

# ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO

## EXTERNALIDADES

Victor Rodrigues de Oliveira

2023

## 1 INTRODUÇÃO

- Definição
- Origem
- Arranjos Institucionais
- Tipos
- Soluções

## 2 EXTERNALIDADES DE CONSUMO

## 3 EXTERNALIDADES NA PRODUÇÃO

## 4 RECURSO DE USO COMUM

## 5 SOLUÇÕES

- Imposto Pigouviano
- Negociação Voluntária em Coase e Direitos de Propriedade

## 6 EXTERNALIDADES E CRESCIMENTO ECONÔMICO

## 7 EVIDÊNCIAS

# INTRODUÇÃO

- Uma externalidade surge sempre que a utilidade ou possibilidade de produção de um agente depende diretamente das ações de outro agente (firma ou indivíduo).
- Significa que o efeito não é transmitido através dos preços (ou seja, através de um mecanismo de mercado).

*“A essência da questão é que uma pessoa A, no curso da prestação de algum serviço, pelo qual o pagamento é feito, a uma segunda pessoa B, incidentalmente também presta serviços ou desserviços a outras pessoas (não produtores de serviços semelhantes), de de tal forma que o pagamento não possa ser extraído das partes beneficiadas ou a indenização executada em nome das partes lesadas” (Pigou, p. 159)<sup>1</sup>*

- Daí as definições posteriores de Meade, Arrow, Heller-Starett: “externalidades como quase sinônimo de inexistência de mercados”.

---

<sup>1</sup>In “The Economics of Welfare”.

## FIGURA 1: Externalidades Negativas



(a) Poluição das Águas



(b) Poluição Sonora



(c) Fumo



(d) Poluição Atmosférica

FIGURA 2: Externalidades Positivas



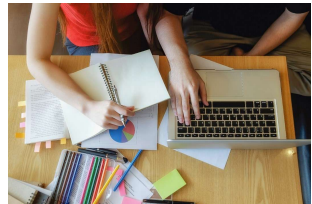
(a) Polinização



(b) Casa Bonita



(c) Vacinação



(d) Estudo

# EVOLUÇÃO HISTÓRICA

- Discutido o conceito pela primeira vez em Marshall.
- Marshall estava preocupado com os benefícios sociais da infraestrutura e como a localização de uma empresa pode se beneficiar da de outra (por exemplo, uma constrói uma estrada e uma segunda vem e a usa sem pagar nada).
- Em seu livro “*The Economics of Welfare*” Pigou desenvolveu o conceito de Alfred Marshall de externalidades, custos impostos ou benefícios conferidos a outros que não são levados em consideração pela pessoa que realiza a ação. Ele argumentou que **a existência de externalidades é justificativa suficiente para a intervenção do governo.**

# EVOLUÇÃO HISTÓRICA

- Pigou: chamou de “divergência entre o produto marginal social e o produto marginal privado”, “serviços não compensados” e “desserviços incidentais não cobrados”<sup>2</sup>.
- A análise de Pigou foi aceita até 1960, quando Ronald **Coase mostrou que impostos e subsídios não são necessários se as pessoas afetadas pela externalidade e as pessoas que a criam puderem facilmente se reunir e negociar.**
- Somando-se ao ceticismo sobre as conclusões de Pigou está a nova visão, introduzida por economistas da escolha pública, de que os governos falham assim como os mercados.
- No entanto, a maioria dos economistas ainda defende os impostos Pigouvianos como uma maneira muito mais eficiente de lidar com a poluição do que os padrões impostos pelo governo.

---

<sup>2</sup>Nas quatro primeiras edições de seu livro.

# ARRANJOS INSTITUCIONAIS

- A definição de externalidades pecuniárias versus não-pecuniárias não é uma definição tecnológica exógena.
- A presença de externalidades depende dos detalhes do arranjo como definição de mercadorias e direitos de propriedade.
- Exemplo: uma firma polui o rio e a outra firma é uma fazenda de peixes naquele rio que sofre poluição da primeira firma.
- Se as duas firmas se fundem ou se uma é dona do rio e pode cobrar a outra pela poluição, então o efeito é internalizado e não há mais uma externalidade.
- Bens públicos são bens que têm externalidades produtivas em larga escala.
- Ver texto “Externalidades, economia da prevenção e pandemias” do professor Giacomo Balbinotto Neto (UFRGS/IATS).



# ARRANJOS INSTITUCIONAIS

- A velha escola de Chicago (Coase) afirma que é possível converter todas as externalidades em externalidades pecuniárias com mercados apropriados.
- Aqui há uma conexão com desenho de mecanismo. Até o momento estivemos tomando o arranjo institucional onde ocorrem as transações como um dado: o mercado.
- A teoria de desenho de mecanismos define instituição como jogos não cooperativos e compara essas instituições em termos dos resultados do equilíbrio desses jogos, permitindo ao cientista social analisar performance de cada arranjo institucional relativamente ao ótimo teórico (Hurwicz, 1960).

# DESENHO DE MECANISMO

- Problema da divisão do bolo<sup>3</sup>.
- Suponha que você queira dividir um bolo de chocolate entre seus dois filhos. Cada um quer a maior parcela possível, e você quer evitar que as crianças se desentendam, além de desejar induzir uma divisão equitativa do bolo. O que fazer?
- Que tal o seguinte mecanismo: um dos filhos corta o bolo em dois pedaços, e o outro, em seguida, escolhe que pedaço ele quer?
- Dessa forma, o primeiro filho será incentivado a cortar o bolo exatamente pela metade, pois, caso contrário, ficará necessariamente com o menor pedaço.
- Em sua formulação abstrata, um mecanismo consiste de uma regra de comunicação entre dois indivíduos.

---

<sup>3</sup>Ver <https://impa.br/noticias/como-dividir-um-bolo-de-forma-justa/>.

- “As descobertas de Romer e Nordhaus sobre as possibilidades e restrições sobre o bem-estar futuro de longo prazo, cada uma destaca uma falha de mercado específica. Ambos os laureados, portanto, apontam para externalidades fundamentais que – na ausência de uma intervenção governamental bem projetada – levarão a resultados abaixo do ideal. No trabalho de Romer, essas externalidades são predominantemente positivas por meio de transbordamentos de conhecimento. Novas ideias podem ser usadas por outros para produzir novos bens e outras ideias. No trabalho de Nordhaus, elas são predominantemente negativas por meio de emissões de gases de efeito estufa que alteram negativamente o clima. Em ambos os casos, **as externalidades não são devidamente consideradas pelo inovador ou poluidor individual, ausentes intervenções políticas como subsídios/apoio à criação de conhecimento ou impostos/cotas sobre emissões. Qualitativamente, essa conclusão remonta a Pigou (1920), mas para conceber a dose certa do medicamento certo requer modelos do tipo que os laureados foram pioneiros.**”<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>In “Economic Growth, Technological Change, and Climate Change”, Comitê do Prêmio Nobel, 2018.

# TIPOS DE EXTERNALIDADES

- Há dois tipos de externalidades

- 1 Externalidades no consumo

$$\text{Sem preferência por externalidades} \implies u_i(x_i) \quad (1)$$

$$\text{Com preferência por externalidades} \implies u_i(x_i, x_j) \quad (2)$$

ou seja, o consumo de um indivíduo afeta a utilidade de outros.

- 2 Externalidades na produção

A função de produção inclui outros argumentos do que somente os insumos.

