

# Pesquisa Operacional

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

# **Unidade IV: Teoria dos Jogos Aplicada à Estratégia Empresarial**

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

- Apresentar o histórico e as definições da teoria dos jogos.
- Explicar a importância de estudar jogos empresariais.
- Entender a classificação dos jogos.
- Apresentar os modelos de jogos.
- Aplicar a teoria dos jogos no cotidiano empresarial.

- Histórico, definições e importância da Teoria dos Jogos.
- Tipos de jogos.
- Representação de jogos.
- Formulação de estratégias via Teoria dos Jogos.

- Histórico, definições e importância da teoria dos jogos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

- Ramo da matemática aplicada que surgiu na Segunda Guerra Mundial.
- Início do estudo sistemático em 1944 com Neuman e Morgenstern.
- Em 1950, desenvolvimento de ferramentas (equilíbrio de Nash) por Nash, Harsanyi e Selten (Nobel de economia em 1994).

- O equilíbrio de Nash é uma situação em que cada jogador adota a melhor estratégia em relação às ações adotadas pelos demais jogadores (Costa, 2016).

- Presente de diversas formas (xadrez, dama, quebra-cabeça, política internacional, livre concorrência...).
- Principal características: interação estratégica.
- Na interação estratégica os participantes reconhecem a interdependência mútua de suas decisões (Fiani, 2009)



- Sempre que um conjunto de indivíduos, políticos, empresas, estiverem envolvidos em situação de interdependência, pode-se dizer que se encontram em um jogo (Fiani, 2009).
- Para analisar as atitudes a serem tomadas em um jogo deve-se desenvolver um **modelo**.

- O modelo é uma representação simplificada do objeto em estudo, ou da situação de interação estratégica.
- Devem constar no modelo as informações essenciais, omitindo-se as menos relevantes para o entendimento da situação.
- Um dos objetivos da Teoria dos Jogos é entender a **lógica da situação**, sem depender dos fatores subjetivos como sentimentos, desejos e pensamentos.

## Batalha no Mar de Bismarck (1943 – II Guerra Mundial)

Exército japonês precisava transferir tropas da China e do Japão para Papua-Nova Guiné.

Tabela 1 – Opções de movimentação do comboio japonês e dos aliados.

| <b>Forças Aliadas</b>         | <b>Comboio Japonês</b>  |                         |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                               | <b>Rota Sul</b>         | <b>Rota Norte</b>       |
| Busca Rota Sul<br>no 1º dia   | 3 dias de<br>bombardeio | 1 dia de<br>bombardeio  |
| Busca Rota<br>Norte no 1º dia | 2 dias de<br>bombardeio | 2 dias de<br>bombardeio |

## Vantagens de estudar a teoria dos jogos

- Ajuda a entender teoricamente o processo de decisão de agentes que interagem entre si, partindo da interação lógica entre eles (Fiani, 2009).
- Ajuda a desenvolver a capacidade de raciocinar estrategicamente, explorando as possibilidades de interação entre os agentes envolvidos (Fiani, 2009).

## Características de um jogo

- Um jogo é um modelo formal.
- Interações.
- Agentes.
- Racionalidade.
- Comportamento estratégico.

## Um Jogo é um modelo formal

Envolve técnicas de descrição e análise, ou seja, existem regras para apresentar e estudar um jogo. O estudo das técnicas é fundamental para a compreensão da teoria envolvida.

## Interações

As ações de cada agente, mesmo consideradas individualmente, afetam os demais.

## Agentes (Jogadores)

Indivíduo ou grupo de indivíduos com capacidade de decisão para afetar os demais.

## Racionalidade

Implica dizer que os indivíduos empregam os meios mais adequados para atingir seus objetivos.

## Comportamento estratégico

Ao tomar uma decisão, cada jogador leva em consideração o fato que os jogadores interagem entre si. As decisões são baseadas no que cada jogador acha que o outro fará.



- Histórico, definições e importância dos jogos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

- Tipos e Representação de jogos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

Fiani, 2009, apresenta a Teoria dos Jogos subdividida em **cinco** categorias.

