



# EXTERNALIDADES DE REDE E TARIFAS DE TELEFONIA MÓVEL: UMA SIMULAÇÃO PARA O CASO BRASILEIRO

*NETWORK EXTERNALITIES AND MOBILIE CHARGES: A SIMULATION FOR BRAZIL*

**Cláudio Ribeiro de Lucinda**

Professor da Escola de Economia de São Paulo e da Escola de Administração de Empresas de São Paulo.

Rua Itapeva, 474 – 13º andar – CEP 01332-000 – São Paulo – SP

E-mail: [claudiolucinda@fgvsp.br](mailto:claudiolucinda@fgvsp.br)

**Arthur Barrionuevo Filho**

Professor da Escola de Economia de São Paulo e da Escola de Administração de Empresas de São Paulo

Rua Itapeva, 474 – 13º andar – CEP 01332-000 – São Paulo – SP

E-mail: [abarrio@fgvsp.br](mailto:abarrio@fgvsp.br)

## Resumo

Neste artigo, analisaremos quais são as alternativas regulatórias para a estrutura tarifária para o setor de telefonia móvel no Brasil. Inicialmente realizaremos uma revisão da normatização legal para o tema, e a seguir uma revisão da literatura teórica sobre o tema, para finalmente simularmos quais seriam os preços de Ramsey e os preços resultantes de uma solução de conluio perfeito nas telecomunicações brasileiras. Podemos observar que os preços atualmente observados para a assinatura e para as chamadas fixo-móvel são inferiores aos verificados em uma simulação para uma situação de conluio e superiores aos verificados em uma solução de preços de Ramsey.

**Palavras-chave:** Telefonia móvel; regulação.

## Abstract

On this paper, we shall analyze the regulatory alternatives for tariff structure on mobile telecommunications. Initially we will endeavor to review the legal norms for the subject, followed by a theoretical review and finally we simulated the Ramsey prices and perfect collusion on Brazilian Telecommunications. We can see the prices currently recorded are below the ones consistent with the collusion and above the Ramsey prices.

**Keywords:** Mobile telecommunications; regulation.

# 1

## INTRODUÇÃO

Desde o processo de quebra do monopólio estatal das telecomunicações e a separação das redes de serviço em várias companhias controladas por diferentes agentes econômicos, a questão da estrutura tarifária em telecomunicações ganhou adicional importância, uma vez que o fornecimento dos serviços envolve diferentes redes de telecomunicações. No caso da telefonia móvel, este problema é especialmente agudo, uma vez que, com a introdução da telefonia celular pré-paga, a tarifa de interconexão é considerada – pelas operadoras de telefonia celular – como um elemento-chave para a viabilização do mesmo.

Com isto, o tema tornou-se extremamente controverso. No entanto, a discussão ainda carece de estudos quantitativos para embasar qualquer argumentação. O presente estudo busca fornecer um padrão de comparação das diferentes propostas sobre o tema. Para tanto, este texto está estruturado em quatro partes. Na primeira delas, iremos caracterizar a literatura teórica sobre o tema, para na segunda fazermos uma breve digressão sobre o marco regulatório brasileiro. Finalmente, na terceira parte, é realizada a análise comparativa. A quarta parte conclui.

# 2

## BREVE HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO SOBRE O TEMA

Para compreendermos a legislação sobre a estrutura tarifária, precisamos inicialmente entender como, historicamente, foi determinado este valor. Para as redes móveis da banda A, o valor das tarifas de interconexão nas redes móveis foi fixado pela Portaria nº 505/97 do Ministério das Comunicações, segundo Pires (1999), e é baseado no Custo de Uso do serviço – baseado nos sistemas de contabilidade interna das empresas. As tarifas de uso das redes móveis da banda B, por outro lado, foram determinadas de acordo com a proposta vencedora na licitação de cada uma das concessões. Estes valores, denominados TU-M, estavam vigentes até a mudança do marco regulatório levado a cabo pela transição do Serviço Móvel Celular para o Serviço Móvel Pessoal (SMP) – associado à mudança tecnológica implícita com o surgimento do *Personal Communications System*.

Com a instituição do SMP, o valor da remuneração do uso de redes móveis no Brasil deixou de ser objeto de regulamentação específica, com as operadoras envolvidas sendo obrigadas a compactuar os valores de remuneração por meio de negociação – daí a mudança terminológica de Tarifa de Uso de Rede Móvel para Valor de Uso de Rede Móvel, ou VU-M – na legislação concernente ao tema (Anexo à Resolução nº 319 da ANATEL). Somente foram mantidas algumas restrições.

A primeira destas restrições está relacionada à relação entre a tarifa de uso de público (denominada VC-1) e este valor de interconexão. Segundo a ANATEL (2002):

3.1.1 O VU-M de prestadora do SMP não pode inviabilizar a adoção do valor atualizado de VC-1 fixado nos Contratos de Concessão de prestadora de STFC.

3.2 O valor predominante de VC-1, considerando os descontos concedidos aos usuários, não poderá ser inferior à soma de VU-M da prestadora de SMP e da maior tarifa de uso da rede local (TU-RL) de prestadora de STFC da Área de Prestação do SMP, conforme regulamentação específica.

Podemos notar que este elemento está relacionado à estrutura tarifária no setor. A segunda restrição diz respeito ao papel dos valores de uso de rede móvel para operadoras em uma mesma área de prestação de serviço. Nestes casos, é adotado um sistema de *Bill & Keep*, em que não há cobrança de tarifas de interconexão – a menos que haja um desequilíbrio de tráfego. Ainda segundo a ANATEL (2002):

3.3.No relacionamento entre prestadoras de SMP, em uma mesma Área de Registro, não será devido VU-M, ficando as prestadoras com as suas respectivas receitas na realização das chamadas inter-redes.