# SOLUÇÕES

## Soluções

- 1 Imposto Pigouviano
- 2 Negociação Voluntária (Direitos de Propriedade)
- 3 Desenho de Mecanismo para um Jogo Sequencial de Compensação
- 4 Fusões

# EXTERNALIDADES DE CONSUMO

- Quando não há externalidades no consumo a função de utilidade do agente  $i$  é uma função de apenas seu próprio consumo:

$$u_i(x_i, y_i) \quad (3)$$

- Neste caso, supondo dois agentes (A e B), as condições de primeira ordem para o equilíbrio competitivo são dadas por

$$TMgS_{x,y}^A = \frac{p_x}{p_y} = TMgS_{x,y}^B \quad (4)$$

e as condições de primeira ordem para a eficiência de Pareto são dadas por:

$$TMgS_{x,y}^A = TMgS_{x,y}^B \quad (5)$$

- Assim, por causa do comportamento de tomador de preços, todo equilíbrio competitivo implica eficiência de Pareto se as funções de utilidade forem quase-côncavas.
- O objetivo principal desta seção é mostrar que uma alocação de equilíbrio competitivo não é, em geral, eficiente quando existe uma externalidade no consumo.
- Mostramos isso observando que as condições de primeira ordem para um equilíbrio competitivo não são em geral as mesmas condições de primeira ordem para alocações eficientes de Pareto na presença de externalidades no consumo.

- Considere a seguinte economia de troca com dois agentes e dois bens:

$$u_A(x_A, x_B, y_A) \quad (6)$$

$$u_B(x_A, x_B, y_B) \quad (7)$$

- Aqui a externalidade recai sob o bem  $x$ .
- As condições de primeira ordem para o equilíbrio competitivo são as mesmas

$$TMgS_{x,y}^A = \frac{p_x}{p_y} = TMgS_{x,y}^B \quad (8)$$



- O problema de otimização é

$$\max_{x \in \mathbb{R}_{++}} u_B(x_A, x_B, y_B) \quad (9)$$

$$\text{sujeito a } x_A + x_B \leq w_x \quad (10)$$

$$y_A + y_B \leq w_y \quad (11)$$

$$u_A(x_A, x_B, y_A) \geq u_A(x_A^*, x_B^*, y_A^*) \quad (12)$$

- O Lagrangeano é

$$\begin{aligned} L = & u_B(x_A, x_B, y_B) + \lambda_x(w_x - x_A - x_B) + \lambda_y(w_y - y_A - y_B) + \\ & + \mu [u_A(x_A, x_B, y_A) - u_A(x_A^*, x_B^*, y_A^*)] \end{aligned} \quad (13)$$

- As condições de primeira ordem são:

$$\frac{\partial L}{\partial x_A} = 0 \iff \frac{\partial u_B}{\partial x_A} - \lambda_x + \mu \frac{\partial u_A}{\partial x_A} = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial y_A} = 0 \iff -\lambda_y + \mu \frac{\partial u_A}{\partial y_A} = 0 \quad (15)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_B} = 0 \iff \frac{\partial u_B}{\partial x_B} - \lambda_x + \mu \frac{\partial u_A}{\partial x_B} = 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial L}{\partial y_B} = 0 \iff \frac{\partial u_B}{\partial y_B} - \lambda_y = 0 \quad (17)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_x} = 0 \iff w_x - x_A - x_B \geq 0 \quad (18)$$

$$\lambda_x \geq 0 \quad (19)$$

$$\lambda_x(w_x - x_A - x_B) = 0 \quad (20)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_y} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad w_y - y_A - y_B \geq 0 \quad (21)$$

$$\lambda_y \geq 0 \quad (22)$$

$$\lambda_y(w_y - y_A - y_B) = 0 \quad (23)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad u_A(x_A, x_B, y_A) - u_A(x_A^*, x_B^*, y_A^*) \geq 0 \quad (24)$$

$$\mu \geq 0 \quad (25)$$

$$\mu [u_A(x_A, x_B, y_A) - u_A(x_A^*, x_B^*, y_A^*)] = 0 \quad (26)$$

- Manipulando as condições de primeira ordem, obtemos:

$$\frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} + \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} = \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} + \frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} \quad (27)$$

que expressa a igualdade das taxas marginais sociais de substituição para os dois consumidores em pontos eficientes de Pareto.

- Uma alocação de equilíbrio competitivo pode não ser um ótimo de Pareto porque as condições de primeira ordem para o equilíbrio competitivo e a otimização de Pareto não são as mesmas.

- A partir da condição de igualdade marginal acima, sabemos que, para avaliar as taxas marginais de substituição relevantes para as condições de otimalidade, devemos levar em conta os efeitos diretos e indiretos das atividades de consumo na presença de externalidades.
- Ou seja, para atingir a otimização de Pareto, quando um consumidor aumenta o seu consumo do bem  $x$ , não apenas o consumo de  $y$  precisa mudar, mas o consumo do bem  $y$  pelo outro consumidor também deve ser alterado.
- Portanto, a taxa marginal social de substituição do bem  $x$  pelo bem  $y$

para o consumidor  $i$  é igual a 
$$\frac{\frac{\partial u_i}{\partial x_i}}{\frac{\partial u_i}{\partial y_i}} + \frac{\frac{\partial u_j}{\partial x_j}}{\frac{\partial u_j}{\partial y_j}}.$$

- Para garantir que uma alocação é Pareto-eficiente na presença de externalidades negativas, devemos exigir  $\lambda_x \geq 0$  em pontos eficientes, o que, por sua vez, requer que as taxas marginais de substituição sejam não-negativas, isto é,

$$\frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} + \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} = \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} + \frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} \geq 0 \quad (28)$$

e

$$\frac{\partial u_A}{\partial x_A} \frac{\partial u_B}{\partial x_B} \geq \frac{\partial u_A}{\partial x_B} \frac{\partial u_B}{\partial x_A} \quad (29)$$

isto é, o benefício marginal conjunto deve ser maior ou igual ao custo marginal conjunto para todos os pontos Pareto-eficientes.

- Para consumir os bens eficientemente, uma condição necessária é que o benefício marginal conjunto de consumir o bem  $x$  não seja menor do que o custo marginal de consumir o bem  $x$ .
- Resumindo, temos a seguinte proposição que fornece condições suficientes para caracterizar se deve haver ou não dilapidação da dotação  $w_x$  na obtenção de alocações eficientes de Pareto.

- ❶ Se  $\frac{\partial u_A}{\partial x_A} \frac{\partial u_B}{\partial x_B} > \frac{\partial u_A}{\partial x_B} \frac{\partial u_B}{\partial x_A}$ , as condições suficientes para as alocações Pareto-ótima são:

$$\frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} + \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} = \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} + \frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} \quad (30)$$

$$x_A + x_B = w_x \quad (31)$$

$$y_A + y_B = w_y \quad (32)$$



- 2 Se  $\frac{\partial u_A}{\partial x_A} \frac{\partial u_B}{\partial x_B} < \frac{\partial u_A}{\partial x_B} \frac{\partial u_B}{\partial x_A}$ , as condições suficientes para as alocações Pareto-ótima são:

$$\frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} + \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} = \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} + \frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} \quad (33)$$

$$x_A + x_B \leq w_x \quad (34)$$

$$y_A + y_B = w_y \quad (35)$$

- Se  $\frac{\partial u_A}{\partial x_A} \frac{\partial u_B}{\partial x_B} = \frac{\partial u_A}{\partial x_B} \frac{\partial u_B}{\partial x_A}$ , as condições suficientes para as alocações Pareto-ótima são:

$$\frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} + \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_A}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} = \frac{\frac{\partial u_B}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_B}{\partial y_B}} + \frac{\frac{\partial u_A}{\partial x_B}}{\frac{\partial u_A}{\partial y_A}} \quad (36)$$

$$x_A + x_B \leq w_x \quad (37)$$

$$y_A + y_B = w_y \quad (38)$$

# EXEMPLO

- Seja a seguinte função de utilidade:

$$u_i(x_A, x_B, y_i) = \sqrt{x_i y_i} - x_j, \quad i \in \{A, B\}, j \in \{A, B\}, j \neq i \quad (39)$$

Determine as alocações Pareto-ótimas.