- Jogo estático de informação completa.
- Jogo dinâmico de informação completa e perfeita.
- Jogo dinâmico de informação completa e imperfeita.
- Jogo repetido finito.
- Jogo repetido infinito.

## Jogo estático de informação completa

As estratégias são realizadas simultaneamente. Um jogador conhece as ações que seu concorrente poderá escolher, mas não tem certeza de qual será.

## Jogo dinâmico de informação completa e perfeita

Os jogadores executam suas ações de forma não simultânea, o próximo jogador tem conhecimento da jogada do anterior. Os movimentos são executados em uma ordem pré-determinada.

## Jogo dinâmico de informação completa e imperfeita

Os jogadores executam suas ações de forma não simultânea, em alguns momentos o próximo jogador tem conhecimento da jogada do anterior, em outros não.

## Jogo repetido finito

Os jogadores sabem quantas rodadas o jogo terá, ou seja, quando terminará. É um tipo de jogo útil quando se quer induzir a cooperação, sendo possível dependendo da estrutura de ganhos do jogo.

## Jogo repetido infinito

Os jogadores **não** sabem quando o jogo terminará. Neste caso existe a possibilidade de cooperação, que fica dependente de quanto cada jogador está disposto a cooperar. Havendo a possibilidade de que um jogador traia o acordo para obter ganhos maiores no curto prazo.



## Modelo de Jogos

O ato de representar um jogo é semelhante ao ato de modelar, pois representa-se uma interação estratégica de forma abstrata, concentrando-se em considerar apenas as informações mais relevantes que levam os **jogadores** a tomarem suas decisões e interagirem estrategicamente.

Portanto o modelo de jogo é uma simplificação de uma realidade muito mais complexa.

## Modelo de Jogos

O modelo deve ser coerente com a forma pela qual se processa a interação estratégica, servindo de guia para o entendimento dos fenômenos envolvidos no âmbito econômico, empresaria e social (Fiani, 2009).

## Modelo de Jogos

Ao modelar um jogo, duas situações se destacam, quando os jogadores conhecem ou não antecipadamente as decisões dos outros jogadores.

## Pontos essenciais para representar um jogo

Relembrando: Os jogos são modelos que representam **interações estratégicas** que são o resultado do reconhecimento por parte dos **jogadores**, de que suas **ações** afetam um ao outro (Fiani, 2009).

## Pontos essenciais para representar um jogo

### Jogador

Indivíduo ou organização que tenha autonomia para tomar decisão em uma interação estratégica. O objetivo de cada jogador é obter o melhor resultado possível, através de sua **ação** ou **movimento**.

## Pontos essenciais para representar um jogo

### Ação ou movimento

Trata-se de uma escolha que o jogador pode fazer em um determinado momento do jogo. Durante um jogo, diversas ações estão disponíveis, o que dá origem ao conjunto de ações para gerar uma **recompensa**.

## Pontos essenciais para representar um jogo

### Recompensa (*payoff*)

É o que todo jogador recebe ao término do jogo, de acordo com suas escolhas e dos demais jogadores.

Na representação do jogo a recompensa é representada como a **função de recompensa**, que é um número de recompensa de cada jogador.

## Jogos simultâneos

Quando um jogador, ao tomar sua decisão, desconhece a decisão dos outros jogadores e todos não se preocupam com as conseqüências futuras de suas decisões, têm-se um **jogo simultâneo**.



## Jogos simultâneos

A maneira mais simples de representar um jogo simultâneo é na **forma estratégica** ou **normal**.

Exemplo: Renovação de empréstimo de dois bancos (Fiani, 2009).

## Renovação de empréstimo de dois bancos

Suponha que, para iniciar suas atividades, uma empresa tomou emprestado 5 milhões de reais em um banco, que chamaremos de Banco A, e em um segundo Banco, o Banco B, mais 5 milhões, perfazendo um total de 10 milhões de reais em empréstimos.

Vamos supor que, em virtude de maus negócios, após um ano de operação, seus ativos se depreciaram significativamente: embora inicialmente a empresa dispusesse de 10 milhões de capital, que correspondiam aos dois empréstimos de 5 milhões, hoje os ativos totais da empresa valeriam apenas **6 milhões**, insuficientes para cobrir o total de empréstimos, de 10 milhões, caso os bancos decidissem cobrá-los. Mais grave ainda, a perspectiva é que a empresa continue operando por apenas mais um ano.