3.3.1 Até 30 de junho de 2005, no relacionamento entre prestadoras de SMP, em uma mesma Área de Registro, somente será devido o VU-M quando o tráfego sainte, em dada direção, for superior a 55% (cinquenta e cinco por cento) do tráfego total cursado entre as prestadoras.

3.3.1.1 Na hipótese prevista no item 3.3.1, a prestadora onde é originado o maior tráfego deverá efetuar pagamento do VU-M apenas nas chamadas que excedam a 55% (cinquenta e cinco por cento) do tráfego total cursado entre as prestadoras.

No presente momento, portanto, este tema se encontra em uma encruzilhada. Conseqüentemente, ganha uma importância especial a avaliação de propostas alternativas para a fixação de tarifas. Com relação à estrutura tarifária no setor, as operadoras são obrigadas a apresentar todos os planos de serviço à agência regulatória, a ANATEL. Além disso, um dos planos – denominado Plano Básico – tem os seus preços monitorados diretamente pela agência regulatória. No entanto, este plano não é a escolha de grande parte dos usuários. A seguir, analisaremos os aspectos teóricos referentes ao tema da estrutura tarifária no setor de telefonia móvel.

### 3

## A ESTRUTURA TARIFÁRIA NO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL: ASPECTOS TEÓRICOS

Em primeiro lugar, é importante realizar uma revisão sobre quais são os elementos teóricos que justifiquem uma análise da estrutura tarifária por parte da autoridade regulatória. Em geral, a inclusão de alguma variável dentro do escopo de atuação regulatória do setor público – e, em especial, a tarifa de interconexão – deve atender a alguns requisitos de eficiência:

- **Eficiência Alocativa:** a justificativa utilizada para a regulação da estrutura tarifária na telefonia móvel na Inglaterra foi que as operadoras de telefonia móvel dispunham de poder de mercado sobre as chamadas terminadas em sua rede – podendo assim elevar os preços, criando ineficiências alocativas. No entanto, este ponto de vista está distante de ser unânime entre os reguladores. Em outros países, foram adotadas diferentes definições de mercado na telefonia móvel mais ampla – com isto, a necessidade de regulação das tarifas não se tornou tão premente. No entanto, a utilização dos conceitos tradicionais de determinação de poder de mercado – e, conseqüentemente, de determinação de potenciais perdas de bem-estar associadas ao mesmo – acaba por negligenciar alguns aspectos que são especialmente importantes no caso da telefonia. O primeiro deles é a chamada *externalidade de rede*: a adição de mais um usuário a uma rede de telefonia não gera benefícios (ou malefícios) somente para este usuário; todos os outros usuários já existentes também se beneficiam deste fato, benefício este que nem sempre pode ser capturado pelas partes envolvidas.

- Eficiência Dinâmica: no caso brasileiro, o principal argumento concernente à Eficiência Dinâmica diz respeito à capacidade de universalização dos serviços de telecomunicações. Quando consideramos o caso das externalidades de rede mencionadas acima, temos que as forças de mercado serão incapazes de atingir este objetivo<sup>1</sup>. Neste caso, conforme advogam Mitchell e Srinagesh (2003, p. 33) são muito claros:

“Estruturas de preços que encorajam empresas e indivíduos a se associar antes do que fariam caso os preços fossem baseados em custos (*cost-based prices*) são benéficas porque ajudam a internalizar a externalidade de rede, e porque reduzem os riscos inerentes ao investimento em infra-estrutura”.

Com relação à regulação propriamente dita da estrutura tarifária na telefonia móvel, a literatura é bastante ampla. Armstrong (2002) afirma que, para o caso de competição perfeita tanto no mercado de telefonia fixa quanto no de telefonia móvel, a melhor solução é o estabelecimento de tarifas de interconexão baseadas em custos. Por outro lado, no caso de competição no segmento de telefonia celular, e existem externalidades de rede, é ótimo estabelecer tarifas acima dos seus custos, e reduzir as tarifas do assinante abaixo dos custos para subsidiar os assinantes da telefonia móvel e aumentar o tamanho das redes móveis. No entanto, o modelo sofre de limitações, tais como a suposição de que os consumidores não derivam utilidade de chamadas recebidas.

Rohlfs (2002) monta um modelo computável que determina o montante ótimo do ponto de vista<sup>2</sup> de bem-estar o nível de quatro diferentes preços: (i) assinatura; (ii) preço por minuto de chamadas originadas na rede; (iii) preço por minuto de chamadas fixo-móvel e (iv) preço por minuto de chamadas originadas fora da rede móvel. A principal conclusão deste estudo é que a estrutura de preços para estes serviços gerava, em 2002, um prejuízo de cerca de 303 milhões de libras por trimestre. Finalmente, Wright (2002) desenvolve um modelo em que cada uma das empresas de telefonia celular oferece um produto diferenciado com relação às suas características. Segundo este modelo, o estabelecimento de uma tarifa de acesso à rede móvel acima do custo

1 É um resultado bastante conhecido na literatura econômica que, na existência de externalidades, uma situação em que ocorre a maximização do bem-estar social, não é alcançada por soluções de mercado sem a intervenção governamental – no mínimo, para internalizar esta externalidade.

2 Utilizando a Regra de Ramsey. Para mais informações sobre esta regra, recomenda-se Mitchell e Vogelsang (1997).

marginal de longo prazo faz com que seja viável a redução da tarifa de assinatura, aumentando assim o excedente do consumidor.

Vamos desenvolver com maior cuidado cada um dos modelos mencionados na literatura, em suas vertentes mais adequadas para o caso brasileiro.