## EXEMPLO

- Uma economia é constituída por dois indivíduos cujas utilidades são  $u_A(f, m_A) = \frac{4}{3}\sqrt{f} + m_A$  e  $u_B(f, m_B) = \ln(1 - f) + m_B$ , em que  $f$  é representa a poluição gerada pelo consumo de cigarro por parte do indivíduo  $A$  e  $m$  representa o gasto com a aquisição de outros bens. Suponha que o indivíduo  $B$  tenha direito a todo o ar puro, mas que possa vender, ao preço unitário  $p$ , o direito de poluir parte do ar para  $A$ . Se no equilíbrio o indivíduo  $A$  paga  $G$  unidades monetárias ao indivíduo  $B$  para poluir parte do ar, quanto deve ser  $G$ ? Suponha que  $f \in [0, 1]$ .

## EXEMPLO

- Considere um grupo de  $n$  estudantes. Suponha que cada estudante  $i$  estude  $h_i$  horas o que gera uma desutilidade de  $\frac{h_i^2}{2}$  para ele. O benefício gerado pelo estudo para  $i$  depende da sua performance frente à de seus colegas da sala e tem a seguinte forma:  $u\left(\frac{h_i}{\bar{h}}\right)$  para todo  $i$ , em que  $\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_i h_i$  denota a média de horas estudadas por todos os alunos da sala e  $u(\cdot)$  é uma função crescente e côncava. Encontre o equilíbrio de Nash simétrico.

# EXTERNALIDADES NA PRODUÇÃO

- Considere uma economia simples com duas empresas.
- A empresa 1 produz o bem  $x$  que será vendido em um mercado competitivo. No entanto, a produção de  $x$  impõe um custo de externalidade denotado por  $e(x)$  para firma 2, que é assumido como sendo convexo e estritamente crescente.
- Seja  $y$  o bem produzido pela firma 2, que é vendido no mercado competitivo.
- Sejam  $c_x(x)$  e  $c_y(y)$  as funções de custo das firmas 1 e 2, ambas convexas e estritamente crescentes.
- Sejam  $p_x$  e  $p_y$  os preços de  $x$  e de  $y$ , respectivamente.

- As funções objetivo são

$$\max_x \pi_1 = p_x x - c_x(x) \quad (40)$$

$$\max_y \pi_2 = p_y y - c_y(y) - e(x) \quad (41)$$

- Então, pelas condições de primeira ordem, temos quantidades positivas de produtos:

$$\frac{d\pi_1}{dx} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad p_x = c'_x(x) \quad (42)$$

$$\frac{d\pi_2}{dy} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad p_y = c'_y(y) \quad (43)$$

- No entanto, o produto maximizador de lucro,  $x$ , obtido da condição de primeira ordem é muito grande do ponto de vista social.
- A primeira firma só leva em conta o custo privado - o custo que é imposto a si mesmo - mas ignora o custo social - o custo privado mais o custo que impõe à outra firma.
- Qual é o resultado social eficiente?



- O lucro social,  $\pi_1 + \pi_2$ , não é maximizado em  $x$  e  $y$  que satisfazem as duas condições de primeira ordem. Se as duas empresas se fundiram de modo a internalizar a externalidade, podemos escrever a função lucro como

$$\max_{x,y} \pi = p_x x + p_y y - c_x(x) - c_y(y) - e(x) \quad (44)$$

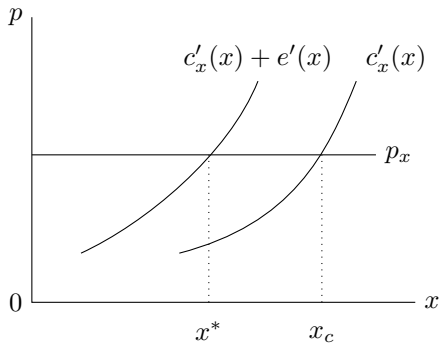
que resulta nas seguintes condições de primeira ordem:

$$\frac{\partial \pi}{\partial x} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad p_x = c'_x(x^*) + e'(x^*) \quad (45)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial y} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad p_y = c'_y(y^*) \quad (46)$$

em que  $x^*$  é uma quantidade eficiente de produto; é caracterizado pelo preço ser igual ao custo social marginal. Assim, a produção de  $x^*$  é menor que a produção competitiva no caso de externalidade pela convexidade de  $e(x)$  e  $c_x(x)$ .

**FIGURA 3:** O Produto Eficiente  $x^*$  é Menor do que o Produto em um Ambiente Competitivo



## EXEMPLO

Seja o mercado de amêndoas. Suponha que a função de demanda seja  $p(Q) = 18 - Q$  e a curva de custo marginal seja  $CMg(Q) = 6 + \frac{1}{2}Q$ . Suponha que a produção de amêndoas imponha custos externos de  $CE(Q) = 3Q$ . Qual a produção do mercado? Quanto deveria produzir?

# RECURSO DE USO COMUM

- A tragédia dos comuns surge do direito comum de acesso a um recurso.
- A ineficiência a que conduz resulta novamente da divergência entre os incentivos individuais e sociais que caracteriza todos os problemas de externalidade.
- Considere um lago que pode ser usado por pescadores de uma vila localizada em suas margens.
- Os pescadores não possuem barcos, mas podem alugá-los para uso diário a um custo  $c$ .
- Se  $B$  barcos forem alugados em um determinado dia, o número de peixes capturados por cada barco será  $F(B)$ , que é decrescente em  $B$ .



# RECURSO DE USO COMUM

- Um pescador alugará um barco para pescar se puder obter um lucro positivo.
- Seja  $\omega$  o salário se eles optarem por um emprego remunerado em vez de pescar.
- Seja  $p = 1$  o preço do pescado, de modo que a receita total coincida com a captura de pescado  $F(B)$ .
- Então o número de barcos que pescam será tal que garanta que o lucro da atividade pesqueira seja igual ao custo de oportunidade da pesca, que é o salário perdido  $\omega$  do trabalho alternativo .
- Se o lucro fosse maior, mais barcos seriam contratados e vice-versa.
- O número de barcos de equilíbrio,  $B^*$ , então satisfaz



$$\pi = F(B^*) - c = \omega \quad (47)$$

# RECURSO DE USO COMUM

- O número ótimo de barcos para a comunidade,  $B^0$ , deve ser aquele que maximiza o lucro total para a vila, líquido do custo de oportunidade da pesca. Portanto,  $B^0$  satisfaz

$$\max_{\{B\}} B [F(B) - c - w] \quad (48)$$

- A condição de primeira ordem é

$$F(B^0) - c - w + BF'(B^0) = 0 \quad (49)$$

- Como um aumento no número de barcos reduz a quantidade de peixes capturados por barco,  $F'(B^0) < 0$ .
- Portanto,  $B^0 < B^*$ , então o número de barcos de equilíbrio é superior ao número ideal.



# RECURSO DE USO COMUM

- A externalidade em ação neste exemplo é que cada pescador está preocupado apenas com seu próprio lucro.
- Ao decidir alugar um barco, eles não levam em consideração o fato de que reduzirão a quantidade de peixes capturados por todos os outros pescadores.
- Essa externalidade negativa garante que, em equilíbrio, muitos barcos estejam operando no lago.
- A intervenção pública pode assumir duas formas.
  - 1 Um imposto por barco para internalizar o efeito externo de enviar um barco ao lago.
  - 2 Alternativamente, a solução pode ser baseada em uma quota de pesca igual ao resultado ótimo.



