar em contratos que induzam o Agente a tomar uma ação em particular em vez de atacar diretamente o problema de maximização de lucros. A primeira etapa é encontrar para cada nível de esforço possível o conjunto de contrato que induzirá o Agente a escolher tais esforços. A segunda etapa é escolher apenas os contratos que suportem esses esforços ao menor custo para o Principal. A terceira e última etapa, é escolher o nível de esforço ótimo que maximize a função objetivo do Principal, considerando o custo do salário definido no contrato (discriminado na segunda etapa).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma visão da literatura sobre Terceirização de TI e sobre Teoria dos Contratos aplicada ao contexto de terceirização de TI. A análise crítica, meticulosa e ampla das publicações disponíveis na literatura evidencia o campo de conhecimento já estabelecido e fornece o subsídio necessário para o desenvolvimento desta dissertação.

3.1. Terceirização de Tecnologia da Informação (TI)

Inicialmente, é importante compreender o que é um processo de Terceirização de TI. Apesar de o conceito diferir um pouco na literatura, é senso comum entre os autores que a terceirização corresponde a um processo de transferência organizacional de funções:

- Para Dué (1992) terceirização de TI é a transferência de parte ou de todo o processamento de dados/sistemas de uma empresa para uma firma terceira, no que tange hardwares, softwares, redes de comunicações ou sistemas pessoais. Essa firma terceira pode ser um fornecedor de hardware, um desenvolvedor de sistemas ou uma empresa de consultoria;
- Loh e Venkatraman (1992) definiram terceirização de TI como uma contribuição significativa de um fornecedor externo no que se refere aos recursos físicos e/ou humanos associados à infraestrutura de TI (completa ou apenas alguns componentes) de uma empresa cliente;
- Para Willcocks *et al.* (1995) trata-se da transferência de uma empresa contratante à outra contratada, de parte ou da totalidade do gerenciamento da Tecnologia de Informação (TI), do Sistema de Informação (SI) ou de serviços relacionados com a área;
- Cheon *et al.* (1995) definiram como sendo a decisão de uma empresa de repassar toda ou parte das suas funções de SI para um fornecedor externo com o intuito de se atingir objetivos empresariais;
- Apte *et al.* (1997) argumentaram que terceirizar é transferir de forma seletiva algumas ou todas as funções de SI que vão desde a simples manipulação de dados até o contexto de serviços de desenvolvimento e manutenção de software, gerenciamento de banco de dados e integração completa de sistemas;

- Hu *et al.* (1997) definiram como sendo uma prática de mercado na qual uma empresa contrata toda ou parte de sua operação de SI a um ou mais fornecedores externos com o objetivo de se adquirir vantagem estratégica, econômica e tecnológica;
- Gonzalez *et al.* (2005) argumentaram que a terceirização de TI acontece quando os recursos humanos e/ou físicos relacionados à tecnologia da informação de uma organização são providos ou gerenciados por um fornecedor especializado. A situação pode ser temporária ou permanente e pode afetar o SI da organização de forma total ou parcial;
- Jayatilaka e Hirschheim (2009) conceituaram como a obtenção de serviços de TI através de um arranjo organizacional específico e formal, estabelecido com a finalidade de assegurar a produção e entrega desses serviços bem como garantir a gestão dos recursos e atividades necessárias relacionadas à área;
- Elitzur *et al.* (2012) afirmaram que a terceirização de TI acontece quando uma organização contrata outra para atender de forma completa ou parcial suas necessidades de SI.

Na Tabela (3.1) estão resumidas as definições de terceirização de TI utilizadas neste trabalho.

Tabela 3.1 – Definições de terceirização de TI (Fonte: Este trabalho)

DEFINIÇÃO DE TERCEIRIZAÇÃO DE TI	FONTE
Transferência de parte ou de todo o processamento de dados/sistemas de uma empresa para uma firma terceira, no que tange hardwares, softwares, redes de comunicações ou sistemas pessoais	Richard (1992)
Contribuição significativa de um fornecedor externo no que se refere aos recursos físicos e/ou humanos associados à infraestrutura de TI de uma empresa cliente	Loh e Vankatraman (1992)
Transferência de uma empresa contratante à outra contratada de parte ou da totalidade do gerenciamento da TI, SI ou de serviços relacionados	Willcocks <i>et al.</i> (1995)
Repasse de toda ou parte das funções de SI de uma empresa para um fornecedor externo	Cheon <i>et al.</i> (1995)
Transferência de forma seletiva de algumas ou todas as funções de SI	Apte <i>et al.</i> (1997)

Prática de mercado na qual uma empresa contrata toda ou parte de sua operação de SI a um ou mais fornecedores externos	Hu <i>et al.</i> (1997)
Acontece quando os recursos humanos e/ou físicos relacionados à tecnologia da informação de uma organização são providos ou gerenciados por um fornecedor especializado	Gonzalez <i>et al.</i> (2005)
Obtenção de serviços de TI através de um arranjo organizacional específico e formal, estabelecido com a finalidade de assegurar a produção e entrega desses serviços bem como garantir a gestão dos recursos e atividades necessárias relacionadas à área	Jayatilaka e Hirschheim (2009)
Acontece quando uma organização contrata outra para atender de forma completa ou parcial suas necessidades de SI	Elitzur <i>et al.</i> (2012)

É evidente que as definições apresentadas na Tabela (3.1) diferem um pouco, pois foram criadas para se adequar ao contexto no qual cada trabalho foi desenvolvido. No entanto, vale ressaltar que a diferença entre as definições apresentadas também está relacionada com a evolução e o amadurecimento dessa área de conhecimento.

De acordo com Lee *et al.* (2003), por volta de 1960 a terceirização de TI consistia basicamente na utilização de agências de serviços e empresas de sistemas, as quais eram concebidas exclusivamente para fornecer serviços compartilhados de processamento de dados, uma vez que os computadores da época eram extremamente caros. Por volta dos anos de 1970, o foco foi transferido do hardware para o software e passou-se a contratar programadores para desenvolver, customizar ou simplesmente manter as aplicações de tecnologia da informação das empresas. Em seguida, tornou-se prática conciliar hardware e software para buscar o conceito de solução total, com mais ênfase no resultado do que no processo utilizado para obter tal resultado. A Figura (3.1) ilustra a evolução temporal do conceito de terceirização de TI.

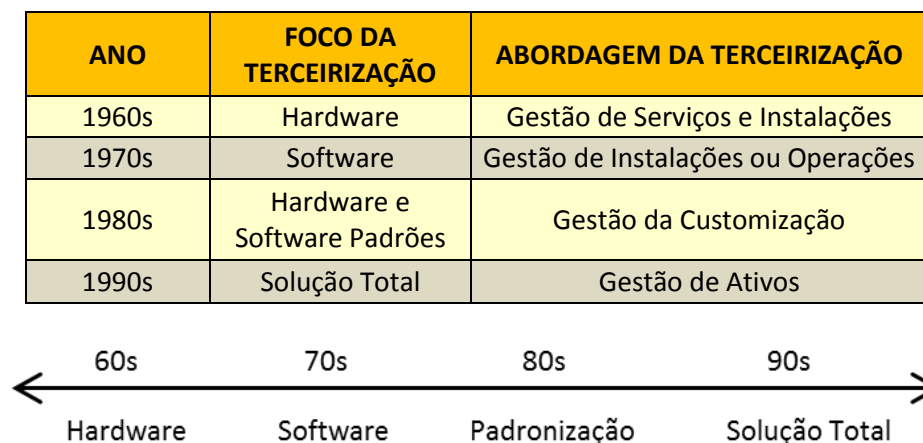


Figura 3.1 – Evolução da terceirização de TI

Fonte: Traduzido de Lee et al. (2003)

No contexto atual, a terceirização de TI se mistura com a ideia de parceria e aliança estratégica. Neste sentido, de acordo com Dibbern *et al.* (2004) e LACITY *et al.* (2009), ganham cada vez mais destaque na literatura da área conceitos como: terceirização internacional (do inglês *offshore outsourcing*), provedores de serviços de aplicações (*Application Service Provider - ASP*) e terceirização de processos de negócios (*Business Process Outsourcing - BPO*).

3.1.1. Motivos Para Terceirizar

Em nível organizacional, toda decisão de terceirização tem como motivação a busca por um diferencial competitivo. Para Gupta e Gupta (1992) essa motivação surge por uma estratégia da empresa, pela busca por economia de escala, pela tentativa de alinhamento da força de mercado ou por questões técnicas. Para Karyda *et al.* (2006) as razões pelas quais as empresas terceirizam estão principalmente ligadas a aspectos financeiros, englobando uma perspectiva de maior retorno sobre investimentos, redução de custos e/ou obtenção de economias de escala. Por sua vez, Loh e Vakratraman (1992) foram mais precisos ao defender que a busca pela redução de custos é a força motriz da terceirização de TI. Já Mojsilović *et al.* (2007) argumentaram que, além da redução de custos, uma empresa terceiriza impulsionada pelo desejo de focar nas competências principais do negócio, pela necessidade de adaptar-se a uma rápida expansão ou mudança no negócio, para obter vantagens estratégicas ou manter-se atualizada tecnologicamente.

Em seu trabalho Groover *et al.* (1994) classificaram os fatores que contribuem para a atratividade e crescimento da terceirização de TI em três grande categorias:

- Aspectos estratégicos: referem-se à tentativa da empresa em focar nas competências principais de seu negócio; fazer com que seus funcionários não realizem tarefas burocráticas (as quais serão terceirizadas) e trabalhem no uso estratégico da TI; aumentar o desempenho de seus sistemas de informação; e usufruir da expertise de um fornecedor especializado;
- Aspectos econômicos: referem-se à busca da empresa por economias de escala e escopo (o fornecedor tipicamente trabalha para vários clientes); e à necessidade de contenção e previsibilidade de custos (o dispêndio financeiro da empresa passa a ser regido pelo contrato de terceirização);
- Aspectos tecnológicos: referem-se à procura da empresa por tecnologia de ponta e à prevenção de risco de obsolescência de seus sistemas de informação (a contratação de um fornecedor especialista na área diminui o risco de desatualização).

Por fim, uma percepção mais abrangente dos motivos que levam uma empresa a terceirizar sua TI pode ser encontrada na extensa revisão da literatura realizada por Lacity *et al.* (2009). Em seu trabalho, Lacity *et al.* (2009) constataram que o objetivo redução de custos é citado pelos autores como o principal motivador para a terceirização. Em seguida, aparecem a tentativa de focar nas competências principais do negócio e o desejo de usufruir da expertise de um fornecedor especializado. A Tabela (3.2) apresenta a lista completa dos objetivos levantados por Lacity *et al.* (2009).

Tabela 3.2 – Motivações para a terceirização de TI (Fonte: Traduzido de Lacity *et al.* (2009))

MOTIVAÇÃO PARA TERCEIRIZAR	DESCRIÇÃO	Nº. DE ARTIGOS
Redução de custo	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para reduzir ou controlar custos com SI	39
Foco nas competências principais	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para focar nas suas competências principais	24
Acesso à expertise/habilidades	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para ter acesso à expertise/habilidades do fornecedor	18
Aumento de desempenho do negócio/processos	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para melhorar seus negócios, processos ou capacidade	17

Razões técnicas	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para ter acesso à tecnologia de ponta	10
Flexibilidade	Refere-se ao desejo ou necessidade de adaptar-se a mudanças	7
Razões políticas	Um stakeholder de uma empresa que deseja ou necessita utilizar a terceirização para promover questões pessoais como eliminar uma função onerosa, melhorar a carreira ou maximizar ganhos financeiros pessoais	5
Mudança catalisadora	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para conduzir mudanças	4
Exploração comercial	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para usufruir dos benefícios comerciais da relação, explorando os ativos de clientes do fornecedor ou formar uma nova organização	3
Ganho de escala	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para poder dimensionar seus serviços de SI baseados na demanda	3
Acesso aos mercados globais	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para ter acesso a mercados globais e contratar fornecedores desses mercados	2
Alinhamento entre estratégia de SI e de negócios	A aderência ou congruência entre a estratégia de negócios da empresa e sua estratégia de terceirização	2
Previsibilidade de custos	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para prever melhor seus custos com SI	2
Redução de pessoal	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para reduzir o número de funcionários	2
Necessidade de capital	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para ganhar dinheiro através da venda de seus ativos de TI para o fornecedor	2
Entrega rápida	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar para aumentar a velocidade de entrega de seus projetos	2
Inovação	Uma empresa que deseja ou necessita terceirizar com o objetivo de promover inovação	1
TOTAL DE ARTIGOS		143

3.1.2. Riscos Envolvidos

De fato a terceirização de TI tem um potencial grande para trazer vantagens significativas para as organizações, mas não pode ser enxergada como um sucesso universal e absoluto. Existem também vários riscos e problemas que precisam ser considerados (PALVIA, 1995).

Grover *et al.* (1994) enumeraram algumas desvantagens do processo que podem tornar a terceirização de TI um inconveniente para as empresas:

- Fatores administrativos: referem-se à perda de controle da empresa contratante sobre a qualidade do serviço prestado e a ameaça à carreira de alguns de seus funcionários de TI;
- Fatores de custos: estão relacionados ao aumento do custo com cargos de coordenação para gerenciar o processo, além dos custos ocultos ou potenciais (transferência de empregados, aquisição de licenças de softwares, renegociação de contratos, etc.);
- Conflito de interesses: referem-se à possibilidade do fornecedor motivar-se apenas por dinheiro e essa motivação não estar de acordo com os interesses da empresa contratante. Há também a questão da confidencialidade de dados e sistemas, pois o fornecedor certamente terá acesso a informações sigilosas durante o processo.

Gupta e Gupta (1992) argumentaram que antes de decidir pela terceirização de TI, as organizações devem avaliar questões relacionadas com a gestão (exemplos: reputação do fornecedor, qualidade do serviço e implicações estratégicas) e potenciais problemas que possam vir a ocorrer (exemplos: demissões de funcionários próprios, risco com novos sistemas e potencial perda de controle).