Se os bancos decidirem renovar seus empréstimos, a perspectiva é de que a empresa consiga se manter operando por mais um ano, pagando normalmente os juros a partir de sua receita corrente, no valor de 1 milhão de reais para cada banco. Após isso, a empresa seria provavelmente obrigada a decretar falência. Decretando sua falência, os bancos dividiriam os ativos no valor de 6 milhões de reais, resultando para cada banco, ao final, um total de 4 milhões: 3 milhões da partilha dos ativos da empresa mais 1 milhão do pagamento de juros.

Se um dos bancos decide não renovar o empréstimo, ele recebe integralmente os 5 milhões de volta, mas acelera o processo de falência da empresa, de maneira que, o banco que renovou o empréstimo vai exigir os ativos remanescentes da empresa que será de 1 milhão. A última possibilidade é a que os dois bancos não renovem e exijam seus ativos, recebendo 3 milhões cada, e a empresa decreta falência.

## Renovação de empréstimo de dois bancos

Tabela 1 – Jogo em forma estratégica ou normal.

| <b>Banco A</b>    | <b>Banco B</b> |                   |
|-------------------|----------------|-------------------|
|                   | <b>Renova</b>  | <b>Não Renova</b> |
| <b>Renova</b>     | 4,4            | 1,5               |
| <b>Não Renova</b> | 5,1            | 3,3               |

Estratégia dominante: A e B não renovam.

## Jogos simultâneos na forma normal

Não são adequados para descrever processos de interação que ocorrem em etapas sucessivas, para tanto utiliza-se **jogos seqüenciais**.

## Jogos seqüenciais

Os jogadores tomam decisões baseados nas decisões que os demais concorrentes tiveram no passado. Deve-se pensar nas conseqüências futuras, pois os adversários podem retaliar no futuro. Para tanto, o jogo é representado na **forma estendida**.

O jogo seqüencial deve determinar quem joga primeiro. A representação do jogo fica na forma de **árvore de jogos**.