# EXEMPLO

- Na ilha de Pago Pago existem dois lagos e 20 pescadores. Cada pescador pode pescar em qualquer lago e manter a captura média em seu lago específico. No lago  $x$ , o número total de peixes capturados é dado por

$$F^x = 10\ell_x - \frac{1}{2}\ell_x^2$$

em que  $\ell_x$  é o número de pessoas que estão no lago. Para o lago  $y$ , temos:

$$F^y = 5\ell_y$$





- Sob essa organização da sociedade, qual será o número total de peixes capturados?
- O chefe de Pago Pago, depois de ler um livro de economia, acredita que é possível aumentar o número total de peixes capturados restringindo o número de pessoas autorizadas a pescar no lago  $x$ . Qual deve ser o número de indivíduos permitido pescar no lago  $x$ , a fim de maximizar a captura total?
- Ao se opor à coerção, o chefe decide exigir uma licença de pesca para o lago  $x$ . Se o procedimento de licenciamento é a alocação ideal de mão-de-obra, qual deve ser o custo de uma licença (em termos de peixe)?



# IMPOSTO PIGOUVIANO

- Analisaremos os ganhos do comércio em um caso em que a produção de um bem gera um custo externo: a poluição.
- Nosso exemplo é baseado no caso do mundo real do uso do pesticida Z pelas plantações para controlar o gorgulho da banana.
- Para ver por que isso é chamado de externalidade, imagine por um minuto que a mesma empresa é proprietária das plantações de banana e da pesca, contratava pescadores e vendia o que pescava com lucro.
- Os proprietários da empresa decidiriam sobre o nível de pesticida a ser usado, levando em consideração seus efeitos a jusante. Eles trocariam parte dos lucros da produção de banana com as perdas da pesca.
- Mas este não foi o caso na Martinica e Guadalupe.
- O efeito de poluição do pesticida era externo às pessoas que tomavam a decisão sobre seu uso. A propriedade conjunta das plantações e da pesca teria internalizado esse efeito, mas as plantações e a pesca estavam sob propriedades separadas.



Decisão	Como afeta os outros	Custo ou benefício	Falha de mercado	Possíveis remédios	Termos aplicados a este tipo de falha de mercado
Uma empresa usa um pesticida que escorre para os cursos d'água	Danos a jusante	Benefício privado, custo externo	Uso excessivo de pesticidas e superprodução da cultura em que é usado	Impostos, cotas, proibições, barganhas, propriedade comum de todos os ativos afetados	Efeito externo negativo, transbordamentos ambientais

- As empresas produtoras de banana maximizam o lucro ao escolher sua produção  $Q_p$ , de modo que seu custo privado marginal seja igual ao preço de mercado:

$$C'_p(Q_p) = P^W \quad (50)$$

Mas o excedente social é maximizado no nível de produção  $Q^*$  ( $< Q_p$ ) no qual o custo social marginal das bananas é igual ao preço:

$$C'(Q^*) = P^W \quad (51)$$

em que  $Q^*$  é o nível de produto Pareto-eficiente.

- Lembre-se também que o custo social  $C(Q)$  pode ser escrito como a soma do custo privado  $C_p(Q)$  e o custo externo  $C_e(Q)$  imposto sobre os pescadores decorrentes do uso de pesticidas. Assim, podemos escrever a equação para o produto eficiente de Pareto  $Q^*$  como:

$$C'_p(Q^*) + C'_e(Q^*) = P^W \quad (52)$$

- Agora suponha que o governo imponha um imposto de  $x$  unidades para cada tonelada de banana produzida.
- O custo para produzir  $Q$  toneladas de banana é agora  $C_p(Q) + xQ$ .
- Diferenciando em relação a  $Q$ , vemos que o custo marginal é  $C'_p(Q) + x$ : os impostos aumentam o custo marginal de produção. Como antes, as empresas de banana escolhem sua produção de modo que o custo marginal seja igual ao preço, mas como o custo marginal mudou, a escolha da produção também muda. Eles produzirão  $\bar{Q}$ , em que:

$$C'_p(\bar{Q}) + x = P^W \quad (53)$$

- Como o custo marginal privado  $C'_p(Q)$  é uma função crescente de  $Q$ ,  $\bar{Q}$  é menor que  $Q_p$  se  $x$  for positivo – e quanto maior o imposto, menor a produção produzida.
- Comparando esta equação com a anterior, podemos ver como o governo pode alcançar a eficiência de Pareto. Se o imposto  $x$  for igual a  $C'_e(Q^*)$ , então a equação que determina  $\bar{Q}$  é satisfeita quando  $\bar{Q} = Q^*$ . Logo, escolhendo uma taxa de imposto

$$x^* = C'_e(Q^*) \quad (54)$$

o governo pode induzir as firmas produtoras de banana a escolher o nível de produção eficiente de Pareto  $Q^*$ , em que  $x^*$  é chamado de imposto Pigouviano.

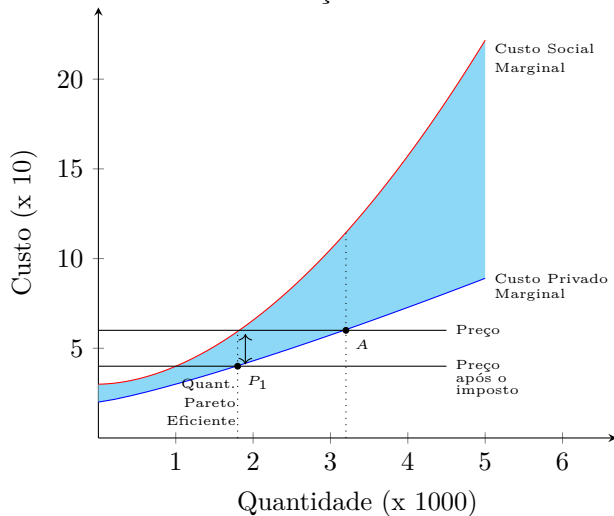
- O imposto Pigouviano é a externalidade marginal (CEM) no nível de produção Pareto-eficiente.
- Ele aborda o problema da externalidade e alcança a eficiência de Pareto alterando os custos marginais enfrentados pelos proprietários das firmas de banana para que eles levem em conta os custos sociais totais de suas decisões, incluindo os custos que impõem a outros.
- Uma maneira alternativa de pensar sobre o imposto Pigouviano é dizer que ele funciona mudando o preço que as firmas produtoras de banana obtêm por seus produtos, ao invés de seus custos. Então eles escolherão sua produção de modo que seu custo privado marginal seja igual ao preço após impostos  $P^W - x^*$ . Então, novamente eles escolhem  $Q^*$ , porque:

$$C'_p(Q^*) = P^W - x^* \quad (55)$$

- Isso é ilustrado na Figura 4.
- A produção eficiente de Pareto é de 18.000 toneladas, onde o custo social marginal é igual ao preço (\$ 60).
- O imposto é igual à diferença entre o custo social marginal e o custo privado marginal nesse nível de produção, que é \$ 20. O preço após impostos,  $P_1$ , é \$ 40, e eles escolhem uma produção de 18.000 toneladas porque é aí que o custo privado marginal é igual a \$ 40.



FIGURA 4: Produção de Bananas



- Lembre-se de que encontramos a quantidade Pareto-eficiente do produto procurando a quantidade que maximiza o excedente social.
- O excedente social na quantidade  $Q$  é

$$[P^W Q - C_p(Q) - xQ] - C_e(Q) + xQ \quad (56)$$

- 1 O primeiro termo, entre colchetes, é o excedente do produtor, levando em conta os impostos que os produtores devem pagar.
- 2 O segundo são os custos suportados pelos pescadores.
- 3 O terceiro termo é a receita tributária obtida pelo governo que, desde que a receita tributária seja utilizada em benefício da sociedade, também contribui para o excedente social.
- 4 Mas os dois termos  $xQ$  se cancelam. Assim, o excedente social não é afetado pelo imposto, e o nível de produção Pareto-eficiente  $Q^*$  permanece o mesmo, independentemente de um imposto ser criado ou não.

- Generalizando, a condição de primeira ordem é tal que

$$p_x = c'_x(x) + t = c'_x(x) + e'(x^*) \quad (57)$$

que é a mesma que a da otimização social.

