

## **Aplicação de Modelo Dinâmico de Decisão na Definição de Estratégia de Competição em um Mercado Duopolista**

**Me. Maria Paula Vieira Cicogna**

Engenharia de Produção – Escola Politécnica / USP  
Av. Prof Luciano Gualberto, 530 – São Paulo / Brasil – CEP: 05508-010  
cicogna@usp.br

**Profa. Dra. Celma de Oliveira Ribeiro**

Engenharia de Produção – Escola Politécnica / USP  
Av. Prof Luciano Gualberto, 530 – São Paulo / Brasil – CEP: 05508-010  
celma@usp.br

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo identificar a escolha estratégica para competição de empresas entre definição de preço ou quantidade em um mercado duopolista, com produtos substitutos similares. A modelagem empregada baseia-se na interação dinâmica entre as empresas e o mercado em que atuam, segundo a metodologia *Agent Based Model*, de forma a inserir no modelo a capacidade de adaptação das empresas a diferentes ambientes econômicos (com restrição de capacidade e/ou de demanda de mercado).

Os resultados mostraram que, para a estrutura de mercado especificada, as empresas buscam a competição por quantidade, visto que esta lhes proporciona maior lucro, porém, quando há restrição de demanda de mercado, há a predominância, de maneira geral, da concorrência via preços, podendo gerar guerra de preços, caso a capacidade produtiva das empresas seja ilimitada.

**PALAVRAS CHAVE:** Modelo dinâmico, estratégia de concorrência, duopólio.

**ÁREA PRINCIPAL:** IND, AD&GP – PO, SIM.

### **ABSTRACT**

This research aims to identify the competition strategic choice among firms setting price or quantity in a duopolistic market with similar products. The model is based on the dynamic interaction among firms and the market in which they operate. The research applied the Agent Based Model methodology, in order to accomplish the ability of companies to adapt to different economic environments (with constraint in capacity and / or market demand).

The results showed that for this specified market structure, companies seek primarily competition for quantity, as it allows them to achieve greater profit. However, when there is market demand constraint, the competition occurs, in general, through prices and may generate a price war, if there is no firms' capacity constraint.

**KEY WORDS:** Dynamic Models, Competitive Strategy, Duopoly.

**MAIN AREA:** IND, AD&GP – PO, SIM.

## 1. Introdução

O mercado de um determinado produto é definido pelo número de compradores e de vendedores e pela forma como estes agentes interagem. No contexto de mercados oligopolistas, para que a escolha estratégica de concorrência via preços ou quantidade seja feita é preciso considerar tanto a demanda e os aspectos tecnológicos da produção, quanto o processo de competição intrínseco ao mercado em si.

Os modelos de Bertrand e Cournot foram pioneiros na definição do equilíbrio e forma de competição entre empresas oligopolistas. Em ambos os casos, trata-se de modelos estáticos, em que há apenas um período de interação competitiva, com as empresas tomando suas decisões de forma simultânea (MAS COLLEL; WHISTON; GREEN, 1995).

Robertson e Caldart (2009) mostraram que o equilíbrio analítico (e estático) resultante dos modelos de Cournot e Bertrand também é obtido quando aplicado um modelo dinâmico baseado no comportamento dos agentes (*Agent Based Model*) para o problema de equilíbrio de Hotelling (1929).

Klemperer e Meyer (1986) mostraram que as características dos custos de produção são cruciais na determinação da estratégia adotada: quando os custos marginais são crescentes, as firmas competem via quantidade, quando os custos marginais são decrescentes, as firmas competem via preços. Já Kreps e Sheinkman (1983) afirmaram que as soluções de jogos de oligopólios dependem tanto das variáveis estratégicas utilizadas, quanto do contexto (forma do jogo) em que estas variáveis são empregadas.

Todavia, as empresas poderiam alcançar maiores lucros caso percebessem que obteriam maiores resultados de forma conjunta, eliminando qualquer razão para competição via preços ou, ainda, para existência de guerra de preços em mercados oligopolistas (FRIEDMAN, 1971).

Porém, estudos empíricos tendem a indicar que a guerra de preços de fato ocorre em períodos de recessão econômica (SCHERER; ROSS, 1990; GREEN; PORTER, 1984; STAIGER; WOLAK, 1992; BUSSE, 2002).

No presente trabalho busca-se identificar a escolha estratégica via preço ou quantidade para concorrência de empresas que atuam em um mercado duopolista, com produtos substitutos similares, porém com estruturas de custos e elasticidades diferentes entre si, considerando ambientes com restrição de capacidade e/ou de demanda de mercado. Assim, busca-se também avaliar a existência de guerra de preços na estrutura de mercado especificada. Para tal, o modelo proposto utiliza a estratégia dinâmica de interação baseada no comportamento dos agentes – seguindo a metodologia denominada *Agent Based Model* (ABM) –, considerando multi-períodos.

## 2. Modelo Dinâmico de Decisão Baseado no Comportamento de Agentes

Para que seja possível alcançar o objetivo deste estudo, a metodologia empregada baseia-se no alcance do equilíbrio por meio das escolhas e interação entre os agentes econômicos, de acordo com os Modelos Baseados em Agentes (ou *Agent Based Model* - ABM).

A modelagem baseada em agentes é uma técnica de simulação que utiliza um sistema formado pela coleção das decisões autônomas dos agentes econômicos que compõem o problema (BONABEAU, 2002; CHANG; HARRINGTON JR, 2005, p. 7).

Logo, o ABM permite considerar ambientes mais ricos, com maior fidelidade do modelo desejado em relação ao que se deseja representar do mundo real, resultante da natureza indutiva da modelagem empregada (PAGE, 2005).