## Árvore de Jogos

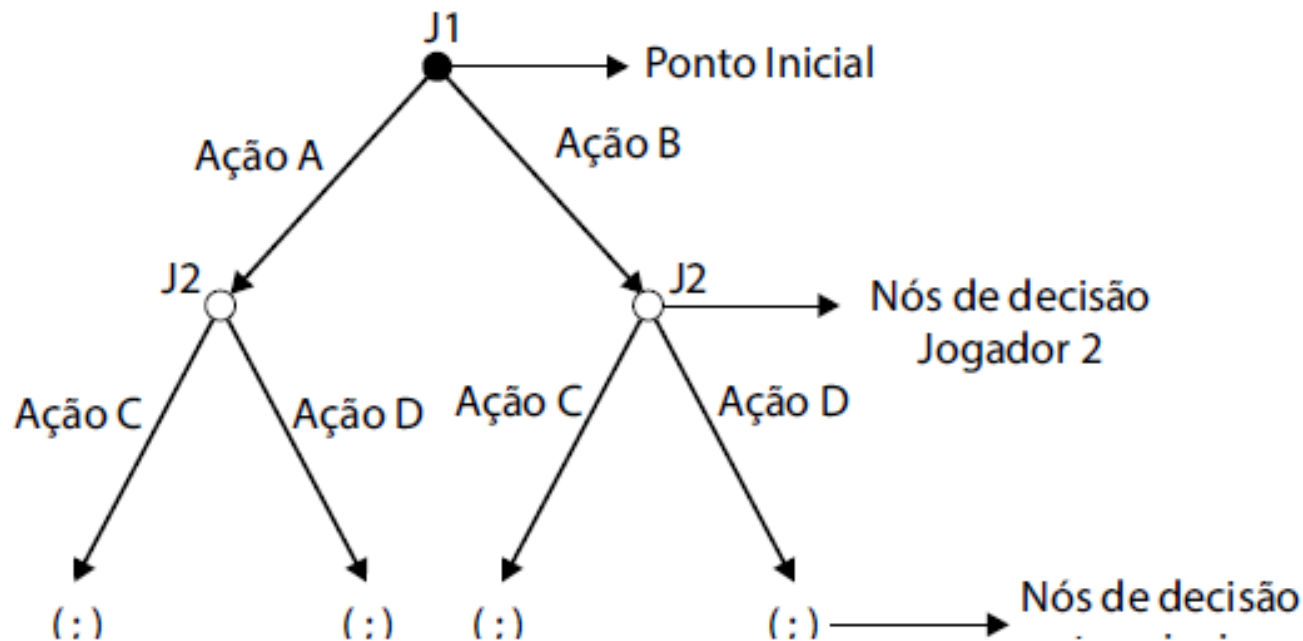


Figura 1 – Representação na forma estendida. Árvore de jogos Fonte: Costa, 2015.

## Árvore de Jogos

É representada por **ramos** e **nós**. Cada nó representa uma etapa do jogo onde se deve tomar uma decisão e o ramo representa uma ação possível de cada jogador.

## Lançamento de novo automóvel

Suponha que uma empresa automobilística ainda não possui um modelo de van no mercado, enquanto sua concorrente já produz um modelo de van bem-sucedido. A empresa que ainda não produz vans tem de decidir se lança, ou não, o seu modelo, pelo que podemos chamar essa empresa de "Inovadora". A empresa que já possui um modelo de van será denominada "Líder", uma vez que lançou seu modelo primeiro.

## Lançamento de novo automóvel

A empresa Líder tem de decidir se mantém o preço de sua van como está ou se reduz esse preço para competir com a van da empresa Inovadora, caso ela efetivamente decida lançá-la. A particularidade nessa situação de interação estratégica é que a Inovadora decide se lançará ou não sua van antes de a Líder decidir se mantém ou reduz o preço do seu próprio modelo. Em outras palavras, a Líder decidirá o que fazer já conhecendo a decisão da Inovadora.

## Lançamento de novo automóvel

Caso a Inovadora decida lançar sua própria van e a empresa Líder reduza o preço da sua, cada empresa obtém um lucro na produção de vans de 2 milhões de reais, uma vez que ambas disputam o mercado acirradamente. Por outro lado, se nessas circunstâncias a Líder decide manter inalterado o preço de sua van, suas vendas se reduzem significativamente e seus lucros caem para 1 milhão, enquanto a Inovadora ocupa mercado e vê seus lucros aumentarem para 4 milhões.

## Lançamento de novo automóvel

A outra possibilidade é que a Inovadora decida não lançar sua van. Nesse caso, a decisão da Líder de reduzir ou não o preço de sua van vai afetar apenas seus lucros (3 milhões em um caso, 4 milhões no outro), mas não os lucros da Inovadora, que não possui um concorrente direto para a van da Líder (nos dois casos seu lucro é de 1 milhão).