- Ou seja, quando a empresa 1 enfrenta o preço errado de sua ação, um imposto  $t = e'(x^*)$  deve ser imposto para cada unidade de produção da empresa 1.
- Isso levará a um resultado social ótimo, menor do que o resultado do equilíbrio competitivo.
- Tais taxas de correção são chamadas de impostos pigouvianos.
- O problema com essa solução é que ela exige que a autoridade tributária conheça o custo da externalidade  $e(x)$ .

# EXEMPLO

Uma firma vende seu produto num mercado competitivo com demanda  $p(x) = 64 - \frac{x}{2}$ . Sua função custo é  $c(x) = 20x$ , mas a produção do bem gera uma externalidade negativa dada por  $e(x) = \frac{3x^2}{4}$ . Calcule o Imposto de Pigou que induz a produção da quantidade socialmente ótima.

# NEGOCIAÇÃO VOLUNTÁRIA EM COASE E DIREITOS DE PROPRIEDADE

- Uma abordagem diferente do problema da externalidade depende das partes negociarem uma solução para o problema.
- Para resolver o problema da externalidade, Coase, em um artigo famoso, “The Problem of Social Cost”, em 1960, argumenta que o sucesso de tal sistema depende de garantir que os direitos de propriedade sejam claramente atribuídos.
- O chamado Teorema de Coase avalia que, desde que os direitos de propriedade sejam garantidos, as duas partes negociarão de tal forma que o nível ideal da atividade produtora de externalidade seja implementado.
- Como uma implicação política, um governo deveria simplesmente reorganizar os direitos de propriedade e garanti-los.
- O mercado, então, poderia cuidar das externalidades sem intervenção direta do governo.

- O teorema de Coase contém duas afirmações.
- Uma é que o nível da externalidade será o mesmo, independentemente da atribuição de direitos de propriedade, o que é chamado **Teorema da Neutralidade de Coase**.
- A segunda é que negociações voluntárias sobre externalidades levarão a um resultado ótimo de Pareto, que é chamado de **Teorema da Eficiência de Coase**.

# EXEMPLO

- Seja uma empresa de produtos químicos que descarta os rejeitos em um lago e um pescador.
- Suponha que o lago permita a obtenção de um valor de R\$ 50.000. Se os produtos químicos poluem o lago, o peixe não pode ser comido. Como se resolve a externalidade?
- A proposta de Coase afirma que, desde que os direitos de propriedade do lago sejam claramente atribuídos, resultará em resultados eficientes.
- Ou seja, o governo deveria dar a propriedade do lago tanto para a empresa química quanto para o pescador.
- Para ver isso, assuma que o custo de um filtro é denotado por  $c_f$ .

- ❶ O lago é entregue à fábrica.
  - ❶ Seja  $c_f = R\$ 50.000$ . O pescador está disposto a comprar um filtro para a fábrica. O pescador pagará pelo filtro para que o produto químico não polua o lago.
  - ❷ Seja  $c_f > R\$ 50.000$ . O produto químico é descartado no lago. O pescador não quer instalar nenhum filtro.
- ❷ O lago é dado ao pescador e a receita líquida da empresa é maior que  $R\$ 50.000$ .
  - ❶ Seja  $c_f = R\$ 50.000$ . A fábrica compra o filtro para que o produto químico não possa poluir o lago.
  - ❷  $c_f > R\$ 50.000$ . A firma paga  $R\$ 50.000$  ao pescador e o produto químico é descartado no lago.



- Considere uma economia com dois consumidores e  $L$  bens.
- Assuma que o consumidor  $i$  tem a dotação inicial  $w_i$ .
- Cada consumidor tem preferências sobre as commodities que ele consome e sobre alguma ação  $h$  que é tomada pelo consumidor 1. Isto é,

$$u_i(x_i^1, \dots, x_i^L, h) \quad (58)$$

- Do ponto de vista do consumidor 2,  $h$  representa um efeito externo da ação do consumidor 1. No modelo, assumimos que

$$\frac{\partial u_2}{\partial h} \neq 0 \quad (59)$$

- Seja  $v_i(p, w_i, h)$  a função de utilidade indireta do consumidor  $i$ . O problema de maximização nesse contexto é dado por:

$$v_i(w_i, h) = \max_{x_i} u_i(x_i, h) \quad (60)$$

$$\text{sujeito a } px_i \leq w_i \quad (61)$$

- Assumimos que as preferências são quase-lineares em relação a algum bem numérico. Assim, a função de utilidade indireta do consumidor assume a forma:

$$v_i(w_i, h) = \phi_i(h) + w_i \quad (62)$$

- Embora a utilidade do consumidor 2 dependa de  $h$ , ela não pode afetar a escolha de  $h$ .

- O nível socialmente ótimo de  $h$  maximizará a soma das utilidades dos consumidores:

$$\max_h \phi_1(h) + \phi_2(h) \quad (63)$$

- A condição de primeira ordem para um máximo interno é:

$$\phi'_1(h^{**}) + \phi'_2(h^{**}) = 0 \quad (64)$$

em que  $h^{**}$  é a quantidade ótima de Pareto de  $h$ .

- Assim, o ótimo social é quando a soma do benefício marginal dos dois consumidores é igual a zero.

- Para determinar o resultado da negociação, primeiro especificamos o mecanismo de barganha da seguinte forma:
  - 1 O consumidor 2 oferece ao consumidor 1 um contrato do tipo aceite-recuse especificando um pagamento  $T_2$  e um nível de atividade  $h_2$ .
  - 2 Se o consumidor 1 aceitar a oferta, esse resultado será implementado. Se o consumidor 1 não aceitar a oferta, o consumidor 1 não pode produzir nenhuma das externalidades boas, isto é,  $h = 0$ .

- Para analisar isso, comece considerando quais ofertas  $(h, T)$  serão aceitas pelo consumidor 1.
- Como na ausência de acordo o consumidor 1 deve produzir  $h = 0$ , o consumidor 1 aceitará  $(h_2, T_2)$  se e somente se isso oferecer maior utilidade que  $h = 0$ . Ou seja, o consumidor 1 aceita se e somente se:

$$\phi_1(h_2) - T_2 \geq \phi(0) \quad (65)$$

- Dada essa restrição no conjunto de ofertas aceitáveis, o consumidor 2 escolherá  $(h_2, T_2)$  para resolver o seguinte problema:

$$\max_{h_2, T_2} \phi_2(h_2) + T_2 \quad (66)$$

$$\text{sujeito a } \phi_1(h_2) - T_2 \geq \phi_1(0) \quad (67)$$

- Como o consumidor 2 prefere  $T_2$  mais alto, a restrição será *binding* no ótimo (ou seja, a igualdade irá prevalecer). Assim, o problema se torna:

$$\max_{h_2} \phi_1(h_2) + \phi_2(h_2) - \phi_1(0) \quad (68)$$

- A condição de primeira ordem para este problema é dada por

$$\phi'_1(h_2) + \phi'_2(h_2) = 0 \quad (69)$$

- Mas essa é a mesma condição que define o nível socialmente ótimo de  $h_2$ .
- Assim, o consumidor 2 escolhe  $h_2 = h^{**}$ , e usa a restrição,  $T_2 = \phi(h^{**}) - \phi_1(0)$ .
- A oferta  $(h_2, T_2)$  é aceita pelo consumidor 1.
- Assim, esse processo de barganha implementa o ótimo social.