Lacity *et al.* (2009) enumeraram um total de 28 riscos envolvidos no processo de terceirização de TI, os quais são apresentados na Tabela (3.3).

Tabela 3.3 – Riscos comuns da terceirização de TI (Fonte: Traduzido de Lacity *et al.* (2009))

RISCOS	
(1) Ociosidade da equipe interna de TI	(2) Perda de conhecimento interno
(3) Falsa representação do fornecedor	(4) Não há redução de custos

(5) Quebra do contrato pelo fornecedor	(6) Fornecedor preconceituoso (terceirização internacional)
(7) Diferenças culturais entre cliente e fornecedor	(8) Capacidade de suprimento, serviços, estabilidade financeira e adequação cultural inadequada
(9) Dificuldade em gerir equipes remotamente	(10) Segurança/privacidade violadas
(11) Custos de transação excessivos	(12) Fornecedor com alta rotação de funcionários
(13) Custos ocultos	(14) Funcionários do fornecedor inexperientes
(15) Dificuldade de gerir o relacionamento com o fornecedor	(16) Funcionários do fornecedor não se comunicam bem
(17) Contratos pouco flexíveis	(18) Fornecedor sai do mercado
(19) Infringir direitos autorais	(20) Fornecedor com poder excessivo sobre o cliente
(21) Falta de confiança	(22) Falha na transição
(23) Perda de autonomia e controle sobre as decisões de TI	(24) Tratar TI como uma mercadoria indiferente
(25) Perder controle sobre o gerenciamento de dados	(26) Aumento incontrolável do contrato
(27) Perda de controle sobre o fornecedor	(28) Prender-se ao fornecedor (custo de mudança elevado)

No geral, as vantagens e desvantagens apresentadas nesta seção sugerem que a terceirização de TI não deve ser considerada como uma decisão unanime e benéfica para todas as empresas. Neste sentido, pode-se ponderar também a decisão de terceirizar apenas algumas funções de TI ou até mesmo terceirizá-las parcialmente.

3.1.3. Tipologia da Terceirização de TI

Existem na literatura algumas classificações sobre arranjos, opções ou tipos de terceirização. Currie e Willcocks (1998) distinguem quatro grupos, definidos em função do nível de serviço transferido, do risco envolvido no processo e da interdependência entre cliente e fornecedor:

- Terceirização Total: a TI é vista pela empresa contratante como uma função de suporte ou um serviço que pode ser prestado a partir de um acordo firmado com um único fornecedor. A empresa contratante recebe da contratada o serviço e os produtos acordados no contrato (hardwares, softwares, gerenciamento de redes, manutenção do banco de dados, etc.) e, desta forma,

se isenta da responsabilidade de gerenciar e controlar o que considera não fazer parte de seu escopo principal. A terceirização total possibilita à empresa contratante focar seus esforços nas atividades principais da organização de acordo com o ramo que atua no mercado. Por outro lado, é importante ressaltar que essa prática incorre na retenção do controle e aumento do poder do fornecedor, o qual passa a deter as informações e o conhecimento sobre os processos de TI do seu cliente;

- Terceirização Envolvendo Vários Fornecedores: neste tipo de terceirização a empresa contratante se preocupa menos com o estabelecimento de parcerias com as empresas contratadas uma vez que o objetivo é incentivar a inovação e criar uma competição saudável entre seus fornecedores. Por outro lado, os fornecedores podem se unir e formar coalizões para ter um maior poder de barganha nas negociações com a empresa contratante. Os contratos firmados geralmente são de curta duração. Neste tipo de terceirização a empresa contratante consegue manter maior controle estratégico sobre sua função TI, uma vez que divide a responsabilidade com várias empresas e não depende de um único fornecedor como na Terceirização Total. No entanto, por outro lado, pode ser difícil gerenciar e coordenar diferentes fornecedores simultaneamente;
- Sociedade (Joint Venture) ou Aliança Estratégica: uma organização forma uma Sociedade ou Aliança Estratégica com um fornecedor quando acontece uma parceria com ênfase no compartilhamento de riscos e receitas. Esse processo pode envolver a seleção de um fornecedor de TI já existente no mercado ou até mesmo a criação de uma nova empresa de TI. Nas alianças estratégicas, uma organização (cliente) possui a liberdade de influenciar a estratégia e o planejamento das atividades realizadas pela outra (fornecedor). Além disso, as duas empresas compartilham o conhecimento técnico de seus funcionários e podem adquirir ganhos mútuos. De um lado, o cliente passa a focar seus esforços nas atividades fins da sua empresa e reduz o risco de transferir seus processos de TI para um fornecedor qualquer. De outro, a contratada passa a direcionar seus recursos para o fornecimento eficiente de serviços de TI e começa a crescer junto com a sua parceira, geralmente uma empresa de maior porte e com maior retorno financeiro;

- Internalização: consiste na manutenção do gerenciamento da função TI na própria organização em um grande e centralizado departamento. Isso acontece quando a empresa considera a área extremamente importante para seus objetivos ou não encontra potenciais fornecedores devido à baixa qualidade ou falta de confiança em outras organizações.

Já Lacity e Willcocks (1998) defenderam que as organizações se deparam com apenas três opções principais:

- Terceirização Total: refere-se à decisão de transferir mais de 80% do orçamento de TI, ativos, funcionários e responsabilidades de gestão para um fornecedor externo;
- Internalização Total: refere-se à decisão de manter a gestão de mais de 80% do orçamento de TI internamente, após avaliar os serviços disponíveis no mercado;
- Terceirização Seletiva: refere-se à decisão de terceirizar funções de TI pré-selecionadas a um fornecedor externo e manter entre 20 e 80% do orçamento de TI administrado internamente. Essa estratégia pode envolver a contratação de um único ou vários fornecedores.

Por sua vez, a classificação utilizada neste trabalho compartilha a visão de Jayatilaka e Hirschheim (2009) na qual a terceirização de TI deve ser vista como parte de um *continuum* entre dois extremos: a Terceirização Total e a Internalização Total. No regime de Internalização Total, um departamento interno gerencia todos os recursos de TI de propriedade da empresa. Assim, fala-se de terceirização somente quando um fornecedor externo é contratado para executar todos (Terceirização Total) ou ao menos uma parte dos serviços de TI dessa empresa.

3.2. Teoria dos Contratos aplicada ao Contexto de Terceirização de TI

Na literatura, alguns trabalhos analisam os aspectos envolvidos no processo de terceirização de TI utilizando argumentos de Teoria dos Contratos. Esses trabalhos tipicamente focam na análise da interação entre uma empresa contratante que deseja terceirizar suas atividades de TI (Principal) e outra empresa contratada para executar tal serviço (Agente). O processo de terceirização pode se tornar fonte de disputas entre a empresa contratante e a contratada, emergindo problemas como Risco Moral e/ou Seleção Adversa.

Para ilustrar esses problemas, Elitzur e Wensley (1997) utilizaram a classificação apresentada em Rasmusen (2007) para modelos de informação assimétrica (discutida na Seção (2.3)) e mostraram como eles podem ser enquadrados no contexto de terceirização de TI:

- Risco Moral com Ações Ocultas: é o caso, por exemplo, de uma empresa (Principal) que contrata outra (Agente) para fazer o *backup* periódico de sua base de dados. Como o Principal não tem como observar diretamente as ações executadas pelo Agente, o *backup* pode não ser feito na frequência correta, conforme estabelecido no contrato. Assim, o Principal deve desenhar um contrato com penas severas caso alguma cláusula seja descumprida pelo Agente, além de estabelecer um plano para monitorar suas ações;
- Conhecimento Oculto Pós-Contratual: nesse caso a empresa contratada (Agente) observa algum fenômeno externo que é importante para a contratante (Principal), mas por algum motivo a contratante não adquire essa informação. Exemplo é quando uma nova tecnologia é lançada no mercado, mas o lançamento não é observado ou a nova tecnologia não é compreendida pela empresa contratante;
- Seleção Adversa: é o caso, por exemplo, de uma empresa (Principal) que contrata outra (Agente) para desenvolver um software específico. Neste cenário, existem dois tipos de Agentes no mercado – os de alta qualidade (empresas eficientes) e os de baixa qualidade (empresas incompetentes). Essa situação é perigosa para o Principal, pois os Agentes de baixa qualidade tenderão a ser passar pelos de alta. Além disso, um Agente de alta qualidade não aceitará o contrato de terceirização se não forem fornecidos os devidos incentivos para compensar sua alta qualificação;
- Sinalização e Filtragem: no caso de Sinalização, antes do contrato ser estabelecido o Agente tenta mostrar ao Principal que sua competência é superior à de outros Agentes. Um exemplo é quando uma empresa de TI (Agente) apresenta à outra empresa (Principal) alguns softwares ou trabalhos já desenvolvidos por ela com o objetivo de se diferenciar dos concorrentes em um possível futuro contrato de terceirização. Por outro lado, um problema de Filtragem ocorre quando uma empresa (Principal) desenha um contrato de

terceirização de TI que diferencia potenciais fornecedores (Agentes). Neste caso, apenas os fornecedores que tiverem as competências e habilidades especificadas no contrato julgarão a proposta atraente.

De maneira complementar, Keil (2005) defendeu a aplicação do paradigma Principal-Agente ao contexto de terceirização de TI, uma vez que a empresa contratante (Principal) não é capaz de controlar totalmente o esforço investido pela empresa contratada (Agente) no desenvolvimento de um software. No contexto de TI, essa questão é intensificada pela dificuldade de se mensurar a produtividade dos funcionários da área e pela falta de métricas bem estabelecidas para avaliar a qualidade do produto desenvolvido. Neste sentido, Keil (2005) sugeriu algumas ações para diminuir ou evitar os obstáculos que surgem antes, durante e após o estabelecimento de um contrato de terceirização de TI. A questão de Risco Moral, por exemplo, pode ser atenuada se o Principal desenvolver um sistema de monitoramento eficiente, fortalecer sua relação de fidelidade com o Agente, desenhar incentivos adequados no contrato e puder contar com uma autoridade independente capaz de punir o Agente caso ele se desvie do acordo firmado (KEIL, 2005).

Já Dey *et al.* (2010) modelaram o processo de terceirização de TI como um problema de Risco Moral, com um certo grau de incerteza, informação assimétrica e jogadores neutros ao risco. Eles aplicaram conceitos de engenharia de software e o paradigma Principal-Agente para analisar diferentes tipos de contratos de terceirização de TI. Utilizando argumentos quantitativos, Dey *et al.* (2010) demonstraram que contratos de preço fixo são apropriados para projetos simples e que requerem pouco tempo de desenvolvimento. Contratos de tempo e materiais aliviam um pouco os problemas gerados pela assimetria de informação e Risco Moral, mas a empresa contratante é obrigada a monitorar o progresso e o esforço despendido no projeto. Deste modo, contratos de tempo e materiais são sugeridos para projetos mais complexos e quando a empresa contratante possui um bom sistema de monitoramento. Dey *et al.* (2010) discutiram também sobre contratos baseados na performance (onde a empresa contratada recebe de acordo com seu desempenho) e os contratos de divisão de lucros (onde o lucro é dividido de acordo com o poder de barganha de cada jogador), os quais, segundo os autores, atingem a solução “primeiro-ótimo”.

Outra abordagem, sugerida por Elitzur *et al.* (2012), considera que o Risco Moral não está presente apenas do lado da empresa contratada e, portanto, a terceirização de TI deve ser modelada como um problema de Risco Moral Duplo. A justificativa é que o sucesso da

relação depende não só das ações escolhidas pela empresa contratada, mas também das ações desempenhadas pela empresa contratante; ações que têm um custo associado para o jogador que as executa e que não podem ser observadas pelo oponente. Elitzur *et al.* (2012) extraíram do modelo proposto algumas conclusões. A primeira é que o contrato ótimo deve ser definido pela regra de divisão do lucro: quanto mais crítico for a terceirização para a empresa contratante maior será o valor recebido pela empresa contratada. Segundo, quando os custos marginais da empresa contratada forem menores do que os custos marginais da empresa contratante é melhor terceirizar do que administrar as atividades de TI internamente. Por fim, Elitzur *et al.* (2012) descreveram sobre as interações entre o nível ótimo de esforço dos jogadores envolvidos na terceirização (Equilíbrio de Nash) e mostraram como esse equilíbrio pode ser alterado.

Song *et al.* (2009) modelaram o processo de Terceirização de TI como um problema de Risco Moral considerando um contrato linear, um prestador de serviço avesso ao risco e um cliente neutro ao risco e que também participa ativamente do processo. Como resultado, Song *et al.* (2009) demonstraram que quando a participação do cliente e o esforço do prestador de serviço são complementares, tem-se que uma maior participação do cliente motiva o prestador a escolher um nível de esforço maior, e a proporção do *payoff* a ser dividido também aumenta.

Mais um trabalho que merece destaque é o artigo de Bandyopadhyay e Pathak (2007) que discute sobre a terceirização de uma forma genérica, mas que pode ser aplicado à área de TI. Bandyopadhyay e Pathak (2007), diferentemente dos trabalhos listados até então, não analisaram a relação entre a empresa contratante e a contratada, e sim modelaram a interação entre os funcionários da firma contratante (Principal) e os funcionários da firma terceirizada (Agente) que têm que compartilhar seus conhecimentos e habilidades. Em teoria, quando uma empresa terceiriza alguma função interna para outra empresa, os funcionários de ambas precisam compartilhar seus conhecimentos, trabalhando em conjunto para alcançar bons resultados. Na prática, contudo, os funcionários da empresa contratante podem encarar as mudanças com desconfiança e hostilidade, além de não cooperar com os funcionários da outra organização. Neste sentido, Bandyopadhyay e Pathak (2007) demonstraram que quando a complementaridade dos conhecimentos dos empregados das duas empresas (o que uns sabem, os outros não sabem) é proveitoso para a gestão das duas empresas buscarem a cooperação entre seus funcionários. Por outro lado, quando o conhecimento dos funcionários das duas empresas é bem similar, compartilhar conhecimento não traz benefícios significativos para

nenhuma das duas organizações, já que o custo associado às atividades necessárias para tal (reuniões, treinamentos, tempo gasto, etc.) excede o ganho obtido com a troca de conhecimento.