### ■ 3.1 A tarifa de interconexão: o modelo de Armstrong (2002)

Este modelo parte das seguintes premissas:

- Os assinantes da rede móvel não recebem nenhuma utilidade derivada do recebimento de chamadas.
- Os assinantes da rede móvel não pagam por chamadas recebidas.
- Os assinantes da rede móvel não se preocupam com o bem-estar das pessoas que as chamam.

Vamos supor que exista competição imperfeita no segmento de telefonia móvel, e que as operadoras tenham as seguintes estruturas de custos: (1) Um custo fixo  $k$ , um custo marginal constante associado à originação de chamadas –  $c^o$  – e um outro custo fixo associado à terminação de chamadas em sua rede  $c^T$ . O custo por assinante que realiza  $q$  chamadas e recebe  $Q$  chamadas é, portanto, para a rede móvel igual ao seguinte:

$$CT = k + c^o Q + c^T q$$

A operadora fixa tem que pagar uma tarifa  $a^T$  para a operadora móvel por chamada fixo-móvel. Por outro lado, as operadoras móveis recebem uma tarifa igual a  $A^T$  por chamada originada na rede móvel e terminada na rede fixa. Além disso, elas cobram dos seus usuários por chamada fixo móvel um valor  $P(a^T)$ . Conseqüentemente, o assinante receberá uma quantidade  $Q(P)$  de chamadas. Suponha que uma operadora móvel ofereça aos seus assinantes uma assinatura igual a  $f$  e uma tarifa igual a  $p$  para chamadas originadas na rede. Logo, a quantidade realizada de chamadas será  $q(p)$ . Podemos então definir a função lucro por assinante para a operadora móvel:

$$\pi = (p - c^0 - A)q(p) + (f - k) + (a^T - c^T)Q(P(a^T)) \quad (1)$$

Podemos decompor este lucro por assinante em dois pedaços. O primeiro deles, que é o último termo na equação 1 acima, é o lucro por assinante com o recebimento de chamadas. Os outros dois termos no somatório são as receitas pelo serviço prestado ao assinante. Para fins de facilidade expositiva, vamos definir este lucro como sendo  $\pi^T$ . Agora precisamos definir o bem-estar dos consumidores. Vamos fazer a hipótese que  $p = c^0 + A$  – ou seja, que o preço da chamada móvel-fixo é igual ao custo, o que implica na seguinte desigualdade:  $k \leq \pi^T + f$ . Esta desigualdade nos diz que se  $a^T > c^T$  temos que  $\pi^T > 0$  e a empresa móvel subsidia a tarifa de assinatura dos seus assinantes. Ainda utilizando esta equação, podemos notar que o “custo efetivo” enfrentado pela operadora móvel é  $\hat{k} = k - \pi^T$ .

Em resposta a este valor de  $\hat{k}$ , as empresas cobram uma tarifa de assinatura  $f(\hat{k})$ <sup>3</sup>. A diferença entre  $f(\hat{k}) - \hat{k}$  é uma medida de poder de mercado das empresas de celular. Para podermos analisar se esta situação é ótima do ponto de vista social, temos que especificar a função utilidade dos consumidores. Vamos supor que esta utilidade é aditivamente separável em relação às chamadas que fazem e em relação à assinatura paga. Logo, a utilidade de um consumidor é a seguinte:

$$U = v(p) - f(\hat{k})$$

$$U = v(c^0 + A) - f(k - \pi^T)$$

Supondo que o número de usuários na rede móvel -  $N$  - é uma função crescente do nível de utilidade desfrutado pelos consumidores, temos então

3 Esta função  $f(\cdot)$  possui  $f'(\cdot) > 0$ . Ou seja, quanto maior a tarifa de interconexão, maior é o repasse deste aumento na tarifa aos assinantes na forma de menores assinaturas.

que  $N=N(U)$ . Logo podemos escrever a função lucro total da empresa de celular da seguinte forma:

$$\Pi = N(U) \left[ (p - c^0 - A)q(p) + (f - k) + (a^T - c^T)Q(P(a^T)) \right]$$

A partir desta função lucro podemos definir o lucro econômico – extranormal – para a companhia celular da seguinte forma:

$$\Pi = N(U) \left[ f(k - \pi^T) + \pi^T - k \right]$$

Temos então que derivar agora o bem-estar social, a partir destes elementos. Vamos supor que a utilidade para os usuários da telefonia fixa decorrente das chamadas para celulares seja  $N(U)V(P)$  – indicando a referida externalidade de rede. Supondo que o preço cobrado pelas operadoras fixas seja de concorrência, temos que  $P = a^T + C^0$ , em que  $C^0$  é o custo de originação da chamada na rede fixa. Logo, o bem-estar social seria:

$$W = N(U)V(a^T + C^0) + \Phi(U) \quad (2)$$

Em que  $\Phi(U)$  representa o excedente do consumidor e é igual à integral da função  $N(U)$ . Diferenciando a equação 2 com respeito a  $a^T$ , temos as seguintes condições de primeira ordem:

$$\frac{\partial W}{\partial a^T} = 0$$

$$N' \left( f' \left( Q(P) + (a^T - c^T)Q' \right) \right) V + NV' + \Phi' \left( f' \left( Q + (a^T - c^T)Q' \right) \right) = 0$$

$$f'(Q + (a^T - c^T)Q')(NV + N) = -NV'$$

$$Q + (a^T - c^T)Q' = \frac{-NV'}{f'(NV + N)}$$

$$(a^T - c^T)Q' = \frac{-NV'}{f'(NV + N)} - Q$$

Reorganizando a última destas equações, temos que:

$$(a^T - c^T)Q' = \frac{1}{Q'} \left[ \frac{-NV'}{f'(NV + N)} - Q \right] \quad (3)$$

Uma vez que  $Q' < 0$ , e  $V' < 0$ , temos que o termo do lado direito da equação 3 é, sem ambigüidade, positivo. Desta forma, o bem-estar social é maximizado com uma tarifa de interconexão  $a^T > c^T$  – ou seja, acima do custo.