- Agora, consideramos o caso em que o consumidor 1 tem o direito de produzir o máximo da externalidade que deseja.
- Nós mantemos o mesmo mecanismo de barganha.
- O consumidor 2 faz ao consumidor 1 uma oferta aceite ou recuse  $(h_1, T_1)$ , em que o índice indica que o consumidor 1 tem o direito de propriedade nessa situação.
- No entanto, agora, no caso de 1 rejeitar a oferta, o consumidor 1 pode optar por produzir o máximo de externalidade que desejar, o que significa que ela optará por produzir  $h^*$ .
- Assim, a única mudança entre esta situação e o primeiro caso é o que acontece no caso de nenhum acordo ser alcançado.
- Nesse caso, o problema do consumidor 1 é:

$$\max_{h_1, T_1} \phi_1(h_1) - T_1 \quad (70)$$

$$\text{sujeito a } \phi_1(h_1) + T_1 \geq \phi_1(h^*) \quad (71)$$

- Mais uma vez, sabemos que a restrição será *binding*, e assim o consumidor 1 escolhe  $h_1$  e  $T_1$  para maximizar

$$\max_{h_1} \phi_1(h_1) + \phi_2(h_1) - \phi_1(h^*) \quad (72)$$

- A condição de primeira ordem para este problema é dada por

$$\phi'_1(h_1) + \phi'_2(h_1) = 0 \quad (73)$$

que é ótima em  $h_1 = h^{**}$ .

- A única diferença aqui é que  $T_1 = \phi_1(h^*) - \phi_1(h^{**})$ .



- Embora ambas as alocações de direitos de propriedade implementem  $h^{**}$ , elas têm consequências distributivas diferentes.
- O pagamento da transferência é positivo no caso em que o consumidor 2 tem os direitos de propriedade, enquanto é negativo quando o consumidor 1 tem os direitos de propriedade.
- A razão para isto é que o consumidor 2 está em melhor posição de barganha quando o resultado de não barganhar é que o consumidor 1 é forçado a produzir 0 unidades da externalidade boa.

- Se a negociação da externalidade pode ocorrer, a negociação levará a um resultado eficiente, independentemente de como os direitos de propriedade são alocados (desde que sejam claramente atribuídos).
- Observe que direitos de propriedade executáveis e bem definidos são essenciais para a barganha funcionar.
- Se houver uma disputa sobre quem tem o direito de poluir (ou não poluir), a negociação pode não levar à eficiência.
- Um requisito adicional para a eficiência é que o próprio processo de barganha seja gratuito.
- Observe que o governo não precisa conhecer os consumidores individuais aqui – só precisa definir os direitos de propriedade.
- No entanto, é fundamental que isso seja feito claramente.
- **Assim, o Teorema de Coase fornece um argumento em favor de ter leis claras e tribunais bem desenvolvidos.**

- O Teorema da Neutralidade de Coase está baseado no fato de que os custos de transação são nulos e os efeitos renda são zero (as funções de utilidade são quase-lineares).
- O problema deste teorema de Coase é que, os custos de negociação e organização, em geral, não são desprezíveis, e o efeito de renda pode não ser zero.
- Assim, uma privatização é ótima apenas no caso de custo de transação zero, sem efeito de renda e ambientes econômicos perfeitos.

- O problema do Teorema de Eficiência de Coase é que o processo de negociação sobre os direitos de propriedade pode ser modelado como um jogo cooperativo, e isso requer a suposição de que cada jogador conhece as preferências ou funções de produção de cada um dos outros jogadores.
- Quando a informação não é completa ou assimétrica, em geral não temos um resultado ótimo de Pareto.
- Existe um incentivo para que os agentes deturpem suas preferências.
- Assim, podemos precisar desenhar um mecanismo de incentivo para resolver o problema do *free-rider*.

# EFEITOS POSITIVOS

- Observação de enormes disparidades nos níveis de renda e taxas de crescimento entre os países.
- Os modelos recentes objetivam gerar grandes diferenças nos resultados de um país para outro.
- A maneira mais importante segundo a qual este tipo de trabalho mostra grandes diferenças entre países é através das externalidades.
- Os atores econômicos que investem em capital físico ou humano, que inovam ou que contratam mão-de-obra capturam apenas uma fração dos rendimentos sociais por suas ações.
- Pelo fato de os rendimentos auferidos pelos agentes privados serem pequenos em relação aos benefícios sociais, muito pouco é realizado neste sentido.
- Em consequência, alguns países crescem mais devagar do que poderiam, ou atingem um mau equilíbrio, onde ficam presos e deixam de crescer.
- Por outro lado, outros países, que conseguem de algum modo oferecer os incentivos corretos e atividades geradoras de externalidades, mostram um rápido crescimento e alto padrão de vida.
- Com muita frequência, as intervenções apropriadas do governo produzem melhorias de Pareto.

# EXTERNALIDADES DA CONTRATAÇÃO DE TRABALHADORES

- As externalidades pecuniárias decorrentes de decisões de empregar podem ser importantes.
- A magnitude dessas externalidades pode ser grande em uma economia de excedente de mão-de-obra (ou em uma economia com desemprego involuntário, em que o produto marginal alternativo é realmente zero).
- E o efeito externo – algumas vezes chamado de transbordamento da demanda (*demand spillover*) – pode se aplicar a bens cuja produção é ineficientemente baixa.

# EXTERNALIDADES DO INVESTIMENTO E DA INOVAÇÃO

- As externalidades do investimento e da inovação receberam provavelmente o máximo de atenção na literatura do crescimento, desde que Romer (1986) reviveu a ideia de Arrow (1962) de que o investimento de cada firma é produtivo quando outras empresas investiram no passado.
- Tais modelos de *learning-by-doing* pegam o seu quinhão de transbordamentos externos (*external spillover*) do investimento de uma empresa sobre a produtividade de outras firmas.
- Se o aprendizado prático for realizado totalmente dentro da firma e os mercados de capital forem perfeitos, a decisão de investimento da empresa é ótima, tanto social como privadamente, não resultando em nenhuma ineficiência.
- Exceto o fato de o aprendizado levar a uma competição imperfeita, com suas próprias ineficiências.

# EXTERNALIDADES DO INVESTIMENTO E DA INOVAÇÃO

- A forma mais plausível de externalidades associadas ao investimento consiste nas oportunidades de outros imitarem projetos ou experiências de um inovador.
- Quando uma empresa experimenta um processo novo, de máquina ou de produto, e é bem-sucedida, será imitada por outras do mesmo ramo.
- Com uma proteção imperfeita de patente, a oportunidade de imitar representa um benefício externo gratuito.
- O mais importante, talvez, é que a adoção de máquinas ou técnicas novas passa a ser imitada em outras indústrias, que podem realizar pequenas modificações nas experiências do inovador.
- Os benefícios externos das inovações importantes excedem, em muito, quaisquer benefícios diretos ao inovador.



# EXTERNALIDADES DO INVESTIMENTO E DA INOVAÇÃO

- Quando as máquinas e as aptidões são complementares, o investimento aumenta a demanda pelas aptidões e, portanto, os salários dos empregados mais qualificados em relação aos menos qualificados.
- Quando a escolha de aquisição de capital humano não é distorcida, esta externalidade pecuniária levaria a um aumento marginal na quantidade de aptidões que as pessoas iriam adquirir e, portanto, um aumento marginal da riqueza.
- Se, no entanto, for adquirido muito pouco capital humano, devido a alguma distorção (mercados de capitais imperfeitos, ausência de seguro para as aptidões), então os benefícios desta externalidade pecuniária poderiam ser muito maiores.
- De modo especial, o aumento do retorno da educação pode incentivar algumas pessoas a adquiri-la, em casos onde o retorno social é maior que o retorno privado, o que leva a um aumento maior da produção e do bem-estar.
- O efeito pecuniário externo sobre a demanda por educação decorrente de investimentos pode gerar grandes benefícios, em termos de bem-estar.

# EXTERNALIDADES DO INVESTIMENTO E DA INOVAÇÃO

- Um último efeito externo do investimento a ser considerado é o produzido pelo investimento na infra-estrutura usada pelas indústrias, como estradas, escolas ou usinas de eletricidade.
- Entre os principais usuários da infra-estrutura estão indústrias operando sujeitas a retornos crescentes, pois o que interessa na indústria de retornos crescentes é o baixo custo marginal de produção de bens que possam ser depois transportados para longas distâncias.
- Provocam o crescimento perpétuo da produção *per capita*, mesmo sem um progresso tecnológico exógeno, pois os aumentos da produtividade decorrentes das externalidades de investimento ultrapassam os decréscimos de produtividade devidos aos rendimentos decrescentes do capital.