A Tabela (3.4) resume as principais contribuições dos trabalhos apresentados nesta seção.

Tabela 3.4 – Trabalhos sobre terceirização sob a ótica da Teoria dos Contratos (Fonte: Este trabalho)

FONTE	CONTEXTO	ABORDAGEM	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES
Elitzur e Wensley (1997)	Terceirização de TI	Qualitativa	Defenderam que modelos de Teoria dos Jogos são ferramentas eficazes na análise dos aspectos envolvidos na terceirização de TI
Keil (2005)	Terceirização de TI	Qualitativa	Sugeriu algumas ações para diminuir ou evitar problemas que surgem antes, durante e após o estabelecimento de um contrato de terceirização de TI, os quais são ocasionados pelos conflitos de interesses dos jogadores
Dey <i>et al.</i> (2010)	Terceirização de TI	Modelo Principal-Agente	Demonstraram que existem tipos de contratos de terceirização de TI mais apropriados para contextos diferentes
Elitzur <i>et al.</i> (2012)	Terceirização de TI	Modelo de Risco Moral Duplo	Ressaltaram que o sucesso da terceirização depende não só do esforço da empresa contratada, mas também do esforço da empresa contratante. Além disso, argumentaram que existe uma interação entre o nível ótimo de esforço de cada empresa e demonstraram como esse equilíbrio pode ser alterado
Song <i>et al.</i> (2009)	Terceirização de TI	Modelo de Risco Moral com participação da empresa contratante	Mostraram que quando a participação do cliente e o esforço do prestador de serviço são complementares, tem-se que uma maior participação do cliente motiva o prestador a escolher um nível de esforço maior, e a proporção do <i>payoff</i> a ser dividido também aumenta
Bandyopadhyay e Pathak (2007)	Terceirização (genérica)	Modelo de Risco Moral envolvendo os funcionários da empresa contratada e da contratante	Demonstraram que quando os conhecimentos dos funcionários das duas empresas se complementam, as empresas devem buscar a integração entre eles. Por outro lado, se os conhecimentos forem similares, o custo associado excederá o ganho a ser obtido com a troca de conhecimento

3.3. Estado da Arte e Posicionamento deste Trabalho

Inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos na área de Terceirização de TI, focando, por exemplo, na questão dos riscos inerentes ao processo, nos motivos para terceirizar, na definição de estratégias, nos fatores determinantes para o sucesso, nos requisitos de clientes e fornecedores e nos diferentes tipos de terceirização existentes (LACITY *et al.*, 2009).

Em uma extensa pesquisa sobre a literatura de terceirização de TI, Gonzalez *et al.* (2006) identificaram os principais tópicos discutidos, as metodologias aplicadas e os autores e regiões que mais contribuíram para o desenvolvimento deste campo de conhecimento. No trabalho, Gonzalez *et al.* (2006) citaram 131 artigos publicados no período de 1995 até 2006 sobre Terceirização de TI e constataram que o tópico Teoria da Agência aparece como foco de apenas 1,4% do total de 205 tópicos citados.

De forma complementar, Dey *et al.* (2010) argumentaram que há uma vasta literatura sobre desenho de contratos, mas quando o foco é na área TI as questões inerentes relacionadas à esse tipo de terceirização ainda permanecem um pouco obscuras. Como as atividades de engenharia de software são em geral bastante complexas, a terceirização de TI engloba desafios únicos que não são usualmente observados em outros ramos.

Na verdade, poucos autores modelaram a relação existente entre as empresas envolvidas em um processo de terceirização de TI como um jogo Principal-Agente. Ainda mais raro são os trabalhos que analisaram os resultados de cada empresa, obtidos como consequência das estratégias adotadas.

Para sanar a lacuna encontrada, este trabalho propõe um modelo matemático como forma de descrever tal situação. O trabalho é fundamentado nas técnicas de Teoria dos Jogos e Teoria dos Contratos, mais precisamente no problema de Risco Moral, modelado a partir do paradigma Principal-Agente. A análise tem como foco descrever e analisar o processo de desenvolvimento de um software (terceirização de TI) com ênfase na relação existente entre empresa contratante e contratada.

A fim de destacar a relevância deste trabalho, enfatizam-se também suas principais diferenças com relação aos demais trabalhos da área. Em primeiro lugar, vale destacar que este trabalho não só descreve a relação entre as empresas envolvidas em um processo de terceirização de TI sob a ótica da Teoria dos Contratos (conforme realizado por Elitzur e Wensley (1997) e Keil (2005)), mas apresenta também um modelo matemático para descrever tal situação. Além disso, o modelo proposto trata de um tipo específico de terceirização de TI,

mais precisamente do contexto de serviços de desenvolvimento de software, aprofundando-se na análise através do uso de funções e variáveis bem definidas, diferentemente de outros trabalhos que tratam as funções de forma mais genérica (Elitzur *et al.* (2012) e Song *et al.* (2009), por exemplo).

Na verdade, dentre os trabalhos listados na Seção (3.2), este trabalho traz maiores similaridades com o trabalho de Dey *et al.* (2010), apesar de possuir algumas diferenças relevantes. Os modelos propostos nos dois trabalhos têm a estrutura de um problema de risco moral, mas há diferenças nas funções utilizadas. Dey *et al.* (2010) consideram, por exemplo, que o fator tempo de desenvolvimento do software é uma variável de decisão enquanto neste trabalho considera-se que o fator tempo é uma restrição imposta ao problema. Outra diferença importante está no foco do trabalho: Dey *et al.* (2010) procuram descrever tipos de contratos mais apropriados para contextos específicos e este trabalho foca na análise da relação existente entre empresa contratante e contratada, analisando os resultados da terceirização como consequência das decisões tomadas por cada uma das empresas. Por fim vale destacar que, além da proposta de modelo, este trabalho apresenta também uma simulação numérica como forma de ilustrar o problema abordado a partir de dados realísticos, extraíndo-se conclusões práticas a partir da simulação realizada.

4. PROPOSTA DE MODELO

Este capítulo apresenta uma proposta de modelo de Risco Moral como forma de analisar o processo de terceirização de TI. O problema modelado envolve uma empresa que deseja terceirizar o desenvolvimento de um software e uma empresa contratada para executar tal atividade. O vínculo entre as empresas é firmado através de um contrato, onde são registradas as responsabilidades de cada parte e as regras sob as quais deverá ser prestado o serviço e efetuada a compensação financeira pela execução do trabalho.

O problema é analisado como um jogo não-cooperativo e com presença de informação assimétrica. Não-cooperativo porque cada jogador representa uma empresa diferente com objetivos e metas também diferentes. Considera-se que, a partir do contrato firmado, cada empresa age sozinha em prol de seu benefício individual e não há possibilidade de negociação entre as partes. Já a hipótese de informação assimétrica é justificada pela incapacidade da empresa contratante em observar diretamente o nível de esforço desempenhado pela empresa contratada durante o processo de terceirização, o que caracteriza uma relação de Risco Moral.

4.1. Descrição

Os dois jogadores envolvidos no problema são:

- Cliente: representa uma empresa que deseja terceirizar o desenvolvimento de um novo software;
- Desenvolvedor: representa uma empresa do ramo de Tecnologia da Informação a ser contratada pelo Cliente para desenvolver o sistema.

Ao relacionar a descrição desses jogadores com o problema do Principal-Agente, tem-se que o Cliente está no papel de Principal e o Desenvolvedor no papel de Agente.

O jogo acontece de maneira sequencial, conforme apresentado na Figura (4.1). Em suma, o Cliente propõe um contrato de terceirização ao Desenvolvedor, o qual é livre para aceitá-lo ou rejeitá-lo. Se o contrato for aceito, o Desenvolvedor inicia a elaboração do software, escolhendo um nível de esforço a ser desempenhado durante todo o projeto. Ao final, na entrega do software, observa-se a qualidade do produto desenvolvido e o Cliente paga uma recompensa financeira ao Desenvolvedor.

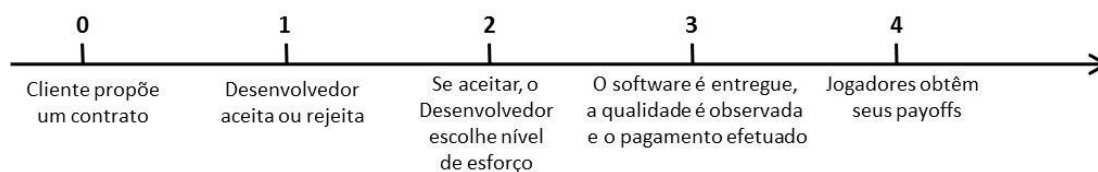


Figura 4.1 – Linha do tempo do jogo proposto
Fonte: Este trabalho

A Figura (4.1) detalha a ordem na qual acontecem as ações e os eventos do jogo em questão. Na etapa inicial, o Cliente propõe um contrato ao Desenvolvedor sabendo que ele rejeitará a proposta se a mesma não for atrativa e, além disso, o Desenvolvedor também não envidará o esforço necessário na execução do projeto se não receber o devido incentivo financeiro para tal.

Em seguida, na Etapa 1, o Desenvolvedor decide se aceita ou rejeita o contrato proposto. Para que a proposta seja aceita ela deverá ser maior ou igual a sua “utilidade reserva”. A “utilidade reserva” do Desenvolvedor corresponde, por exemplo, a alguma opção alternativa ao contrato como procurar outro cliente ou simplesmente manter o *status quo*.

Na Etapa 2, o contrato já está firmado e o Desenvolvedor se depara com a decisão de escolher o nível de esforço a desempenhar durante o processo de terceirização. O esforço deve ser compreendido como uma variável subjetiva que engloba a quantidade de recursos financeiros alocados pelo Desenvolvedor na elaboração do software. Além disso, englobam a variável esforço: o número de pessoas trabalhando na equipe, os investimentos com a capacitação da equipe, a qualidade das ferramentas disponibilizadas para desenvolvimento do projeto como, por exemplo, velocidade de processamento dos computadores, disponibilidade de equipamentos, velocidade de internet, infraestrutura adequada, dentre outros. Um aspecto importante a destacar é que o Desenvolvedor terá que arcar com um custo associado ao nível de esforço escolhido.

Já na Etapa 3, o processo de terceirização é concluído e a qualidade do software é observada por ambos os jogadores. Neste ponto, qualidade deve ser entendida como uma variável subjetiva que representa conformidade aos requisitos funcionais pré-estabelecidos. Corresponde também ao alcance do nível de desempenho que atenda as expectativas do Cliente. A qualidade observada pode servir como base para definição do pagamento devido ao Desenvolvedor, concebido também nesta etapa.

Finalmente, na 4ª e última etapa cada jogador recebe seu *payoff*, calculado a partir das decisões tomadas no decorrer do jogo e do resultado final obtido.

4.2. Modelagem Matemática

Uma vez compreendido o contexto no qual o jogo é realizado, são listadas as principais variáveis consideradas no modelo:

- q : qualidade do software desenvolvido;
- ε : incerteza associada à qualidade do software;
- e : esforço empregado pelo Desenvolvedor.

Têm-se também os seguintes parâmetros:

- t : tempo de duração do projeto, definido *a priori* ($t > 0$);
- α ; β : parâmetros da função qualidade ($\alpha > 0$; $\beta > 0$);
- q_0 : parâmetro da função custo ($q_0 > 0$);
- c_1 ; c_2 : sensibilidade do Desenvolvedor com o custo de conformidade e com o custo de não-conformidade, respectivamente ($c_1 > 0$; $c_2 > 0$);
- u_1 : sensibilidade do Cliente com a qualidade observada ($u_1 > 0$);
- u_2 : ganho para o Cliente com o software desenvolvido, independentemente de sua qualidade ($u_2 > 0$);
- u_{res} : utilidade reserva do Desenvolvedor.

A função qualidade (q) é representada matematicamente como uma função do esforço envidado pelo Desenvolvedor (e) e do tempo disponível para a execução do projeto (t). Considera-se que t representa o tempo máximo tolerado pelo Cliente para o desenvolvimento do software seja, por exemplo, por necessidade imediata da empresa ou por questões de obsolescência tecnológica. Assim, t não é considerado uma variável de decisão como no trabalho de Dey *et al.* (2010), e sim uma limitação, uma restrição do tempo disponível para conclusão do projeto. Ou seja, o software deve ser desenvolvido obedecendo a essa restrição de tempo com o intuito de não se tornar ultrapassado devido à velocidade com que novas ferramentas são lançadas no mercado, característica inerente ao setor de tecnologia. Além disso, justifica-se a definição do fator tempo como uma restrição, uma vez que o produto da terceirização precisa ser entregue em um prazo pré-estabelecido de forma a atender as necessidades já mapeadas pelo Cliente.

Em relação à função qualidade, considera-se neste modelo que a qualidade do software desenvolvido assume a forma da função de Cobb-Douglas, conforme proposto por Dey *et al.* (2010):

$$q = e^\alpha t^\beta + \varepsilon \quad (4.1)$$

Onde $\alpha + \beta < 1$ para representar um retorno de escala decrescente. Ou seja, é cada vez mais difícil melhorar a qualidade do software a partir de incrementos em e e/ou em t . Já ε é a incerteza associada à qualidade do software, considerada como uma variável aleatória com $E(\varepsilon) = 0$ (DEY *et al.*, 2010).

