



Universidade de Brasília  
Departamento de Economia

Série Textos para Discussão

## **A Tarifa de Acesso na Indústria de Telecomunicação Quando a Hipótese de Monopólio Natural é Quebrada**

***Rafael de Melo Silveira***  
Universidade de Brasília

***André Rossi de Oliveira***  
Universidade de Brasília

Texto nº 289  
Brasília, maio de 2003

Department of Economics Working Paper 289  
University of Brasilia, May 2003

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 289**

**A Tarifa de Acesso na Indústria de Telecomunicação Quando a Hipótese  
de Monopólio Natural é Quebrada**

***Rafael de Melo Silveira***

Universidade de Brasília

e

***André Rossi de Oliveira***

Universidade de Brasília

Brasília, 02 de maio de 2003

© Rafael de Melo Silveira e André Rossi de Oliveira, 2003

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**  
**Campus Universitário Darcy Ribeiro**  
**Instituto Central de Ciências**  
**Caixa Postal 04302, 70910-900 Brasília, DF, Brasil**  
**Tel.: (55-61) 3072498, 2723548**  
**Fax: (55-61) 3402311**  
**E-mail: econ@unb.br**  
**<http://www.unb.br/ih/eco>**

*Chefe do Departamento*

**Prof. Jorge Madeira Nogueira**

*Sub-Chefe do Departamento*

**Prof. Rodrigo Peñaloza**

*Coordenador de Pós-Graduação*

**Prof. Paulo César Coutinho**

*Coordenador de Pesquisa e Extensão*

**Prof. Maurício Soares Bugarin**

*Coordenador de Graduação*

**Prof. Roberto Ellery Jr.**

## **SÉRIE DE TEXTOS PARA DISCUSSÃO**

*Comissão Editorial, mandato de abril de 2003 a março de 2005*

**Bernardo Mueller**

**Charles Mueller (editor)**

**Jorge Nogueira**

**José Roberto Novaes**

**Maurício Bugarin (editor)**

**Mauro Boianovsky**

**Paulo César Coutinho**

**Roberto Ellery Jr.**

**Rodrigo Peñaloza**

**Simone Juhasz Silva (representante dos alunos de pós-graduação)**

# **A Tarifa de Acesso na Indústria de Telecomunicação quando a Hipótese de Monopólio Natural é Quebrada**

**Rafael de Melo Silveira**  
Universidade de Brasília  
Departamento de Economia  
Campus Darcy Ribeiro, ICC Norte  
Brasília – D.F. 70910

**André Rossi de Oliveira**  
Universidade de Brasília  
Departamento de Economia  
Campus Darcy Ribeiro, ICC Norte  
Brasília – D.F. 70910

## **RESUMO**

Em uma indústria onde um segmento duopolista regulado vende acesso à rede local para um segmento competitivo, estuda-se a maneira ótima de tarifar a interconexão de redes e, também, a influência de outras variáveis do modelo sobre tal tarifa. Diferentemente da literatura sobre integração vertical existente, este trabalho quebra com a hipótese da rede ser monopólio natural e supõe a presença de duas firmas atuando no mercado *upstream*, as quais têm informações privilegiadas sobre seus custos. Assim, o regulador resolve um problema de agente-principal com múltiplos agentes, escolhendo os incentivos dados às firmas reguladas e o preço de acesso. Os resultados obtidos sob essa hipótese são comparados com os que surgem quando as firmas provedoras de acesso são proibidas de atuar no segmento *downstream* do mercado. A tarifa de acesso nesse caso é menor do que aquela encontrada no problema original, no qual tais firmas podem atuar no segmento *downstream*.

Palavras-chave: tarifa de acesso, seleção adversa, regulação, modelo de Cournot.

## **ABSTRACT**

In an industry where two regulated upstream firms sell interconnection to the local network to long distance downstream firms, we try and answer the question of how access should be priced and how market variables influence this price. Unlike much of the literature on vertical integration, this study does not assume that local access is a natural monopoly, assuming instead that there are two upstream regulated firms, both with private information about their own costs. The regulatory agency solves a multiagent-principal problem in which it chooses firms' incentives and the optimum access price. The results obtained under this assumption are compared to the ones obtained when the upstream firms are prohibited to compete in the downstream market. The access price in this case is lower than in the original problem, where these firms participate in the downstream market.

Key words: access price, adverse selection, regulation, Cournot model.

Códigos JEL: D82, L51, L96.

Área de classificação da ANPEC: Microeconomia, Economia Industrial e Mudança Tecnológica, e Métodos Quantitativos.

# **A Tarifa de Acesso na Indústria de Telecomunicação quando a Hipótese de Monopólio Natural é Quebrada**

## **I INTRODUÇÃO**

Um ponto fundamental em qualquer sistema de telecomunicações é a regulamentação da interconexão das redes de diferentes operadores. No Brasil, essa questão assumiu grande importância após a reforma por que passou o setor de telecomunicações. As firmas operadoras existentes foram privatizadas e o mercado foi largamente desregulado, no sentido de que novas empresas entraram no mercado e as relações de concorrência e custo passaram a ter maior significância na determinação de preços e quantidades.

A definição de interconexão, segundo o Regulamento Geral de Interconexão<sup>1</sup>, é a seguinte: “ ligação entre redes de telecomunicações funcionalmente compatíveis, de modo que os usuários de serviços de uma das redes possam comunicar-se com usuários de serviços de outra ou acessar serviços nela disponíveis.”

A interconexão pode acontecer na prestação de diversos serviços de telecomunicação. O caso mais citado e objeto deste trabalho é o de chamadas de longa distância, as quais requerem o insumo denominado “conexão à rede local” (local loop) para serem completadas. Esse problema de fornecimento de um insumo ou bem intermediário não é exclusivo do setor de telecomunicações, pois a maioria das firmas reguladas e não-reguladas vende produtos que servem como insumos para outras empresas. Esse fato confere maior generalidade à nossa análise.

Dada a necessidade das empresas competidoras em acessar a rede local, o dono da rede de telefonia é assim incentivado a monopolizar o segmento complementar (ou downstream) do mercado, expulsando seus possíveis concorrentes. Ele pode fazê-lo fixando uma tarifa de acesso excessivamente alta ou apenas negando-se a vender o bem.

Para evitar esse problema, a regulamentação brasileira prevê que a empresa dominante, por ser uma prestadora de serviço em regime público e de interesse coletivo, deve disponibilizar a sua rede de serviço telefônico fixo para a interconexão com qualquer outra rede de telecomunicações de interesse coletivo sempre que solicitado.

Desta forma, a desregulamentação das indústrias em rede levanta a importante questão, ainda não completamente esclarecida, e foco deste trabalho, de como deve ser determinado o preço de acesso à rede.

Se o preço de acesso for muito alto, firmas eficientes serão desencorajadas a entrar no mercado ou poderá haver uma duplicação desnecessária da rede. Se o preço de acesso for muito baixo, haverá entradas excessivas de empresas no mercado, congestionamento nas redes e, ainda, a firma dona da rede não conseguirá recuperar seus custos. Como o preço de acesso afeta o equilíbrio do mercado, ele é também variável importante na determinação do bem-estar do consumidor.

A literatura existente nessa área está baseada na hipótese de que a rede é um monopólio natural. A monopolização deste segmento poderia ser consequência de

---

<sup>1</sup> ANATEL. *Regulamento Geral de Interconexão*. Brasília, jul/98

economias de escala, de economias de escopo, de externalidades de rede, de inovações tecnológicas ou da existência de patentes. Entretanto, dado o avanço da tecnologia e das regras de regulação, existem alguns substitutos para o circuito de telefonia local, como transmissão via rádio ou conexão sem fio (mais especificamente, WLL – Wireless Local Loop – usado por companhias espelho no Brasil).

Assim, a principal modificação proposta por este trabalho é romper com a hipótese de monopólio natural e introduzir uma estrutura de duopólio no mercado upstream, considerando as idéias de integração vertical e de concorrência imperfeita no mercado downstream (longa distância).

O modelo proposto supõe um mercado verticalmente integrado, em que o regulador escolhe o preço de acesso, considerando os seguintes fatos:

- duas firmas podem prover o acesso à rede de telefonia local;
- várias firmas atuam e competem entre si no segmento produtor do bem final;
- a tarifa escolhida exerce influência sobre o bem-estar dos consumidores e sobre o lucro das firmas atuantes.

A organização deste trabalho é a seguinte. A segunda seção faz uma breve descrição teórica do problema de interconexão na indústria de telefonia fixa. Embora a inspiração do trabalho origine-se desse problema, o modelo aqui desenvolvido aplica-se a outras indústrias verticalmente relacionadas. Esse modelo está apresentado na terceira seção, e aplica-se ao caso em que há duas firmas reguladas no mercado *upstream* e várias firmas que concorrem *à la Cournot* no mercado *downstream*. Essa seção deriva os principais resultados e os interpreta. A quarta seção, por sua vez, deriva a tarifa de acesso no caso em que as firmas *upstream* não participam do mercado *downstream* e a compara com a do modelo original. A quinta seção conclui.

## II Descrição da interconexão no serviço de telefonia fixa

Precisamos inicialmente esclarecer como se dá a interconexão de redes de telefonia fixa. Imagine que uma pessoa *A* deseje ligar para uma pessoa *B* em outra cidade, como a Figura 1 mostra. A pessoa *A* pode contratar qualquer firma  $i = 1, 2, \dots, I$  para realizar este serviço. No entanto, a firma contratada pela pessoa *A* deve obrigatoriamente usar uma das duas redes telefônicas locais onde se encontra *B* para completar esta ligação<sup>2</sup>.

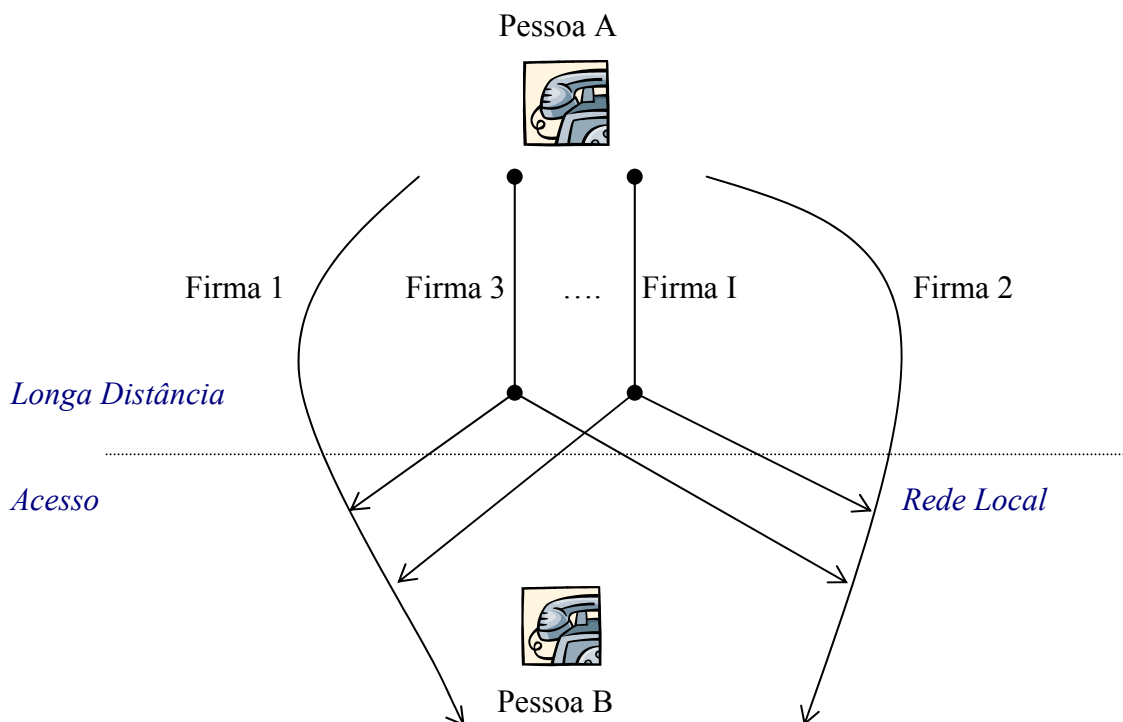
Segundo a hipótese adotada, existem duas redes locais e duas firmas distintas. Cada firma controla uma das redes citadas. Ambas podem completar o serviço de longa-distância que *A* contratou. Além disso, as duas firmas controladoras das redes locais podem realizar o serviço completo de chamadas de longa-distância sem precisar comprar acesso.

Em uma indústria relacionada verticalmente como esta, o mercado de acesso ou loop local é o segmento upstream (oferta o insumo) e o mercado de ligações de longa-distância é o segmento downstream (demanda o insumo).

---

<sup>2</sup> Será estudada aqui a situação mais elementar de interconexão, a chamada interconexão simples, em que a compra e venda de acesso à rede local acontece em apenas uma direção. Supondo essa estrutura, o desenho do mercado é facilitado e foca-se no objeto do estudo - a tarifa de acesso. Além disso, casos mais complexos de interconexão são variações da estrutura aqui apresentada.

Figura 1: Diagrama simplificado do problema de acesso de um caminho.



O mercado upstream vende o acesso para as firmas que estão competindo no mercado de ligações de longa-distância. O ponto a ser observado é que as provedoras de acesso competem com as firmas obrigadas a comprar este acesso para completar seus serviços.

Neste trabalho faremos uma análise teórica dessa indústria verticalmente integrada, na qual um setor duopolista vende insumo a um setor potencialmente competitivo. Será necessário, no entanto, assumir algumas hipóteses simplificadoras, uma vez que seria difícil estudar o processo regulatório caso todas as características da indústria fossem consideradas simultaneamente. Dentre as limitações do modelo desenvolvido, podemos destacar:

- as firmas duopolistas no mercado *upstream* têm a mesma distribuição de custos;
- o custo marginal é igual e constante para todas as firmas atuantes no segmento downstream do mercado;
- o produto é homogêneo, isto é, não existe diferença na qualidade do bem ofertado pelas diferentes firmas;
- o regulador não interfere no mercado potencialmente competitivo nem determina o preço do bem final;
- o mercado de ligações locais não é considerado;
- existe apenas um bem final negociado, o qual não sofre influência de outros bens substitutos ou complementares;

### III Modelo de indústria verticalmente integrada com duas firmas no mercado *upstream*

A indústria downstream oferece um único bem homogêneo (chamadas de longa-distância). Uma unidade deste produto é produzida a partir de uma unidade fornecida pelo segmento duopolista upstream. O segmento downstream recebe o preço do componente - acesso ofertado – já definido pelo setor upstream.

A estrutura que propomos apresenta características diferentes da maioria dos trabalhos existentes sobre integração vertical e fusões, uma vez que combina um ambiente de competição imperfeita com um de informação assimétrica. Dada a complexidade inerente ao desenho do mercado proposto, serão utilizadas funções lineares simples de demanda e de lucro para facilitar a apresentação e o entendimento do modelo. Precisaremos da seguinte notação:

$c$  : custo marginal (e médio) das firmas atuantes no mercado downstream,  $i = 1, \dots, I$ . Esse custo é comum a todas as firmas deste segmento e é conhecido pelo regulador.

$C^i$ ,  $i = 1, 2$ : custo marginal (e médio) das firmas atuantes no mercado upstream.

$a$  : preço de acesso (tarifa de interconexão)

$q_i$  : chamadas de longa-distância produzidas pela firma  $i$ ,  $i = 1, \dots, I$ .

$K$  : custo fixo das firmas downstream. Esse custo também é conhecido pelo regulador.

$P = A - Q$ , onde  $Q = \sum_i q_i$  : função de demanda linear.

#### III.1 Concorrência no mercado *downstream*

Todas as firmas  $i = 1, 2, 3, \dots, I$  operam no mercado downstream. Entretanto, apenas as firmas 1 e 2 controlam o acesso à rede local e atuam no mercado upstream, no qual o regulador exerce sua influência<sup>3</sup>. As outras firmas  $i = 3, 4, \dots, I$ , chamadas de firmas independentes, estão restritas a participar do mercado downstream, o qual não é regulado.

O problema da firma independente ( $i = 3, 4, \dots, I$ ) é

$$\text{Max}_{q_i} \Pi_i = \left( A - \sum_{i=1}^I q_i - c - a \right) q_i - K \quad (1)$$

A condição de primeira ordem deste problema resulta na equação a seguir:

$$q_i = \frac{1}{2} \left[ A - \sum_{j \neq i} q_j - c - a \right] \quad (2)$$

---

<sup>3</sup> Essa estrutura de mercado é similar à situação observada na indústria de telecomunicação brasileira.

Por causa da simetria entre as firmas independentes neste modelo simplificado, sabemos que  $q = q_3 = q_4 = \dots = q_I$ . Isto implica

$$q = \frac{A - q_1 - q_2 - c - a}{I - 1} \quad (3)$$

Os problemas resolvidos pelas partes downstream das firmas 1 e 2 são, respectivamente,

$$\text{Max}_{q_1} \Pi_1 = \left( A - \sum_{i=1}^I q_i - c - C^1 \right) q_1 - K \quad (4)$$

e

$$\text{Max}_{q_2} \Pi_2 = \left( A - \sum_{i=1}^I q_i - c - C^2 \right) q_2 - K \quad (5)$$

As condições de primeira ordem destes dois problemas resultam em duas equações:

$$q_1 = \frac{1}{2} \left[ A - (I - 2)q - q_2 - c - C^1 \right] \quad (6)$$

e

$$q_2 = \frac{1}{2} \left[ A - (I - 2)q - q_1 - c - C^2 \right] \quad (7)$$

Podemos agora seguir em duas direções distintas, dependendo da hipótese adotada sobre o número de participantes deste mercado ( $I$ ). As hipóteses que consideramos são: (1) a quantidade de empresas atuantes é determinada endogenamente pela condição de livre entrada; e (2) tal quantidade é uma variável exógena.

### III.1.1 Mercado *downstream* sob a hipótese de $I$ endógeno

Sob a hipótese de que as firmas independentes terão lucro zero, é possível determinar  $I$ , o número de firmas participantes do mercado downstream, usando a equação (1), uma vez que a entrada de novas firmas é livre. Para isto, basta isolar  $I$  na expressão a seguir.

$$(A - q_1 - q_2 - (I - 2)q - c - a)q - K = 0 \quad (8)$$

Cabe notar que a condição de livre entrada implica que os lucros das firmas independentes serão iguais a zero. No entanto, ela não afirma nada a respeito dos lucros da parte downstream das firmas 1 e 2. Isto se deve ao fato de que 1 e 2 são as únicas empresas que completam o serviço de chamadas de longa-distância sem pagar a tarifa de acesso  $a$  – estas firmas apenas incorrem em seus custos marginais  $C^1$  e  $C^2$ . Todas as outras firmas atuantes no mercado pagam  $a$  para produzirem o bem final.

Assim, enquanto o lucro das firmas independentes for maior que zero, haverá entrada de novas empresas. Não importa se o segmento downstream das firmas 1 e 2 tem lucros maiores ou iguais a zero, uma vez que nenhuma outra companhia entrante poderá produzir sem incorrer na tarifa de acesso.

Temos então um sistema de quatro variáveis ( $q$ ,  $q_1$ ,  $q_2$  e  $I$ ) e quatro funções independentes e bem definidas (3, 6, 7 e 8), o que significa que podemos encontrar o número de firmas e a quantidade produzida por cada firma no segmento downstream como função dos custos marginais e do preço de acesso. Este preço será determinado no mercado upstream por meio da interação entre o regulador e as firmas 1 e 2.

Isolando  $I$  na equação (8), temos que

$$I = \frac{1}{q} \left( A - c - a - q_1 - q_2 - \frac{K}{q} \right) + 2 \quad (9)$$

Substituindo (9) em (6), obtemos

$$q = \sqrt{K} \quad (10)$$

Da expressão (10), observamos que a quantidade produzida por cada firma independente é constante. Isso se deve às hipóteses simplificadoras do modelo, como a linearidade das equações, a simetria dos custos e, principalmente, a condição de livre entrada.

Substituindo (9) e (10) em (6) e (7) chegamos a

$$q_1 = a + \sqrt{K} - C^1 \quad e \quad (11)$$

$$q_2 = a + \sqrt{K} - C^2 \quad (12)$$

Podemos observar que essas quantidades são funções crescentes do preço de acesso e do custo fixo, e decrescentes do custo de produção do bem “acesso.”

O número de firmas atuantes neste mercado é

$$I = \frac{\sqrt{K}}{K} [A - c - 3a + C^1 + C^2] - 1^4 \quad (13)$$

e a quantidade total de chamadas de longa-distância é dada por

$$\sum_{i=1}^I q_i = q_1 + q_2 + (I - 2)q = A - a - \sqrt{K} - c \quad (14)$$

Substituindo as variáveis  $I$ ,  $q$ ,  $q_1$  e  $q_2$  encontradas nas funções de lucro das firmas, temos que

$$\Pi_i = [A - (A - a - \sqrt{K} - c) - c - a] \sqrt{K} - K = 0, \text{ para } i = 3, 4, \dots, I \quad (15)$$

ou seja, o lucro de cada firma independente é zero, em conformidade com a hipótese de livre entrada. Os lucros da parte downstream das firmas 1 e 2 são, respectivamente

---

<sup>4</sup> A fórmula (13) pode resultar em um número não inteiro de firmas. Nesse caso, o número de firmas presentes neste mercado será o número inteiro imediatamente inferior ao número encontrado por meio da fórmula.

$$\Pi_1 = \left[ A - (A - a - \sqrt{K} - c) - c - C^1 \right] (a + \sqrt{K} - C^1) - K = (a + \sqrt{K} - C^1)^2 - K \quad (16)$$

e

$$\Pi_2 = \left[ A - (A - a - \sqrt{K} - c) - c - C^2 \right] (a + \sqrt{K} - C^2) - K = (a + \sqrt{K} - C^2)^2 - K \quad (17)$$

As equações (16) e (17) fazem parte da utilidade total das firmas 1 e 2 e serão usadas na formulação do problema do regulador mais adiante. Uma análise de estática comparativa das expressões obtidas acima também será realizada em uma seção posterior.

### III.1.2 Mercado *downstream* sob a hipótese de $I$ exógeno

Caso a hipótese de livre entrada seja desconsiderada, o termo  $I$  passa a ser um parâmetro fixo, exógeno.

As equações (3), (6) e (7), resultantes das condições de primeira ordem, juntamente com as variáveis  $(q, q_1, q_2)$ , formam um sistema bem definido. Uma vez resolvido esse sistema, as quantidades produzidas são descritas como função dos parâmetros do modelo, dentre os quais se inclui  $I$ .

Substituindo a equação (7) em (6), temos que

$$q_1 = \frac{1}{3} \left[ A - (I - 2)q_i - c - 2C^1 + C^2 \right] \quad (18)$$

Analogamente,

$$q_2 = \frac{1}{3} \left[ A - (I - 2)q_i - c - 2C^2 + C^1 \right] \quad (19)$$

Colocando (18) e (19) em (3), obtemos

$$q = \frac{A + C^1 + C^2 - c - 3a}{I + 1} \quad (20)$$

Conseqüentemente,

$$q_1 = \frac{A - IC^1 + C^2 - c + (I - 2)a}{I + 1} \quad e \quad (21)$$

$$q_2 = \frac{A - IC^2 + C^1 - c + (I - 2)a}{I + 1} \quad (22)$$

Substituindo as variáveis encontradas nas funções de lucro da parte *downstream* das firmas 1 e 2, expressas nas equações (4) e (5), temos que seus lucros são dados por:

$$\Pi_1 = \left( \frac{A - IC^1 + C^2 - c + (I - 2)a}{I + 1} \right)^2 - K \quad e \quad (23)$$

$$\Pi_2 = \left( \frac{A - IC^2 + C^1 - c + (I-2)a}{I+1} \right)^2 - K \quad (24)$$

Essas expressões serão analisadas em maior detalhe mais adiante.

### III.2 Regulação no mercado *upstream*

Analisaremos o problema da agência reguladora com um modelo similar ao originalmente desenvolvido por Mookerjee (1984), que expande o modelo original de agente-principal de Grossman-Hart (1983) para o caso de múltiplos agentes, considerando o uso de performances relativas em um esquema de incentivos ótimo.

Na forma mais geral do modelo, apresentada por Mookerjee (1984), o custo marginal para produzir acesso  $C^i$  depende de uma ação privada escolhida pelos agentes e de uma variável aleatória exógena não observada pelo regulador e nem pelos agentes. O principal, que é neutro ao risco, observa o custo marginal, mas não é capaz de separar a realização da variável aleatória ( $\theta_i$ ) do tamanho dos esforços das firmas para reduzir seus custos ( $e_i$ ).

Dado este cenário, o regulador quer achar o esquema de incentivos ótimo, ou seja, o vetor de ações dos agentes e o preço de acesso que maximizam o bem-estar social. O regulador está sujeito à restrição de que estas ações devem ser implementadas por meio de um esquema de incentivos que promova um equilíbrio de Nash (1950) entre os agentes e que permita a tais agentes terem lucro maior ou igual a zero neste equilíbrio.

O problema do regulador é dividido em duas partes:

1) Dados os esforços ótimos e a tarifa de acesso, encontra-se o esquema de incentivos que minimiza o custo esperado do principal com tais transferências, sujeito às restrições de participação e de compatibilidade com incentivos de cada firma.

2) O principal (regulador) escolhe os esforços e a tarifa de interconexão que maximize a sua função de bem-estar ou benefício líquido esperado.

A fim de tornar o problema que nos propomos a analisar factível de ser resolvido, precisamos introduzir algumas simplificações no modelo de Mookerjee.

A primeira simplificação é eliminar o problema de perigo moral, ou seja, eliminar a variável esforço. Isso é feito através da seguinte hipótese:

$$C^i = \begin{cases} H & \text{com probabilidade } p \\ L & \text{com probabilidade } (1-p) \end{cases}, \text{ para } i = 1, 2 \text{ e onde } H > L \quad (25)$$

Dada esta hipótese, o regulador passa a enfrentar apenas o problema de seleção adversa. Além disso, as firmas estarão restritas a serem apenas de dois tipos: custos marginais altos (H) ou custos marginais baixos (L).

Outra hipótese simplificadora é a de que o principal baseará a decisão de suas transferências apenas nos tipos, isto é custos, anunciados pelas duas firmas, não importando se tal transferência é para a firma 1 ou para a firma 2. Isto implica que as transferências podem ser definidas por  $T_{ij}$ , onde  $i$  é o tipo da firma que receberá esta transferência e  $j$  é o tipo da outra firma, a qual serve de referência ou parâmetro. Sendo assim, existem apenas quatro transferências possíveis:  $T_{HH}$ ,  $T_{HL}$ ,  $T_{LH}$ ,  $T_{LL}$ .

### III.2.1 O primeiro estágio do problema do principal

O primeiro estágio do problema do regulador é minimizar o gasto esperado com transferências sujeito às restrições de compatibilidade com incentivos e racionalidade individual de cada uma das firmas:

$$\underset{T_{HH}, T_{HL}, T_{LH}, T_{LL}}{\text{Min}} \quad 2p^2 (T_{HH}) + 2p \cdot (1-p)(T_{HL} + T_{LH}) + 2(1-p)^2 (T_{LL})$$

sujeito a

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, H, L)] \geq 0 \quad (26)$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] \geq 0 \quad (27)$$

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_2(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_2(a, L, H)] \geq 0 \quad (28)$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_2(a, H, L)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] \geq 0 \quad (29)$$

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, H, L)] \geq \quad (30)$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, H, L)]$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] \geq \quad (31)$$

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, L, L)]$$

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_2(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_2(a, L, H)] \geq \quad (32)$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_2(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_2(a, L, H)]$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_2(a, H, L)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_2(a, L, L)] \geq \quad (33)$$

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_2(a, H, L)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_2(a, L, L)]$$

Cabe notar que  $\Pi_i(a, C^1, C^2)$  representa o lucro da firma  $i = 1, 2$  tanto no caso do número de firmas  $I$  ser determinado endogenamente quanto exogenamente. Como  $H > L$ , podemos obter facilmente as seguintes relações:

$$\Pi_1(a, L, H) > \Pi_1(a, H, H); \Pi_1(a, L, L) > \Pi_1(a, H, L) \quad \text{e} \quad (34)$$

$$\Pi_2(a, H, L) > \Pi_2(a, H, H); \Pi_2(a, L, L) > \Pi_2(a, L, H), \quad (35)$$

independentemente da hipótese escolhida para  $I$ .

Cabe notar ainda que, devido à simetria entre as firmas 1 e 2 e às hipóteses do modelo,  $\Pi_1(a, L, L) = \Pi_2(a, L, L)$ ,  $\Pi_1(a, L, H) = \Pi_2(a, H, L)$ ,  $\Pi_1(a, H, L) = \Pi_2(a, L, H)$  e  $\Pi_1(a, H, H) = \Pi_2(a, H, H)$ . Isso implica que as restrições do problema de minimização se repetem duas a duas. Logo, é possível simplificar o problema e escrever todas as restrições como função do lucro da firma 1, como abaixo:

$$\underset{T_{HH}, T_{HL}, T_{LH}, T_{LL}}{\text{Min}} \quad 2[p^2 (T_{HH}) + p \cdot (1-p)(T_{HL} + T_{LH}) + (1-p)^2 (T_{LL})]$$

sujeito a

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, H, L)] \geq 0 \quad (26)$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] \geq 0 \quad (27)$$

$$\begin{aligned} p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, H, L)] &\geq \\ p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, H, L)] &\end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] &\geq \\ p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, L, L)] &\end{aligned} \quad (31)$$

Podemos extrair algumas conclusões das quatro restrições acima. Em primeiro lugar, as restrições (26) e (31), em conjunto com (34), implicam

$$\begin{aligned} p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] &\geq \\ p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, L, L)] &> \\ p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, H, L)] &\geq 0 \end{aligned} \quad (36)$$

Isso significa, em primeiro lugar, que a restrição (27) é inativa, ou seja, é respeitada com desigualdade estrita. Em segundo lugar, e mais importante, essa condição implica que a restrição (27) pode ser desconsiderada, pois ela é redundante quando (26) e (31) são satisfeitas.

Suponha agora que a restrição (26) seja inativa no ponto ótimo e que todas as transferências sejam reduzidas de um montante  $\varepsilon$ . Se esse  $\varepsilon$  for pequeno o suficiente, podemos reduzir o valor da função objetivo sem violar nenhuma das restrições. Isto contradiz a hipótese de que as transferências eram ótimas. Assim é preciso que, no ponto de mínimo, a restrição (26) seja ativa.

De maneira análoga, podemos mostrar que a restrição (31) é ativa no ótimo.

É possível deduzir ainda que, sendo a restrição (31) ativa, a seguinte igualdade é verdadeira

$$p \cdot T_{LH} + (1-p) T_{LL} = p \cdot T_{HH} + (1-p) T_{HL}$$

Substituindo a expressão acima na restrição (26), obtemos

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, H, L)] = 0$$

Em conjunto com a restrição (26), isso implica que a restrição (30) é respeitada e pode, portanto, ser eliminada do problema de minimização.

O problema pode então ser reescrito como

$$\text{Min}_{T_{HH}, T_{HL}, T_{LH}, T_{LL}} 2 \left[ p^2 (T_{HH}) + p \cdot (1-p) (T_{HL} + T_{LH}) + (1-p)^2 (T_{LL}) \right]$$

sujeito a

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, H, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, H, L)] = 0$$

$$p \cdot [T_{LH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{LL} + \Pi_1(a, L, L)] =$$

$$p \cdot [T_{HH} + \Pi_1(a, L, H)] + (1-p) \cdot [T_{HL} + \Pi_1(a, L, L)]$$

É fácil agora combinar as restrições desse problema para obter

$$p \cdot (1-p) \cdot T_{HL} + p^2 \cdot T_{HH} + p \cdot (1-p) \cdot T_{LH} + (1-p)^2 \cdot T_{LL} = \\ p \{ - [p\Pi_1(a, H, H) + (1-p)\Pi_1(a, H, L)] \} + (1-p) \{ - [p\Pi_1(a, H, H) + (1-p)\Pi_1(a, H, L)] \} = \\ - [p \cdot \Pi_1(a, H, H) + (1-p) \cdot \Pi_1(a, H, L)]$$

Isso significa que as restrições do problema de minimização definem o valor da função objetivo, estabelecendo o valor esperado dos gastos com transferências, que é igual a

$$2[p \cdot (1-p) \cdot T_{HL} + p^2 T_{HH} + p \cdot (1-p) \cdot T_{LH} + (1-p)^2 T_{LL}] = \\ 2\{ - [p \cdot \Pi_1(a, H, H) + (1-p) \cdot \Pi_1(a, H, L)] \} \quad (37)$$

Essa expressão será utilizada a seguir no problema do regulador de maximização do bem-estar social.

### III.2.2 O Segundo Estágio do Problema do Principal

A função de benefício do regulador, representada por  $\tilde{B}(C^1, C^2)$ , depende do excedente do consumidor e dos lucros das firmas 1 e 2. Essa função é a função de bem-estar social, dada por

$$\tilde{B}(C^1, C^2) = S - (1+\lambda) \{ C^1 Q_1 + C^2 Q_2 + T^1 + T^2 - a[Q_1 + Q_2] \} + T^1 + \Pi_1 + T^2 + \Pi_2, \quad (38)$$

onde  $\lambda > 0$  representa o custo-sombra dos recursos públicos.

A função (37) reflete a hipótese de que o regulador retém toda a receita oriunda da tarifa de interconexão e remunera as firmas 1 e 2 por este serviço por meio das transferências e do reembolso dos custos de produção. Assim, a receita auferida pelo regulador é dada por  $a(Q_1 + Q_2)$  e o custo de reembolso é dado por  $C^1 \cdot Q_1 + C^2 \cdot Q_2$ , onde  $Q_i$  é a quantidade de interconexão provida pela firma  $i = 1, 2$ . O total de minutos de acesso é igual a  $Q_1 + Q_2 + q_1 + q_2 = \sum_{i=1}^I q_i =$  número total de ligações.

Para definir  $Q_1$  e  $Q_2$  como função das quantidades já encontradas, introduzimos um parâmetro  $\beta$  tal que  $0 \leq \beta \leq 1$ . Assim,

$$Q_1 = \beta \left( \sum_{i=1}^I q_i - q_1 - q_2 \right) \quad e \quad Q_2 = (1-\beta) \left( \sum_{i=1}^I q_i - q_1 - q_2 \right) \quad (39)$$

Como a demanda é linear<sup>5</sup>, o excedente do consumidor é dado por

---

<sup>5</sup> Seja  $P(\bullet)$  a função de demanda invertida, o excedente do consumidor é  $S = \int_0^Q P(t) dt - Q \cdot P(Q)$ .

Como  $P(\bullet)$  é linear,  $S = \frac{\sum q_i \cdot [A - (A - \sum q_i)]}{2} = \frac{(\sum q_i)^2}{2}$

$$S = \frac{\left(\sum_{i=1}^I q_i\right)^2}{2} = \frac{(q_1 + q_2 + (I-2)q)^2}{2}.$$

Substituindo  $q$ ,  $q_1$  e  $q_2$  por (10), (11) e (12), obtemos o excedente do consumidor quando  $I$  é endógeno:

$$S = \frac{(A - a - \sqrt{K} - c)^2}{2} \quad (40)$$

Por outro lado, substituindo  $q$ ,  $q_1$  e  $q_2$  por (18), (19) e (20), chegamos ao excedente do consumidor para  $I$  exógeno:

$$S = \frac{(I(A - c) - (I - 2)a - C^1 - C^2)^2}{2(I + 1)^2} \quad (41)$$

Já o lucro total ou a utilidade da firma 1 é a soma do lucro obtido no segmento downstream com o lucro adquirido no segmento upstream - a transferência líquida que o regulador repassa à firma pelos acessos providos.

Sendo assim, a utilidade da firma 1 é dada por

$$U_1 = T_1 + \Pi_1(a, C^1, C^2) \quad (42)$$

No caso de  $I$  endógeno, temos que

$$U_1 = T_1 + (a + \sqrt{K} - C^1)^2 - K, \quad (43)$$

enquanto que, no caso de  $I$  exógeno,

$$U_1 = T_1 + \left(\frac{A - IC^1 + C^2 - c + (I - 2)a}{I + 1}\right)^2 - K \quad (44)$$

Analogamente, o lucro total ou a utilidade da firma 2 é

$$U_2 = T_2 + (a + \sqrt{K} - C^2)^2 - K, \quad (45)$$

no caso de  $I$  endógeno, e

$$U_2 = T_2 + \left(\frac{A - IC^2 + C^1 - c + (I - 2)a}{I + 1}\right)^2 - K, \quad (46)$$

quando  $I$  é exógeno.

### III.2.3 A Tarifa de Acesso para $I$ Endógeno

Substituindo (16), (17), (39) e (40) em (38), obtemos

$$\begin{aligned}
\tilde{B}(C^1, C^2) &= \frac{(A-a-\sqrt{K}-c)^2}{2} - (1+\lambda) \cdot \{(C^1-a)\beta(A-3(a+\sqrt{K})-c+C^1+C^2) \\
&+ (C^2-a)(1-\beta)(A-3(a+\sqrt{K})-c+C^1+C^2)\} \\
&+ (a+\sqrt{K}-C^1)^2 - K + (a+\sqrt{K}-C^2)^2 - K - \lambda(T^1+T^2)
\end{aligned} \tag{47}$$

Considerando que  $C^i$  pode assumir os valores  $H$  e  $L$ , com probabilidades  $p$  e  $(1-p)$  respectivamente, a função de bem-estar social esperada é dada por

$$\begin{aligned}
B(a) &= \frac{(A-a-\sqrt{K}-c)^2}{2} - 2K \\
&+ p^2 \{-(1+\lambda) \cdot [((H-a)\beta + (H-a)(1-\beta)) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+H+H)] \\
&+ (a+\sqrt{K}-H)^2 + (a+\sqrt{K}-H)^2 - \lambda(T_{HH} + T_{HH})\} \\
&+ p(1-p) \{-(1+\lambda) \cdot [((H-a)\beta + (L-a)(1-\beta)) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+H+L)] \\
&+ (a+\sqrt{K}-H)^2 + (a+\sqrt{K}-L)^2 - \lambda(T_{HL} + T_{LH})\} \\
&+ (1-p)p \{-(1+\lambda) \cdot [((L-a)\beta + (H-a)(1-\beta)) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+L+H)] \\
&+ (a+\sqrt{K}-L)^2 + (a+\sqrt{K}-H)^2 - \lambda(T_{LH} + T_{HL})\} \\
&+ (1-p)^2 \{-(1+\lambda) \cdot [((L-a)\beta + (L-a)(1-\beta)) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+L+L)] \\
&+ (a+\sqrt{K}-L)^2 + (a+\sqrt{K}-L)^2 - \lambda(T_{LL} + T_{LL})\}
\end{aligned} \tag{48}$$

Reorganizando os termos, temos que

$$\begin{aligned}
B(a) &= \frac{(A-a-\sqrt{K}-c)^2}{2} - 2K \\
&+ p^2 \left\{ -(1+\lambda) \cdot [(H-a) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+2H)] + 2(a+\sqrt{K}-H)^2 \right\} \\
&+ p(1-p) \left\{ -(1+\lambda) \cdot [((H-a) + (L-a)) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+H+L)] \right. \\
&+ 2(a+\sqrt{K}-H)^2 + 2(a+\sqrt{K}-L)^2 \left. \right\} \\
&+ (1-p)^2 \left\{ -(1+\lambda) \cdot [(L-a) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+2L)] + 2(a+\sqrt{K}-L)^2 \right\} \\
&- 2\lambda [p^2 T_{HH} + p(1-p)(T_{HL} + T_{LH}) + (1-p)^2 T_{LL}]
\end{aligned} \tag{49}$$

Após substituição do último termo desta expressão por (37), o problema de maximização da função de benefício esperado do regulador torna-se

$$\begin{aligned}
\text{Max}_a B(a) &= \frac{(A-a-\sqrt{K}-c)^2}{2} - 2K \\
&+ p^2 \left\{ -(1+\lambda) \cdot [(H-a) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+2H)] + 2(a+\sqrt{K}-H)^2 \right\} \\
&+ p(1-p) \left\{ -(1+\lambda) \cdot [((H-a) + (L-a)) \cdot (A-3(a+\sqrt{K})-c+H+L)] \right. \\
&+ 2(a+\sqrt{K}-H)^2 + 2(a+\sqrt{K}-L)^2 \left. \right\}
\end{aligned} \tag{50}$$

$$+ (1-p)^2 \left\{ (1+\lambda) \cdot \left[ (L-a) \cdot (A - 3(a + \sqrt{K}) - c + 2L) \right] + 2(a + \sqrt{K} - L)^2 \right\} \\ - 2\lambda \left[ K - (a + \sqrt{K} - H)^2 \right]$$

A condição de primeira ordem deste problema - após algumas passagens algébricas - é

$$\frac{\partial B(a)}{\partial a} = -1(1+2\lambda)a - A + 5\sqrt{K} + c + (1+\lambda)[A + 3\sqrt{K} - c] + 4\lambda[\sqrt{K} - H] \\ + (1-5\lambda)[pH + (1-p)L] = 0 \quad (51)$$

Essa condição implica

$$a = \frac{1}{(1+2\lambda)} \left\{ (1-5\lambda)[pH + (1-p)L] + 8\sqrt{K} + \lambda[A + 7\sqrt{K} - c - 4H] \right\} \quad (52)$$

A expressão acima indica como o preço de acesso depende dos parâmetros do modelo. Na seção III.2.5 a seguir, faremos a interpretação dessa expressão.

A condição de segunda ordem é satisfeita, o que garante que de fato encontramos o máximo da função de bem-estar social esperado:

$$\frac{\partial^2 B(a)}{\partial a^2} = -1(1+2\lambda) < 0 \quad (53)$$

### III.2.4 A Tarifa de Acesso para $I$ Exógeno

De maneira análoga ao que foi feito para o caso do  $I$  endógeno, podemos inicialmente substituir as condições (23), (24), (39) e (41) em (38). Após levar em conta a distribuição de probabilidade dos custos e a condição (37) e realizar algumas manipulações algébricas, obtemos a seguinte expressão para a função de bem-estar social esperado no caso de  $I$  exógeno:

$$B(a) = p^2 \left\{ \frac{(I(A-c) - (I-2)a - H - H)^2}{2(I+1)^2} - (1+\lambda) \cdot \left[ (H-a) \cdot \left( \frac{(I-2)(A-c - 3a + H + H)}{I+1} \right) \right] \right\} \\ + p(1-p) \left\{ \frac{(I(A-c) - (I-2)a - H - L)^2}{(I+1)^2} - (1+\lambda) \left[ (L+H-2a) \left( \frac{(I-2)(A-c - 3a + H + L)}{I+1} \right) \right] \right\} \\ + (1-p)^2 \left\{ \frac{(I(A-c) - (I-2)a - L - L)^2}{2(I+1)^2} - (1+\lambda) \cdot \left[ (L-a) \cdot \left( \frac{(I-2)(A-c - 3a + L + L)}{I+1} \right) \right] \right\} \\ + 2(p+\lambda) \left[ p \left( \frac{A - IH + H - c + (I-2)a}{I+1} \right)^2 + (1-p) \left( \frac{A - IH + L - c + (I-2)a}{I+1} \right)^2 - K \right] \quad (54) \\ + 2(1-p) \left[ p \left( \frac{A - IL + H - c + (I-2)a}{I+1} \right)^2 + (1-p) \left( \frac{A - IL + L - c + (I-2)a}{I+1} \right)^2 - K \right]$$

A condição de primeira ordem deste problema produz

$$\frac{\partial B(a)}{\partial a} = \frac{(I-2)}{(I+1)^2} [(pH + (1-p)L)(11 + I + 9\lambda + 5\lambda I) - 4\lambda IH + (A-c)(5 + 5\lambda + I\lambda) - a(I + 16 + 2\lambda(I + 7))] = 0 \quad (55)$$

É fácil então obter

$$a = \frac{(pH + (1-p)L)(11 + I + 9\lambda + 5\lambda I) - 4\lambda IH + (A-c)(5 + 5\lambda + I\lambda)}{(I + 16 + 2\lambda(I + 7))} \quad (56)$$

A interpretação dessa equação também será realizada na subseção III.2.5.

A condição de segunda ordem nos garante que esse é de fato um ponto de máximo da função de benefício do regulador:

$$\frac{\partial^2 B(a)}{\partial a^2} = -\frac{(I-2)}{(I+1)^2} (I + 16 + 2\lambda(I + 7)) < 0, \text{ para } I > 2. \quad (57)$$

### III.2.5 Interpretação da tarifa de acesso e de outras variáveis do modelo

Uma vez calculada a tarifa de acesso no mercado verticalmente integrado, tanto para o caso do número de firmas ser endógeno quanto para o caso de ser um parâmetro do mercado, podemos analisar o seu comportamento e o de outras variáveis do modelo. Oferecemos as seguintes interpretações:

(1) Independente da hipótese sobre  $I$  adotada, quanto maior a probabilidade das firmas 1 e 2 terem custo alto, maior será a tarifa de acesso.

De fato, da expressão (52) temos que

$$\frac{\partial a}{\partial p} = \frac{1}{1 + 2\lambda} [(1 + 5\lambda)(H - L)] > 0,$$

enquanto que da expressão (56) deduzimos que

$$\frac{\partial a}{\partial p} = \frac{(H - L)(I + 11 + \lambda(5I + 9))}{I + 16 + 2\lambda(I + 7)} > 0$$

Uma possível interpretação desse resultado é a seguinte: as equações de lucro, tanto no caso de  $I$  endógeno quanto exógeno, indicam que o custo ( $H$  ou  $L$ ) é um termo negativo e a tarifa de acesso um termo positivo no lucro das firmas 1 e 2. Assim, para que as condições de racionalidade individual das firmas reguladas continuem a ser respeitadas, quanto maior for a probabilidade da firma ter custo alto, maior deve ser a tarifa de acesso escolhida pelo regulador.

(2) Considerando que o número de firmas é determinado por meio da condição de livre entrada, quanto maior for o custo fixo para entrar no mercado downstream de ligações de longa distância, maior será a tarifa de acesso.

De fato, da expressão (52), obtemos

$$\frac{\partial a}{\partial K} = \frac{1}{1+2\lambda} \left[ 4 + \frac{7\lambda}{2} \right] \frac{\sqrt{K}}{K} > 0$$

Sob tal hipótese simplificadora, o aumento do custo fixo tem diversas implicações. Das equações (10), (11) e (12), percebemos que as quantidades produzidas pelas firmas participantes do mercado aumentam. Entretanto, em consequência de (13), o número de firmas diminui. O resultado líquido destes dois efeitos, dado por (14), é uma queda na quantidade total de ligações realizadas.

Apesar dos efeitos descritos, não é possível dizer qual será o resultado da variação de  $K$  sobre o lucro das firmas 1 e 2, uma vez que o sinal das derivadas de (16) e (17) com relação a  $K$  é ambíguo. Porém, dado que  $a$  e  $K$  variam na mesma direção, espera-se que um custo fixo maior implique um lucro menor das firmas upstream. Isto porque as empresas 1 e 2, assim como as firmas independentes, também pagam esse custo fixo.

(3) Independente da hipótese sobre  $I$  adotada, quanto maior o custo marginal incorrido pelas firmas atuantes no mercado downstream, menor a tarifa de acesso.

Podemos observar a partir da expressão (52) que

$$\frac{\partial a}{\partial c} = \frac{-\lambda}{1+2\lambda} < 0.$$

Já a expressão (56) nos diz que

$$\frac{\partial a}{\partial c} = \frac{-(5+5\lambda+I\lambda)}{(I+16+2\lambda(I+7))} < 0$$

Com o auxílio das equações que descrevem as quantidades produzidas, podemos observar que quanto maior for  $c$ , menor será a quantidade final de chamadas produzidas e vendidas neste mercado. Isso explica o sinal da derivada acima. O regulador diminui a tarifa de acesso vigente para evitar reduções brutas no excedente dos consumidores que ocorre devido a um aumento em  $c$ . Isto porque, em última instância, tal tarifa é repassada aos consumidores finais.

(4) Independente da hipótese sobre  $I$  adotada, quanto maior for a tarifa de acesso, menor será a quantidade total de chamadas de longa distância produzidas neste mercado.

Para ver isso, é preciso analisar a influência da tarifa de acesso sobre algumas variáveis. Das equações (11), (12), (21) e (22), vemos que quanto maior o preço de acesso, maiores as quantidades de chamadas de longa distância produzidas pelas firmas 1 e 2, para qualquer hipótese a respeito de  $I$ . Intuitivamente, isso ocorre porque uma tarifa mais alta significa que essas empresas passam a ter “tecnologias” de

produção relativamente mais eficientes do que as firmas independentes, uma vez que os custos marginais de 1 e 2 tornam-se relativamente menores.

Devido às simplificações do modelo desenvolvido quando  $I$  é endógeno, observa-se em (10) que as quantidades produzidas pelas firmas independentes não mudam em razão das alterações em  $a$ . No entanto, como se vê em (13), o número de firmas varia inversamente à mudança da taxa de acesso. Tal variação surte efeito no total de ligações similar à simples redução das quantidades produzidas pelas firmas independentes.

Ainda sob tal hipótese, existem dois efeitos contrários sobre a quantidade total produzida nesta indústria. Por um lado, a produção das firmas 1 e 2 aumenta; por outro, o número de firmas independentes diminui. Observando a equação (14), percebemos que o resultado líquido destes dois efeitos é a diminuição da quantidade total de chamadas de longa distância produzidas neste mercado.

Sob a hipótese de  $I$  exógeno, a análise é diferente. Nesta situação, o número de empresas atuantes no mercado não muda por causa de elevações na tarifa de acesso. Entretanto, como mostra a expressão (20), a quantidade produzida por cada firma independente diminui à medida que  $a$  aumenta.

Para obter o efeito líquido da mudança da tarifa de acesso sobre a quantidade total produzida no mercado, considerando a hipótese de  $I$  ser variável exógena, devemos somar as quantidades  $q_1$ ,  $q_2$  e  $q$  e, em seguida, encontrar a derivada desta soma em relação a  $a$ . Fazendo isto, chegamos a

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = -\frac{(I-2)}{(I+1)} < 0,$$

para  $I > 2$ , onde  $Q$  representa a soma das quantidades produzidas.

#### **IV A Indústria sem participação das firmas upstream no mercado downstream**

Nesta seção suporemos que as firmas 1 e 2 atuam apenas no mercado upstream e que seus custos marginais não são conhecidos pelo regulador. Sendo assim, a única atividade de tais firmas é fornecer o acesso para as firmas independentes,  $i = 3, 4, \dots, I$ , atenderem os consumidores de chamadas de longa distância.

Desta feita, a produção e o lucro das firmas 1 e 2 no mercado downstream são iguais a zero. Isto é,  $q_1 = 0$ ,  $\Pi_1 = 0$  e  $q_2 = 0$ ,  $\Pi_2 = 0$ . Os lucros das firmas independentes, por sua vez, não se alteram. Assim, a condição de primeira ordem, dada pela equação (2), e a condição de lucro zero para as firmas independentes, dada pela equação (8), continuam corretas bastando considerar  $q_1 = 0$  e  $q_2 = 0$ .

Obtemos então

$$q = \frac{A-c-a}{I-1}$$

e

$$I = \frac{1}{q} \left( A - c - a - \frac{K}{q} \right) + 2$$

Esse sistema de duas equações e duas variáveis,  $I$  e  $q_i$ , produz  $q = \sqrt{K}$  e

$$I = \frac{\sqrt{K}}{K} [A - c - a] + 1$$

Usando um método similar ao que foi usado para resolver o primeiro estágio do problema do regulador quando as firmas *upstream* participavam do mercado *downstream*, chegamos à seguinte função de bem-estar social esperado:

$$B(a) = \frac{(A - a - \sqrt{K} - c)^2}{2} + p^2 \left\{ -(1 + \lambda) \cdot \left[ (H - a)\beta(A - a - \sqrt{K} - c) + (H - a)(1 - \beta)(A - a - \sqrt{K} - c) \right] \right\} + p(1 - p) \left\{ -(1 + \lambda) \cdot \left[ (H - a)\beta(A - a - \sqrt{K} - c) + (L - a)(1 - \beta)(A - a - \sqrt{K} - c) \right] \right\} + (1 - p)p \left\{ -(1 + \lambda) \cdot \left[ (L - a)\beta(A - a - \sqrt{K} - c) + (H - a)(1 - \beta)(A - a - \sqrt{K} - c) \right] \right\} + (1 - p)^2 \left\{ -(1 + \lambda) \cdot \left[ (L - a)\beta(A - a - \sqrt{K} - c) + (L - a)(1 - \beta)(A - a - \sqrt{K} - c) \right] \right\}$$

que pode ser rescrita como

$$B(a) = \frac{(A - a - \sqrt{K} - c)^2}{2} - (1 + \lambda)(A - a - \sqrt{K} - c) [p^2 H + p(1 - p)(H + L) + (1 - p)^2 L - a]$$

Maximizando  $B(a)$  em relação a  $a$ , obtemos

$$\frac{\partial B(a)}{\partial a} = -1(1 + 2\lambda)a + \lambda(A - \sqrt{K} - c) + (1 + \lambda)[pH + (1 - p)L] = 0$$

e

$$a = \frac{1}{(1 + 2\lambda)} \left\{ (1 + \lambda)[pH + (1 - p)L] + \lambda(A - \sqrt{K} - c) \right\}$$

A condição de segunda ordem desse problema é satisfeita, pois

$$\frac{\partial^2 B(a)}{\partial a^2} = -1(1 + 2\lambda) < 0$$

Podemos observar que a tarifa de acesso quando as firmas 1 e 2 participam do mercado *downstream* é maior do que aquela estabelecida quando elas não participam.

De fato, temos que a diferença entre essas tarifas é dada por

$$a_{ORIGINAL} - a_{MODIFICADO} = \frac{1}{(1 + 2\lambda)} \left\{ 4\lambda[pH + (1 - p)L] + 8(1 + \lambda\sqrt{K}) - 4\lambda H \right\} > 0,$$

pois,  $8(1 + \lambda\sqrt{K}) > 4\lambda H - 4\lambda[pH + (1 - p)L]$ .

Este resultado está de acordo com a intuição econômica. Dada a hipótese de não-participação das firmas 1 e 2 no mercado downstream, o preço de acesso não tem mais influência positiva sobre o lucro destas firmas, já que  $\Pi_1 = 0$  e  $\Pi_2 = 0$ . No entanto,  $a$  ainda tem influência negativa sobre o lucro das firmas independentes e sobre o excedente do consumidor. Assim, o regulador tende a diminuir a tarifa de acesso a fim de maximizar o bem-estar social.

## V CONCLUSÃO

Apesar de sua importância para a indústria de telecomunicação, a determinação da tarifa ótima de acesso ou interconexão tem recebido pouca atenção na literatura econômica. Além disso, os estudos anteriores baseiam-se na hipótese da rede de telefonia ser um monopólio natural e, assim, haver apenas uma firma provedora de acesso.

Este trabalho rompe com a hipótese de monopólio natural, supondo a existência de duas empresas donas da rede local de telefonia, as quais são controladas pela agência reguladora.

Com o auxílio de algumas hipóteses simplificadoras, inevitáveis em um modelo complexo como este, chegamos a alguns resultados interessantes. Primeiramente, uma análise de estática comparativa revelou que há uma relação direta entre a probabilidade das firmas terem custos marginais altos e o valor da tarifa de acesso, e uma relação inversa entre o custo marginal incorrido pelas firmas do mercado *downstream* e o preço de acesso.

Além disso, demonstramos que quanto maior for a tarifa de acesso, menor será a quantidade de chamadas de longa-distância produzidas e vendidas no mercado. Esse efeito se dá por caminhos distintos, dependendo da hipótese adotada para a determinação do número de firmas no mercado.

Por último, ao analisar o caso em que as firmas provedoras de acesso são proibidas de atuar no segmento downstream do mercado, chegamos à conclusão de que a tarifa de acesso resultante é menor do que aquela encontrada no problema original.

O modelo que apresentamos neste trabalho é apenas uma primeira tentativa de analisar as implicações da existência de mais de uma firma no mercado *upstream*. Há indubitavelmente um longo caminho a percorrer para chegar a uma caracterização mais geral da tarifa de acesso e dos seus efeitos sobre o bem-estar social. Algumas das extensões possíveis são para os casos de presença de bens diferenciados e existência de perigo moral e bens substitutos e complementares.

## VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANATEL, *Regulamento Geral de Interconexão*. Brasília, jul/98

**Araki**, E. D., A Interconexão e o Bypass no Brasil. 2000, UnB, Tese de Pós-Graduação.

**Armstrong**, Mark, **Chris Doyle** e **John Vickers**, 1996. The Access Pricing Problem: A Synthesis. *Journal of Industrial Economics* 44 (2), 131-150.

**Baumol**, W. J., 1983. Some Subtle Pricing Issues in Railroad Regulation. *International Journal of Transport* 10 (2), 341-355.

**Baumol**, W. J., **Sidak**, J. G., 1994. Toward Competition in Local Telephony. MIT Press, Cambridge MA.

Baron, D., Myerson, R., 1982. Regulating a Monopolist with Unknown Costs. *Econometrica* (50), 447-470.

**Cournot**, A., 1897. *Researches into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth*, New York: Macmillan Co.

**Grossman**, S. J., **Hart**, O. D., 1983. An Analysis of the Principal Agent Problem. *Econometrica* (7), 47.

**Laffont**, J.-J., **Tirole**, J., 1994. Access Pricing and Competition. *European Economic Review* 38 (9), 1673-1710.

**Laffont**, J.-J., **Tirole**, J., 1993. *A Theory of Incentives in Regulation and Procurement*. Cambridge, MA: MIT Press.

**Mookherjee**, D., 1984. Optimal Incentive Schemes with Many Agents. *Review of Economics Studies*, (51), 433-446.

**Nash**, J., 1950. Equilibrium Points in a  $n$ -person Games. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (36), 48-49.

**Ramsey**, F., 1927. A Contribution to the Theory of Taxation. *Economics Journal*, 47.

**Vickers**, J., 1995. Competition and Regulation in Vertically Related Market. *Review of Economic Studies*, 62 (1), 1-17.

**Willig**, R. D., 1979. The Theory of Network Access Pricing, em H. M. Trebing (ed.), *Issues in Public Utility Regulation*, Michigan State University Public Utility Papers.

## The ECO/UnB Working Paper Series

The Department of Economics of the University of Brasilia publishes its Working Papers Series since April 1972. On August 30, 2002 the series was renewed with the on-line publication of the papers. All Working Papers may be freely downloaded from the Department site: <http://www.unb.br/ih/eco>.

Working papers published since August 2002:

- 231 Posse de escravos e estrutura da riqueza no agreste e sertão de Pernambuco: 1777-1887. Flávio Rabelo Versiani and José Raimundo O. Vergolino, 30 August 2002, 29p.
- 232 On the natural rates of unemployment and interest: the Robertson connection. Mauro Boianovsky and John R. Presley, 30 August 2002, 34p.
- 233 Contas Nacionais e o meio ambiente: reflexões em torno de uma abordagem para o Brasil. Charles C. Mueller, 30 August 2002, 25p.
- 234 Economics of air pollution: hedonic price model and smell consequences of sewage treatment plants in urban areas. Sérgio A. Batalhone, Jorge M. Nogueira and Bernardo P. M. Mueller, 30 August 2002, 25p.
- 235 The Brazilian depression of the 80s and 90s. Mirta Bugarin, Roberto de G. Ellery Jr., Victor Gomes and Arilton Teixeira, 30 August 2002, 30p.
- 236 Informal employment in Brazil – A choice at the top and segmentation at the bottom: a quantile regression approach. Maria Tannuri-Pianto and Donald M. Pianto, 30 August 2002, 23p.
- 237 False contagion and false convergence clubs in stochastic growth theory. Stephen de Castro and Flávio Gonçalves, 30 August 2002, 20p.
- 238 Spot and contract markets in the Brazilian wholesale energy market. Paulo C. Coutinho and André Rossi de Oliveira, 30 August 2002, 19p.
- 239 Tributação da renda e do consumo no Brasil: uma abordagem macroeconômica. Valter Borges de Araújo Neto e Maria da C. S. de Sousa, 30 August 2002, 31p.
- 240 Vote splitting, reelection and electoral control: towards a unified model. Maurício S. Bugarin. 30 August 2002, 26p.
- 241 Shadow-prices in payment systems. Rodrigo Peñaloza, 6 September 2002, 31p.
- 242 Welfare implications of the Brazilian social security system. Roberto de G. Ellery Jr. and Mirta N. S. Bugarin, 13 September 2002, 28p.
- 243 Os agentes econômicos em processo de integração regional – Inferências para avaliar os efeitos da ALCA. Renato Baumann and Francisco Galvão Carneiro, 13 September 2002, 29p.
- 244 Leading by example: a simple evolutionary approach. André Rossi de Oliveira and João R. O. de Faria, 20 September 2002, 25p.
- 245 The role of institutions in sustainable development. Bernardo Mueller and Charles Mueller, 20 September 2002, 25p.
- 246 Incentivos em consórcios intermunicipais de saúde: uma abordagem de teoria dos contratos. Luciana Teixeira, Maria Cristina MacDowell and Mauricio Bugarin, 27 September 2002, 19p.
- 247 Liquidity constraints and the behavior of aggregate consumption over the Brazilian business cycle. Mirta Bugarin and Roberto de G. Ellery Jr, 27 September 2002, 19p.
- 248 Pricing water and sewage services in urban areas: Evidences of low level equilibrium in a developing economy. Ricardo Coelho de Faria, Jorge M. Nogueira and Bernardo Mueller, 4 October 2002.

- 249 Wrong incentives for growth in the transition from modern slavery to labor markets: Babylon before, Babylon after. Stephen de Castro, 4 October 2002, 23p.
- 250 Vintage capital, distortions and development. Samuel Pessoa and Rafael Rob, 11 October 2002, 40p.
- 251 Consórcios intermunicipais de saúde: uma análise à luz da teoria dos jogos. Luciana Teixeira, Maria Cristina MacDowell and Mauricio Bugarin, 11 October 2002, 30p.
- 252 Preços de escravos em Pernambuco no século XIX. Flávio R. Versiani and José Raimundo O. Vergolino, 18 October 2002, 20p.
- 253 A model of capital accumulation and rent seeking. Paulo Barelli and Samuel de Abreu Pessoa, 18 October 2002, 47p.
- 254 Anchors away: the cost and benefits of Brazil's devaluation. Edmund Amann and Werner Baer, 25 October 2002, 20p.
- 255 Um seguro agrícola "eficiente". Aécio S. Cunha, 25 October 2002, 57p.
- 256 Campaign contributions with swing voters. Manfred Dix and Rudy Santore, 1 November 2002, 15p.
- 257 Incentivos para os administradores de empresas estatais: O papel dos dividendos mínimos obrigatórios e o desenho ótimo de salários. André Luís G. Carcia and Maurício Bugarin, 1 November 2002, 28p.
- 258 Impostos e a História. Aécio S. Cunha, 8 November 2002, 12p.
- 259 Determinantes do endividamento dos estados brasileiros: Uma análise de dados de painel. Isabela Fonte Boa Rosa Silva e Maria da Conceição Sampaio de Sousa, 8 November 2002, 27p.
- 260 Technology adoption: On the nonequivalence of tariffs and quotas. Arilton Teixeira, 15 November 2002, 25p.
- 261 Constitutional regimes, growth and stagnation in the Brazilian economy: 1947-1999. Marco Antônio Campos Martins, 15 November 2002, 39p.
- 262 Price caps and electoral cycles. César Mattos, 22 November 2002, 16p.
- 263 Os pobres que levantem a mão (mas será que são mesmo pobres?) - Uma tentativa de validar o cadastro único. Carlos Alberto Ramos and Ricardo Santana, 29 November 2002, 100p.
- 264 Relative earnings of immigrants and natives under changes in the US wage structure, 1970-1990: A quantile regression approach. Maria Tannuri-Pianto, 29 November 2002, 40p.
- 265 Bidding strategies in the Brazilian Treasury auctions. Anderson Caputo Silva, 6 December 2002, 34p.
- 266 Crises cambiais e ataques especulativos no Brasil. Mauro Costa Miranda, 13 December 2002, 26p.
- 267 Poverty and environment degradation: the Kuznets environmental curve for the Brazilian case. Fabio G. e Barros, Augusto F. Mendonça and Jorge M. Nogueira, 20 December 2002, 27p.
- 268 On shadow-prices of banks in real-time gross settlement systems. Rodrigo Peñaloza, 20 December 2002, 31 p.
- 269 A characterization of renegotiation-proof contracts via random fixed points in Banach spaces. Rodrigo Peñaloza, 20 December 2002, 9 p.
- 270 Existence of time-invariant settlements in FEDWIRE-like payment systems. Rodrigo Peñaloza, 27 December 2002, 13p.
- 271 Principal-Agent problem with continuum of constraints: the infinite dimensional approach.

- Rodrigo Peñalosa, 27 December 2002, 43p.
- 272 Structural analysis of multiple-unit auctions: recovering bidders' valuations in auctions with dominant bidders. Anderson Caputo Silva, January 3, 2003, 18 p.
- 273 Financiamento público de campanhas eleitorais: efeitos sobre bem-estar social e representação partidária no Legislativo. Adriana C. Portugal and Maurício S. Bugarin, January 10, 2003, 25p.
- 274 Wicksell on technical change, real wages and employment. Mauro Boianovsky and Harald Hagemann, January 17, 2003, 28p.
- 275 Quão pobres são os pobres. Brasil: 1992-2001. Carlos Alberto Ramos and Ricardo Santana, January 24, 2003, 20p.
- 276 Dois anos da Lei de Responsabilidade Fiscal do Brasil: uma avaliação dos resultados à luz do modelo do fundo comum. Selene Peres Peres Nunes and Ricardo da Costa Nunes, January 31, 2003, 45p.
- 277 Políticas de geração de emprego e renda: Justificativas teóricas, contexto histórico e experiência brasileira. Carlos Alberto Ramos, February 7, 2003, 28p.
- 278 Long run implications of the Brazilian capital stock and income estimates. Victor Gomes, Mirta N. S. Bugarin and Roberto Ellery Jr., February 14, 2003, 25p.
- 279 Taxation on intergenerational bequest and redistribution of wealth in a class-setting. Mauro Baranzini, Sheila Oliveira Benjuino and Joaíllo Rodolpho Teixeira, February 21, 2003, 23p.
- 280 On portfolio management. Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak, February 28, 2003, 21p.
- 281 Decentralized portfolio management. Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak, March 7, 2003, 22p.
- 282 The IS-LM model and the liquidity trap concept: From Hicks to Krugman. Mauro Boianovsky, March 14, 2003, 43p.
- 283 À espera da reforma orçamentária: um mecanismo temporário para redução de gastos públicos. Carla G. Protásio, Maurício S. Bugarin and Mirta N. S. Bugarin, March 21, 2003, 31p.
- 284 A dívida pública interna e sua trajetória recente. Flávio Rabelo Versiani, March 28, 2003, 16p.
- 285 Investment and capital accumulation in Brazil from 1970 to 2000: a neoclassical view. Roberto Ellery Jr., Mirta N. S. Bugarin, Victor Gomes and Arilton Teixeira, April 4, 2003, 20p.
- 286 Setting the right expectations: a note on Carl Walsh's market discipline paper. Fábila Carvalho and Maurício Bugarin, April 11, 2003, 33p.
- 287 The fifth consumer's surplus: An extension of the concept of Marshallian surplus to preferences with non-null income effects. Cassia Helena Marchon and André Luís Rossi de Oliveira, April 18, 2003, 32p.
- 288 Volume, composição e sustentabilidade da dívida pública de liquidez brasileira no período 1994-2002. Fernando de Aquino Fonseca Neto and Joaíllo Rodolpho Teixeira, April 25, 2003, 25p.
- 289 A tarifa de acesso na indústria de telecomunicação quando a hipótese de monopólio natural é quebrada. Rafael de Melo Silveira and André Rossi de Oliveira, May 2, 2003, 20p.

Forthcoming working papers:  
(Subject to change)

- 290 Metas de déficit: transferências intergovernamentais e o controle do endividamento dos estados. Henrique A. Pires and Maurício Bugarin, May 9, 2003, 20p.