## Lançamento de novo automóvel

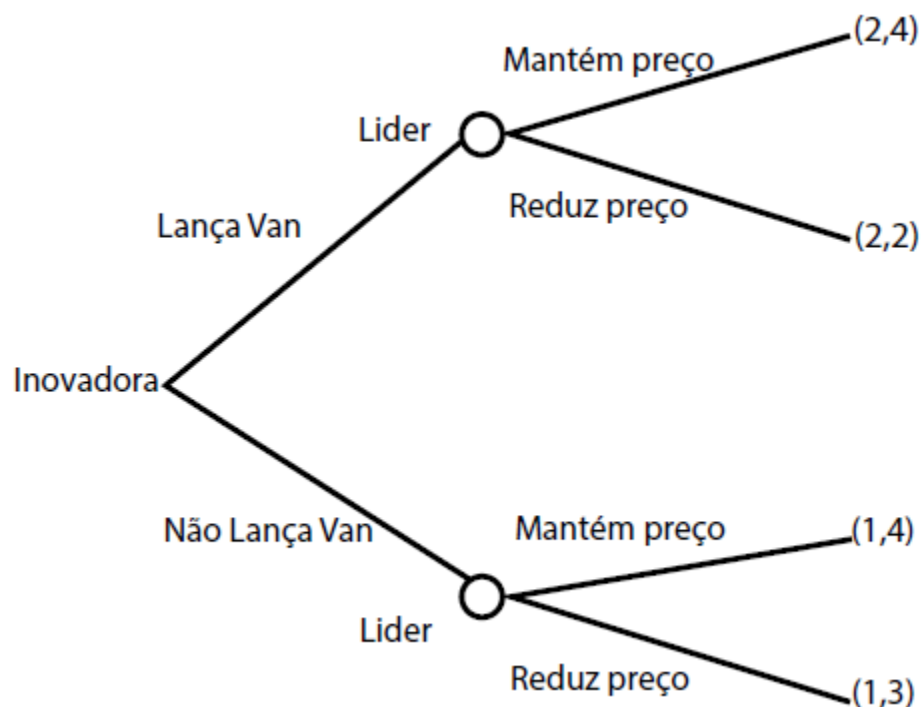


Figura 2 – Representação na forma estendida.  
Fonte: Fiani, 2009.

## Lançamento de novo automóvel

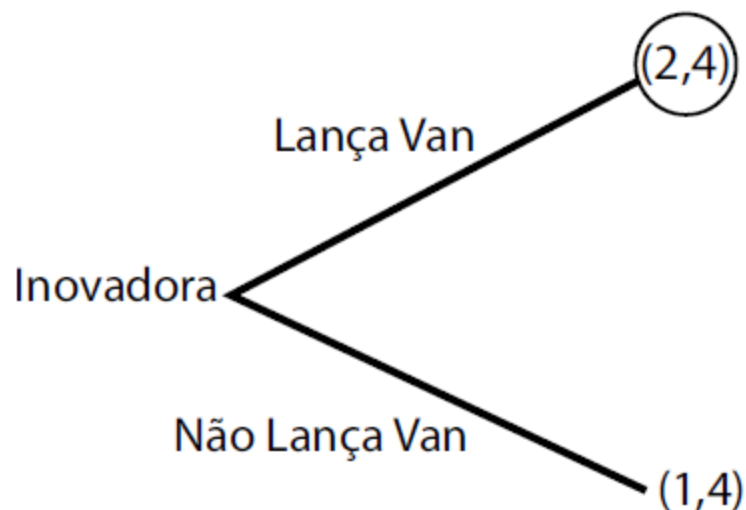


Figura 3 – Estratégia dominante. Fonte: Costa, 2015.



- Tipos e representação de jogos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

- Encontrando melhores respostas estratégicas para jogos simultâneos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

Além de modelar adequadamente um jogo, deve-se jogá-lo adequadamente.

É preciso analisar o jogo e considerar que todo jogador escolhe a estratégia que lhe dá melhores resultados (todos agem **racionalmente**).

Partir do princípio que a estratégia que os jogadores podem adotar e as recompensas recebidas em cada caso são de conhecimento de todos os jogadores (**informação completa**).

Nenhum dos jogadores possui dúvidas sobre qual recompensa os demais irão buscar, com isso, pode-se determinar a combinação de estratégias que os concorrentes poderão adotar.

Surgem então os conceitos de estratégias **dominantes** e **dominadas**.

## Estratégias estritamente dominantes e estritamente dominadas

Existem casos em que uma estratégia se destaca em relação às demais, sendo sempre favorável, independente da opção que se adote. Neste caso a estratégia é chamada de **estritamente dominante**.

Estratégias estritamente dominantes e estritamente dominadas

Exemplo: produção de sabão em pó biodegradável (Fiani, 2009).

A empresa de sabão em pó Limpo tem de decidir se lança, ou não, uma marca biodegradável para competir com o produto biodegradável de sua concorrente, a empresa Bonito. Esta última, por sua vez, tem de decidir se aumenta, ou não, os gastos de propaganda com o seu produto.

## Estratégias estritamente dominantes e estritamente dominadas

Tabela 1 – Lucro das empresas, na forma estratégica.

| <b>Limpo</b>                     | <b>Bonito</b>                   |                                     |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|                                  | Aumentar gastos com publicidade | Não aumentar gastos com publicidade |
| Lançar produto biodegradável     | 5,5                             | 7,3                                 |
| Não lançar produto biodegradável | 2,4                             | 2,7                                 |

Estratégias estritamente dominantes e estritamente dominadas

Exemplo: produção de sabão em pó biodegradável (Fiani, 2009).