Assume-se que o valor do esforço (e) é informação privativa do Desenvolvedor, não podendo ser observado diretamente pelo Cliente. Assume-se também que o Desenvolvedor tem que arcar com um custo associado ao nível de esforço escolhido. Na verdade, o custo da qualidade de um software pode ser dividido em duas parcelas: custo de conformidade e custo de não-conformidade (SLAUGHTER *et al.*, 1998). Assim, no modelo proposto, o custo total (D) arcado pelo Desenvolvedor é definido como: $D = C_C + C_N$.

A primeira parcela, C_C , representa o custo de conformidade. O custo de conformidade envolve todos os gastos do Desenvolvedor com o desenvolvimento do projeto. Inclui, por exemplo, os investimentos iniciais com recursos (pessoal, máquinas, infra-estrutura, etc.), o gerenciamento do projeto, testes de qualidade, dentre outros. Assim, considera-se que o custo de conformidade é proporcional ao esforço desenvolvido: $C_C = c_1 e$.

Já a segunda parcela, C_N , representa o custo de não-conformidade. O custo de não-conformidade refere-se aos gastos ocasionados por problemas de qualidade do software desenvolvido. Esses custos incluem as despesas com retrabalhos, suporte ao cliente, correção do software, dentre outros. O propósito da parcela C_N é capturar o fato de que quanto menor a qualidade do software desenvolvido, maior o custo para o Desenvolvedor com atividades como retrabalho e suporte ao cliente. Neste sentido, o custo de não-conformidade é representado por $C_N = c_2(q_0 - q)$; com $q_0 \geq q$.

Considera-se também no modelo que ambos os jogadores são neutros ao risco. Assim, a utilidade esperada do Cliente com a qualidade do software e o custo total esperado do Desenvolvedor podem ser representados, respectivamente, por:

$$U = E[u_1 q + u_2] = u_1 e^\alpha t^\beta + u_2 \quad (4.2)$$

$$C = E[D] = c_1 e + c_2(q_0 - q) \quad (4.3)$$

Além disso, considera-se que a definição de W é um problema de decisão para o Cliente, uma vez que ele precisa explicitar no contrato quais as regras para pagamento ao Desenvolvedor pela execução do trabalho.

Finalmente, os *payoffs* totais esperados do Cliente e do Desenvolvedor são representados, respectivamente, por:

$$\pi_U = U - W = u_1 e^\alpha t^\beta + u_2 - W \quad (4.4)$$

$$\pi_D = W - C = W - c_1 e - c_2(q_0 - q) = W - c_1 e - c_2(q_0 - e^\alpha t^\beta) \quad (4.5)$$

4.2.1. Solução “Primeiro-Ótimo”

Neste cenário não há Risco Moral e o Cliente decide pelo desenvolvimento do novo software internamente na empresa, o que significa uma internalização total. Ou seja, não há uma relação de terceirização nem a necessidade de pagamento pela execução da tarefa, já que o projeto é desenvolvido pelo próprio Cliente.

A solução “primeiro-ótimo” é encontrada maximizando-se a soma dos *payoffs* individuais:

$$\max_e(\pi_U + \pi_D) = U - C = u_1 e^\alpha t^\beta + u_2 - c_1 e - c_2(q_0 - e^\alpha t^\beta) \quad (4.6)$$

Resolvendo a Equação (4.6) em relação a e , obtém-se:

$$e = \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (u_1 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \quad (4.7)$$

O expoente da Equação (4.7) é sempre negativo, pois $0 < \alpha < 1$ resultando em $\frac{1}{\alpha-1} < 0$. Assim, a partir da Equação (4.7) fica constatado que, mantendo os demais parâmetros constantes, quanto maior for a sensibilidade referente ao custo de conformidade (c_1), menor será o esforço envidado. Ou seja, não será escolhido um nível de esforço elevado se o custo referente a esse esforço também for alto. Por outro lado, se for dada uma grande importância à qualidade do software (u_1) ou se for grande a sensibilidade referente ao custo de não-conformidade (c_2), justifica-se o desenvolvimento de um software de qualidade mais aprimorada e maior tende a ser o nível de esforço (e). Constata-se também que uma variação de mesma magnitude em u_1 ou c_2 impactará a variável e exatamente da mesma forma, independentemente de qual dos dois parâmetros tenha sido alterado.

Substituindo o resultado apresentado na Equação (4.6) com o obtido na Equação (4.7) encontra-se o *payoff* total deste cenário:

$$\Pi_1 = \pi_U + \pi_D = u_1 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (u_1 + c_2)} \right]^{1/\alpha - 1} \right\}^\alpha t^\beta + u_2 - c_1 \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (u_1 + c_2)} \right]^{1/\alpha - 1} - c_2 \left\{ q_0 - \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (u_1 + c_2)} \right]^{1/\alpha - 1} \right\}^\alpha t^\beta \quad (4.8)$$

4.2.2. Solução “Segundo-Ótimo”

Agora o equilíbrio do jogo é calculado considerando dois jogadores independentes e que se comportam de acordo com seus interesses individuais. Dessa forma, o Cliente terá que propor um pagamento (W) ao Desenvolvedor sabendo que ele irá escolher o nível de esforço que maximize sua própria utilidade.

Matematicamente, o problema do Cliente pode ser descrito como:

$$\max_{\{W(\cdot)\}} \pi_U = u_1 \bar{e}^\alpha t^\beta + u_2 - W \quad (4.9)$$

Sujeito à:

$$\pi_D \geq u_{res} \rightarrow W - c_1 \bar{e} - c_2 (q_0 - \bar{e}^\alpha t^\beta) \geq u_{res} \quad (4.10)$$

$$\bar{e} = \arg \max_{\{e\}} \pi_D \rightarrow \bar{e} = \arg \max_{\{e\}} W - c_1 e - c_2 (q_0 - e^\alpha t^\beta) \quad (4.11)$$

A Equação (4.10) representa a Restrição de Participação enquanto a Equação (4.11) representa a Restrição de Incentivo. A primeira afirma que o Desenvolvedor só aceitará o contrato se seu *payoff* esperado superar ou for igual a um nível mínimo de utilidade, sua utilidade reserva (u_{res}). A segunda ilustra o fato de que o nível de esforço escolhido no jogo ($\bar{e}$) será o nível de esforço que maximiza a utilidade individual do Desenvolvedor no cenário estabelecido. O Cliente deve, portanto, fornecer incentivos através da função W de modo que o Desenvolvedor escolha um nível de esforço adequado também aos interesses do Cliente.

Ao invés de se aprofundar na complexidade matemática necessária para encontrar uma função literal para W , este trabalho concentra-se na análise do comportamento do modelo mediante a seguinte proposta de pagamento: $W = P q^\gamma$. Em outras palavras, o Cliente especifica o pagamento a ser fornecido ao Desenvolvedor como função da qualidade final do software desenvolvido elevado por um fator γ (onde $0 \leq \gamma \leq 1$), isso tudo multiplicado por um valor P .

Assim, uma vez definido o pagamento W , é possível calcular o esforço a ser dispendido pelo Desenvolvedor a partir de sua Restrição de Incentivo:

$$\bar{e} = \arg \max_{\{e\}} P (e^\alpha t^\beta)^\gamma - c_1 e - c_2 (q_0 - e^\alpha t^\beta) \quad (4.12)$$

Derivando a Equação (4.12) em relação a e e igualando o resultado a zero, tem-se:

$$\bar{e} = \frac{\alpha \gamma [P (\bar{e}^\alpha t^\beta)^\gamma] + \alpha t^\beta c_2 \bar{e}^\alpha}{c_1} \quad (4.13)$$

Observe que não é possível isolar $\bar{e}$ em apenas um dos lados da igualdade. Dessa forma, a fim de simplificar a equação e obter o valor de $\bar{e}$ apenas como função dos demais parâmetros do modelo, serão analisados apenas os dois casos extremos da equação geral proposta para W : considerando primeiro $\gamma = 0$ e, em seguida, $\gamma = 1$. O primeiro caso ($\gamma = 0$) compreende um pagamento fixo do Cliente para o Desenvolvedor. Já o segundo caso ($\gamma = 1$) considera que o pagamento é fornecido ao Desenvolvedor de maneira proporcional à qualidade do software desenvolvido.

4.2.2.1. Contrato de Pagamento Fixo ($\gamma = 0$)

Imagine a situação em que o Cliente determina um preço fixo a ser pago pelo desenvolvimento do software, independentemente do resultado obtido. Nessa situação, o Cliente fixa $W = P_1$ e, em seguida, o Desenvolvedor escolhe ($\bar{e}$) a partir da Restrição de Incentivo:

$$\bar{e} = \arg \max_{\{e\}} P_1 - c_1 e - c_2 (q_0 - e^\alpha t^\beta) \quad (4.14)$$

Resultando em:

$$\bar{e} = \left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \quad (4.15)$$

A partir da Equação (4.15) verifica-se que o nível de esforço a ser escolhido pelo Desenvolvedor independe do valor de P_1 . Na verdade, P_1 torna-se relevante apenas na Restrição de Participação, sendo determinante para a aceitação ou rejeição do contrato pelo Desenvolvedor. Logo:

$$P_1 - c_1 \bar{e} - c_2 (q_0 - \bar{e}^\alpha t^\beta) \geq u_{res} \quad (4.16)$$

O que resulta em:

$$P_1 \geq u_{res} + c_1 \left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} + c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} \quad (4.17)$$

A Restrição de Participação representada na Equação (4.17) deve estar ativa (sinal de igualdade), uma vez que o Cliente propõe ao Desenvolvedor apenas o menor valor possível de pagamento que o faça aceitar o contrato.

Finalmente, os *payoffs* totais esperados do Cliente e do Desenvolvedor em um cenário de pagamento fixo podem ser determinados, respectivamente, por:

$$\pi_U = U - W = U - P_1 = u_1 \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta + u_2 - u_{res} - c_1 \left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} - c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} \quad (4.18)$$

$$\begin{aligned} \pi_D = W - C = P_1 - C = & u_{res} + c_1 \left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} + c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} - c_1 \left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} - c_2 \left\{ q_0 - \right. \\ & \left. \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} = u_{res} \end{aligned} \quad (4.19)$$

A partir de então, calcula-se *payoff* total dos jogadores neste cenário:

$$\Pi_2 = \pi_U + \pi_D = u_1 \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta + u_2 - c_1 \left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} - c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta c_2} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} \quad (4.20)$$

Comparando os resultados obtidos no cenário “Primeiro-Ótimo” e no cenário de Pagamento Fixo, a partir das Equações (4.7) e (4.15) constata-se que o nível de esforço desempenhado em um contrato de pagamento fixo é menor do que o nível de esforço obtido na solução “primeiro-ótimo”, o que resulta, consequentemente, em software de qualidade inferior (considerando os mesmos parâmetros para os dois cenários). Isso acontece graças ao fator u_1 presente no denominador da Equação (4.7), responsável pelo aumento no valor de e ($u_1 > 0$). Ainda neste sentido, comparando a Equação (4.8) com a (4.20), constata-se que $\Pi_1 \geq \Pi_2$.

4.2.2.2. Contrato de Pagamento Proporcional à Qualidade ($\gamma = 1$)

Considera-se agora que o Principal é incapaz de observar diretamente o esforço do Desenvolvedor, mas observa a qualidade final do software desenvolvido e especifica o pagamento contratual como função desse resultado. Diferentemente do cenário onde o contrato é baseado em um pagamento fixo, o Principal não escolhe mais um único valor para o salário (W), mas determina W como função de q . Para este cenário a função escolhida foi $W(q) = P_2 q$.

Tendo conhecimento do contrato proposto, novamente o Desenvolvedor escolhe o nível de esforço a partir da Restrição de Incentivo:

$$\bar{e} = \arg \max_{\{e\}} P_2 e^\alpha t^\beta - c_1 e - c_2(q_0 - e^\alpha t^\beta) \quad (4.21)$$

Resultando em:

$$\bar{e} = \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \quad (4.22)$$

Ao comparar o nível de esforço calculado no cenário “primeiro-ótimo” com o nível de esforço calculado no cenário de pagamento proporcional à qualidade, a partir das Equações (4.7) e (4.22), evidencia-se a diferença no denominador das duas equações. Enquanto o esforço do cenário “primeiro-ótimo” é função de u_1 , no cenário de pagamento proporcional à qualidade u_1 é substituído por P_2 . Na verdade, comparando os níveis de esforços dos dois cenários, constata-se que: se $u_1 = P_2$ os esforços se equivalem; se $u_1 > P_2$ o esforço do cenário “primeiro-ótimo” é maior e se $u_1 < P_2$ o esforço do cenário “primeiro-ótimo” é menor.