# EXTERNALIDADES DO INVESTIMENTO EM CAPITAL HUMANO

- Provavelmente, as ideias mais novas da literatura recente digam respeito à importância, para o crescimento, das externalidades do capital humano.
- Lucas (1988) observa que somos todos mais produtivos quando temos três ou mais pessoas em volta, em grande parte porque aprendemos com elas.
- Cita o exemplo de um departamento de pesquisas em que os colegas conversam uns com os outros.
- Não é um exemplo óbvio de uma externalidade, pois é possível que algumas pessoas aceitem salários mais baixos, para conviver com gente inteligente.
- No entanto, é plausível que nas empresas as pessoas que sabem mais e cujos conhecimentos afetam a produção de outros não são plenamente recompensadas por tal efeito.

# EXTERNALIDADES DO INVESTIMENTO EM CAPITAL HUMANO

- Primeiro, quando as firmas treinam trabalhadores, estes podem levar parte de seu conhecimento para outras empresas e o resultado é que a firma que paga pelo treinamento não recebe plenamente os frutos de seu investimento.
- É uma razão bem conhecida para o subinvestimento em capital humano; é óbvio que pode servir como um benefício externo do investimento de uma empresa em capital humano, para a produtividade de outra empresa.
- O investimento em capital humano leva também a uma produtividade mais alta e salários mais elevados e, deste modo, a um aumento na demanda agregada por produtos de maior valor agregado.
- Se os aumentos na demanda reduzem a ineficiência nos mercados de produtos de qualidade, os aumentos de capital humano têm um efeito externo adicional benéfico.

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Os engarrafamentos de trânsito tornaram-se uma característica comum em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo e as emissões de poluentes causam uma considerável degradação da qualidade do ar.
- As emissões de veículos automotores são a maior fonte de poluição atmosférica nas maiores cidades brasileiras.
- Os custos relativos a graves concentrações de poluição atmosférica em grandes cidades são reconhecidamente altos.
- Destes, predominam os problemas de saúde, variando desde irritação nos olhos até problemas respiratórios e crescentes taxas de câncer, todos acarretando custos diretos e indiretos à sociedade.

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Para solucionar o problema de emissões poluentes de veículos, foi iniciado um programa nacional de controle de emissões.
- O programa de controle da poluição veicular (Proconve) estipulava inspeções compulsórias para novos veículos lançados no mercado e um cronograma gradual de ajuste com padrões de emissões estabelecido para 1992 e 1997.
- A indústria automotiva utilizou conversores catalíticos e eletrônica para obedecer aos padrões e o programa gerou reduções substanciais de emissões em todas as categorias de carros.
- Não obstante, ainda permaneceram consideráveis diferenças em emissões entre os modelos existentes em 1997, particularmente entre os carros nacionais e importados, sugerindo a necessidade de normas adicionais.
- O objetivo do trabalho é quantificar os efeitos de uma nova norma ambiental sobre preços, vendas de carros, receita de impostos e emissões de poluição medidos em hidrocarbonetos (HC).

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Em um mercado competitivo, os aumentos de custos provocados pelas normas do governo são repassados aos preços e resultam em novo equilíbrio com menores vendas.
- Entretanto, em um contexto oligopolista com produtos diferenciados, o comportamento estratégico das empresas poderia gerar efeitos diferentes sobre a poluição e a receita de impostos.
- A simulação das políticas do governo em mercados oligopolistas é efetuada por Berry, Levinsohn e Pakes (1999), Fershtman, Gandal e Markovich (1999) e Goldberg (1998).
- Todos eles consideram que a utilização de modelos de produtos diferenciados é de grande importância na análise dos efeitos de políticas do governo em mercados oligopolistas.

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- O objetivo é simular os efeitos de uma norma ambiental rígida sobre o mercado automotivo brasileiro.
- Para simular normas ambientais, são necessários parâmetros de demanda e oferta de automóvel.
- Utilizando os recentes avanços na teoria de demanda por produtos diferenciados, os autores cruzam dados agregados do mercado automotivo com dados de emissões poluentes, obtidos de testes efetuados pela agência ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), para estimar a elasticidade de demanda e *markups* nos mercados de produtos diferenciados.



## FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Utilizam um modelo de demanda *nested-logit* para estimar parâmetros de elasticidade, enquanto a oferta do modelo oligopolista é empregada para estimar os *markups* e o custo marginal de cada modelo de carro.
- Para analisar o efeito do controle da poluição sobre os custos marginais, uma função de custo hedônico, relacionando custo marginal estimado a características de automóveis (incluindo emissões poluentes), é estimada e o parâmetro relacionando as emissões a custo marginal é adotado para fins de simulação.
- O exercício é importante devido à necessidade de analisar o efeito de políticas ambientais em mercados oligopolistas.

## FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Existência de  $M$  consumidores potenciais no mercado automotivo que enfrentam a opção de comprar um automóvel ou um bem externo.
- Supõe-se que os consumidores adquirem carros tomando por base um conjunto de características evidentes, incluindo preço e outros atributos físicos como potência do motor, economia de combustível, presença de ar-condicionado e outros acessórios como equipamentos-padrão e características não observadas, tais como design, cor, prestígio etc.
- Embora os automóveis tenham diferentes níveis de emissão de poluentes, fazemos a suposição de que os consumidores não levam essa característica em consideração quando escolhem um tipo de veículo.

## FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Demanda

$$u_{ij} = x_j\beta + p_j\alpha + \xi_j + v_{ij} \quad (74)$$

em que  $x_j$  e  $\xi_j$  são, respectivamente, características observadas e não-observadas,  $p_j$  é o preço do carro,  $\beta$  e  $\alpha$  são parâmetros a serem estimados e  $v_{ij}$  é o termo estocástico de média zero, que representa a distribuição das preferências do consumidor ao redor da média.

- As características e os preços de um modelo específico de carro são comuns a todos os consumidores, mas o termo estocástico  $v$  é específico para cada indivíduo.

## FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- O conjunto de modelos de carro disponíveis está dividido em  $G + 1$  grupos, onde o grupo 0 é composto unicamente pelo bem externo.
- Cada grupo  $g = 1, \dots, G$  é subdividido adicionalmente em  $H_g$  subgrupos,  $h = 1, \dots, H_g$ .
- Supõe-se que a escolha do consumidor ocorre em grupos e subgrupos.
- A primeira base impõe a escolha de classes de carro (popular, compacto, médio, grande e luxo) e a segunda impõe a escolha de nacionalidade, ou seja, carros estrangeiros e domésticos.

## FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- A parte específica da função utilidade,  $v_{ij}$ , pode ser decomposta do seguinte modo:

$$v_{ij} = \varepsilon_{ig} + (1 - \sigma_2)\varepsilon_{ihg} + (1 - \sigma_1)\varepsilon_{ij} \quad (75)$$

em que  $h$  é um subgrupo e  $g$  refere-se a um grupo.

- Os resíduos são comuns a todos os produtos no respectivo grupo ou subgrupo e os parâmetros  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$  medem o grau de substituição de carros dentro de um grupo ou subgrupo.
- Espera-se que os carros que competem dentro do mesmo grupo e subgrupo tenham um grau de substituição mais elevado que os carros que competem somente no mesmo grupo.

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Os automóveis são produzidos por empresas multiprodutos que vendem itens diferenciados em um mercado oligopolista.
- Os produtores são modelados como escolhedores de preços de seus produtos para maximizar os lucros de todos os modelos vendidos.
- Cada empresa  $f$  produz um subconjunto  $\mathfrak{S}_f$  do conjunto composto por  $j = 1, \dots, J$  modelos diferentes de carros.
- A função de lucro da firma  $f$  é dada por:

$$\pi_f = \sum_{j \in \mathfrak{S}_f}^F \left( p_j \left( \frac{1 - \tau}{1 + t} \right) - c_j \right) s_j(p) M \quad (76)$$

em que  $p_j$  é o preço a varejo do carro  $j$ ,  $t$  é a taxa de imposto de valor adicionado federal (IPI),  $\tau$  é o imposto de valor adicionado em nível estadual (ICMS),  $c_j$  é o custo marginal de produção do carro  $j$ .