Passemos agora ao desenvolvimento de outro modelo utilizado para a análise deste problema, desenvolvido por Rohlfs (2002).

### 3.2 A estrutura tarifária: Modelo de Rohlfs

Rohlfs (2002) parte de um modelo em que são oferecidos quatro serviços diferentes no mercado:

- Assinaturas do Serviço Móvel.
- Minutos de Chamadas Móvel-Móvel dentro da rede da operadora.
- Minutos de Chamadas Fixo-Móvel.
- Minutos de Chamadas Móvel-Móvel fora da rede da operadora.

As funções são da seguinte forma:

$$p_1 = \alpha_0 + \alpha_1 q_1 + \alpha_2 q_2 + \alpha_3 q_3 + \alpha_4 q_4$$

$$p_2 = \beta_0 + \beta_1 q_1 + \beta_2 q_2 + \beta_3 q_3 + \beta_4 q_4$$

$$p_3 = \gamma_0 + \gamma_1 q_1 + \gamma_2 q_2 + \gamma_3 q_3 + \gamma_4 q_4$$

$$p_4 = \phi_0 + \phi_1 q_1 + \phi_2 q_2 + \phi_3 q_3 + \phi_4 q_4$$

Em que os índices se referem aos quatro serviços acima mencionados, os preços são denotados por  $p$  e as quantidades são denotadas por  $q$ . A partir daí, são modelados os efeitos das externalidades de rede – decorrentes da adição de mais um assinante à rede, e externalidades associadas com cada um dos tipos de chamada<sup>4</sup>. A partir destas demandas lineares, são calculados os excedentes econômico e do consumidor.

As operadoras possuem um lucro agregado igual a:

$$\pi = (p_1 - c_1)q_1 + (p_2 - c_2)q_2 + (p_3 - c_3)q_3 + (p_4 - c_4)q_4 - F$$

Em que  $c_i$ ,  $i=1, 2, 3, 4$  denotam os custos incrementais de cada um dos serviços e  $F$  denota um custo fixo. Rohlfs (2002) supõe que os preços não serão escolhidos de forma a maximizar os lucros, mas a partir de uma média ponderada dos lucros e uma variante do excedente dos consumidores. A razão disto é que Rohlfs (2002) supõe que as operadoras consigam se apropriar de parte das externalidades de rede por intermédio dos seus preços.

### ■ 3.3 Preços com demandas inter-relacionadas

A Oftel (2001), em seu relatório de avaliação das tarifas de interconexão na rede móvel, decidiu-se por utilizar o conceito desenvolvido no texto de

<sup>4</sup> Note que este modelo avança no sentido de que as chamadas também são uma fonte de externalidades – além dos assinantes.

Rohlf's (1974) e Griffin (1982) e definir um fator que é a razão entre o benefício social marginal e os benefícios marginais privados – denominado fator Rohlfs-Griffin. Vamos proceder à determinação do mesmo. Começemos supondo que as demandas para três serviços – denominados assinatura, chamadas fixo-móvel e interconexão, tenham demandas inter-relacionadas, da seguinte forma:

$$q_1 = \Phi(p_1, p_2, p_3)$$

$$q_2 = \Psi(p_1, p_2, p_3)$$

$$q_3 = \Theta(p_1, p_2, p_3)$$

Os preços de Ramsey são determinados a partir da seguinte regra. São os preços que maximizam o excedente do consumidor somado ao lucro da empresa, sujeito a uma restrição de um determinado lucro por parte da empresa, ou seja:

$$\max_{p_1, p_2, p_3} EE = \left[ \sum_{t=1}^3 p_t q_t - CT \left( \sum_{t=1}^3 q_t \right) \right] + V(p_1, p_2, p_3)$$

$$s.t \quad \sum_{t=1}^3 p_t q_t - CT \left( \sum_{t=1}^3 q_t \right) = B$$

Isto nos dá o seguinte lagrangiano:

$$L = \left[ \sum_{t=1}^3 p_t q_t - CT \left( \sum_{t=1}^3 q_t \right) \right] + V(p_1, p_2, p_3) + \lambda \left[ \sum_{t=1}^3 p_t q_t - CT \left( \sum_{t=1}^3 q_t \right) - B \right]$$

As condições de primeira ordem são:

$$\frac{\partial L}{\partial p_1} = q_1 + \sum_{i=1}^3 p_i \frac{\partial q_1}{\partial p_1} - \sum_{i=1}^3 \frac{\partial CT}{\partial q_i} \left( \frac{\partial q_1}{\partial p_1} \right) - q_1$$

$$+ \lambda \left[ q_1 + \sum_{i=1}^3 p_i \frac{\partial q_1}{\partial p_1} - \sum_{i=1}^3 \frac{\partial CT}{\partial q_i} \left( \frac{\partial q_1}{\partial p_1} \right) \right] = 0$$

Reorganizando a equação acima, temos:

$$-\lambda q_1 = (1 + \lambda) \sum_{i=1}^3 \left[ \left( p_i - \frac{\partial CT}{\partial q_i} \right) \frac{\partial q_1}{\partial p_1} \right]$$

$$\sum_{i=1}^3 \left[ \left( p_i - \frac{\partial CT}{\partial q_i} \right) \frac{\partial q_1}{\partial p_1} \right] = -\frac{\lambda}{(1 + \lambda)} q_1$$
(4)

Podemos derivar condições análogas para cada um dos serviços. Para enfatizar a similaridade com a regra de Ramsey tradicional, podemos seguir a intuição de Rohlfs (1974) e definir uma “superelasticidade”:

$$\Gamma_1 = \sum_{i=1}^3 \frac{p_i q_i}{p_1 q_1} \left[ \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \frac{p_1}{q_i} \right]$$

Vamos realizar a derivação. Inicialmente vamos dividir os dois lados por  $q_1$ :

$$\sum_{i=1}^3 \left[ \left( \frac{p_i}{q_1} - \frac{\partial CT}{\partial q_i} \frac{1}{q_1} \right) \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \right] = -\frac{\lambda}{1 + \lambda}$$

Multiplicando e dividindo dentro dos colchetes por  $p_1 q_i$  temos:

$$\sum_{i=1}^3 \left[ \left( \frac{p_i p_1}{p_1 q_1} - \frac{\partial CT}{\partial q_i} \frac{p_1}{p_1 q_1} \right) \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \frac{q_i}{q_i} \right] = -\frac{\lambda}{1+\lambda}$$

Podemos reorganizar esta expressão chegando à seguinte:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{p_i q_i}{p_1 q_1} \left[ \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \frac{p_1}{q_i} \right] - \sum_{i=1}^3 \frac{\partial CT}{\partial q_i} \frac{1}{p_1 q_1} \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \frac{q_i}{q_i} = -\frac{\lambda}{1+\lambda}$$

Reorganizando mais uma vez e utilizando a definição de “superelasticidade”:

$$\Gamma_1 - \sum_{i=1}^3 \left( \frac{\partial CT}{\partial q_i} \frac{p_1}{p_1 q_1} \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \frac{q_i}{q_i} \right) = -\frac{\lambda}{1+\lambda}$$

Agora é somente multiplicar e dividir dentro dos parênteses por  $p_i$ :

$$\Gamma_1 - \sum_{i=1}^3 \left( \frac{\partial CT}{\partial q_i} \frac{p_1}{p_1 q_1} \frac{\partial q_i}{\partial p_1} \frac{q_i}{q_i} \frac{p_i}{p_i} \right) = -\frac{\lambda}{1+\lambda}$$

$$\Gamma_1 - \Gamma_1 \sum_{i=1}^3 \left( \frac{\partial CT}{\partial q_i} \frac{1}{p_1} \right) = -\frac{\lambda}{1+\lambda}$$

Podemos lembrar do Teorema do Envelope, que nos diz que, em volta do ótimo os efeitos de segunda ordem são muito pequenos. Logo, o somatório antes dos parênteses se reduz a somente um termo,  $[\partial CT)/(\partial q_1)]$ , o que nos dá:

$$1 - \frac{\frac{\partial CT}{\partial q_1}}{p_1} = \left( -\frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \frac{1}{\Gamma_1} \quad (5)$$
$$\frac{p_1 - \frac{\partial CT}{\partial q_1}}{p_1} = \left( -\frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \frac{1}{\Gamma_1}$$

Condições similares podem ser derivadas para os outros preços. Caso suponhamos a existência de externalidades de rede, por exemplo no serviço 1 (Acesso), a solução proposta por Griffin (1982) é de definir um fator de externalidade — também conhecido como fator “Rohlf’s-Griffin” — denotado  $ex$  — que é a razão entre o benefício marginal social e o benefício marginal privado. Substituindo o Benefício Marginal Social na função objetivo e mantendo o Benefício Marginal Privado na restrição, após uma longa derivação matemática, temos a seguinte relação:

$$\left( \frac{p_3 - \frac{\partial C}{\partial q_3}}{p_3} \right) = \frac{\Gamma_1 ex}{\Gamma_3 [(1-ex)\Gamma_1 + 1]} \left( \frac{p_1 - \frac{\partial C}{\partial q_1}}{p_1} \right) \quad (6)$$

Tendo colocado todos estes modelos, passaremos agora à aplicação prática dos mesmos para o caso brasileiro.

## 4

### APLICAÇÃO DOS MODELOS PARA O CASO BRASILEIRO

Nesta seção desenvolveremos um modelo de simulação para derivar algumas conclusões sobre a estrutura de preços dos serviços de telecomunicações

no Brasil, derivado do modelo de Rohlfs (2002). Para tanto, serão necessários dados sobre (i) tráfego entre redes no país e (ii) elasticidades-preço da demanda pelos diferentes serviços. Com relação aos dados de tráfego entre redes no Brasil, temos os seguintes dados:

**Tabela 1**

**Dados de tráfego entre redes – Brasil**

Tipo de tráfego	2002	2003
Pulsos locais STFC para STFC	202	198
Ligações móveis para STFC da área de registro	08	09
Ligações móveis para móveis	06	06
Ligações móveis para STFC longa distância	02	03
STFC longa distância para móvel	07	08
STFC longa distância para fixa	33	41
STFC da área de registro para móvel	16	20
Total	274	285

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (2003), a partir de dados ANATEL.

Com relação às elasticidades-preço da demanda por serviços de telefonia móvel, foi realizada uma pesquisa de campo em três capitais brasileiras: Curitiba, na região Sul, São Paulo, na região Sudeste e Recife, na região Nordeste. Foram obtidos os seguintes valores para as elasticidades-preço<sup>5</sup>:

5 Tais elasticidades-preço são relativas à intenção de compra do serviço.

**Tabela 2**

**Valores para a elasticidade-preço da demanda**

Medida de sensibilidade a preço	Segmento 1 – Não usuários de telefonia móvel das classes C e D			
	Classe C		Classe D	
Elasticidade média da preferência relativa de compra de telefonia móvel em função do atributo "E - preço da ligação local de Celular"	-0,48808		-0,45850	
	Segmento 2 - Usuários de telefonia móvel das classes C e D			
	Classe C		Classe D	
Elasticidade média da preferência relativa de telefonia móvel em função do atributo "H - preço da ligação de telefone celular para telefone celular"	-0,79171		-0,69875	
Elasticidade média da preferência relativa de telefonia móvel em função do atributo "I - preço da ligação de telefone celular para telefone fixo"	-0,71961		-0,64052	
	Segmento 3 - Usuários de telefonia fixa das classes A, B, C e D			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Elasticidade média da preferência relativa de telefonia fixa em função do atributo "L - preço da ligação de telefone fixo para telefone celular no horário comercial"	-0,42624	-0,55377	-0,48442	-0,5249
Elasticidade média da preferência relativa de telefonia fixa em função do atributo "M - preço da ligação de telefone fixo para telefone celular fora do horário comercial"	-0,42269	-0,49666	-0,3592	-0,4557

Fonte: Fundação Getulio Vargas (2003).

Vamos passar à modelagem propriamente dita. O Modelo começa a partir das seguintes funções demanda pelos diferentes serviços:

$$q_1 = q_{1i} \left[ \left( \frac{p_1}{p_{1i}} \right)^{\alpha_1} + \alpha_2 \left( \frac{p_2}{p_{2i}} - 1 \right) + \alpha_3 \left( \frac{p_3}{p_{3i}} - 1 \right) + \alpha_4 \left( \frac{p_4}{p_{4i}} - 1 \right) \right]$$

$$q_2 = q_{2i} \left[ \left( \frac{p_2}{p_{2i}} \right)^{\beta_1} + \beta_2 \left( \frac{p_1}{p_{1i}} - 1 \right) + \beta_3 \left( \frac{p_3}{p_{3i}} - 1 \right) + \beta_4 \left( \frac{p_4}{p_{4i}} - 1 \right) \right]$$

$$q_3 = q_{3i} \left[ \left( \frac{p_3}{p_{3i}} \right)^{\gamma_3} + \gamma_2 \left( \frac{p_2}{p_{2i}} - 1 \right) + \gamma_3 \left( \frac{p_1}{p_{1i}} - 1 \right) + \gamma_4 \left( \frac{p_4}{p_{4i}} - 1 \right) \right]$$

$$q_4 = q_{4i} \left[ \left( \frac{p_4}{p_{4i}} \right)^{\phi_4} + \phi_2 \left( \frac{p_2}{p_{2i}} - 1 \right) + \phi_3 \left( \frac{p_1}{p_{1i}} - 1 \right) + \phi_4 \left( \frac{p_3}{p_{3i}} - 1 \right) \right]$$

Em que:

$q_1$ - Número de Assinantes Móveis

$q_2$ - Número de Chamadas Fixo-Móvel

$q_3$ - Número de Chamadas Móvel-Fixo

$q_4$ - Número de Chamadas Móvel-Móvel

Os valores de  $q_{1i}$ ,  $q_{2i}$ ,  $q_{3i}$ ,  $q_{4i}$  são as quantidades iniciais – fornecidas pelos dados. Os valores  $p_{1i}$ ,  $p_{2i}$ ,  $p_{3i}$ ,  $p_{4i}$  são os valores iniciais dos preços e os valores de  $p$  sem o subscrito  $i$  são os valores finais obtidos a partir da simulação. Todas as variáveis  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\phi$  são constantes, representando as elasticidades-preço e elasticidades cruzadas entre os diferentes serviços. Estas equações são calculadas de forma a gerarem elasticidades diretas constantes e elasticidades cruzadas lineares, a partir da seguinte matriz de derivadas parciais:

$$D = \begin{bmatrix} \alpha_1 \frac{q_{1i}}{p_{1i}} & \alpha_2 \frac{q_{1i}}{p_{2i}} & \alpha_3 \frac{q_{1i}}{p_{3i}} & \alpha_4 \frac{q_{1i}}{p_{4i}} \\ \beta_1 \frac{q_{2i}}{p_{1i}} & \beta_2 \frac{q_{2i}}{p_{2i}} & \beta_3 \frac{q_{2i}}{p_{3i}} & \beta_4 \frac{q_{2i}}{p_{4i}} \\ \gamma_1 \frac{q_{3i}}{p_{1i}} & \gamma_2 \frac{q_{3i}}{p_{2i}} & \gamma_3 \frac{q_{3i}}{p_{3i}} & \gamma_4 \frac{q_{3i}}{p_{4i}} \\ \phi_1 \frac{q_{4i}}{p_{1i}} & \phi_2 \frac{q_{4i}}{p_{2i}} & \phi_3 \frac{q_{4i}}{p_{3i}} & \phi_4 \frac{q_{4i}}{p_{4i}} \end{bmatrix}$$

Os elementos da diagonal principal da matriz  $D$  são as elasticidades obtidas a partir da pesquisa de campo. Todos os parâmetros utilizados e as especificações do modelo estarão expostas no apêndice. Com estas elasticidades-preço e supondo uma razão entre as despesas do usuário médio e do usuário marginal da ordem de [1/3], podemos derivar formas lineares para cada um dos elementos fora da diagonal da matriz  $D$ , devido à forma suposta para as funções demanda.

A seguir, o modelo calcula os valores para o lucro agregado do setor e o excedente econômico – para os valores de  $p$ ,  $q$  e elasticidades observadas. O Lucro Agregado é obtido a partir da seguinte função:

$$\Pi_i = (p_{1i} - CMg_1)q_{1i} + (p_{2i} - CMg_2)q_{2i} + (p_{3i} - CMg_3)q_{3i} + (p_{4i} - CMg_4)q_{4i} - F \quad (7)$$

Enquanto o Excedente Econômico é calculado da seguinte forma:

$$EE_i = (s_1 - (CMg_1 - (1-n)(en-1)p_{1i})q_{1i} + (s_2 - (CMg_2 - p_{2i})q_{2i} + (s_3 - (CMg_3 - p_{3i})q_{3i}) + (s_4 - (CMg_4 - p_{4i})q_{4i}) \quad (8)$$

Nesta equação 8, temos que:

$s_1$ - Excedente do Consumidor Derivado da Assinatura – pode ser expresso como

$$\int_0^{q_4} p_4(x_1, 0, 0, 0) dx_1.$$

$s_2$ - Excedente do Consumidor Derivado das Chamadas Fixo-Móvel – pode ser expresso como

$$\int_0^{q_2} p_2(q_1, x_2, 0, 0) dx_2 \text{ }^6.$$

$s_3$  - Excedente do Consumidor Derivado das Chamadas Móvel-Fixo – Pode ser expresso como

$$\int_0^{q_4} p_4(q_1, q_2, x_3, 0) dx_3.$$

$s_4$  - Excedente do Consumidor Derivado das Chamadas Móvel-Móvel – Pode ser expresso como

$$\int_0^{q_4} p_4(q_1, q_2, q_3, x_4) dx_4.$$

6 É importante notar que, na presença de externalidades de rede, a matriz de elasticidades cruzadas – no caso a matriz  $D$  – não é simétrica. Neste caso, o excedente do consumidor na presença de demandas inter-relacionadas não apenas depende da área pela qual se calcula a integral relevante, mas também o caminho pelo qual esta integral é calculada. No caso em questão os elementos  $s$  representam justamente este caminho de integração.

$en$  - Fator Líquido de Externalidade – Pode ser entendido como um análogo ao Fator Rohlfs-Griffin mostrado anteriormente, com a diferença que parte desta externalidade pode ser apropriada pela operadora de telefonia móvel e da parte associada com as inter-relações entre as demandas pelos diferentes serviços:

$$en = ex - \left[ \frac{\frac{d(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)}{dq_1}}{p_1} - 1 \right] / (1 - n)$$

– sendo  $n$  a parcela diretamente apropriável pela operadora móvel.

Depois destes cálculos, que servem de padrão de comparação para os resultados a seguir, foi realizada a simulação dos preços para os diferentes serviços de telecomunicações, em dois diferentes cenários:

1. Supondo que as empresas buscassem maximizar o seu lucro conjunto.
2. Supondo uma solução de Preços de Ramsey para os diferentes preços.

Do ponto de vista regulatório, estes cenários são especialmente importantes à medida que fornecem métricas de avaliação dos valores efetivamente verificados, bem como uma margem de comparação em termos de bem-estar social para os diferentes resultados. Vamos discutir brevemente cada uma das soluções a seguir.

### Maximização dos lucros conjuntos

Neste caso, as empresas buscam maximizar a seguinte função lucro:

$$\Pi^* = (p_1 - CMg_1)q_1 + (p_2 - CMg_2)q_2 + (p_3 - CMg_3)q_3 + (p_4 - CMg_4)q_4 - F$$

A solução decorreria das seguintes Condições de Primeira Ordem:

$$\frac{\partial \Pi^*}{\partial q_i} = 0, i = 1, 2, \dots, 5$$

Com estes preços, serão determinados os preços a partir das funções demanda acima e é calculado o excedente do consumidor, incluindo a externalidade de rede.

### Solução de Ramsey

A solução de Ramsey é obtida a partir da maximização do excedente econômico:

$$EE_i = (s_1 - (CMg_1 - (1-n)(en-1)p_1)q_1) + (s_2 - (CMg_2 - p_2)q_2) + \\ + (s_3 - (CMg_3 - p_3)q_3) + (s_4 - (CMg_4 - p_4)q_4)$$

Em que  $(en-1)$  é o fator de externalidade de rede para a telefonia móvel e os  $s_i$  denotam os componentes do excedente do consumidor ao longo dos valores das quantidades existentes. Esta maximização é sujeita a uma restrição de lucro nulo para a empresa,  $\pi = 0$ .

As soluções para as diferentes simulações estão expostas a seguir:

**Tabela 3**  
Resultados das simulações  
Simulações-2002

	Caso básico	Solução de conluio	Preços de Ramsey
$p_1$	120	172,51	115,01
$p_2$	0,47	0,84	0,34

	Caso básico	Solução de conluio	Preços de Ramsey
$p_3$	0,47	0,44	0,55
$p_4$	0,57	0,59	0,33
$q_1$	46,373	24,24	57,13
$q_2$	20.000	12.358	23.131
$q_3$	6.000	5.240	5.835
$q_4$	9.000	7.428	11.883
Lucro Agregado	100	191,17	0
Excedente Econômico	100	77,165	103,72

OBS.: Tanto o lucro agregado quanto o excedente econômico foram normalizados para 100 no caso básico.

A tabela indica que caso tenhamos um comportamento de maximização de lucros agregados, acabamos por obter preços acima dos observados atualmente para a assinatura e para as chamadas fixo-móvel e móvel-fixo, bem como preços menores para as chamadas móvel-móvel. Para os preços obtidos a partir da solução de Ramsey, temos que os preços da assinatura seriam menores do que os observados, bem como os preços das chamadas fixo-móvel. No caso das chamadas móvel-móvel, teremos que os preços seriam pouco maiores e os preços móvel-fixo seriam bastante menores. Em termos de bem-estar, podemos tirar uma terceira importante conclusão: uma estrutura de preços de Ramsey tenderia a gerar um bem-estar econômico maior do que a estrutura atualmente vigente, quando medida pelo excedente econômico.

O passo seguinte foi adaptar a solução de tal sorte que as operadoras sejam capazes de internalizar parte dos benefícios decorrentes das externalidades de rede aos usuários. Os resultados estão expostos na tabela a seguir:

Podemos notar que, caso suponhamos que as empresas sejam capazes de capturar parte do bem-estar que ocorre aos seus usuários, temos que os preços das chamadas fixo-móvel seriam elevados à medida que estes preços aumentam, enquanto os outros preços serão reduzidos. Adicionalmente podemos observar que o excedente econômico – medida de bem-estar – também se manterá acima da situação atualmente vigente, ainda que a diferença seja cada vez menor à medida que às operadoras é permitido um maior grau de internalização das externalidades de rede.

**Tabela 4:**

**Internalização da externalidade de rede – Simulações dos preços de Ramsey**

	% de Internalização da Externalidade de Rede			
	0%	20%	40%	60%
$p_1$	115,01	117,83	121,22	125,86
$p_2$	0,34	0,33	0,32	0,31
$p_3$	0,55	0,56	0,57	0,30
$p_4$	0,33	0,33	0,33	0,33
$q_1$	57,13	56,47	55,77	55,03
$q_2$	23.131	23.167	23.204	23.240
$q_3$	5.835	5.672	5.509	5.346
$q_4$	11.883	11.838	11.794	11.750
Excedente Econômico	103,72	103,27	102,85	102,47

OBS.: Normalização do excedente similar à da tabela anterior.

## 5

### CONCLUSÕES

Neste artigo, realizamos algumas simulações com o objetivo de investigar a estrutura tarifária em Telefonia Móvel no Brasil. Para tanto, inicialmente fizemos uma breve revisão da literatura teórica sobre o tema, bem como do marco regulatório existente no Brasil para o setor.

Com base nestes pontos, buscamos desenvolver um modelo de simulação para investigar qual seria o comportamento dos preços dos serviços de telecomunicações sob duas diferentes premissas: a de maximização dos lucros conjuntos e da implementação de um conjunto de preços de Ramsey.

Pudemos concluir os seguintes pontos:

A solução de conluio tende a gerar preços mais elevados para a assinatura e para as chamadas fixo-móvel, reduzindo significativamente o número de

usuários conectados à rede, bem como o excedente econômico.

A solução de Ramsey gera preços que são superiores aos observados na prática em termos de bem-estar. Em termos de estrutura de preços, esta solução levaria a preços que são inferiores aos observados para as chamadas fixo-móvel e para as chamadas móvel-fixo. A assinatura se manteria aproximadamente constante e a chamada móvel-móvel acabaria por se elevar.

À medida que se permite à operadora de telefonia móvel internalizar parte da externalidade de rede, o ganho em termos de maior excedente econômico é cada vez menor.

## Referências

- ANATEL. Anexo à Resolução nº 319, de 27 de setembro de 2002. Brasília: ANATEL, 2002.
- ARMSTRONG, M. *Call Termination on Mobile Networks*. 2002. Disponível em: <[http://www.ofcom.org.uk/static/archive/oftel/publications/mobile/ctm\\_2002/armstrong110402.pdf](http://www.ofcom.org.uk/static/archive/oftel/publications/mobile/ctm_2002/armstrong110402.pdf)>.
- FURTADO, C.; BARRIONUEVO, A. (Coord.). *A indústria de telefonia móvel no Brasil e o seu papel na universalização das telecomunicações*. São Paulo: FGV, s.c.p. 2003.
- GRIFFIN, J. The welfare implications of externalities and price elasticities for telecommunications pricing. *The Review of Economics and Statistics*, v. 64 Issue 1, 1982.
- MITCHELL, B. G.; SRINAGESH. Economic analysis of fixed-to-mobile termination charges. *Charles River Associates Report*. CRA Nº 4021, 2003.
- MITCHELL, B. G.; VOGELSANG. *Telecommunications pricing: theory and practice*. Cambridge University Press, 1997.
- OFTTEL. *Review of the charge control on calls on mobiles*. UK: Ofiel, 26 set. 2001.
- PIRES, J. C. L. Políticas regulatórias no setor de telecomunicações: a experiência internacional e o caso brasileiro. *Textos para Discussão* 71, 1999.
- ROHLFS, J. Annex A: network externalities and their internalization with respect to the UK Mobile Market Network. OFTEL, 19 April 2002.
- \_\_\_\_\_. A theory of interdependent demand for telecommunications services. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, p. 16-37, Spring 1974.
- WRIGHT, J. *Competition and termination in cellular networks*. Mimeo, 2002.

## Apêndice A

### Parâmetros utilizados na simulação

Descrição	Valor
Elasticidade – preço da demanda por assinatura	-0,4
Elasticidade – preço da demanda por chamadas fixo-móvel	-0,42
Elasticidade – preço da demanda por chamadas móvel-móvel	-0,79
Elasticidade – preço da demanda por chamadas móvel-fixo	-0,71
Elasticidade cruzada assinatura X fixo-móvel	0
Elasticidade cruzada assinatura X móvel-móvel	-0,4
Elasticidade cruzada assinatura X móvel-fixo	-0,4
ex	1,5
Custo incremental de longo prazo – assinatura	100
Custo incremental de longo prazo – chamada fixo-móvel	0,33
Custo incremental de longo prazo – chamada móvel-móvel	0,56
Custo incremental de longo prazo – chamada móvel-fixo	0,33