O Cliente procura, então, escolher um valor para P_2 de forma que seu *payoff* esperado seja maximizado a partir do nível de esforço que, conseqüentemente, será escolhido pelo Desenvolvedor. O problema para o Cliente pode ser descrito matematicamente como:

$$\max_{\{P_2\}} u_1 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta + u_2 - P_2 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta \quad (4.23)$$

Sujeito à:

$$\begin{aligned} P_2 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta - c_1 \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} - \\ c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} \geq u_{res} \end{aligned} \quad (4.24)$$

Derivando a Equação (4.23) em relação à P_2 e igualando o resultado à zero, encontra-se o seguinte ponto crítico:

$$P_2 = \alpha u_1 + \alpha c_2 - c_2 \quad (4.25)$$

No entanto, nem sempre o Cliente conseguirá definir o valor de P_2 de acordo com a Equação (4.23), devido à Restrição de Participação, representada pela Equação (4.24). Nesses casos, o Cliente deve tornar a Restrição de Participação ativa (sinal de igualdade), definindo o seguinte valor para P_2 :

$$P_2 = \frac{\left\{ \left[-\alpha c_2 + \left(\frac{\alpha u_{res} - \alpha c_2 q_0}{\alpha c_1 - c_1} \right) \right]^{-\alpha} t^{-\beta} u_{res} - \left(\frac{\alpha u_{res} - \alpha c_2 q_0}{\alpha c_1 - c_1} \right)^{-\alpha} t^{-\beta} c_2 q_0 + c_2 \right\}}{\alpha - 1} \quad (4.26)$$

Finalmente, os *payoffs* totais esperados do Cliente e do Desenvolvedor em um cenário de pagamento proporcional à qualidade podem ser representados, respectivamente, por:

$$\pi_U = U - W = U - P_2 q =$$

$$u_1 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta + u_2 - P_2 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta \quad (4.27)$$

$$\pi_D = W - C = P_2 q - C =$$

$$P_2 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta - c_1 \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} - c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} \quad (4.28)$$

A partir de então, calcula-se *payoff* total dos jogadores neste cenário:

$$\Pi_3 = \pi_U + \pi_D =$$

$$u_1 \left\{ \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} \right\}^\alpha t^\beta + u_2 - c_1 \left[\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right]^{1/\alpha-1} - c_2 \left\{ q_0 - \left[\left(\frac{c_1}{\alpha t^\beta (P_2 + c_2)} \right)^{1/\alpha-1} \right]^\alpha t^\beta \right\} \quad (4.29)$$

Aqui, mais uma vez $\Pi_1 \geq \Pi_3$, pelas Equações (4.8) e (4.29).

4.3. Resultados Obtidos

A partir da análise do modelo proposto, é possível extrair alguns resultados importantes. O primeiro é que o nível de esforço escolhido pelo Desenvolvedor (e consequentemente a qualidade final do software a ser obtido) independe do valor da componente fixa do pagamento (P_1) definido pelo Cliente. Essa proposição foi provada com a Equação (4.15) para o cenário de pagamento fixo. Conclusão similar também foi encontrada por Elitzur *et al.* (2012) para o caso de terceirização de TI como um problema de Risco Moral Duplo.

Outro resultado mais previsível, mas não menos importante, está relacionada à constatação da ineficiência do *payoff* total dos jogadores no cenário “segundo-ótimo” em comparação ao cenário “primeiro-ótimo”. Esse resultado surge graças ao conflito de interesses entre Cliente e Desenvolvedor, presente no contexto de Risco Moral. Visto de outra forma, a possibilidade de negociação entre os jogadores somada ao comportamento cooperativo de ambos poderia gerar *payoffs* maiores. Dey *et al.* (2010) também comprovaram que o conflito de interesses entre os jogadores acarreta em ineficiência. Elitzur *et al.* (2012) chegaram a mesma conclusão, mas foram um pouco mais além ao considerar que o custo total com o desenvolvimento do software diverge nos casos de “primeiro-ótimo” e “segundo-

ótimo”, o que justifica situações onde a terceirização supera o trabalho realizado internamente. Consideração similar também foi exposta por Wang *et al.* (1997).

Por fim, mais um resultado decorrente deste trabalho refere-se ao fato de que, em um contrato com pagamento proporcional à qualidade, para definir o valor do coeficiente variável do pagamento (P_2) de forma a maximizar seu *payoff* esperado, o Cliente deve considerar apenas sua sensibilidade em relação ao ganho com qualidade (u_1), o parâmetro (α) relativo ao impacto na qualidade originado pelo nível de esforço escolhido e o custo de não-conformidade (c_2) do Desenvolvedor. No entanto, para os casos onde não seja possível obter o *payoff* máximo devido à Restrição de Participação, devem ser considerados também os parâmetros c_1 , u_{res} , q_0 , t e β . A prova para essa proposição foi apresentada pelas Equações (4.25) e (4.26). Vale ressaltar que não foram encontrados na literatura resultados semelhantes, indicando a importância deste trabalho no aprimoramento de pesquisas anteriores.

4.4. Considerações Sobre o Modelo

Os resultados extraídos neste trabalho somente foram possíveis a partir da consideração de algumas hipóteses e simplificações que fundamentaram a construção do modelo proposto. Por outro lado, as hipóteses e simplificações consideradas aqui são passíveis de uma investigação mais detalhada e servem como sugestão para trabalhos futuros.

A primeira consideração importante a ser destacada é referente à função custo adotada no modelo. No contexto de serviços de desenvolvimento de software, os custos de conformidade e de não-conformidade são tipicamente incorridos em momentos diferentes. O primeiro é resultado do esforço despendido no desenvolvimento do software enquanto o segundo é consequência do nível de qualidade do software já desenvolvido. Por isso, no modelo devem ser assumidos os parâmetros c_1 e c_2 levando-se em consideração os devidos descontos.

A segunda consideração é que, no modelo proposto, o Cliente exerce papel de monopolista, ou seja, vários Desenvolvedores competem para trabalhar para um único Cliente. O Cliente detém todo o poder de barganha ao propor um contrato que simplesmente deve ser aceito ou rejeitado pelo Desenvolvedor, sem possibilidade de acordo ou negociação entre as partes. Além disso, a análise não pondera a viabilidade da terceirização na visão do Cliente. Ele simplesmente propõe o contrato tentando maximizar seu *payoff* esperado, mesmo sem avaliar se esse *payoff* justifica a necessidade de terceirização.

Outra simplificação do modelo refere-se à eliminação da parcela incerteza do problema ao considerar que $E(\varepsilon) = 0$ e supor um comportamento neutro ao risco para os dois jogadores. Apesar das outras possibilidades não terem sido exploradas neste trabalho, um cenário passível de análise é, por exemplo, imaginar um Desenvolvedor propenso ao risco. Nessa situação, o Desenvolvedor tenderia a escolher um nível de esforço baixo (para arcar com um custo menor), arriscando que a qualidade fosse incrementada pela parcela incerteza o que, conseqüentemente, aumentaria o pagamento a ser recebido. Um Desenvolvedor propenso ao risco, portanto, tenderia a arriscar mais por um cenário com menos trabalho e maior remuneração.

5. SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Este capítulo apresenta uma simulação numérica do modelo proposto aplicando-se dados realísticos. Em um primeiro momento são apresentados os resultados obtidos para o cenário “primeiro-ótimo”, para o cenário de pagamento fixo e para o cenário de pagamento proporcional à qualidade, desconsiderando a componente incerteza do modelo. Em seguida, é feita uma análise de sensibilidade com o intuito de demonstrar ao leitor como variações de determinados parâmetros alteram a solução encontrada. Ao final, a título de ilustração, é apresentada uma nova simulação dessa vez incorporando a incerteza ao modelo.

As simulações foram realizadas com o auxílio de uma planilha eletrônica, o que possibilitou maior velocidade na obtenção das respostas e uma maior precisão de resultados. Para tornar mais simples a compreensão do leitor sobre os cálculos efetuados, os valores das variáveis apresentadas neste capítulo estão aproximados em apenas 4 casas decimais.

Como passo inicial, analisam-se os possíveis valores que a função q pode assumir. A imagem da função q é determinada no intervalo $[0; 1]$, como consequência do intervalo considerado para e e t : $0 \leq e \leq 1$; $0 < t \leq 1$. Em seguida, para fins de simulação, são definidos também os parâmetros do modelo:

- $t = 0,8$; representando o prazo para entrega do software;
- $\alpha = \beta = 0,45$; representando retornos de escala decrescentes e que variações de mesma magnitude em e ou em t impactam q da mesma forma;
- $q_0 = 1$; uma vez que $0 \leq q \leq 1$;
- $c_1 = 12$ e $c_2 = 10$; representando que $c_2 < c_1$ graças ao desconto temporal;
- $u_1 = 16,6$; $u_2 = 10$; $u_{res} = 0$.

A simulação compreende o cálculo do nível de esforço (e), da qualidade obtida (q), da utilidade obtida com o software (U), do custo com o desenvolvimento do software (C) e do pagamento (W). A partir de então, encontra-se o *payoff* dos jogadores (π_U e π_D) e o *payoff* total (Π) para cada cenário.

5.1. Simulação do Cenário “Primeiro-Ótimo”

Nesta situação, o software é desenvolvido internamente e não há terceirização. Inicialmente, a partir da Equação (4.7), calcula-se o valor de e :

$$e = \left[\frac{12}{0,45 \times 0,8^{0,45}(16,6+10)} \right]^{1/0,45-1} = 0,8293 \quad (5.1)$$

Em seguida, a partir da Equação (4.1), encontra-se a qualidade do software:

$$q = 0,8293^{0,45} \times 0,8^{0,45} = 0,8314 \quad (5.2)$$

Já o custo (C) é obtido a partir da Equação (4.3):

$$C = 12 \times 0,8293 + 10(1 - 0,8314) = 11,6379 \quad (5.3)$$

Finalmente, a partir da Equação (4.8), encontra-se o *payoff* total deste cenário:

$$\Pi_1 = U - C = 16,60 \times 0,8314 + 10 - 11,6379 = 12,1637 \quad (5.4)$$

De fato, $\Pi_1 = 12,1637$ é o ponto onde a diferença entre U e C é a maior possível. Ou seja, $e = 0,8293$ é realmente o nível de esforço que maximiza o *payoff* total deste cenário conforme comprovado na Figura (5.1).

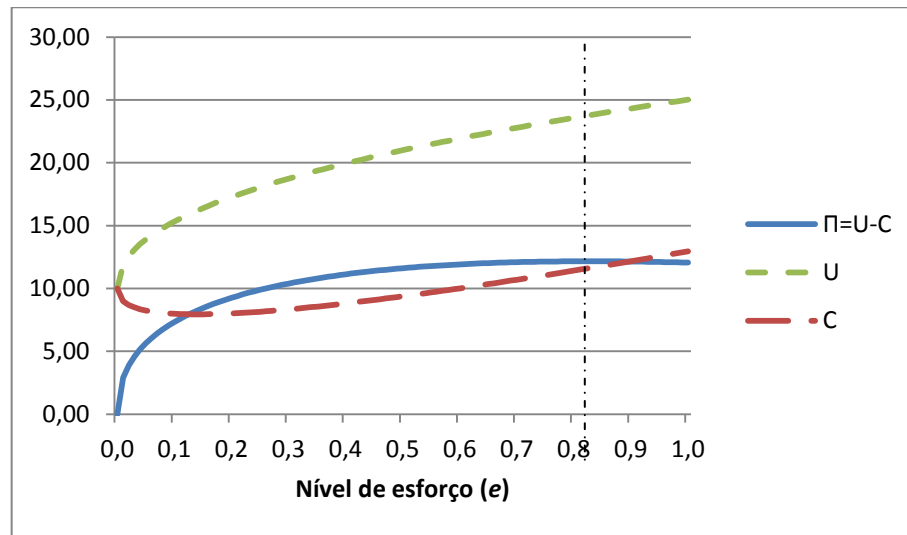


Figura 5.1 – Payoff total do cenário “primeiro-ótimo” em função do nível de esforço
Fonte: Este trabalho

5.2. Simulação do Cenário de Pagamento Fixo ($\gamma = 0$)

Neste cenário o Cliente paga um valor fixo ao Desenvolvedor pela prestação do serviço, representado por P_1 .

A partir da Equação (4.15) calcula-se o valor de $\bar{e}$:

$$\bar{e} = \left[\frac{12}{0,45 \times 0,8^{0,45} \times 10} \right]^{1/0,45-1} = 0,14 \quad (5.5)$$

Em seguida, são obtidos a qualidade e o custo:

$$q = 0,14^{0,45} \times 0,8^{0,45} = 0,3794 \quad (5.6)$$

$$C = 12 \times 0,14 + 10(1 - 0,3794) = 7,9462 \quad (5.7)$$

Agora, a partir da Equação (4.17) calcula-se o valor de P_1 :

$$P_1 = u_{res} + C = 0 + 7,9462 = 7,9462 \quad (5.8)$$

Dessa forma, o *payoff* do Desenvolvedor é igual à sua utilidade reserva $\pi_D = u_{res} = 0$ e o *payoff* do Cliente vale $\pi_U = U - P_1 = 16,60 \times 0,3794 + 10 - 7,9462 = 8,2524$.

Finalmente, encontra-se o *payoff* total para este cenário:

$$\Pi_2 = \pi_U + \pi_D = 8,2524 \quad (5.9)$$

A Figura (5.2) mostra o comportamento dos *payoffs* deste cenário, considerando os diferentes níveis de esforço possíveis.

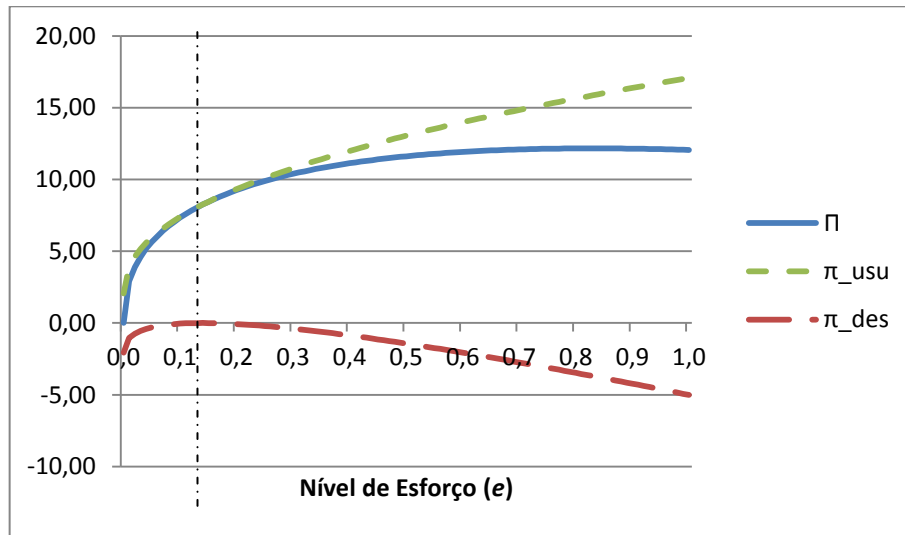


Figura 5.2 – Payoff do cenário de pagamento fixo em função do nível de esforço
Fonte: Este trabalho

A partir da visualização da Figura (5.2), percebe-se $e = 0,14$ é o ponto que maximiza o *payoff* esperado do Desenvolvedor e por isso esse é o nível de esforço escolhido no jogo. Na verdade, considerando a visão do Desenvolvedor, escolher $e = 0,14$ é a única forma de tornar a proposta de terceirização interessante, uma vez que nesse ponto o *payoff* esperado do Desenvolvedor iguala sua utilidade reserva: $\pi_U = u_{res} = 0$. Já na visão do Cliente, propor o contrato com $P_1 = 7,9462$ é a opção encontrada para maximizar seu *payoff* esperado. Valores maiores para P_1 reduziram o *payoff* esperado do Cliente e valores menores tornariam a

proposta de contrato desinteressante para o Desenvolvedor. Considerando agora a visão do sistema como um todo, nota-se a partir da Figura (5.2) que $e = 0,14$ não é a situação que traz o maior *payoff* total. Esse fato é justificado pela ineficiência causada pelo problema de Risco Moral.