Para a empresa Limpo “Lançar o produto biodegradável” é uma estratégia estritamente dominante e “Não lançar o produto biodegradável” é uma estratégia estritamente dominada.



Eliminação iterativa de estratégias estritamente dominadas.

Quando se tem um número grande de alternativas, procura-se as que são estritamente dominadas a fim de simplificar o problema até encontrar a melhor estratégia possível.

Esse procedimento ocorre por meio das rodadas de eliminação de alternativas.

Exemplo: Lançamento de modelo próprio por indústria Automobilística (Fiani, 2009).

Duas empresas, a Carro Novo e a Novo Auto, competem no mercado automobilístico. A empresa Carro Novo já tem seu modelo de utilitário, que é um sucesso, enquanto a Novo Auto ainda não oferece nenhum modelo de utilitário.

A Novo Auto tem três opções: importar o utilitário de sua matriz estrangeira; produzir o utilitário nacionalmente; ou simplesmente permanecer fora do segmento de utilitários, decidindo não competir com a Carro Novo.

Exemplo: Lançamento de modelo próprio por indústria Automobilística (Fiani, 2009).

A empresa Carro Novo pode responder às escolhas da Novo Auto de três formas: mantendo o preço do seu modelo; diminuindo o preço do seu modelo; ou lançando uma nova versão do seu modelo.

Vamos supor que ambas as empresas tomam suas decisões ao mesmo tempo, no momento de finalizar seu planejamento anual, sem conhecer as decisões uma da outra.

Exemplo: Lançamento de modelo próprio por indústria Automobilística (Fiani, 2009).

Tabela 2 – Eliminação iterativa (1ª rodada).

| Novo Auto             | Carro Novo         |              |               |
|-----------------------|--------------------|--------------|---------------|
|                       | Lançar nova versão | Manter preço | Reduzir preço |
| Lançar modelo próprio | 1,4                | 4,1          | 1,3           |
| Importar da Matriz    | 2,2                | 2,1          | 2,3           |
| Não competir          | 1,1                | 0,6          | 1,0           |

Exemplo: Lançamento de modelo próprio por indústria Automobilística (Fiani, 2009).

Tabela 3 – Eliminação iterativa (2ª rodada).

| Novo Auto             | Carro Novo         |              |               |
|-----------------------|--------------------|--------------|---------------|
|                       | Lançar nova versão | Manter preço | Reduzir preço |
| Lançar modelo próprio | 1,4                | 4,1          | 1,3           |
| Importar da Matriz    | 2,2                | 2,1          | 2,3           |

Exemplo: Lançamento de modelo próprio por indústria Automobilística (Fiani, 2009).

Tabela 4 – Eliminação iterativa (3ª rodada).

| Novo Auto             | Carro Novo         |               |
|-----------------------|--------------------|---------------|
|                       | Lançar nova versão | Reduzir preço |
| Lançar modelo próprio | 1,4                | 1,3           |
| Importar da Matriz    | 2,2                | 2,3           |

Exemplo: Lançamento de modelo próprio por indústria Automobilística (Fiani, 2009).

Tabela 4 – Eliminação iterativa (final).

| Novo Auto          | Carro Novo         |               |
|--------------------|--------------------|---------------|
|                    | Lançar nova versão | Reduzir preço |
| Importar da Matriz | 2,2                | 2,3           |

Portanto, a melhor alternativa para Novo Auto é importar e para a Carro Novo, reduzir preço.

## Equilíbrio de Nash

Quando não há uma estratégia estritamente dominante, há necessidade de adotar outra técnica para avaliar a melhor estratégia.

Utiliza-se então o Equilíbrio de Nash.



## Equilíbrio de Nash

Segundo Fiani (2009), uma combinação de estratégias se constitui um equilíbrio de Nash, quando cada estratégia é a melhor resposta possível às estratégias dos demais jogadores, sendo válido para todos os jogadores.