Este tipo de modelagem tem sido empregado em diferentes situações para avaliar a existência de equilíbrio em mercados que não podem ser caracterizados pela concorrência perfeita (KIMBROUGH; MURPHY, 2008; DRUCKNMILLER; ACAR; TROUTT, 2004) ou mesmo a existência de estratégias dominantes na gestão e posicionamento das firmas (CALDART; OLIVEIRA, 2007; CALDART; RICART, 2006), dentre outras aplicações em economia e finanças.

### 2.1. Definição do Modelo de Interação Dinâmica entre os Agentes

Na definição estratégica entre concorrência via preço ou quantidade por meio do emprego do ABM, foi utilizada a estrutura de mercado proposta pelo trabalho de Levis e Papageorgiou (2007).

O modelo representa um mercado duopolista em que cada empresa produz apenas um produto. Os produtos são substitutos próximos e cada empresa enfrenta uma curva de demanda diferente, cada qual com seus custos fixos e variáveis, os quais refletem suas diferentes estruturas produtivas.

Pela curva de demanda de cada empresa, o modelo incorpora a elasticidade-preço da demanda e a elasticidade-preço cruzada entre os produtores, conforme a seguinte relação:

$$Q_n = a_n - b_n \cdot p_n + c_{nk} \cdot p_k \quad (1)$$

Em que:

$n, k =$  empresas ( $n, k = 1, 2$ , para  $n \neq k$ );

$Q_n =$  quantidade demandada da empresa  $n$ ;

$a_n =$  coeficiente de demanda da empresa  $n$ ;

$b_n =$  elasticidade-preço da demanda da empresa  $n$ ;

$c_{nk} =$  elasticidade cruzada da demanda da empresa  $n$  em relação ao preço da empresa  $k$ ;

$p_k =$  preço da empresa  $k$ .

Todos os parâmetros são positivos.

Cada empresa tem como objetivo estabelecer o preço e a quantidade que maximizam seu lucro, definido como:

$$\pi_n = (p_n - cv_n) \cdot \min(Q_n, cap_n) - cf_n \quad (2)$$

Em que:

$n =$  empresas ( $n = 1, 2$ );

$\pi_n =$  lucro da empresa  $n$ ;

$cv_n =$  custo variável da empresa  $n$ ;

$cf_n =$  custo fixo da empresa  $n$ ;

$cap_n =$  capacidade de produção da empresa  $n$ .

Desta forma, na busca pela maximização do lucro – conforme (2) –, cada empresa observa sua demanda, restrição de capacidade e a demanda do mercado ( $D$ ), visto que a soma das quantidades vendidas por cada empresa não pode ultrapassar a demanda total do mercado. Ou seja, o problema pode ser escrito como:

$$\text{Max } \pi_n = (p_n - cv_n) \cdot \min(Q_n, cap_n) - cf_n \quad (3)$$

Sujeito a:

Restrição de demanda:  $Q_n = a_n - b_n \cdot p_n + c_{nk} \cdot p_k$

Restrição de capacidade de produção:  $Q_n \leq cap_n$

Restrição pela demanda do mercado:  $Q_n + Q_k \leq D$

Os parâmetros foram definidos conforme segue:

**Tabela 01 – Parâmetros do Modelo**

Parâmetro	Empresa 1	Empresa 2
Custo Variável ( $cv$ )	\$0,50	\$0,40
Custo Fixo ( $cf$ )	\$20	\$25
Elasticidade ( $b$ )	30	40
Elasticidade-cruzada ( $c$ )	4	3
Intercepto ( $a$ )	160	180

Para as restrições de capacidade produtiva foram considerados três cenários: (i) sem limitação de capacidade para nenhuma empresa; (ii) as duas empresas com limitação de

capacidade, embora diferentes; e (iii) apenas uma das empresas com capacidade limitada. Inicialmente, os casos foram analisados sem restrição de demanda de mercado, a qual depois é introduzida em cada caso mencionado, totalizando seis cenários:

**Tabela 02 – Cenários Aplicados ao Modelo**

Restrição de Capacidade	Restrição da Demanda do Mercado			
	D irrestrito		D restrito (D = 100)	
	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 1	Empresa 2
Capacidade no Caso 1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Capacidade no Caso 2	60	50	60	50
Capacidade no Caso 3	ilimitado	50	ilimitado	50

O cenário com restrição de demanda de mercado (D = 100) é utilizado como uma *proxy* para uma possível situação de queda da atividade econômica. Deseja-se com isso avaliar a alteração de definição estratégica de concorrência das empresas em ambientes econômicos adversos, bem como a existência de guerra de preços nesta situação. A ocorrência da guerra de preços está relacionada a períodos de baixa demanda, em que as empresas buscam aumentar seu lucro para cobrir suas estruturas de custos, especialmente na existência de elevado custo fixo (SATIGER; WOLAK, 1992; BUSSE, 2002), caso empregado neste estudo.

Além das definições que cerceiam os agentes, é preciso estabelecer suas regras de negociação, dadas por:

- Cada empresa não conhece a estrutura de custos, nem a estratégia da concorrência, apenas seus preços e quantidades, que são divulgados ao mercado no final do período de negociação;
- A demanda de mercado é constante e conhecida, mas varia conforme cenário econômico (ver Tabela 02);
- Os parâmetros de custos não se alteram, porém os cenários de capacidade de produção variam, seguindo definições da Tabela 02;
- Ao iniciar a tomada de decisão no período  $t$  sobre a forma como irão concorrer, as empresas enxergam simultaneamente quatro fatores decisivos:
  1. A quantidade de produtos em estoque até o período vigente ( $E_n^t$ ), dado pela diferença entre a quantidade produzida ( $Q_n^{t-1}$ ) e a quantidade vendida ( $Q_{\text{ven}}^{t-1}$ ) no período imediatamente anterior, ou seja:  $E_n^t = Q_n^{t-1} - Q_{\text{ven}}^{t-1}$ . Como a quantidade produzida incorpora o estoque disponível no período considerado, então a variável de estoque apresenta o montante acumulado de produtos em estoque no período.
  2. Preço cobrado por seu concorrente no período imediatamente anterior ( $p_k^{t-1}$ ), pois esta é a melhor estimativa do preço que será cobrado pela empresa  $k$  no período atual;
  3. Quantidade vendida pelo concorrente no período imediatamente anterior ( $Q_{\text{ven}}^{t-1}$ ) para ter, com isso, uma estimativa de seu *market share* de acordo com os últimos dados divulgados.
  4. O *market share* ( $m$ ) é utilizado como ponderação para definição do preço atual do produto, da seguinte forma:

$$p_n^t = m \cdot p_n^{t-1} + (1 - m) \cdot p_n^{t-\text{ESTRAT}} \quad (4)$$

Em que:

$m$  = market share

ESTRAT = preço atual definido pela estratégia de Cournot ou Bertrand (ESTRAT = COUR ou BERT, respectivamente)

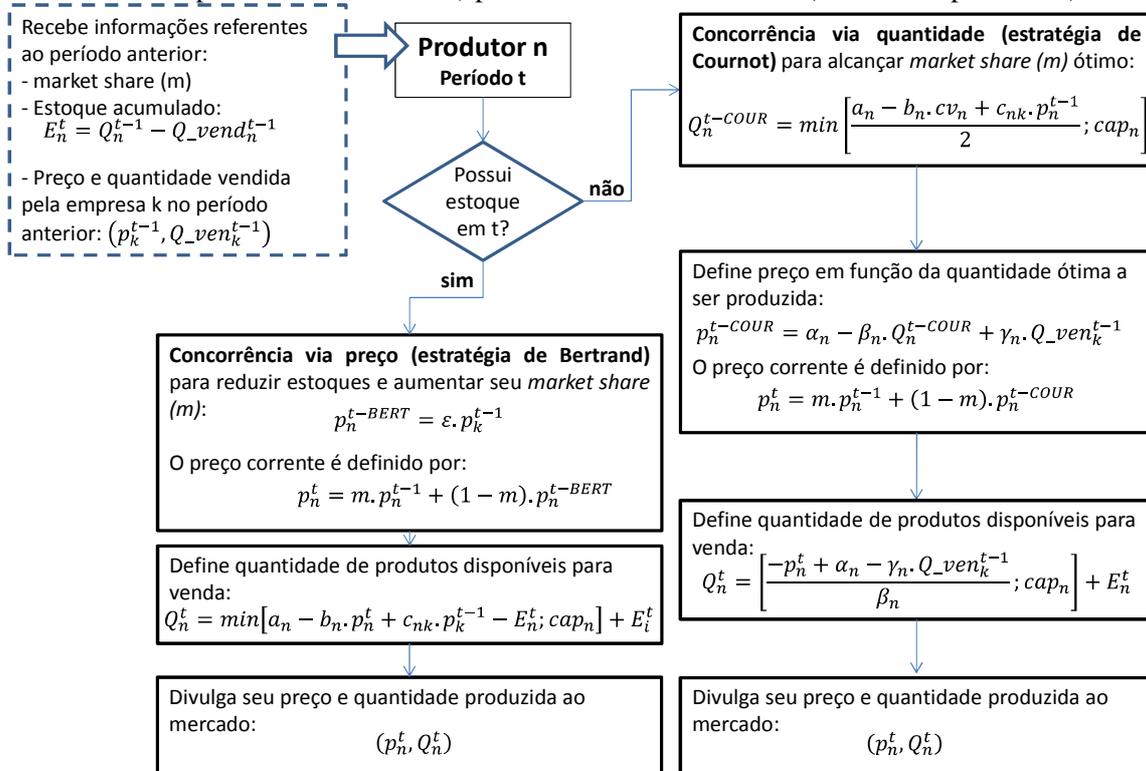
- Caso a decisão da empresa seja concorrer via preço, ou seja, definir o preço que atraia o maior número de consumidores possível – segundo Modelo de Bertrand –, a empresa define seu preço como um valor  $\varepsilon$  menor do que o preço do concorrente;

- Caso a empresa defina que sua estratégia é alcançar o espaço ideal no mercado, isto é, concorrer via quantidade – segundo modelo de Cournot –, então ela busca vender a quantidade ótima, de acordo com sua definição de custos e estimativas de receitas;
- Os períodos considerados no modelo são curtos (como, por exemplo, uma semana).  
Depois de divulgadas as quantidades, há preferência sempre pelo menor preço<sup>1</sup>. Assim sendo, a quantidade vendida pela empresa  $n$  no período  $t$  é dada por:

$$Q_{vend_n}^t = \begin{cases} \text{se } p_n^t < p_k^t, \text{ então } Q_{vend_n}^t = \text{mínimo} (Q_n^t; D - 10\% \cdot Q_k^t) \\ \text{se } p_n^t \geq p_k^t, \text{ então } Q_{vend_n}^t = \text{mínimo} (D - Q_{vend_k}^t; Q_k^t) \end{cases}$$

Obviamente, se houver restrição na capacidade de produção, a quantidade produzida ( $Q$ ) é, no máximo, igual ao limite produtivo da empresa.

As regras de negociação expostas acima e o fluxo decisório de cada empresa (que ocorre de maneira independente e simultânea) podem ser resumidos como ( $n, k = 1, 2$ , para  $n \neq k$ ):



**Figura 01 – Algoritmo empregado para solução do problema proposto utilizando a metodologia Agent Based Model**

Caso a empresa tenha lucro médio negativo nos últimos cinco períodos, ela entra em falência, o que significa que sua concorrente passa a ser monopolista no mercado.

O equilíbrio de mercado é alcançado quando a variação do lucro de ambas as empresas entre dois períodos consecutivos é menor do que 0,01%.

Cabe destacar que o modelo proposto é genérico e pode ser pensado para mercados oligopolistas específicos, como, por exemplo, o mercado de postos de combustíveis, em que os preços e quantidades vendidas são dados públicos, os custos fixos de manutenção dos postos são

<sup>1</sup> Neste ponto cabe esclarecer que cada empresa sempre vende 10% de sua produção total no período, pois cada produtor possui grupos de preferência, independentemente do preço de seu concorrente, devido a fatores como localização, atendimento, preferência pelo produto, entre outros, conforme colocado no trabalho de Hotelling (1929).

elevados e a volatilidade dos preços entre períodos consecutivos é alta, dada a rápida capacidade de resposta dos postos a mudanças nos preços de mercado e de seus insumos.

### 3. Resultados

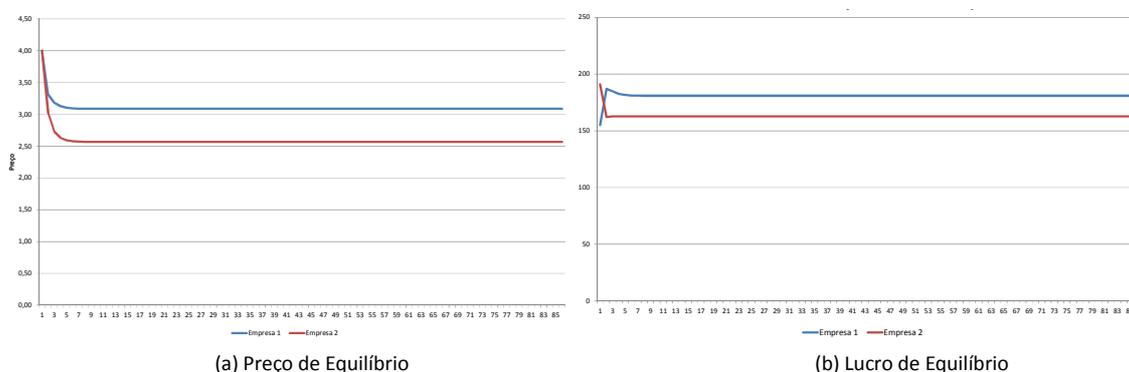
Para facilitar a análise e interpretação dos resultados, as discussões estão divididas nas três seções que seguem. A primeira mostra os resultados das interações entre os agentes considerando apenas restrição de produção. A restrição de demanda é acrescentada ao modelo na segunda seção. Por fim, a terceira seção traz a validação dos resultados por meio do modelo de Levis e Papageorgiou (2007) e a comparação entre as diferentes metodologias.

#### 3.1. Ambiente Econômico sem Restrição de Demanda de Mercado

Quando não há restrição imposta pela demanda de mercado, toda a produção das empresas é vendida ao mercado. Neste ambiente, a primeira constatação importante do modelo descrito anteriormente é que as empresas sempre escolhem competir por quantidade, visto que é a estratégia que lhes proporciona os maiores lucros relativamente à competição por preços.

Além disso, para os três casos descritos na Tabela 02 há uma rápida convergência para a situação de equilíbrio, entendido aqui como a estabilização do crescimento do lucro no maior patamar possível alcançado por cada empresa, dada sua estrutura de custos.

No Caso 1, em que nenhuma das empresas do mercado possui restrição para produzir, o preço e a quantidade de equilíbrio das empresas 1 e 2 são de, respectivamente, (\$3,09; 77,63) e (\$2,57; 86,60). A estes valores, os lucros, no equilíbrio, são de \$180,90 e \$162,63 para as empresas 1 e 2, nesta ordem. As trajetórias dos preços e lucros até a situação de equilíbrio estão demonstradas nos gráficos abaixo (considerando o preço inicial de ambas as empresas igual a \$4,00):



**Gráfico 01 – Evolução do Preço e Lucro das Empresas 1 e 2 até a situação de Equilíbrio, na ausência de restrição de produção, considerando preço inicial igual a \$4,00<sup>2</sup>**

O nível de preços e lucro mais elevados da Empresa 1 podem ser explicados pela sua estrutura financeira, visto que esta empresa apresenta custo variável um pouco mais elevado do que seu concorrente, porém tem custo fixo 20% menor.

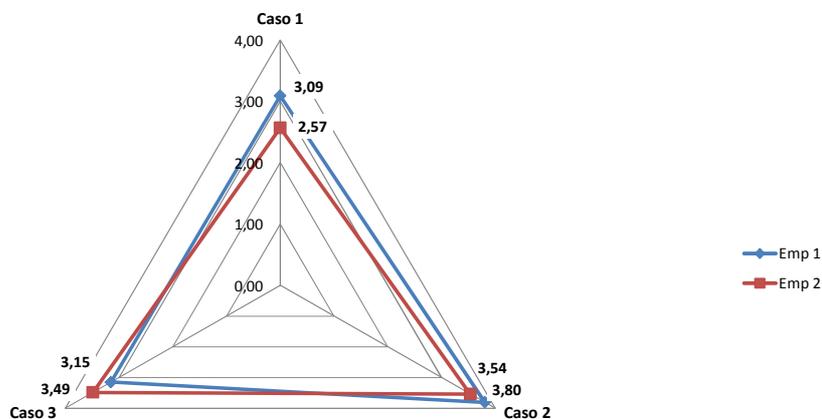
Como o Caso 1 (discutido acima) é o ambiente em que não há efeito de restrições sobre as variáveis para os resultados do modelo – portanto, considerado como “caso básico” do estudo –, a análise de sensibilidade da função objetivo para alterações nos parâmetros foi feita para esta especificação. A Tabela 03 mostra os efeitos sobre o lucro de equilíbrio para um aumento de 10% e queda de 10% nos parâmetros do modelo, comparativamente à parametrização inicial do modelo, apontada como zero (0) na Tabela. Os resultados indicam que a função objetivo possui maior sensibilidade a alterações na elasticidade, embora o intercepto também tenha bastante influência nos resultados:

<sup>2</sup> Cabe destacar que a convergência do para a situação de equilíbrio descrita acima ocorre para qualquer nível de preço inicial.

**Tabela 03 – Análise de Sensibilidade sobre o Lucro de Equilíbrio (\$)**

	Empresa 1			Empresa 2		
	+10%	0	-10%	+10%	0	-10%
Custo Variável (cv)	177,04 -2,13%	180,90	184,79 2,15%	159,19 -2,12%	162,63	166,11 2,14%
Custo Fixo (cf)	186,72 3,22%	180,90	190,72 5,43%	160,13 -1,54%	162,63	165,13 1,54%
Elasticidade	166,78 -7,80%	180,90	215,58 19,17%	142,36 -12,47%	162,63	187,48 15,28%
Elasticidade-cruzada	191,44 5,83%	180,90	186,01 2,83%	164,65 1,24%	162,63	160,63 -1,23%
Intercepto	233,17 28,90%	180,90	148,55 -17,88%	203,75 25,28%	162,63	125,58 -22,78%

Na presença de presença de limitação da produção das duas empresas (Caso 2) que são observados os maiores preços, visto que as empresas tem a percepção de que há demanda não atendida no mercado e aumentam seu preço o máximo que podem. No Caso 3, em que apenas a Empresa 2 possui restrição de capacidade de produção, o maior *market share* é, obviamente, ocupado pela Empresa 1, mas, devido à elasticidade cruzada, o aumento de preços da Empresa 2 para pagar seus custos e obter o lucro desejado reflete também nos preços da Empresa 1. Os preços no equilíbrio de mercado para os três casos estão refletidos no gráfico seguinte:



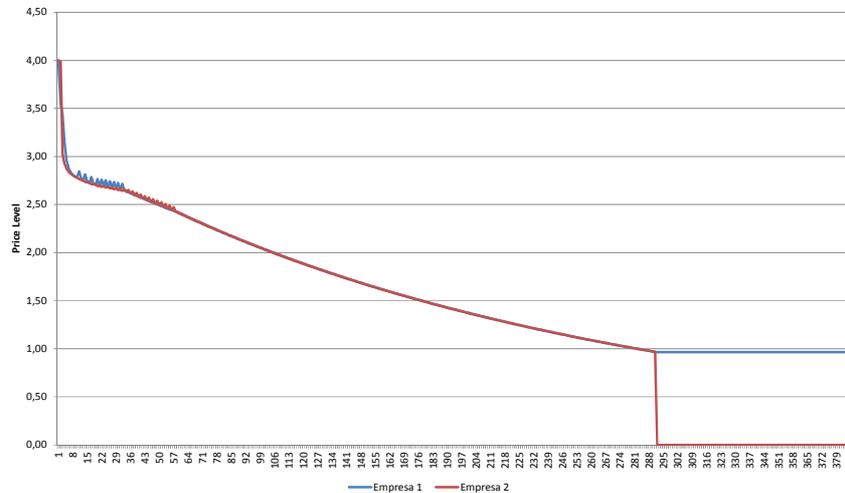
**Gráfico 02 – Preços de Equilíbrio para os Três Casos em que não há Restrição da Demanda de Mercado**

### 3.2. Ambiente Econômico com Restrição de Demanda de Mercado

Em um ambiente econômico em que a demanda de mercado é restrita, quando as empresas não possuem limitação à capacidade produtiva, elas não podem elevar seus preços até o ponto exigido pela produção ótima, embora persigam esta estratégia no início das negociações de mercado.

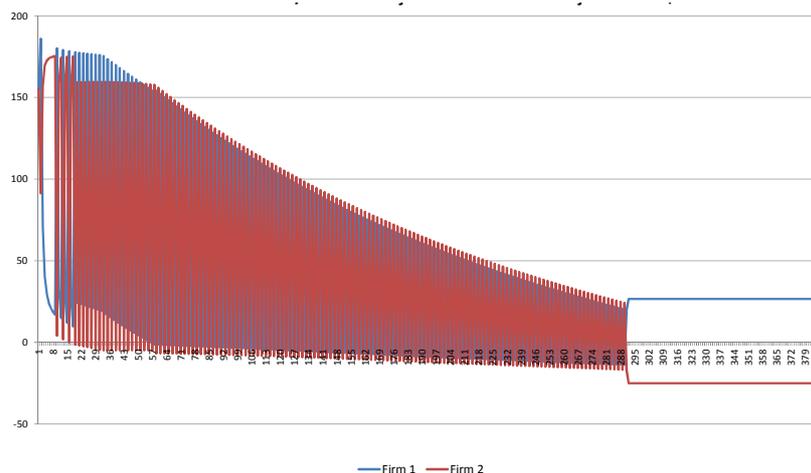
Assim, considerando que as empresas não possuem restrição de produção, mas percebem a demanda restrita, quando iniciam sua interação, as empresas adotam a competição segundo a estratégia de Cournot, mas logo percebem que acumulam estoques e, assim, começam a disputar mercado reduzindo seus preços. As duas estratégias de competição se alternam nos primeiros períodos, mas a competição via preços se mostra melhor sucedida e é, finalmente, adotada, como estratégia vencedora. A competição por *market share* por meio da redução consecutiva de preços

dura até que a Empresa 2 vai à falência por sua estrutura de custos ser insustentável a preços muito baixos. A Empresa 1 torna-se, então, monopolista de mercado, vendendo seus produtos ao preço de \$0,96, com lucro de \$26,52. A situação pode ser vista no Gráfico 03:



**Gráfico 03 – Competição das Empresas em um Cenário com Restrição de Demanda, mas sem Restrição da Produção (preço inicial = \$4,00)**

A desvantagem competitiva da Empresa 2 em um ambiente de restrição de demanda fica clara quando observado o gráfico com a evolução do lucro até a situação de falência. Como a disputa por *market share* é acirrada, o lucro oscila consideravelmente dado que hora a Empresa 1 consegue melhor preço, hora é a Empresa 2, alternando, com isso, a conquista do *market share* pelas empresas. Entretanto, devido ao maior custo fixo, desde o início das negociações a Empresa 2 começa a alternar períodos de lucro com outros de prejuízo, como mostrado no gráfico a seguir. Com a queda cada vez maior dos preços, a situação fica insustentável para a Empresa 2, que acaba por sair do mercado, deixando a Empresa 1 atuar como monopolista.

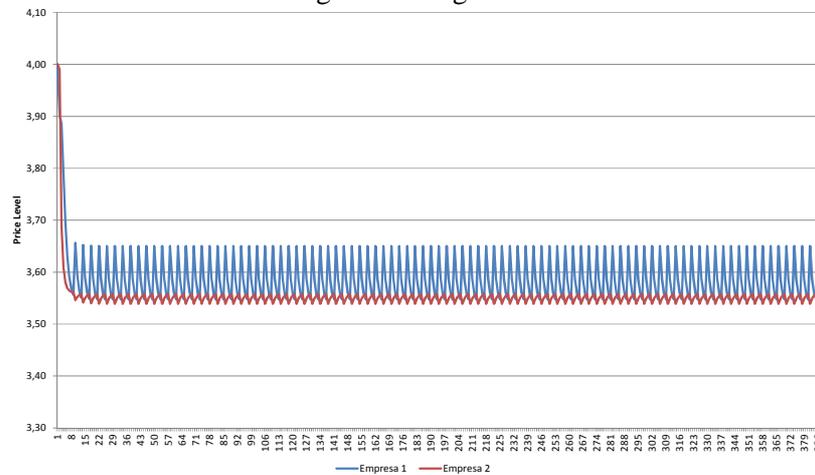


**Gráfico 04 – Lucro das Empresas em um Cenário com Restrição de Demanda, mas sem Restrição da Produção (preço inicial = \$4,00)**

Portanto, em um ambiente em que a demanda é restrita, mas as empresas não enfrentam restrição em sua capacidade produtiva, os resultados sugerem que existe guerra de preços no mercado em discussão.

Quando a limitação da demanda está próxima à soma da capacidade produtiva das empresas, como no Caso 2, observa-se oscilação dos preços de mercado de ambas as empresas,

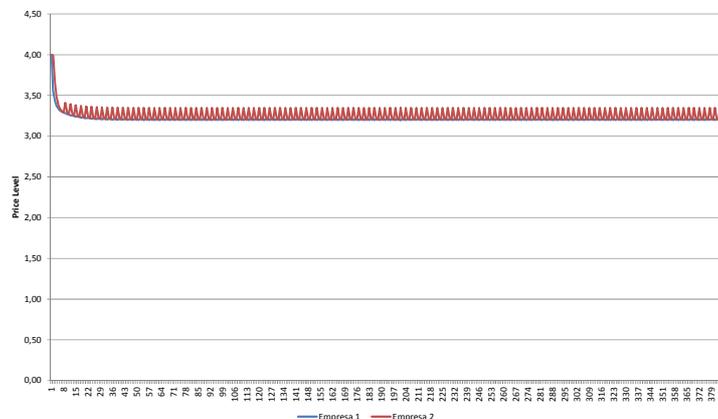
que alternam entre a competição por preços ou por quantidade ao longo do tempo. Não há, neste ambiente, uma situação de equilíbrio, embora os preços da Empresa 2 variem entre \$3,55 e \$3,56. Porém os resultados da Empresa 1 são mais voláteis, oscilando em torno do preço médio de \$3,60. Os resultados estão mostrados no gráfico a seguir:



**Gráfico 05 – Trajetória de Preços Cenário com Restrição de Demanda e Restrição de Produção de Ambas as Empresas (preço inicial = \$4,00)**

A maior estabilidade de resultados para a Empresa 2, conforme Gráfico 5, pode ser explicada devido ao fato de que, neste ambiente, a venda de 50 unidades (ou 50% do *market share*) é sua situação ótima, dado que ocupa toda a capacidade produtiva da empresa, de forma que esta empresa concorre principalmente por Cournot. Já para a Empresa 1, a concorrência para ganhar espaço de mercado é primordial, dado que pode vender até 60 unidades. Assim, esta empresa compete principalmente por preços, com alguns momentos de concorrência pela estratégia de Cournot (picos dos preços mostrados no gráfico acima). Neste ambiente, o lucro médio da Empresa 1 é de \$148,57 e o lucro médio da Empresa 2 é de \$117,75.

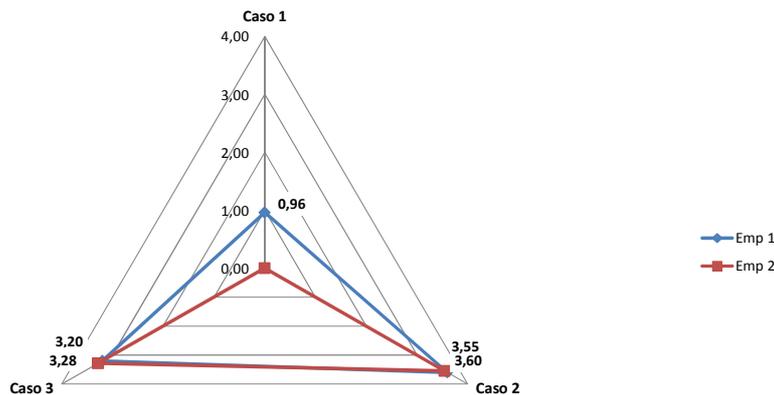
Finalmente, em um cenário em há restrição de demanda, mas apenas a Empresa 2 possui limitação de capacidade produtiva (Caso 3), a conquista de 50% do *market share* para a Empresa 2 é ótima, visto que representa vender toda a sua produção máxima. Dessa maneira, a Empresa 1 não consegue se tornar monopolista porque a Empresa 2 a todo momento observa o preço da Empresa 1 e reduz seus preços, voltando a aumentá-los em momento posterior para competir via quantidade e garantir tanto sua venda máxima, quanto seu *market share*. Assim sendo, o nível de preços da Empresa 1 torna-se o patamar mínimo de preços para a Empresa 2, como mostrado a seguir:



**Gráfico 06 – Trajetória de Preços Cenário com Restrição de Demanda e Restrição de Produção Apenas da Empresa 2 (preço inicial = \$4,00)**

No Caso 3, portanto, a estratégia dominante para a Empresa 1 é a competição por quantidade (estratégia de Cournot), enquanto que para a Empresa 2 a concorrência ocorre, na maior parte das vezes, por preços (estratégia de Bertrand). No Caso 3 também não observa-se convergência para o equilíbrio e o lucro médio da Empresa 1 é de \$156,81, enquanto para a Empresa 2 é bem menor, igual a \$34,86, o que deve-se ao fato da Empresa 1 ter melhores condições de competir no mercado e ocupar, em média 65% do mercado.

Logo, é possível notar que dentre os três casos analisados apenas no Caso 1 ocorre efetivamente a guerra de preços. Para os demais casos, onde a restrição da produção está próxima ao *market share* de 50%, a competição não ocorre apenas via preços, mas sim depende da comparação entre ocupação do mercado com a capacidade de produção da empresa. O gráfico a seguir traz a comparação dos preços em cada caso analisado com restrição de demanda:



**Gráfico 07 – Preços de Equilíbrio para os Três Casos em que há Restrição da Demanda de Mercado<sup>3</sup>**

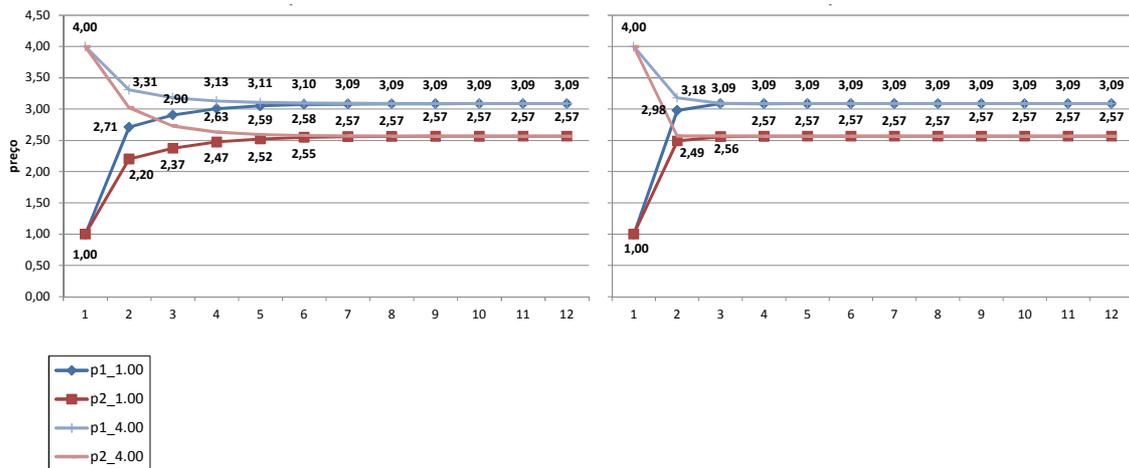
### 3.3. Validação dos Resultados: diferenças entre metodologias *Best Response* e *Agent Based Model*

A metodologia para resolução do problema de maximização do lucro para o mercado duopolista explanado acima no modelo de Levis e Papageorgiu (2007) considerou um ambiente em que o lucro máximo foi definido de forma conjunta para as duas empresas simultaneamente por meio de um algoritmo matemático de otimização por *Best Response*, enquanto que na presente pesquisa a definição do equilíbrio ocorre pela interação entre as empresas (agora consideradas agentes) que buscam, de forma individual, maximizar seus lucros de acordo com as restrições de negociação que lhes são impostas. Assim, enquanto no primeiro modelo havia iterações do algoritmo, no segundo modelo as empresas interagem de forma dinâmica com o mercado e se adaptam às condições econômicas impostas.

Embora haja diferenças no conceito entre as duas metodologias de otimização, os resultados na situação de equilíbrio são os mesmos e estão de acordo com os resultados analítico da Teoria Econômica de Organização Industrial. O caminho até o equilíbrio é, entretanto, diferente, o que é justificado pelo fato de que no modelo de ABM utilizado neste trabalho há dependência do preço passado, o que não ocorre na otimização por *Best Response*.

O caminho até o equilíbrio para o Caso 1, sem restrição de demanda, pelas duas metodologias pode ser visto a seguir. É importante destacar que para os demais casos as trajetórias até o equilíbrio são similares.

<sup>3</sup> Para os casos 2 e 3, os preços finais são o preço médio da condição de equilíbrio.



**Gráfico 08 – Comparação das Trajetórias até o Equilíbrio pelas Metodologias *Agent Based Model (ABM)* e *Best Reponse (BR)***

O trabalho de Levis e Papageorgiou (2007) não abordou o cenário com restrição de demanda, mas a validação para os casos mencionados acima foram consideradas suficientes para garantir que o modelo está bem parametrizado e que a interação entre os agentes é adequada.

#### 4. Conclusão

O presente estudo buscou avaliar se há predominância de estratégia para concorrência em relação a preços ou quantidades em um mercado duopolista, em que as empresas produzem produtos similares e possuem estruturas financeiras distintas. A metodologia utilizada foi um modelo dinâmico de decisão, baseado no comportamento dos agentes (*Agent Based Model*), que reagem a alterações no ambiente de negociação em que atuam.

Os resultados mostraram que, para este mercado específico, as empresas sempre preferem concorrer via quantidade, pois é a estratégia que lhes proporciona o maior lucro, corroborando assim os resultados do modelo de Cournot. Este resultado é válido inclusive para casos em que há restrição de produção, mas não em ambientes de restrição de demanda.

Entretanto, na presença de restrição de demanda, utilizada como uma *proxy* para um ambiente econômico recessivo, a estratégia predominante depende da estrutura de custos da empresa e de sua capacidade de produção.

Quando não há restrição de produção observou-se que a concorrência ocorre predominantemente pela definição de preços para conquistar o maior *market share* possível, entretanto, esta situação leva à guerra de preços, sendo que a empresa com maior custo fixo acaba por deixar o mercado, que torna-se, então, monopolista. Quando há restrição de produção para as duas empresas, o fator determinante na estratégia de competição é a capacidade de produção da empresa, havendo, de forma geral, alternância entre períodos de concorrência via preços e quantidade, dependendo da relação entre a quantidade produzida e a ocupação de *market share*.

É importante destacar que nos casos em que há concomitantemente restrição de demanda e de produção, não houve convergência a um valor de equilíbrio da função objetivo, mas sim oscilação constante entre um limite superior e inferior.

Os próximos passos para desenvolvimento do modelo proposto são ampliar o escopo de aplicação e testar sua generalização frente a outros modelos de equilíbrio. Há também espaço para inserir no modelo outras formas de inteligência para os agentes se adaptarem ao longo do tempo na sua tomada de decisão, o que deixa, com isso, espaço para pesquisas futuras.

## Bibliografia

**Bonabeau, E.** (2002), Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems, *Coloquium PNAS*, 99, suppl. 3, 7280-7287.

**Busse, M.** (2002), Firm financial condition and airline price wars, *RAND Journal of Economics*, 33, n. 2, 298-318.

**Caldart, A., e Oliveira, F.** The impact of organisational complexity in the strategy development process, em O'Brien (Ed.), *Supporting Strategy: Frameworks, Methods and Models*, John Wiley and Sons, 2007.

**Caldart, A., e Ricart, J.** (2006), A Formal Evaluation of the Performance of Different Corporate Styles in Stable and Turbulent Environments, *Anselmo Rubiralta Center for Globalization and Strategy*, WP nº 621.

**Druckenmiller, D., Acar, W., e Troutt, M.** (2004), Agent Based Modeling and Simulation of Strategic Scenarios with Repast 2.0, *Paper submitted to Swarmfest 2004*. (<disponível em: <http://www.cscs.umich.edu/swarmfest04/Program/PapersSlides/Druckenmiller-swarmfest-ModelingstrategicscenarioswithRepast.pdf>>).

**Friedman, J. W.** (1971), A Non-Competitive Equilibrium for Supergames, *The Review of Economic Studies*, 38, 1-12.

**Green, E., e Porter, R.** (1984), Non-Competitive Collusion Under Imperfect Price Information, *Econometrica*, 52, 87-100.

**Hotelling, H.** (1929), Stability in Competition, *The Economic Journal*, 39, n. 153, 41-57.

**Kimbrough, S., e Murphy, F.** (2008), Strategic Bidding of Supply Curves: An Agent-Based Approach to Exploring Supply Curve Equilibria (<disponível em: [http://opimstar.wharton.upenn.edu/~sok/sokpapers/2009/Supplycurve\\_theorems\\_simulations.pdf](http://opimstar.wharton.upenn.edu/~sok/sokpapers/2009/Supplycurve_theorems_simulations.pdf)>)

**Klemperer, P., e Meyer, M.** (1986), Price Competition vs. Quantity Competition: the Role of Uncertainty, *Rand Journal of Economics*, 17, n. 4, 618-638.

**Kreps, D. M., e Scheinkman, J. A.** (1983), Quantity Precommitment and Bertrand Competition Yield Cournot Outcomes, *The Bell Journal of Economics*, 14, n. 2, 326-337.

**Levis, A. A., e Papageorgiou L. G.** (2007), Active demand management for substitute products through price optimisation, *OR Spectrum*, 29, 551-577.

**Mas-Collel, A., Whinston, M. D., e Green, J. R.** *Microeconomic Theory*, Oxford University Press, Oxford-NY, 1995.

**Page, S. E.** (2005), Agent Based Models, em Durlauf, S. N. e Blume, L. E. (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Palgrave Macmillan (<disponível em: <http://www.dictionaryofeconomics.com/dictionary>>).

**Robertson, D. A., e Caldart, A.** *The Dynamics of Strategy: Mastering Strategic Landscape of the Firm*, Oxford University Press, Oxford-NY, 2009.

**Satiger, R. W., e Wolak, F. A.** (1992), Collusive Pricing With Capacity Constraints In The Presence of Demand Uncertainty, *Rand Journal of Economics*, 23, n. 2, 203-220.

**Scherer, F. M., e ROSS, D.** *Industrial Market Structure and Economic Performance*, Houghton Mifflin Co., Boston-MA, 1990.