Na verdade, a possibilidade de negociação entre os jogadores somada ao comportamento cooperativo de ambos levaria a uma relação ganha-ganha (tanto o Cliente quanto o Desenvolvedor poderiam usufruir de *payoffs* maiores). Por exemplo: conforme resultado obtido na Seção (5.1), o *payoff* total do jogo é maximizado quando $e = 0,8293$ e esse poderia ser o nível de esforço escolhido pelo Desenvolvedor. Dessa forma, o *payoff* total seria $\Pi_2' = 12,1637$, valor obtido a partir da soma de $\pi_D' = -3,6917$ e $\pi_U' = 15,8553$. No entanto, sabendo que o Desenvolvedor escolheu o nível de esforço pensando no bem comum em detrimento do seu *payoff* individual, o Cliente deveria ceder um pouco do valor extra obtido para que o Desenvolvedor também fosse beneficiado pela decisão. Uma opção para partilha do *payoff* poderia ser, por exemplo, $\pi_D'' = 1,9556$ e $\pi_U'' = 10,2081$, o que levaria a um acréscimo de 1,9556 nos *payoffs* dos dois jogadores em comparação ao resultado obtido no jogo não-cooperativo.

Por fim, ao avaliar a ineficiência deste cenário em comparação ao cenário “primeiro-ótimo”, constata-se que: $\Pi_1 - \Pi_2 = 12,1637 - 8,2524 = 3,9112$.

5.3. Simulação do Cenário de Pagamento Proporcional à Qualidade ($\gamma = 1$)

Neste cenário o Cliente paga ao Desenvolvedor um valor proporcional à qualidade do software desenvolvido: $W(q) = P_2 q$.

Inicialmente o Cliente especifica o valor de P_2 , de acordo com a Equação (4.25):

$$P_2 = 0,45 \times 16,60 + 0,45 \times 10 - 10 = 1,97 \quad (5.10)$$

A partir da Equação (4.22) calcula-se o valor de $\bar{e}$:

$$\bar{e} = \left[\frac{12}{0,45 \times 0,8^{0,45} \times (1,97 + 10)} \right]^{1/0,45-1} = 0,1942 \quad (5.11)$$

Em seguida, encontra-se a qualidade e o custo:

$$q = 0,1942^{0,45} \times 0,8^{0,45} = 0,4326 \quad (5.12)$$

$$C = 12 \times 0,1942 + 10(1 - 0,4326) = 8,0042 \quad (5.13)$$

Agora, calcula-se o *payoff* esperado do Desenvolvedor:

$$\pi_D = W - C = 1,97 \times 0,4326 - 8,0042 = -7,1520 \quad (5.14)$$

Observe que se o Cliente propuser $P_2 = 1,97$ o Desenvolvedor não aceitará o contrato proposto, pois a Restrição de Participação não está sendo atendida ($\pi_D = -7,1520 < u_{res}$). Dessa forma, mais uma vez o Cliente deverá propor o menor valor para P_2 que atenda a Restrição de Participação, valor definido pela Equação (4.26)

$$P_2 = \frac{\left\{ -0,45 \times 10 + \left(\frac{0,45 \times 10}{0,45 \times 12 - 12} \right)^{-0,45} 0,8^{-0,45} 10 + 10 \right\}}{0,45 - 1} = 13,8834 \quad (5.15)$$

Calcula-se agora o novo nível de esforço, a nova qualidade e o novo custo:

$$\bar{e} = \left[\frac{12}{0,45 \times 0,8^{0,45} \times (13,8834 + 10)} \right]^{1/0,45-1} = 0,6818 \quad (5.16)$$

$$q = 0,6818^{0,45} \times 0,8^{0,45} = 0,7613 \quad (5.17)$$

$$C = 12 \times 0,6818 + 10(1 - 0,7613) = 10,5691 \quad (5.18)$$

Finalmente, o *payoff* do Desenvolvedor torna-se igual à sua utilidade reserva $\pi_D = u_{res} = 0$ e o *payoff* do Cliente vale $\pi_U = U - P_2 \times q = 16,60 \times 0,7613 + 10 - 13,8834 \times 0,7613 = 12,0681$.

Deste modo, o *payoff* total para este cenário vale:

$$\Pi_3 = \pi_U + \pi_D = 12,0681 \quad (5.19)$$

A Figura (5.3) ilustra a variação dos *payoffs* de acordo com o valor definido para a função pagamento (P_2).

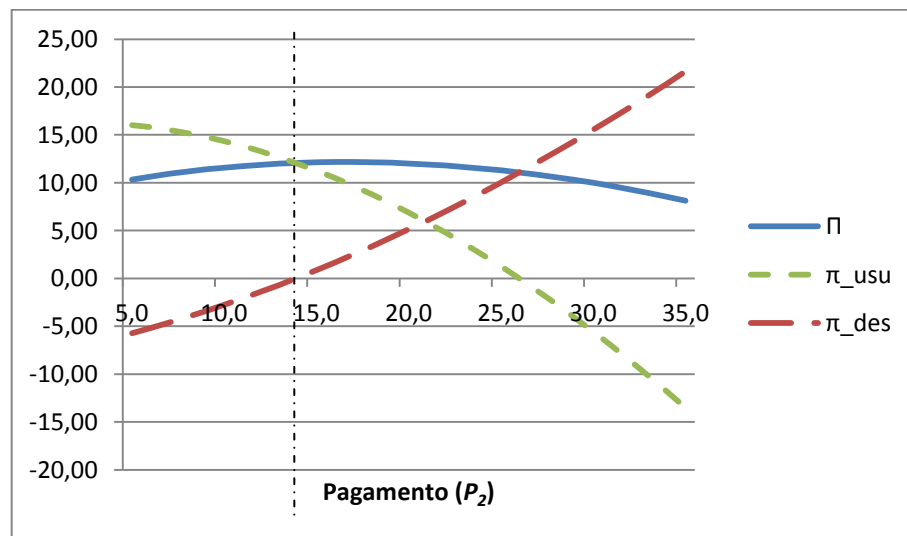


Figura 5.3 – Payoff do cenário de pagamento proporcional à qualidade em função de P_2

Fonte: Este trabalho

A partir da Figura (5.3) constata-se que se o Cliente propuser valores para P_2 inferiores a 13,8834, o Desenvolvedor não aceitará o contrato, uma vez que seu *payoff* esperado será menor do que a sua utilidade reserva ($\pi_D < 0$). Observa-se também que o *payoff* esperado do Cliente decresce na medida em que P_2 aumenta. Dessa forma, o Cliente escolhe o menor valor possível para P_2 de forma que o Desenvolvedor ainda demonstre interesse pela proposta de terceirização.

Definido como será feito o pagamento, o Desenvolvedor escolhe o nível de esforço a ser desempenhado no processo de terceirização, conforme ilustrado na Figura (5.4).

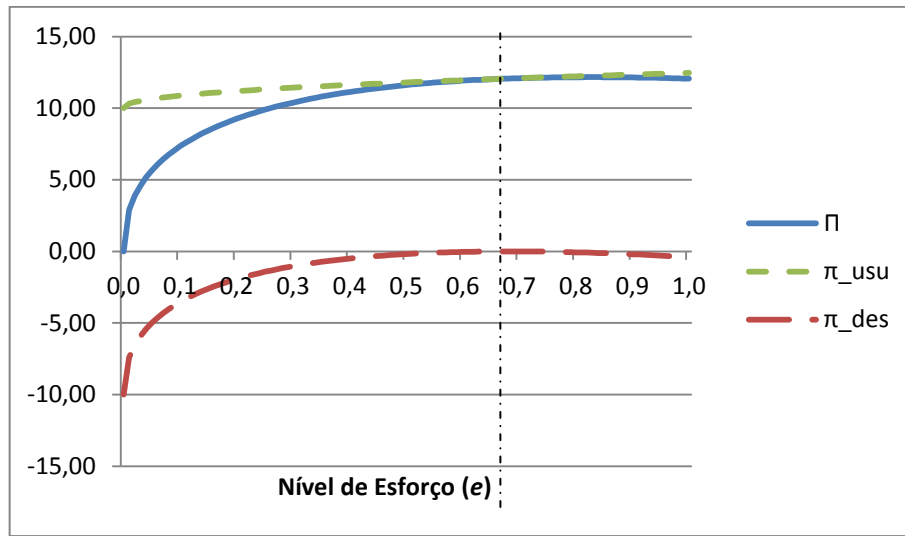


Figura 5.4 – Payoff do cenário de pagamento proporcional à qualidade em função do nível de esforço
Fonte: Este trabalho

A análise da Figura (5.4) é similar a análise da Figura (5.2), realizada na seção anterior. Aqui, dada a proposta de contrato com $P_2 = 13,8834$, o Desenvolvedor escolhe $e = 0,6818$ por ser esse o ponto que maximiza seu *payoff* esperado. Na verdade, nesse ponto $\pi_U = u_{res} = 0$.

Por outro lado, nota-se mais uma vez que o ponto escolhido ($e = 0,6818$) não é o ponto que maximiza o *payoff* total deste cenário. Novamente aqui a possibilidade de negociação entre os jogadores somada ao comportamento cooperativo de ambos poderia trazer benefícios tanto para o Cliente quanto para o Desenvolvedor. Uma opção seria o Cliente propor $P_2 = 16,60$ para que o Desenvolvedor escolha $e = 0,8293$ e o *payoff* total seja maximizado. Outra opção seria o Cliente manter $P_2 = 13,8834$ e o Desenvolvedor escolher $e = 0,8293$ pensando simplesmente no bem comum. Nessas duas situações (com $e =$

0,8293) seria possível um acréscimo de 0,0478 no *payoff* de ambos os jogadores em comparação ao resultado obtido no jogo não-cooperativo ($\pi_D' = 0,0478$ e $\pi_U' = 12,1159$, por exemplo).

Finalmente, ao avaliar a ineficiência deste cenário em comparação ao cenário “primeiro-ótimo”, observa-se que: $\Pi_1 - \Pi_3 = 12,1637 - 12,0681 = 0,0956$. Essa ineficiência é menor do que a variação encontrada no cenário de pagamento fixo.

5.4. Incorporação da Incerteza

Para tornar mais clara e conclusiva a análise do modelo proposto, a incerteza não foi considerada nas simulações realizadas até então. Por outro lado, está previsto no modelo uma componente de incerteza associada à qualidade do software desenvolvido, a qual merece destaque nesta seção.

É importante ressaltar que o problema de Risco Moral apresentado neste trabalho defende que o esforço escolhido pelo Desenvolvedor não tem efeito único na qualidade do software desenvolvido. Mesmo considerando o parâmetro tempo constante, um determinado valor de qualidade pode ser obtido através de diferentes níveis de esforços, graças à componente incerteza. Assim, o Cliente é incapaz de relacionar diretamente o esforço despendido pelo Desenvolvedor com a obtenção de um determinado nível de qualidade. Dessa forma, a incerteza deve ser incorporada no modelo como parcela integrante da função qualidade e deve ser disposta de forma aleatória a partir, evidentemente, de sua função de probabilidade.

Para fins de simulação, foi considerada que a incerteza (ε) é uma variável aleatória contínua que segue uma Distribuição Normal com média $\mu = 0$ e desvio padrão $\sigma^2 = 0,5$. Dessa forma, $E(\varepsilon) = 0$.

As Tabelas (5.1), (5.2) e (5.3) trazem os resultados obtidos para cada cenário a partir de 20 simulações para a variável incerteza.