## Equilíbrio de Nash

Exemplo: Prevenção de entrada no mercado nacional (Fiani, 2009).

| <b>Empresa dominante</b> | <b>Entrante potencial</b> |                           |                         |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                          | Não Exporta               | Exporta em pequena escala | Exporta em larga escala |
| Investe                  | 2,1                       | 1,0                       | 0,-1                    |
| Não Investe              | 1,0                       | 2,1                       | -1,2                    |

- Encontrando melhores respostas estratégicas para jogos simultâneos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

- Formulação de estratégias via teoria dos jogos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

# REDE DE VALOR DAS EMPRESAS

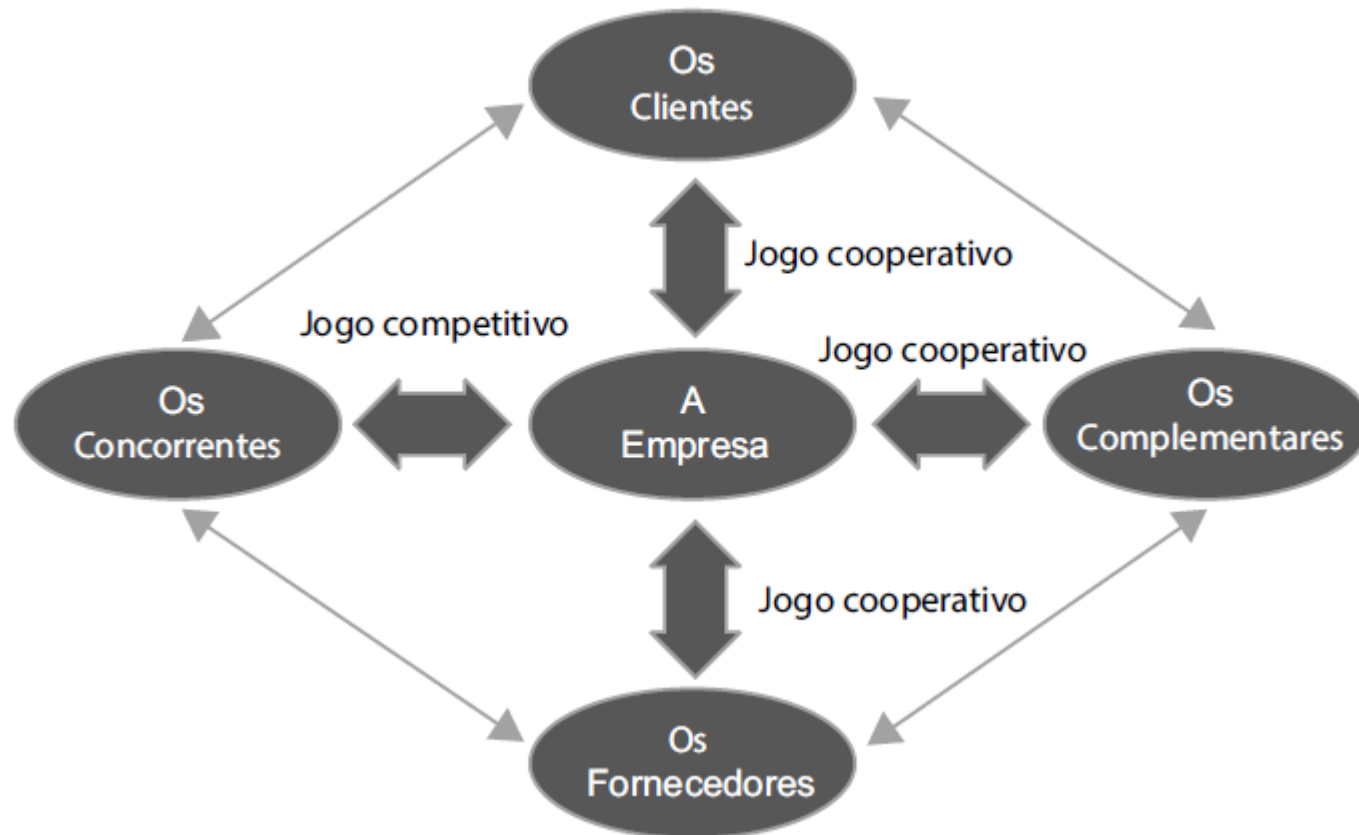


Figura 1 – Rede de valor das empresas. Fonte: Costa (2005).