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- A quantidade de carros produzidos,  $q_j$ , é definida como  $q_j = Ms_j(p)$ , onde  $s_j$  é a fatia de mercado do carro  $j$  e  $M$  é o tamanho do mercado representado pelo número de residências no mercado brasileiro.
- A maximização do lucro em relação ao preço (supondo a existência de um equilíbrio estratégico interior) gera a conhecida condição de primeira ordem em que cada firma iguala o preço ao custo marginal mais um *markup*:

$$\sum_{r \in \mathfrak{S}_f}^F \left( p_r \left( \frac{1 - \tau}{1 + t} \right) - c_r \right) \frac{\partial s_r(p)}{\partial p_j} + s_j(p) \left( \frac{1 - \tau}{1 + t} \right) = 0 \quad (77)$$

## FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Embora não haja disponibilidade de dados de custo marginal, pode-se usar os parâmetros de demanda, preços e fatias de mercado, juntamente com as elasticidades estimadas, para obter uma estimativa do custo marginal.
- Sendo os preços observados e os markups explicitamente calculados, pode-se calcular o custo marginal para cada modelo de carro  $j$  a cada ano  $t$ .
- Supondo que as empresas têm funções de custo marginal log-lineares em características, pode-se expressar o custo marginal como função de um componente observado e outro não-observado:

$$\ln(c_j) = W\gamma + \omega_j \quad (78)$$

em que  $c_j$  é o custo marginal por modelo de carro  $j$ ,  $W_j$  e  $\omega_j$  são, respectivamente, as características observadas e não-observadas e  $\gamma$  é um vetor de parâmetros a ser estimado.

- Essa equação propicia uma abordagem indireta para o cálculo de uma equação de custo hedônico para produtos heterogêneos e incorpora o fato de que as mudanças nas características afetam o custo marginal.



# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- O conjunto de dados usado no trabalho foi compilado no IPEA e mescla informações sobre preços e vendas com características de cada modelo de carro vendido no mercado brasileiro de 1993 a 1997 e os dados de emissões de poluentes de 1992 a 1997.
- Os dados focalizam o mercado de veículos de passageiros, excluindo caminhões, vans, minivans e utilitários esportivos (todos esses modelos de carro apresentavam pequena fatia no mercado brasileiro antes de 1998).
- Os dados sobre vendas mensais foram coletados fundindo os dados da Associação Brasileira de Fabricantes de Peças e Componentes (Sindipeças), da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotivos (Anfavea) e da Associação de Importadores de Automóveis (Abeiva).
- Dados adicionais sobre importação foram fornecidos por fabricantes individuais.
- Os preços e características dos automóveis foram obtidos das revistas brasileiras mensais Quatro Rodas e Jornal do Carro.
- As informações sobre eficiência de combustível e os dados de emissões poluentes foram fornecidos pela Cetesb, agência ambiental de São Paulo.

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- Com base em dados de 1997, admite-se a simulação contrafactual de um novo padrão ambiental para emissões de HC por automóveis.
- Tenta-se responder à seguinte questão: o que teria acontecido com as vendas, preços, receita de impostos e emissões totais se o governo tivesse definido um padrão ambiental para emissões de HC de 0,15 g/km em vez de 0,30 g/km em 1997?
- Esse padrão foi escolhido por representar uma queda de 50% no máximo de HC permitido para cada automóvel.
- Vale a pena observar que vários modelos de carros já apresentavam nível de emissão inferior a 0,15 em 1997.
- Supõe-se que os fabricantes, para conseguir vender carros, teriam de aprimorar as tecnologias já em operação incorrendo em custos marginais adicionais.

# FERRAZ, FIUZA E MOTTA (2001)

- O efeito total é o esperado aumento em preço e queda em vendas totais de carros.
- O aumento de preço médio é de 13% e a queda no total de vendas de automóveis é de 31%.
- Isso induz uma perda na receita de impostos do governo de aproximadamente 17%.
- Por outro lado, já que as emissões dos carros mais poluentes são controladas e reduzidas a um máximo de 0,15 g/km, as emissões totais são reduzidas em cerca de 40%.
- Isso ocorre, principalmente, por causa da redução da demanda de carros decorrente do aumento de preços.
- À medida que a composição da frota altera-se em direção a um perfil mais limpo, a média ponderada das emissões de HC caem de 0,15g/km para 0,13 g/km.

## LEAL ET AL. (2015)

- O Brasil é signatário de diversos acordos multilaterais no esforço global de redução dos gases de efeito estufa (GEE), mesmo não tendo metas obrigatórias de mitigação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Porém, as políticas ambientais adotadas até o momento não incluem o controle formal das emissões, tais como impostos ou comércio de quotas.
- A preocupação com os efeitos das mudanças climáticas tem levado alguns setores do governo a discutir a adoção de mecanismos tributários para uma economia de baixo carbono, sinalizando uma mudança de atitude.
- Assim, analisar como tais políticas ambientais devem responder de forma ótima aos ciclos econômicos no Brasil é essencial para auxiliar a adoção e formulação dessas políticas.

## LEAL ET AL. (2015)

- Questões ambientais como as emissões antropogênicas de GEE estão associadas a flutuações econômicas e choques de produtividade.
- Recentemente, alguns estudos passaram a empregar modelos estocásticos dinâmicos de equilíbrio geral através da estrutura básica do modelo de Ciclos Reais de Negócios (RBC), adicionando a poluição como uma externalidade em seus modelos.
- O objetivo do estudo é estudar políticas ambientais formais de controle de emissão de CO<sub>2</sub> que respondam de forma dinâmica aos ciclos econômicos no Brasil.

# LEAL ET AL. (2015)

- Três objetivos
  - 1 se as reduções das externalidades geradas pelas emissões de CO2 compensam o custo desta mitigação
  - 2 como as políticas de imposto e quota de emissões devem responder a choques de produtividade na economia
  - 3 qual a regra de decisão ótima que deve ser adotada para as políticas de mitigação
- Utiliza-se um modelo RBC com externalidades de poluição, calibrado com dados da economia brasileira durante o período de 1980 a 2010.

## LEAL ET AL. (2015)

- Primeiro, pode-se concluir que é vantajoso adotar políticas restritivas de emissões, isto é, o custo da mitigação é inferior ao impacto da poluição sobre a produção econômica, de modo que, no equilíbrio, há uma taxa de imposto positiva que impõe um nível de mitigação maior que zero.
- Em segundo lugar, o comportamento ótimo do governo implica em uma política de mitigação pró-cíclica.
- Durante os ciclos de expansão, o nível ótimo de emissões deve crescer, mas não na mesma magnitude que cresceria sem uma política dinâmica de impostos ou quotas.
- Por esse motivo, tanto o imposto quanto o teto de emissões devem aumentar em períodos de expansão da economia e diminuir em períodos de crise.

## LEAL ET AL. (2015)

- Por fim, um choque positivo de produtividade no modelo utilizado, por um lado aumenta o custo de mitigação, e por outro lado aumenta a demanda por mitigação.
- A trajetória ótima de mitigação é obtida através do aumento do imposto sobre as emissões até o ponto em que o custo de mitigação acaba anulando o aumento da demanda por mitigação.
- Assim, o imposto deve aumentar até o ponto em que a produtividade marginal do capital começa a cair em relação ao seu nível de estado estacionário.
- A partir desse momento, o comportamento ótimo do governo é o de reduzir o imposto para continuar equilibrando os custos de mitigação e emissão.