Tabela 5.1 – Simulação do cenário “primeiro-ótimo” considerando a incerteza (Fonte: Este trabalho)

ε	e	q	U	C	Π_1
0,1691	0,8293	1,0006	26,6094	9,9464	16,6629
-0,2312	0,8293	0,6002	19,9635	13,9500	6,0135
0,2502	0,8293	1,0816	27,9551	9,1358	18,8193
-0,2431	0,8293	0,5883	19,7654	14,0694	5,6960
-0,1337	0,8293	0,6978	21,5829	12,9744	8,6085

0,3984	0,8293	1,2298	30,4150	7,6539	22,7611
-0,1103	0,8293	0,7211	21,9706	12,7409	9,2298
-0,1105	0,8293	0,7209	21,9668	12,7432	9,2236
0,3872	0,8293	1,2186	30,2296	7,7656	22,4640
0,0382	0,8293	0,8696	24,4356	11,2559	13,1797
-0,6460	0,8293	0,1854	13,0779	18,0979	-5,0201
-0,1639	0,8293	0,6675	21,0802	13,2773	7,8029
0,1487	0,8293	0,9802	26,2705	10,1506	16,1199
-0,1769	0,8293	0,6545	20,8643	13,4074	7,4569
0,1195	0,8293	0,9509	25,7846	10,4433	15,3412
0,0838	0,8293	0,9152	25,1921	10,8002	14,3919
0,1272	0,8293	0,9586	25,9126	10,3662	15,5464
-0,4127	0,8293	0,4187	16,9503	15,7652	1,1852
-0,3867	0,8293	0,4448	17,3831	15,5045	1,8786
-0,2424	0,8293	0,5890	19,7776	14,0620	5,7156

Tabela 5.2 – Simulação do cenário de pagamento fixo considerando a incerteza (Fonte: Este trabalho)

ε	e	q	U	C	P_1	π_D	π_U	Π_2
0,1691	0,14	0,5426	19,0065	6,2548	7,9462	1,6914	11,0602	12,7517
-0,2312	0,14	0,1422	12,3606	10,2583	7,9462	-2,3121	4,4144	2,1023
0,2502	0,14	0,6236	20,3522	5,4441	7,9462	2,5021	12,4059	14,9080
-0,2431	0,14	0,1303	12,1624	10,3777	7,9462	-2,4315	4,2162	1,7848
-0,1337	0,14	0,2398	13,9800	9,2828	7,9462	-1,3365	6,0338	4,6972
0,3984	0,14	0,7718	22,8121	3,9622	7,9462	3,9840	14,8659	18,8499
-0,1103	0,14	0,2631	14,3677	9,0492	7,9462	-1,1030	6,4215	5,3185
-0,1105	0,14	0,2629	14,3639	9,0515	7,9462	-1,1053	6,4177	5,3124
0,3872	0,14	0,7606	22,6267	4,0739	7,9462	3,8723	14,6804	18,5527
0,0382	0,14	0,4116	16,8327	7,5643	7,9462	0,3820	8,8865	9,2685
-0,6460	0,14	0,0000	10,0000	11,6804	7,9462	-3,7341	2,0538	-1,6804
-0,1639	0,14	0,2095	13,4773	9,5856	7,9462	-1,6394	5,5310	3,8916
0,1487	0,14	0,5221	18,6676	6,4589	7,9462	1,4873	10,7214	12,2087
-0,1769	0,14	0,1965	13,2614	9,7157	7,9462	-1,7695	5,3151	3,5457
0,1195	0,14	0,4929	18,1817	6,7516	7,9462	1,1946	10,2354	11,4300
0,0838	0,14	0,4572	17,5892	7,1085	7,9462	0,8377	9,6430	10,4807
0,1272	0,14	0,5006	18,3097	6,6745	7,9462	1,2717	10,3634	11,6351
-0,4127	0,14	0,0000	10,0000	11,6804	7,9462	-3,7341	2,0538	-1,6804
-0,3867	0,14	0,0000	10,0000	11,6804	7,9462	-3,7341	2,0538	-1,6804
-0,2424	0,14	0,1310	12,1747	10,3703	7,9462	-2,4241	4,2284	1,8043

Tabela 5.3 – Simulação do cenário de pagamento proporcional à qualidade considerando a incerteza
(Fonte: Este trabalho)

ε	P_2	e	q	U	C	W	π_D	π_U	Π_3
0,1691	13,88	0,68	0,9304	25,4450	8,8776	12,9174	4,0398	12,5276	16,5673
-0,2312	13,88	0,68	0,5301	18,7991	12,8812	7,3591	-5,5220	11,4400	5,9179
0,2502	13,88	0,68	1,0115	26,7906	8,0670	14,0428	5,9759	12,7478	18,7237
-0,2431	13,88	0,68	0,5181	18,6009	13,0005	7,1934	-5,8072	11,4076	5,6004
-0,1337	13,88	0,68	0,6276	20,4185	11,9056	8,7135	-3,1921	11,7050	8,5129
0,3984	13,88	0,68	1,1597	29,2506	6,5851	16,1002	9,5151	13,1504	22,6655
-0,1103	13,88	0,68	0,6510	20,8062	11,6720	9,0378	-2,6343	11,7685	9,1342
-0,1105	13,88	0,68	0,6507	20,8024	11,6744	9,0346	-2,6398	11,7678	9,1280
0,3872	13,88	0,68	1,1485	29,0652	6,6968	15,9451	9,2483	13,1200	22,3684
0,0382	13,88	0,68	0,7995	23,2712	10,1871	11,0994	0,9123	12,1719	13,0841
-0,6460	13,88	0,68	0,1153	11,9135	17,0291	1,6003	-15,4288	10,3131	-5,1156
-0,1639	13,88	0,68	0,5973	19,9158	12,2085	8,2930	-3,9154	11,6227	7,7073
0,1487	13,88	0,68	0,9100	25,1061	9,0818	12,6340	3,5522	12,4721	16,0243
-0,1769	13,88	0,68	0,5843	19,6999	12,3385	8,1125	-4,2261	11,5874	7,3613
0,1195	13,88	0,68	0,8807	24,6202	9,3745	12,2275	2,8531	12,3926	15,2457
0,0838	13,88	0,68	0,8450	24,0277	9,7314	11,7321	2,0007	12,2957	14,2963
0,1272	13,88	0,68	0,8884	24,7482	9,2974	12,3346	3,0372	12,4136	15,4508
-0,4127	13,88	0,68	0,3485	15,7859	14,6963	4,8390	-9,8573	10,9469	1,0896
-0,3867	13,88	0,68	0,3746	16,2186	14,4357	5,2009	-9,2347	11,0177	1,7830
-0,2424	13,88	0,68	0,5189	18,6131	12,9932	7,2036	-5,7896	11,4096	5,6200

Como esperado, verifica-se a partir das Tabelas (5.1), (5.2) e (5.3) que um valor de incerteza negativo influencia também negativamente no *payoffs* dos jogadores e no *payoff* total do cenário, enquanto um valor positivo para a incerteza aumenta o *payoff* dos jogadores e o *payoff* total.

Considerando os valores obtidos na simulação, a Tabela (5.4) mostra ainda que, em média, o maior *payoff* total é obtido no cenário “primeiro-ótimo”, seguido pelo cenário de pagamento proporcional à qualidade e pelo cenário de pagamento fixo, nesta ordem.

Tabela 5.4 – Estatística descritiva dos *payoffs* totais de cada cenário
(Fonte: Este trabalho)

Payoffs	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desv. Pad.
Π_1	-5,0201	22,7611	9,2267	10,6538	7,2345
Π_2	-1,6804	18,8499	5,3155	7,1750	6,4530
Π_3	-5,1156	22,6655	9,1311	10,5583	7,2345

5.5. Análise de Sensibilidade

Com o intuito de possibilitar uma análise ainda mais completa do modelo proposto, decidiu-se pela variação do parâmetro referente ao tempo disponível para o desenvolvimento do software (t) de modo a avaliar o comportamento referente ao *payoff* dos jogadores. Os demais parâmetros foram mantidos constantes. As Tabelas (5.5), (5.6) e (5.7) ilustram os resultados obtidos para o cenário “primeiro-ótimo”, para o cenário de pagamento fixo e para o cenário de pagamento proporcional à qualidade, respectivamente.

Tabela 5.5– Simulação do cenário “primeiro-ótimo” para diferentes valores de t (Fonte: Este trabalho)

t	e	q	U	C	Π_1
0,00001	0,0001	0,0001	10,0013	10,0002	0,0012
0,05	0,0858	0,0860	11,4280	10,1695	1,2586
0,10	0,1513	0,1517	12,5179	10,2988	2,2191
0,15	0,2108	0,2114	13,5084	10,4164	3,0921
0,20	0,2668	0,2674	14,4395	10,5269	3,9126
0,25	0,3202	0,3210	15,3287	10,6324	4,6963
0,30	0,3717	0,3726	16,1860	10,7341	5,4519
0,35	0,4217	0,4227	17,0175	10,8328	6,1847
0,40	0,4704	0,4715	17,8276	10,9289	6,8987
0,45	0,5180	0,5192	18,6195	11,0229	7,5966
0,50	0,5646	0,5660	19,3955	11,1150	8,2805
0,55	0,6104	0,6119	20,1575	11,2054	8,9521
0,60	0,6554	0,6570	20,9070	11,2944	9,6126
0,65	0,6998	0,7015	21,6452	11,3820	10,2632
0,70	0,7435	0,7454	22,3732	11,4684	10,9048
0,75	0,7867	0,7887	23,0917	11,5537	11,5380
0,80	0,8293	0,8314	23,8016	11,6379	12,1637
0,85	0,8715	0,8737	24,5034	11,7212	12,7822
0,90	0,9132	0,9155	25,1978	11,8036	13,3942
0,95	0,9545	0,9569	25,8852	11,8852	14,0000
1,00	0,9955	0,9980	26,5660	11,9660	14,6001

Tabela 5.6 – Simulação do cenário de pagamento fixo para diferentes valores de t (Fonte: Este trabalho)

t	e	q	U	C	P_1	π_D	π_U	Π_2
0,00001	0,0000	0,0000	10,0006	9,9998	9,9998	0	0,0008	0,0008
0,05	0,0145	0,0386	10,6414	9,7875	9,7875	0	0,8539	0,8539
0,10	0,0255	0,0681	11,1309	9,6253	9,6253	0	1,5055	1,5055
0,15	0,0356	0,0949	11,5757	9,4779	9,4779	0	2,0978	2,0978

0,20	0,0450	0,1201	11,9939	9,3394	9,3394	0	2,6545	2,6545
0,25	0,0541	0,1442	12,3933	9,2070	9,2070	0	3,1862	3,1862
0,30	0,0628	0,1674	12,7783	9,0795	9,0795	0	3,6988	3,6988
0,35	0,0712	0,1899	13,1518	8,9557	8,9557	0	4,1960	4,1960
0,40	0,0794	0,2118	13,5156	8,8352	8,8352	0	4,6804	4,6804
0,45	0,0875	0,2332	13,8713	8,7174	8,7174	0	5,1539	5,1539
0,50	0,0953	0,2542	14,2198	8,6019	8,6019	0	5,6179	5,6179
0,55	0,1031	0,2748	14,5620	8,4885	8,4885	0	6,0735	6,0735
0,60	0,1107	0,2951	14,8986	8,3770	8,3770	0	6,5217	6,5217
0,65	0,1182	0,3151	15,2302	8,2671	8,2671	0	6,9631	6,9631
0,70	0,1255	0,3348	15,5571	8,1588	8,1588	0	7,3983	7,3983
0,75	0,1328	0,3542	15,8798	8,0519	8,0519	0	7,8280	7,8280
0,80	0,1400	0,3734	16,1987	7,9462	7,9462	0	8,2524	8,2524
0,85	0,1472	0,3924	16,5139	7,8418	7,8418	0	8,6721	8,6721
0,90	0,1542	0,4112	16,8257	7,7385	7,7385	0	9,0873	9,0873
0,95	0,1612	0,4298	17,1345	7,6362	7,6362	0	9,4983	9,4983
1,00	0,1681	0,4482	17,4403	7,5349	7,5349	0	9,9054	9,9054

Tabela 5.7 – Simulação do cenário de pagamento proporcional à qualidade para diferentes valores de t
(Fonte: Este trabalho)

t	P_2	e	q	U	C	W	π_D	π_U	Π_3
0,00001	3831,37	0,6818	0,0047	10,0786	18,1345	18,1345	0	-8,0559	-8,0559
0,05	73,1668	0,6818	0,2186	13,6291	15,9956	15,9956	0	-2,3666	-2,3666
0,10	50,8817	0,6818	0,2986	14,9575	15,1954	15,1954	0	-0,2379	-0,2379
0,15	40,7277	0,6818	0,3584	15,9498	14,5976	14,5976	0	1,3521	1,3521
0,20	34,5680	0,6818	0,4080	16,7721	14,1022	14,1022	0	2,6698	2,6698
0,25	30,3101	0,6818	0,4510	17,4874	13,6713	13,6713	0	3,8161	3,8161
0,30	27,1349	0,6818	0,4896	18,1276	13,2857	13,2857	0	4,8420	4,8420
0,35	24,6462	0,6818	0,5248	18,7114	12,9340	12,9340	0	5,7775	5,7775
0,40	22,6257	0,6818	0,5573	19,2509	12,6090	12,6090	0	6,6420	6,6420
0,45	20,9415	0,6818	0,5876	19,7545	12,3056	12,3056	0	7,4489	7,4489
0,50	19,5087	0,6818	0,6162	20,2281	12,0203	12,0203	0	8,2078	8,2078
0,55	18,2698	0,6818	0,6432	20,6763	11,7503	11,7503	0	8,9260	8,9260
0,60	17,1843	0,6818	0,6688	21,1027	11,4935	11,4935	0	9,6092	9,6092
0,65	16,2226	0,6818	0,6934	21,5099	11,2482	11,2482	0	10,2617	10,2617
0,70	15,3625	0,6818	0,7169	21,9002	11,0130	11,0130	0	10,8871	10,8871
0,75	14,5872	0,6818	0,7395	22,2754	10,7870	10,7870	0	11,4884	11,4884
0,80	13,8834	0,6818	0,7613	22,6372	10,5691	10,5691	0	12,0681	12,0681
0,85	13,2406	0,6818	0,7823	22,9867	10,3585	10,3585	0	12,6281	12,6281
0,90	12,6505	0,6818	0,8027	23,3250	10,1547	10,1547	0	13,1703	13,1703
0,95	12,1060	0,6818	0,8225	23,6532	9,9570	9,9570	0	13,6962	13,6962
1,00	11,6016	0,6818	0,8417	23,9720	9,7649	9,7649	0	14,2071	14,2071

Analisando os resultados apresentados nas Tabelas (5.5), (5.6) e (5.7), constata-se que, em todos os cenários, quanto maior for o valor de t maior o *payoff* do Cliente e, consequentemente, maior também o *payoff* total dos jogadores. Desse fato, pode-se concluir que o parâmetro tempo no modelo representa uma limitação para que um software de maior qualidade seja entregue. Além disso, outro resultado novamente comprovando é a ineficiência gerada pelo problema de Risco Moral, uma vez que $\Pi_2 < \Pi_1$ e $\Pi_3 < \Pi_1$ para todos os casos simulados, independente do valor de t .

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apresentam-se neste último capítulo as principais conclusões decorrentes deste trabalho, bem como as recomendações para trabalhos futuros.

6.1. Conclusões

Este trabalho examinou a relação de terceirização de TI, estruturado como um jogo não-cooperativo envolvendo dois jogadores: o Cliente e o Desenvolvedor. O Cliente representou uma empresa que terceirizou o serviço de desenvolvimento de um novo software e o Desenvolvedor uma empresa contratada para executar tal atividade. Enquadrando os jogadores no paradigma Principal-Agente, o Cliente esteve no papel de Principal e o Desenvolvedor no papel de Agente.

O jogo foi caracterizado como um problema de Risco Moral, onde a assimetria da informação exerceu um papel de destaque na relação. Foi considerado um Cliente incapaz de observar o nível de esforço empregado pelo Desenvolvedor. Ou seja, o Desenvolvedor esteve livre para decidir qual nível de esforço empregar no desenvolvimento do software e o fez sempre buscando maximizar seu *payoff* individual. Na verdade, o modelo considerou que ambos os jogadores eram racionais e procuraram maximizar seus *payoffs* individuais durante a relação.

O foco da análise esteve centrado na decisão do Cliente de como propor o pagamento contratual para incentivar o Desenvolvedor a agir com o empenho esperado. Foi comparada a solução sem Risco Moral (solução “primeiro-ótimo”) com a situação obtida no contexto de Risco Moral (solução “segundo-ótimo”). Para representar a situação “segundo-ótimo” foram considerados dois tipos de contratos: um contrato de pagamento fixo e um contrato de pagamento proporcional à qualidade, ambos casos particulares de uma equação de pagamento mais geral. A partir de então, foram propostos os modelos matemáticos que descreveram cada cenário e indicadas as soluções de equilíbrio para cada situação. Ao final, uma simulação numérica foi realizada como forma de ilustrar o comportamento dos modelos propostos.

Este trabalho trouxe como contribuição alguns resultados importantes. Inicialmente, constatou-se a presença de ineficiência no que tange o *payoff* total obtido na solução “segundo-ótimo” em comparação à solução “primeiro-ótimo”. A partir dessa questão, sugeriu-se que uma negociação somada a um comportamento cooperativo entre os jogadores

poderia diminuir a ineficiência e incrementar o *payoff* individual de ambos. Além disso, o trabalho apresentou a equação do pagamento ótimo a ser fornecido em um contrato de pagamento proporcional à qualidade e demonstrou que o Cliente é incapaz de influenciar as decisões do Desenvolvedor considerando um contrato de pagamento fixo.

Todas essas questões, devidamente ponderadas, contribuíram para uma melhor compreensão sobre a relação existente entre empresa contratada e empresa contratante envolvidas em um processo de terceirização de TI (serviços de desenvolvimento de software). Este trabalho ressaltou, portanto, a importância de um desenho contratual eficiente como fator indispensável na busca pelo sucesso da terceirização.

6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Acredita-se que este trabalho, além de representar uma contribuição à literatura de terceirização de TI, abre espaço para outras propostas. Algumas sugestões para trabalhos futuros, dentro desse contexto, são:

- Encontrar matematicamente a forma e os parâmetros da função W que maximiza o modelo proposto;
- Propor outros tipos de contratos e avaliar o comportamento do modelo nesses novos cenários. Pode-se avaliar também o mesmo contrato com outros valores de γ e avaliar qual γ minimiza a ineficiência causada pelo Risco Moral;
- Incorporar ao modelo a natureza interativa do desenvolvimento de softwares. Uma vez que a grande maioria dos contratos reais contém cláusulas de contingência e provisões de mudanças, torna-se necessário avaliar como essas provisões alterariam o desenho do contrato;
- Coletar dados de situações reais e desenvolver uma análise empírica e rigorosa para avaliar as proposições feitas neste trabalho;
- Por fim, recomenda-se, para trabalhos futuros, alterar as equações do modelo para aplicá-lo a outras atividades relacionadas à terceirização de TI que não seja a terceirização de serviços de desenvolvimento de software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKERLOF, G. A. The market for "lemons": quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3): 488-500, ago. 1970.
- APTE, U. D.; SOBOL, M. G.; HANAOKA, S.; SHIMADA, T.; SAARINEN, T.; SALMELA, T.; VEPSALAINEN, A. P. J. IS outsourcing practices in the USA, Japan and Finland: a comparative study. *Journal of Information Technology*. 12(4): 289-304, 1997.
- ARROW, K. J. The economics of agency. In: PRATT, J. W.; ZECKHAUSER, R. J. (eds.) *Principal and Agents: the structure of business*. Boston, Harvard Business School Press. 1985. p.37-51.
- ARROW, K. J.; HAHN, F. H. *General Competitive Analysis*. São Francisco, Holden-Day, 1971.
- BANDYOPADHYAY, S.; PATHAK, P. Knowledge sharing and cooperation in outsourcing projects - A game theoretic analysis. *Decision Support Systems*, 43(2): 349-358, mar. 2007
- BOLTON, P.; DEWATRIPONT, M. *Contract Theory*. Cambridge, The MIT Press, 2005.
- CHEON, M. J.; GROVER, V.; TENG, J. T. C. Theoretical perspectives on the outsourcing of information systems. *Journal of Information Technology*, 10(4): 209-219, dez. 1995.
- COASE, R. H. The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3(1): 1-44, out. 1960.
- CURRIE, W. L. & WILLCOCKS, L. P. Analysing four types of IT sourcing decisions in the context of scale, client/supplier interdependency and risk mitigation. *Information Systems Journal*, 8(2): 119-143, abr. 1998.
- DEBREU, G. *Theory of Value: an axiomatic analysis of economic equilibrium*. New Haven, Yale University Press, 1959.
- DEY, D.; FAN, M.; ZHANG, C. Design and analysis of contracts for software outsourcing. *Information Systems Research*, 21(1): 93-114, mar. 2010.
- DIBBERN, J; GOLES, T.; HIRSCHHEIM, R.; JAYATILAKA, B. information systems outsourcing: a survey and analysis of the literature. *ACM SIGMIS Database*, 35(4): 6-102, 2004.
- DUÉ, R. T. The real costs of outsourcing. *Information Systems Management*, 9(1): 78-81, 1992.
- EISENHARDT, K. M. Agency Theory: an assessment and review. *The Academy of Management Review*, 14(1): 57-74, jan. 1989.

- ELITZUR, R.; GAVIOUS, A.; WENSLEY, A. K. P. Information systems outsourcing projects as a double moral hazard problem. *Omega*, 40(3): 379-389, jun. 2012.
- ELITZUR, R.; WENSLEY, A. Game theory as a tool for understanding information services outsourcing. *Journal of Information Technology*, 12(1): 45-60, mar. 1997.
- FUDENBERG, D.; TIROLE, J. Bayesian games and mechanism design. In: FUDENBERG, D.; TIROLE, J. *Game Theory*. Cambridge, The MIT Press, 1991. cap 7, p.243-314.
- GIBBONS, R. Dynamic games of complete information. In: GIBBONS, R. *Game theory for applied economists*. Princeton, Princeton University Press, 1992. cap 2, p.55-138.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo, Atlas, 2006.
- GONZALEZ, R.; GASCO, J.; LLOPIS, J. Information systems outsourcing success factors: a review and some results. *Information Management & Computer Security*, 13(5): 339-418, 2005.
- GONZALEZ, R.; GASCO, J.; LLOPIS, J. Information systems outsourcing: a literature analysis. *Information & Management*, 43(7): 821-834, out. 2006.
- GROSSMAN, S. J.; HART, O. D. An analysis of the Principal-Agent problem. *Econometrica*, 51(1): 7-46, jan. 1983.
- GROVER, V.; CHEON, M. J.; TENG, J. T. C. A descriptive study on the outsourcing of information systems functions. *Information & Management*, 27(1): 33-44, jul. 2004.
- GUPTA, U. G.; GUPTA, A.; Outsourcing the IS function: is it necessary for your organization? *Information Systems Management*. 9(3): 44-50, 1992.
- HART, O. D.; HOLMSTRÖM, B. The Theory of Contracts. In: BEWALEY, T. F. (ed.) *Advances in Economic Theory: Fifth World Congress*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
- HU, Q.; SAUNDERS, C.; GEBELT, M. Research report: diffusion of information systems outsourcing: a reevaluation of influence sources. *Information Systems Research*, 8(3): 288-301, set. 1997.
- JAYATILAKA, B; HIRSCHHEIM, R. Changes in IT sourcing arrangements: an interpretive field study of technical and institutional influences. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, 2(2): 84-122, 2009.
- JENSEN, M. C.; MECKING, W. H. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4): 305-360, out. 1976.
- KARYDA, M.; MITROU, E.; QUIRCHMAYR, G. A framework for outsourcing IS/IT security services. *Information Management & Computer Security*, 14(5): 402-415, 2006.
- KEIL, P. Principal Agent Theory and its application to analyze outsourcing of software development. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ECONOMICS-DRIVEN

- SOFTWARE ENGINEERING RESEARCH, 7., St. Louis, 2005. *Proceedings of the ACM EDSE'05*. p. 1-5.
- KREPS, D. M. Moral hazard and incentives. In: KREPS, D. M. *A course in Microeconomic Theory*. Princeton, Princeton University Press, 1990. cap 16, p.577-624.
- LACITY, M. C.; KHAN, S. A.; WILLCOCKS, L. P. A review of the IT outsourcing literature: Insights for practice. *The Journal of Strategic Information Systems*, 18(3): 130–146, set. 2009.
- LACITY, M. C.; WILLCOCKS, L. P. An empirical investigation of information technology sourcing practices: lessons from experience. *Mis Quarterly*, 22(3): 363-408, set. 1998.
- LAFFONT, J.; MARTIMORT, D. *The theory of incentives: the Principal-Agent model*. Princeton, Princeton University Press, 2002.
- LEE, J.; HUYNH, M. Q.; KWOK, R. C.; PI, S. IT outsourcing evolution – past, present and future. *Communications of the ACM*, 46(5): 84-89, mai. 2003.
- LÖFGREN, K.; PERSSON, T.; WEIBULL, J. W. Markets with asymmetric information: the contributions of George Akerlof, Michael Spence and Joseph Stiglitz. *The Scandinavian Journal of Economics*, 104(2): 195-211, jun. 2002.
- LOH, L.; VENKATRAMAN, N. Determinants of information technology outsourcing: a cross-sectional analysis. *Journal of Management Information Systems*, 9(1): 7-24, 1992.
- MACHO-STADLER, I.; PÉREZ-CASTRILLO, J. D. *An introduction to the economics of information: incentives and contracts*. 2. ed. Oxford, Oxford University Press, 2001.
- MARTIMORT, D. Contract theory. In: DURLAUF, S. N.; BLUME, L. E., (eds.) *The New Palgrave Dictionary of Economics*. 2 ed. New York, Palgrave Macmillan, 2008.
- MOJSILOVIĆ, A.; RAY, B.; LAWRENCE, R.; TAKRITI, S. A logistic regression framework for information technology outsourcing lifecycle management. *Computers and Operations Research*. 34(12): 3609-3627, dez. 2007.
- MOLHO, I. *The economics of information: lying and cheating in markets and organizations*. Oxford, Blackwell Publishers Ltd., 1997.
- PALVIA, P. C. A dialectic view of information systems outsourcing: pros and cons. *Information & Management*, 29(5): 265-275, nov. 1995.
- RASMUSEN, E. Moral hazard: hidden actions. In: RASMUSEN, E. *Games and Information: an introduction to game theory*. 4.ed. Oxford, Blackwell Publishers Ltd., 2007. cap. 7, p.181-210.
- RICHMOND, W. B.; SEIDMANN, A.; WHINSTON, A. B. Incomplete contracting issues in information systems development outsourcing. *Decision Support Systems*, 8(5): 459-477, set. 1992.

- ROSS, S. A. *The Economic Theory of Agency: the Principal's problem*. *The American Economic Review*, 63(2): 134-139, mai. 1973.
- ROTHSCHILD, M.; STIGLITZ, J. Equilibrium in competitive insurance markets: an essay on the economics of imperfect information.” *The Quarterly Journal of Economics*, 90(4): 629-649, nov. 1976.
- SALANIÉ, B. *The economics of contracts: a primer*. 2.ed. Cambridge, The MIT Press, 2005.
- SLAUGHTER, S. A.; HARTER, D. E.; KRISHNAN, M. S. Evaluating the cost of software quality. *Communications of the ACM*, 41(8): 67-73, ago. 1998.
- SONG, H.; DAN, B.; TONG, J.; ZHANG, X. Research on services outsourcing contracts under moral hazard and participation of customer enterprise. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE, MASS’ 09 Wuhan/Beijing, set. 2009. p. 1-4.
- SPENCE, M. *Market Signaling: informational transfer in hiring and related processes*. Cambridge, Harvard University Press, 1974.
- STIGLITZ, J. The contributions of the Economic of Information to twentieth century economics. *The Quarterly Journal of Economics*, 115(4): 1441-1478, nov. 2000.
- VARIAN, H. R. *Microeconomia: princípios básicos, uma abordagem moderna* (tradução da 7ª edição). Rio de Janeiro, Editora Campus, 2003.
- WANG, E. T. G.; BARRON, T.; SEIDMANN, A. Contracting structures for custom software development: the impacts of informational rents and uncertainty on internal development and outsourcing. *Management Science*, 43(12): 1726–1744, dez. 1997.
- WILLCOCKS, L.; FITZGERALD, G. FEENY, D. Outsourcing IT: The strategic implications. *Long Range Planning*. 28(5): 59-70, out. 1995.