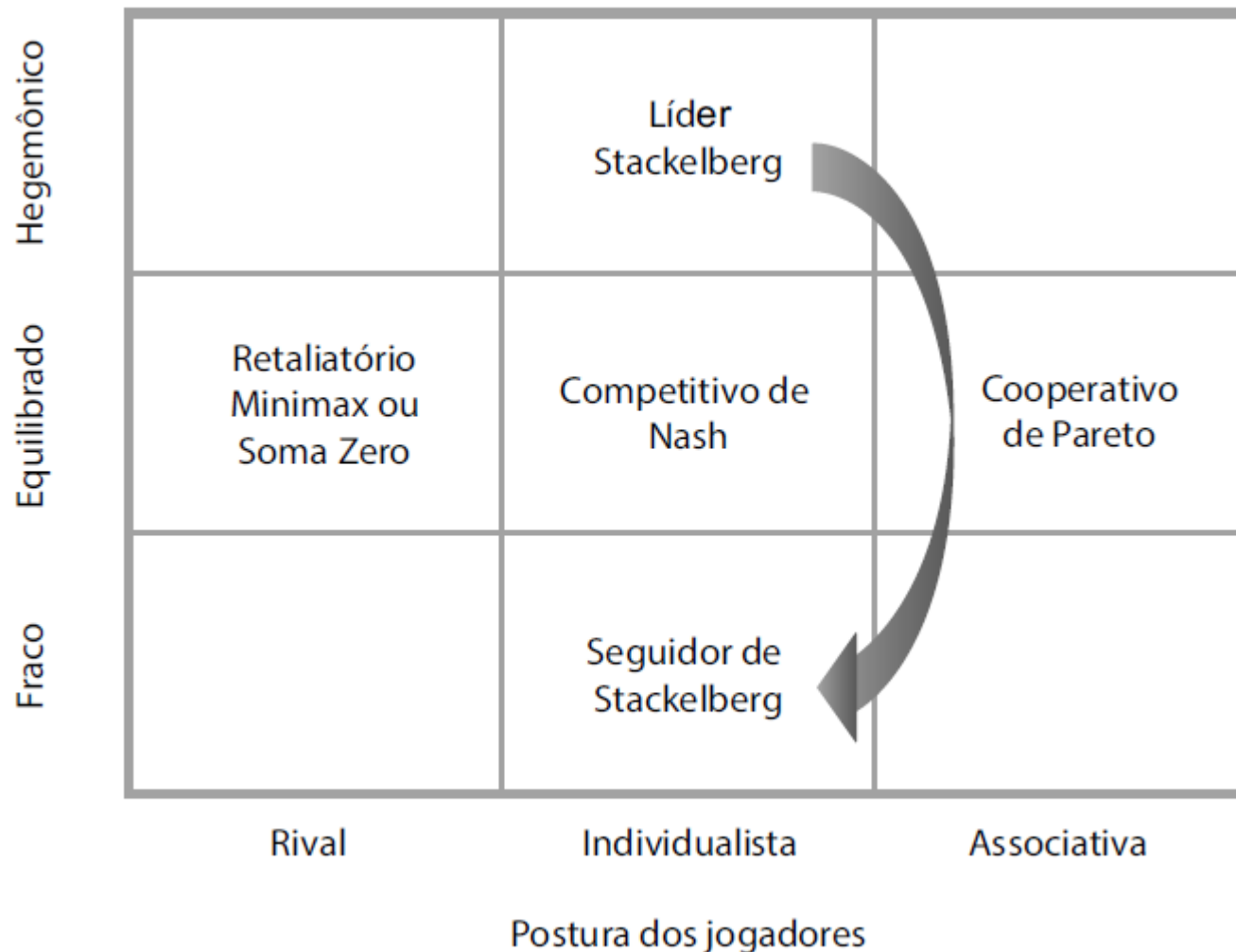


Figura 2 – Matriz de jogos estratégicos. Fonte: Costa (2015).

- Formulação de estratégias via teoria dos jogos

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro

# **Unidade IV: Teoria dos Jogos Aplicada à Estratégia Empresarial**

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro



# Pesquisa Operacional

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro