

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Teoria dos Jogos e sua aplicação em Engenharia de
Produção**

Carlos Vinícius Bindewald

TCC-EP-15-2010

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Teoria dos Jogos e sua aplicação em Engenharia de Produção

Carlos Vinícius Bindewald

TCC-EP-15-2010

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Produção, do Centro de
Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.
Orientador(a): Prof.(^a): MSc. Gislaine Camila
Lapasini Leal

**Maringá - Paraná
2010**

AGRADECIMENTOS

A todos os colegas e familiares que participaram e me motivaram em alguns momentos difíceis de toda essa grande jornada acadêmica.

À Professora Camila, que aceitou me orientar nesta monografia cujo tema não desperta muito interesse por grande parte dos acadêmicos do curso.

RESUMO

A Teoria dos Jogos é um ramo da matemática que começou a ser estudado ainda no século 17, mais que passou a ser bem difundida só no século 20, mais especificamente a partir dos anos 50, com a publicação da Teoria *Non-Cooperative Games* pelo matemático John Nash Forbes Júnior, que mais tarde passou à ser conhecida como Equilíbrio de Nash. Daí em diante, a Teoria dos Jogos que até então era um ramo sempre voltado à matemática e principalmente a economia, passou a ser difundida nas mais diversas áreas do conhecimento. Este trabalho buscou inserir a Teoria dos Jogos em uma das várias áreas que esta passou a ser estudada a partir dos anos 50, neste caso, à Engenharia de Produção. Para isso, utilizou-se o caso da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), que é conhecido por ser um dos maiores cartéis existentes no mundo, e com o estudo, pôde ser percebido que neste caso embora a cooperação mútua seria mais interessante do que a não – cooperação, não é bem o que acontece dentro da Organização, pois, em geral, os interesses individuais se sobressaem perante aos interesses do grupo.

Palavras-chave: Teoria dos Jogos, Equilíbrio de Nash, Cooperação, Não – Cooperação.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 METODOLOGIA	3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 TEORIA DOS JOGOS	5
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS JOGOS	6
2.2.1 <i>Jogos estáticos</i>	6
2.2.2 <i>Jogos Dinâmicos</i>	6
2.2.3 <i>Jogos Fracos e Fortes</i>	6
2.2.4 <i>Jogos determinados e indeterminados</i>	7
2.2.5 <i>Jogos de soma zero e soma não zero</i>	7
2.2.6 <i>Jogos cooperativos e não cooperativos</i>	8
2.2.7 <i>Jogos simétricos e assimétricos</i>	8
2.2.8 <i>Jogos de decisão simultânea e sequencial</i>	9
2.2.9 <i>Jogos de informação completa e incompleta</i>	9
2.2.10 <i>Jogos de informação perfeita e imperfeita</i>	9
2.3 ESTRATÉGIAS DOMINANTES E DOMINADAS	10
2.4 EQUILÍBRIO DE NASH	10
2.5 PRINCIPAIS DILEMAS DE TEORIA DOS JOGOS	10
2.5.1 <i>O dilema dos prisioneiros</i>	11
2.5.2 <i>Chicken Game</i>	12
2.5.3 <i>O jogo do ultimato</i>	13
2.6 APLICAÇÕES DA TEORIA DOS JOGOS.....	13
2.6.1 <i>Aplicações nas Ciências sociais</i>	13
2.6.2 <i>Aplicações na biologia</i>	14
2.6.3 <i>Aplicações em ciências da computação</i>	14
2.7 ESTUDOS DE CASOS	15
2.7.1 <i>Aplicação da Teoria dos jogos para formalizar [...]</i>	15
2.7.2 <i>O equilíbrio de Nash para a solução de um conflito[...]</i>	15
2.8 POSSÍVEIS CENÁRIOS DE APLICAÇÃO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	16
2.9 FERRAMENTAS DE AUXÍLIO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE TEORIA DOS JOGOS	16
2.9.1 <i>Software Gambit</i>	16
2.9.2 <i>Solver Microsoft Excel</i>	18
3 APLICAÇÃO DA TEORIA DOS JOGOS PARA ENG. DE PRODUÇÃO	20
3.1 CRIAÇÃO DA OPEP.....	20
3.2 FUNCIONAMENTO DA OPEP	21
3.3 ALOCAÇÃO DE COTAS E PRODUÇÃO OPEP, PERÍODO JANEIRO/OUTUBRO 2009	21
3.4 PREÇOS DO PETRÓLEO PERÍODO JANEIRO/OUTUBRO 2009	22
3.5 ESTRATÉGIAS DOS JOGADORES.....	27
3.5.1 <i>Arábia Saudita</i>	29
3.5.2 <i>Equador</i>	31
3.5.3 <i>Algéria</i>	32

3.5.4	<i>Angola</i>	34
3.5.5	<i>Irã</i>	35
3.5.6	<i>Kuwait</i>	36
3.5.7	<i>Líbia</i>	38
3.5.8	<i>Nigéria</i>	39
3.5.9	<i>Qatar</i>	41
3.5.10	<i>E.A.U</i>	42
3.5.11	<i>Venezuela</i>	44
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
4.1	CONTRIBUIÇÕES	46
4.2	DIFICULDADES E LIMITAÇÕES.....	46
4.3	TRABALHOS FUTUROS	47
	GLOSSÁRIO	49
	REFERÊNCIAS	50

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MATRIZ DE <i>PAYOFFS</i> DO JOGO DILEMA DO PRISIONEIRO	11
FIGURA 2 – <i>PAYOFFS CHICKEN GAME</i>	12
FIGURA 3 – INTERFACE SOFTWARE GAMBIT, EXEMPLO DE JOGO NA FORMA EXTENSIVA.	17
FIGURA 4 – INTERFACE SOFTWARE GAMBIT, EXEMPLO DE JOGO NA FORMA NORMAL	18
FIGURA 5 – INTERFACE SOLVER, MICROSOFT EXCEL	19
FIGURA 6 – PREÇOS PETRÓLEO , PERÍODO JANEIRO/OUTUBRO 2009	25
FIGURA 7 – COTAS DE PRODUÇÃO EM PORCENTUAIS 2009.....	26
FIGURA 8 – ARÁBIA SAUDITA x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	30
FIGURA 9 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO ARÁBIA SAUDITA x DEMAIS PAÍSES	30
FIGURA 10 – EQUADOR x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	31
FIGURA 11 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO EQUADOR x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	32
FIGURA 12 – ALGÉRIA x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	33
FIGURA 13 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO ALGÉRIA x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	33
FIGURA 14 – ANGOLA x DEMAIS PAÍSES OPEP	34
FIGURA 15 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO ANGOLA x DEMAIS PAÍSES OPEP	34
FIGURA 16 – IRÃ x DEMAIS PAÍSES OPEP.	35
FIGURA 17 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO IRÃ x DEMAIS PAÍSES OPEP	36
FIGURA 18 – KUWAIT x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	37
FIGURA 19 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO KUWAIT x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	37
FIGURA 20 – LÍBIA x DEMAIS PAÍSES OPEP	38
FIGURA 21 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO LÍBIA x DEMAIS PAÍSES OPEP.	39
FIGURA 22 – NIGÉRIA x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	40
FIGURA 23 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO NIGÉRIA x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	40
FIGURA 24 – QATAR x DEMAIS PAÍSES OPEP	41
FIGURA 25 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO QATAR x DEMAIS PAÍSES OPEP	42
FIGURA 26 – E.A.U x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	43
FIGURA 27 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO E.A.U x DEMAIS PAÍSES OPEP	43
FIGURA 28 – VENEZUELA x DEMAIS PAÍSES OPEP	44
FIGURA 29 – EQUILÍBRIO DE NASH, JOGO VENEZUELA x DEMAIS PAÍSES OPEP.....	45

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – COOPERAÇÃO/NÃO-COOPERAÇÃO JANEIRO/OUTUBRO 2009.....	27
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COTAS DE PRODUÇÃO, PERÍODO JANEIRO/OUTUBRO 2009	22
TABELA 2 – PRODUÇÃO, PERÍODO JANEIRO/OUTUBRO 2009	22
TABELA 3 – PREÇOS PETRÓLEO, PERÍODO JANEIRO/OUTUBRO 2009	25
TABELA 4 – PRODUÇÃO ACIMA DA COTA	28
TABELA 5 – RECEITA JOGO ARÁBIA SAUDITA x DEMAIS PAÍSES OPEP	30
TABELA 6 – RECEITA JOGO EQUADOR x DEMAIS PAÍSES OPEP	32
TABELA 7 – RECEITA JOGO ALGÉRIA x DEMAIS PAÍSES OPEP	33
TABELA 8 – RECEITA JOGO ANGOLA x DEMAIS PAÍSES OPEP	34
TABELA 9 – RECEITA JOGO IRÃ x DEMAIS PAÍSES OPEP	35
TABELA 10 – RECEITA JOGO KUWAIT x DEMAIS PAÍSES OPEP9	37
TABELA 11 – RECEITA JOGO LÍBIA x DEMAIS PAÍSES OPEP	38
TABELA 12 – RECEITA JOGO NIGÉRIA x DEMAIS PAÍSES OPEP	40
TABELA 13 – RECEITA JOGO QATAR x DEMAIS PAÍSES OPEP	41
TABELA 14 – RECEITA JOGO E.A.U x DEMAIS PAÍSES OPEP	43
TABELA 15 – RECEITA JOGO VENEZUELA x DEMAIS PAÍSES OPEP	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GNV Gás Natural Veicular

OPEP Organização dos Países Exportadores de Petróleo

1 INTRODUÇÃO

A teoria dos jogos nasceu como um campo dentro da “Matemática aplicada”, onde se estudam situações estratégicas em que jogadores escolhem diferentes ações na tentativa de melhorarem seu retorno. Os primeiros estudos referentes ao assunto remontam ao século 17, quando Pierre de Fermat e Blaise Pascal através de estudos de probabilidade, desenvolveram a teoria da probabilidade em jogos de azar utilizando regras matemáticas. Depois mais tarde, já no século 19, o matemático francês Antoine Augustin Cournot com um estudo da análise do ponto de equilíbrio nas estratégias de jogos, formalizou um conceito específico de equilíbrio, ou seja, aplicados em casos particulares, que mais tarde foi generalizado por John Forbes Nash Jr. (ALMEIDA, 2006).

Mais ainda de acordo com Almeida (2006), considera-se como sendo o início da Teoria dos Jogos (já no século 20), quando John Von Neumann, matemático húngaro-americano, provou o teorema *minimax*, que dizia que há sempre uma solução racional para um conflito bem definido entre dois indivíduos cujos interesses são completamente opostos.

Alguns anos mais tarde, mais precisamente no ano de 1944, John Von Neumann junta seus estudos com os estudos do economista alemão Oskar Morgenstern que publicara alguns anos antes sua obra **Implicações Quantitativas do comportamento do Máximo**, em que se expunha que *o “máximo depende diretamente da interação entre os indivíduos e indiretamente do meio no qual os indivíduos interagem”*, e publicam a obra *The Theory of Games and Economics Behavior* (Teoria dos Jogos e Comportamento Econômico), que passa a ser um marco fundamental no estudo de Teoria dos Jogos pois, além de desenvolver uma teoria de jogos para mais participantes, afirma que o comportamento da economia depende, fundamentalmente, da interação entre os agentes, já que ele afeta diretamente a elaboração de estratégias e tomadas de decisão dos produtores e dos consumidores (ALMEIDA, 2006).

Já no ano de 1951, acontece outro grande marco no estudo de Teoria dos Jogos, com a publicação da tese *Non-Cooperative Games* (Jogos Não-Cooperativos) pelo matemático John Forbes Nash Junior, Nash provou a existência de ao menos um ponto de equilíbrio

em jogos de estratégias para múltiplos jogadores, mas para que ocorra o equilíbrio é necessário que os jogadores se comportem racionalmente e não se comuniquem antes do jogo para evitar acordos. Ficando conhecida mais tarde como *Equilíbrio de Nash*.

Neste início, a Teoria dos Jogos era utilizada apenas pela economia para entender o funcionamento do mercado. Com o passar dos anos, ela foi sendo difundida nas mais diferentes áreas, como: ciência política, ética, economia, engenharia, filosofia, jornalismo, e recentemente na ciência da computação, onde é utilizada em estudos dentro da inteligência artificial.

Este trabalho foca em uma das áreas citadas acima, neste caso engenharia, mais precisamente em Engenharia de Produção, buscando formas da utilização da Teoria dos Jogos nesta área.

1.1 Justificativa

Em jogos de estratégia, prever como os jogadores reagirão aos movimentos e antecipar-se as suas próximas ações constitui uma enorme vantagem. Sendo assim e, imaginando-se um “jogo” onde as empresas seriam os “jogadores” em busca de um “prêmio”, sendo este a liderança do mercado ao qual disputam, a Teoria dos jogos adquire grande importância, pois visa permitir a identificação das estratégias mais adequadas a se tomar, de acordo com a movimentação da concorrência.

A Teoria dos Jogos é uma área diretamente ligada à Engenharia de Produção, mais mesmo assim, encontra-se pouco na literatura especificamente sobre esta ligação. Neste sentido, buscar meios de utilização desta teoria dentro da Engenharia de Produção é de grande valia.

1.2 Definição e delimitação do problema

A pesquisa teve como premissa básica, inserir a Teoria dos Jogos no contexto da Engenharia de Produção, tendo como auxílio, livros, publicações, pesquisas na internet, trabalhos em geral, referentes ao assunto Teoria dos Jogos, mesmo quando esta esteja sendo utilizada em outra área que não seja Engenharia de Produção.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Estudar a aplicação de Teoria dos Jogos em Engenharia de Produção.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Estudar a “Teoria dos Jogos” e seus fundamentos.
- Investigar possíveis cenários de aplicação da “Teoria dos Jogos” na Engenharia de Produção.
- Buscar por ferramentas que possam auxiliar na resolução de problemas.
- Fazer análises comparativas entre vantagens e desvantagens da utilização da “Teoria dos Jogos”.

1.4 Metodologia

Segundo Gil (2007) essa pesquisa caracteriza-se quanto à natureza como sendo uma pesquisa básica, pois ela não visa apenas adquirir conhecimento sobre um assunto mas também, deseja-se aplicar o conhecimento adquirido na resolução do problema, que neste caso, consiste em utilizar a Teoria dos Jogos dentro da Engenharia de Produção. Ainda segundo Gil (2007), esta pesquisa tem um caráter de Exploratória e também Bibliográfica, pois com ela busca-se maior familiaridade com o problema utilizando-se como base livros e artigos científicos já publicados anteriormente sobre o tema.

As etapas para o desenvolvimento do trabalho foram:

1. Revisão bibliográfica dos conceitos que subsidiam o desenvolvimento desta proposta.
2. Definir ferramentas para a resolução de problemas de teoria dos jogos.
3. Definir os cenários de aplicação no contexto da Engenharia de Produção.

4. Resolução dos problemas expostos pelos cenários utilizando as ferramentas.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho, se divide em quatro capítulos, sendo que no Capítulo 1, têm-se uma breve introdução à respeito do que é, quando surgiu a Teoria dos Jogos e também, os objetivos do trabalho e as justificativas para o desenvolvimento do mesmo.

O Capítulo 2, se destina a mostrar todo o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento do trabalho, focando nos diversos tipos de jogos existentes dentro da Teoria dos jogos.

Já o Capítulo 3, mostra a utilização da Teoria dos Jogos em um problema de Engenharia de Produção, sendo este, um problema relacionada à produção de petróleo pelos membros integrantes da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

Por fim, no Capítulo 4, as considerações finais sobre o trabalho, e também algumas sugestões de trabalhos futuros relacionadas ao tema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta os conceitos que fundamentam o desenvolvimento deste trabalho. Na Seção 2.1, uma breve definição do que é Teoria dos Jogos, também colocando alguns conceitos fundamentais para o entendimento. E na Seção 2.2, a explicação dos diferentes tipos em que os jogos podem ser classificados.

2.1 Teoria dos Jogos

Segundo Tavares (2008, p. 10), a Teoria dos Jogos é definida como sendo “uma análise quantitativa de qualquer situação que envolva pelo menos duas partes em conflito, com o objetivo de indicar as estratégias ótimas para cada uma delas e alcançar os melhores resultados possíveis”. Já Abrantes (2004, p.17), caracteriza a Teoria dos Jogos como “a representação de uma situação problemática, implicando personagens que tem um papel determinado”. Almeida (2006, p.1) por sua vez descreve o assunto abordado como “A teoria dos jogos tem a finalidade de prever os movimentos dos outros jogadores, sejam eles concorrentes ou aliados, através dessa teoria os jogadores se posicionam da melhor forma para obter o resultado desejado”.

De uma forma geral, os autores citados indicam que a Teoria dos Jogos, estuda o possível comportamento de dois ou mais jogadores, quando estes se encontram em conflito buscando um objetivo em comum, para que assim, mostre as melhores estratégias a serem tomadas.

O entendimento das Seções a seguir, passa a ser necessária a explicação dos seguintes conceitos:

- **Jogadores** - Em Teoria dos Jogos, definem-se jogadores como, todos os que participam do jogo e que podem afetar o resultado deste.
- **Estratégias** - As estratégias, definem o plano de ação a ser executado, ou seja, que caminho deve ser seguido para se atingir determinado resultado.

- *Payoffs* - Em Teoria dos Jogos, “*payoffs*” são os “ganhos” ou “perdas” que determinada estratégia poderá trazer.

2.2 Classificação dos jogos

No estudo de Teoria dos Jogos, os jogos podem se apresentar de variadas formas.

Nas próximas seções, serão explicadas cada uma dessas diferentes formas de jogos, juntamente com exemplos, sendo que alguns destes, “O Dilema dos Prisioneiros”, “*Chicken Game*” e o “Jogo do Ultimato” serão melhor explicados nas seções 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3 respectivamente.

2.2.1 Jogos Estáticos

Os jogos estáticos são os jogos aonde, ocorre apenas uma interação entre os jogadores, ou seja, existe apenas uma oportunidade para os jogadores se confrontarem. Um exemplo de jogo estático seria o “par-ou-ímpar” (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.2 Jogos Dinâmicos

Quando o jogo pode possuir mais de uma rodada, ele pode ser caracterizado como “jogo dinâmico”. Nesse tipo de jogo, os adversários podem se enfrentar em duas ou mais rodadas. Exemplos de jogos dinâmicos são o Xadrez, Dama, Pôquer (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.3 Jogos Fracos e Fortes

Segundo Barrientos Junior (2006), a classificação em jogos fortes ou fracos, se dá na seguinte forma:

- Em jogos fortes, a principal característica, é de que o jogador é forçado a participar do jogo, ou seja, é um tipo de jogo em que não se escolhe participar ou não participar. Por exemplo, a interação com vizinhos, seria um exemplo de “jogo forte”.
- Já os “jogos fracos”, esses permitem a escolha, ou seja, o jogador pode desistir em uma certa rodada do jogo. “Jogos fracos” poderiam ser, por exemplo, a loteria ou o pôquer onde se pode desistir de certa mão durante o jogo.

2.2.4 Jogos Determinados e Indeterminados

Jogos determinados são os jogos em que sempre existe uma melhor maneira de jogar, cada jogada depende apenas do conhecimento do jogador em relação ao jogo. Jogos como Damas, Xadrez e Jogo da Velha, são exemplos de jogos determinados. Supondo um jogo de xadrez, no qual os jogadores tivessem conhecimento pleno de todas as jogadas possíveis, o único resultado possível do jogo, seria o empate.

Já em um jogo indeterminado, o conhecimento do jogo não garante a vitória, esta dependerá de outros fatores. O pôquer, por exemplo, é um jogo indeterminado, pois, mesmo o jogador tendo total conhecimento do jogo, isto não lhe garante a vitória, o seu adversário pode ter em mãos melhores cartas (no caso do pôquer, um melhor agrupamento de cartas), que pode trazer ao seu adversário a vitória.

Outra característica de um jogo indeterminado, é de não conseguir se prever quais serão às rodadas seguintes. Retomando o exemplo do pôquer, o resultado de uma rodada não influencia o que irá acontecer na outra, pois, cada rodada é um “novo jogo” no sentido de que, em cada rodada, as cartas são distribuídas novamente, gerando sempre um novo cenário (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.5 Jogos de Soma-Zero e Soma não-zero

Em um Jogo de soma-zero, a soma dos *payoffs* dos jogadores, sempre é zero. Por exemplo em um jogo de xadrez, o *payoff* do vencedor seria “1”, enquanto que o do perdedor seria “-1”.

Já em um jogo de soma não-zero, a soma dos *payoffs* dos jogadores sempre resulta em um valor diferente de zero, podendo este valor ser positivo ou negativo. Por exemplo, no “Dilema dos Prisioneiros” (vide seção 2.5.1), onde o *payoff* total é 2 anos de prisão (-2) se ambos ficam em silêncio e 4 anos (-4) se os dois prisioneiros confessam (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.6 Jogos Cooperativos e Não Cooperativos

Em um Jogo Cooperativo, é feito um tipo de “acordo” entre os jogadores, trazendo-se assim bons resultados, porém não o melhor resultado possível, a todos enquanto estiverem cooperando. Um exemplo de cooperação pode ser o que acontece no mercado de combustíveis, quando os donos dos postos fazem o chamado “cartel”, onde os preços dos combustíveis são igualados, fazendo com que o consumidor não tenha escolha, e acabe sempre abastecendo no primeiro posto que encontrar.

Já nos jogos não-cooperativos cada jogador escolhe a estratégia que ache melhor, visando sempre o melhor resultado para si. Continuando com o exemplo acima, dos postos de gasolina, se em um determinado momento do jogo, se um dos jogadores resolvesse não mais cooperar, este poderia, por exemplo, abaixar o preço de seus combustíveis, atraindo toda a demanda de combustíveis para o seu posto, possibilitando assim, maiores vendas (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.7 Jogos Simétricos e Assimétricos

Um jogo simétrico é aquele no qual os *payoffs* para os jogadores em uma estratégia particular dependem somente da estratégia escolhida, e não de quem está jogando. Se as identidades dos jogadores puderem ser trocadas sem alterar os *payoffs* obtidos pela aplicação das suas estratégias, então este é um jogo simétrico. O *Chicken Game* (vide seção 2.5.2) é um exemplo de jogo simétrico, pois não importa quem são os jogadores, os *payoffs* obtidos pela aplicação das estratégias serão os mesmos independentes de quem são os jogadores.

Jogos assimétricos por sua vez, são os jogos onde existem grupos de estratégias diferentes para cada jogador. Por exemplo, o jogo do ultimato tem estratégias diferentes para ambos os jogadores. É possível, contudo, para jogos que tenham estratégias idênticas para ambos os jogadores, que ainda assim sejam assimétricos. Por exemplo, o jogo representado na figura à direita é assimétrico, a despeito de possuir estratégias idênticas para ambos os jogadores (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.8 Jogos de Decisão Simultânea e Seqüencial

Nos jogos de decisão simultânea, ambos os jogadores executam suas decisões ao mesmo tempo. Sendo assim, o jogador não tem conhecimento das ações anteriores para que então possa definir uma estratégia. Exemplos de jogos de Decisão Simultânea são: Par-ou-ímpar e Pedra Papel e Tesoura, em que ambos os jogadores executam suas decisões ao mesmo tempo. Um Jogador não tem conhecimento das ações anteriores do seu oponente, para que se assuma o aspecto de simultaneidade. Todo jogo estático é de decisão simultânea.

Já em jogos seqüenciais, cada jogador faz sua jogada somente após seu adversário jogar. Xadrez e Dama são exemplos de jogos seqüenciais, pois, cada jogador sempre espera à jogada do adversário para então fazer sua jogada (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.9 Jogos de Informação Completa e Incompleta

Caracteriza-se por Jogo de Informação completa, o jogo aonde o jogador tem à sua disposição todas as informações de *payoffs* e estratégias disponíveis. “O Dilema dos Prisioneiros” (vide seção 2.5.1), é um caso de jogo de informação completa, pois, o jogador tem a informação dos *payoffs* que cada combinação de ação dos jogadores pode retornar.

Já em um jogo de informação incompleta, não é possível se saber ao certo quais serão os *payoffs* resultantes de cada ação tomada. Exemplo deste tipo de jogo, um leilão de ofertas secretas, onde não sabemos exatamente quais as ofertas que os adversários farão, por não os conhecermos bem, e o que eles ganharão (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.2.10 Jogos de Informação Perfeita e Imperfeita

Em Jogos de informação perfeita, os jogadores têm à sua disposição todas as jogadas previamente escolhidas pelo(s) adversário(s). Sendo assim, apenas jogos seqüenciais podem ser de informação perfeita, pois em jogos simultâneos, não há a possibilidade de se saber as jogadas anteriores dos adversários. Xadrez e damas são exemplos de jogos de informação perfeita.

Em contrapartida, Jogos de informação imperfeita, são os jogos onde não é possível saber as ações anteriores do(s) adversário(s). Jogos simultâneos como “par-ou-ímpar”, é um exemplo de jogo de informação imperfeita (BARRIENTOS JÚNIOR, 2006).

2.3 Estratégias Dominantes e Dominadas

No estudo de Teoria dos Jogos, estratégias dominadas e dominantes, são termos fundamentais para o entendimento do assunto.

Segundo Tavares (2008), uma estratégia é considerada como sendo “Estratégia dominante”, quando esta traz os maiores *payoffs* se comparada às outras estratégias, qualquer que seja a estratégia escolhida pelos demais jogadores.

Conseqüentemente, “Estratégia dominada” é a estratégia que trará os piores *payoffs* na comparação com as demais estratégias.

2.4 O Equilíbrio de Nash

Em Teoria dos Jogos, um conceito muito importante é o do “Equilíbrio de Nash”, que é como ficou conhecida a teoria publicada no artigo *Equilibrium Point in n-person Games* em 1949 por John Forbes Nash Jr.

Nash neste artigo buscava encontrar uma solução para um jogo com n participantes, onde em determinado momento do jogo, nenhum jogador poderia melhorar a sua situação dada à estratégia seguida pelo(s) seu(s) adversário(s). Como melhor descrito por Bierman e Fernandez (1998), “quando o resultado encontrado for a melhor resposta possível de cada jogador às estratégias dos demais, considera-se que foi encontrado o equilíbrio de Nash para o jogo”.

2.5 Principais Dilemas da Teoria dos Jogos

Para o estudo de Teoria dos Jogos, existem 3 principais tipos de dilemas, “O Dilema do Prisioneiro”, “*Chicken Game*” (também chamado de “o jogo do medroso” ou “jogo da

galinha”) e o “Jogo do Ultimato”. Estes três dilemas são os mais utilizados em Teoria dos Jogos, sendo adaptados as mais diversas situações.

Abaixo, são explicados cada um desses três dilemas, utilizando-se também os conceitos descritos nas seções 2.3, 2.4 e 2.5.

2.5.1 O Dilema do Prisioneiro

O Dilema do Prisioneiro é um exemplo de jogo largamente difundido nos manuais de microeconomia e teoria dos jogos, como exemplo de jogo estático de informação completa. Nele, dois suspeitos são presos pela polícia; esta não possui evidência suficiente para condená-los, a menos que um deles confesse o crime. Os suspeitos são então mantidos em celas separadas e a polícia lhes explica as conseqüências das ações que eles podem tomar que, juntas, representam os perfis de estratégias do jogo. O ato de explicar as conseqüências são as regras do jogo. Caso nenhum dos suspeitos confesse, ambos serão sentenciados a um crime de pouca gravidade e pegarão um ano de cadeia. Se ambos confessam, serão sentenciados a dois anos de cadeia. Porém, se somente um deles confessar, este será imediatamente liberado e o outro será sentenciado e três anos de cadeia, sendo dois pelo crime e mais um por obstruir a justiça.

Os prisioneiros decidem o que fazer separadamente, sem saber da decisão do outro; daí o caráter estático do jogo. Também é um jogo de informação completa, porque ambos conhecem a punição (ou *payoff*) que cada um receberá com base no perfil de estratégias que for selecionado.

O jogo Dilema dos Prisioneiros, com base nessas propriedades, pode ser representado na sua forma normal pela seguinte matriz de *payoffs*:

		Prisioneiro 2	
		Confessar	Não Confessar
Prisioneiro 1	Confessar	-2; -2	0; -3
	Não Confessar	-3; 0	-1; -1

Figura 1: Matriz de *payoffs* do jogo dilema do prisioneiro

Na matriz anterior, os *payoffs* de cada jogador (prisioneiro) são representados pelo número de anos de sentença. O equilíbrio de Nash do jogo é o perfil de estratégias (Confessar; Confessar), porém, pode ser observado que (Não Confessar; Não Confessar) conduz a um resultado, onde os *payoffs* individuais são simultaneamente mais eficientes para ambos os jogadores. O

fato é que a estratégia Não Confessar é estritamente dominada pela estratégia Confessar, de modo que ela não é jogada. Na figura anterior, com os valores representados na matriz de *payoffs*, isso fica claro, uma vez que nenhum dos prisioneiros irá arriscar-se a escolher a estratégia Não Confessar, porque eles não têm nenhuma garantia ou informação de que o outro fará o mesmo. Caso o outro prisioneiro escolha Confessar, o prisioneiro que não confessou acabará numa situação de prejuízo superior àquela correspondente ao equilíbrio de Nash do jogo. Quando, nas aplicações financeiras da teoria dos jogos, duas empresas fazem o papel dos prisioneiros, para sair da situação do Dilema dos Prisioneiros seria necessário que ambas formassem um acordo de cooperação no sentido de selecionarem o perfil de estratégias mais eficiente para ambas simultaneamente em termos de geração de lucros. Ainda em relação à matriz de *payoffs* da figura anterior, caso os valores zero, -1, -2 e -3 fossem substituídos por A, B, C e D, respectivamente, qualquer jogo em que $A > B > C > D$ representaria uma situação de Dilema do Prisioneiro.

Outra propriedade importante do jogo Dilema do Prisioneiro, na forma representada na Figura 1, é a sua simetria, uma vez que:

$$\Pi_1(S_1;S_2) = \Pi_2(S_2;S_1)$$

onde, Π_i representa o *payoff* do jogador i e S_i a estratégia escolhida pelo jogador i (SILVA ROCHA, 2008, p. 513-515).

2.5.2 Chicken Game

Nesse jogo dois motoristas, 1 e 2, se encontram em um estrada. Naquele lugar específico, há uma ponte estreita, de modo que apenas um veículo passa de cada vez. Logo, cada um pode avançar ou esperar o outro passar primeiro. Se algum dos jogadores, 1 por exemplo, avança e o outro espera, ele segue sua viagem e o outro espera um pouco mais - e vice-versa. Mas se ele avança e o oponente também, então há uma colisão e ambos perdem. O jogo é representado na matriz de *payoffs* abaixo:

		Motorista 2	
		Avança	Espera
Motorista 1	Avança	-5, -5	5, 0
	Espera	0, 5	1, 1

Figura 2 – Payoffs chicken game

(HANDAN; ORNELAS, 2006, P. 16)

2.5.3 O Jogo do Ultimato

No *jogo do ultimato* dois jogadores são convidados a dividir uma determinada quantia em dinheiro. Um deles, o *proponente*, é o que fará uma oferta ao outro, o *que responde*. Se o *que responde* aceita a oferta, o dinheiro é dividido de acordo com a proposta. Se o *que responde* rejeita a oferta ambos os jogadores não recebem nada. A solução puramente racional é o *proponente* oferecer o menor valor possível e o *que responde* aceitá-lo. Afinal de contas, receber um valor muito baixo é melhor do que receber nada. Os jogadores são esclarecidos que só participarão do jogo uma única vez e que não é possível *barganhar*, ou seja, uma vez feita a oferta pelo *proponente*, cabe ao *que responde* dizer se aceita ou não. (FONSECA, 2004, p.27)

2.6 Aplicações da Teoria dos Jogos

Como já mencionado anteriormente, a Teoria dos Jogos, é aplicada às mais diversas áreas.

Nas próximas seções serão apresentados casos de aplicação nas três grandes áreas do conhecimento, humanas, biológicas e exatas (Seções 2.6.1, 2.6.2 e 2.6.3 respectivamente).

Depois, nas Seções 2.6.4 e 2.6.5, dois casos bem específicos de utilização da Teoria dos Jogos.

2.6.1 Aplicação nas Ciências Sociais

Em seu artigo “Teoria dos Jogos e Relações Internacionais”, Tellez (2008) procura inserir a Teoria dos Jogos no contexto das Ciências Sociais.

O autor mostra a utilização de modelagens matemáticas para os problemas de Relações Internacionais, pois tais modelos podem trazer uma melhor compreensão qualitativa e

quantitativa de diversos fenômenos e construções teóricas, devido principalmente ao seu rigor analítico, à sua capacidade de síntese e ao seu poder de previsão.

Como conclusões, o autor percebe que na modelagem matemática de processos que ocorrem nas ciências sociais, deixam-se de lado fatores subjetivos e psicológicos mesmo sabendo que esses fatores exercem muita influência. Mais mesmo assim, tais modelos apresentam implicações significativas na análise formal dos processos de tomada de decisões, na previsão de situações de conflito e no tratamento qualitativo de construções teóricas.

2.6.2 Aplicação na Biologia

Almeida (2006), com seu artigo “Teoria dos Jogos: As origens e os fundamentos da Teoria dos Jogos” exemplifica um jogo cooperativo para o nascimento de um bebê, onde os jogadores seriam os genes, pois cada gene sozinho não consegue nada, ou seja, os genes precisam cooperar, e ainda necessitam-se da cooperação de outros jogadores, como por exemplo, o jogador “fonte de alimento”, para que dessa forma, se consiga o resultado esperado deste jogo, que seria o nascimento do bebê

2.6.3 Aplicação em Ciências da Computação

Em seu trabalho, Waghbi e Benevides (2009) discutem a ligação entre campos da Teoria dos Jogos com os modelos ocultos de Markov, utilizando-se algoritmos genéticos para tanto.

Com o estudo, os autores através de algoritmos, conseguem determinar as possibilidades presentes e futuras do jogo concedendo vantagens estratégicas aos participantes, sendo que tal modelo pode ser treinado continuamente a partir de observações (estratégias) colhidas do jogo, atualizando as matrizes para um estado mais atual do jogo e aumentando sua eficiência.

2.7 Estudos de Caso

A seguir são apresentados dois estudos de caso bem específicos em que se utilizou à Teoria dos Jogos.

2.7.1 “Aplicação da teoria dos jogos para formalizar a estratégia do uso do gás natural veicular em táxi na Paraíba.”

Através da Teoria dos Jogos, Cabral (2006) procura responder a indagação sobre a utilização do GNV (Gás Natural Veicular) como insumo para uma decisão estratégica de custo para o segmento Táxi, no curto e no longo prazo.

Para calcular os *payoffs* ou prêmios neste jogo, fez-se uma simulação que no futuro com a política favorável, o GNV permaneceria com os preços do curto prazo, para a política desfavorável, o preço do GNV aumentaria e se equipararia ao preço do álcool.

Como resultados, a autora constata que para um jogo estático e simultâneo, representante da análise de curto prazo, foi encontrado um Equilíbrio de Nash tendo como estratégia dominante o uso do GNV.

Já para a análise de longo prazo, o jogo passou a ser imprevisível, pois depende muito da política de preços adotada pelo governo.

2.7.2 “O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão”

Neste artigo técnico, Leoneti, et al. (2010), através de Teoria dos Jogos, buscam uma solução para o conflito entre eficiência e o custo nas escolhas do sistema de tratamento de esgoto sanitário.

Objetivo desta pesquisa era encontrar o equilíbrio de Nash para propor uma solução para o conflito entre a eficiência e o custo nas escolhas do sistema de tratamento de esgoto sanitário.

Para se chegar aos *payoffs* utilizados, levaram-se em consideração diversos tipos de tratamentos de esgoto, cada um com seus respectivos custo e eficiência.

A comparação entre os diferentes resultados alcançados, quando apenas considerado o critério de menor custo ou de maior eficiência, demonstrou que a adoção do Equilíbrio de Nash pode ser uma alternativa viável para solucionar o conflito entre a eficiência e o custo nas escolhas das estações de tratamento de esgoto sanitário.

2.8 Possíveis cenários de aplicação na Engenharia de Produção.

Com base nas aplicações expostas nas seções de 2.6.1 à 2.6.6, percebe-se que a Teoria dos Jogos pode ser aplicada em uma vasta gama de cenários diferentes.

Sendo assim, a Teoria dos Jogos pode fornecer informações importantes para à tomada de decisões quando um Engenheiro de Produção encontrar pela frente cenários como:

- Qual estratégia adotar quando melhorar a qualidade aumenta os custos?
- Qual estratégia adotar quando concorrente introduz um produto com melhor qualidade?
- Qual produção colocar no mercado sem que isto gere retaliação por outros produtores?

2.9 Ferramentas de auxílio à resolução de problemas de Teoria dos jogos.

Na busca de ferramentas que auxiliem na resolução de problemas referentes à Teoria dos jogos, foram encontradas duas ferramentas, sendo elas: *Gambit* e *Excel*, as quais são explicadas à seguir.

2.9.1 Software Gambit

O software Gambit, é um *software* que resolve jogos na forma normal e na forma extensiva. Mesmo na forma normal, permite mais de dois jogadores. Este *software* encontra-se disponível para *download* gratuitamente a partir do *site* <http://www.gambit-project.org/doc/index.html#>

Neste software, é possível montar os jogos, colocando os possíveis *payoffs* e após, pode-se pedir que o *software* calcule os Equilíbrios de Nash para o jogo proposto.

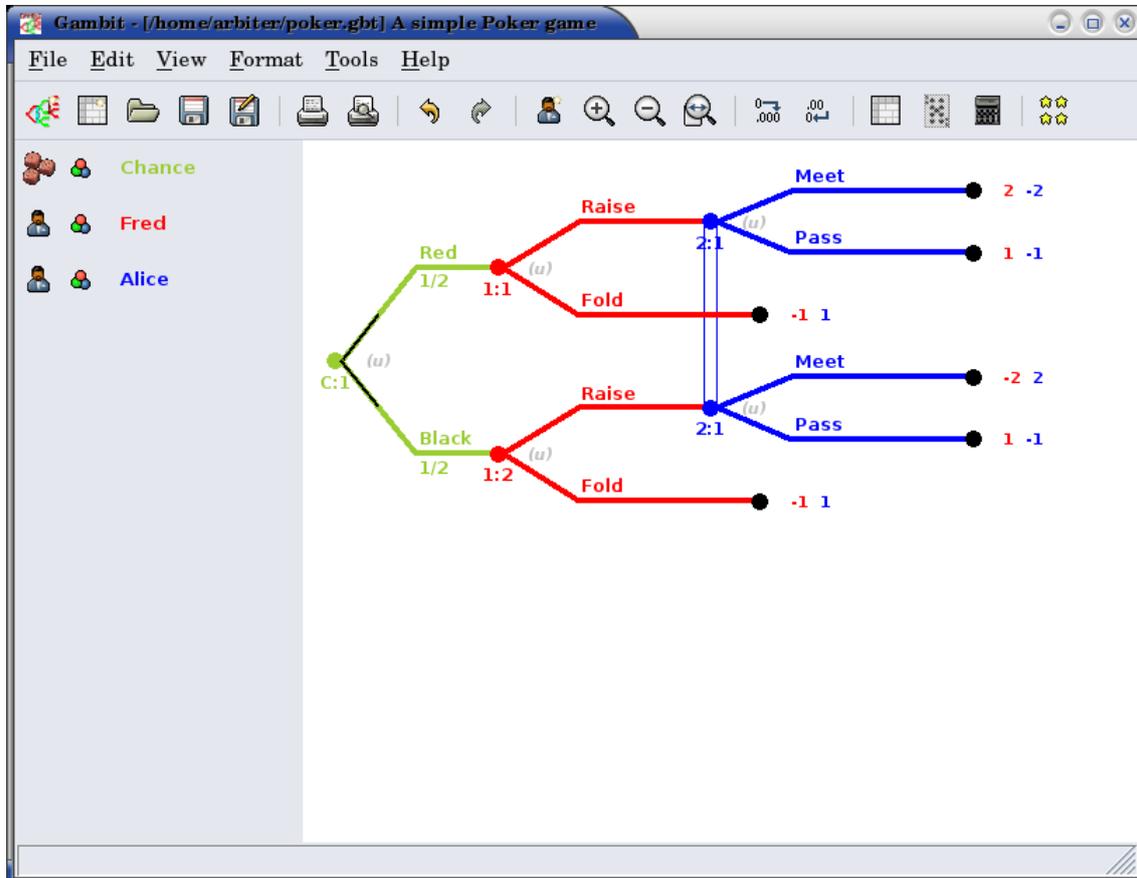


Figura 3 - Interface *software gambit*, exemplo de jogo na forma extensiva.

		24411	27584.43		
Equador	434	14.35	807.27	12.52	795.69
Demais países	490	16.165	805.31	14.097	793.60

Figura 4 – Interface *software gambit*, exemplo de jogo na forma normal.

2.9.2 Solver *Microsoft Excel*

Outra ferramenta que pode ser utilizada na resolução de problemas é a ferramenta solver do *Microsoft Excel*. Esta ferramenta possibilita a resolução de problemas de programação linear. Sendo assim, pode se modelar um problema de Teoria dos jogos na forma de programação linear, e resolvê-lo utilizando à ferramenta descrita.

A figura 5, mostra a interface do *Microsoft Excel*, com a montagem de um problema em forma de programação linear.

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver interface for a file named "AirlineAllocation.xlsx". The Solver Parameters pane is open, displaying the following settings:

- Method:** Automatic
- Count:** Automatic
- Seed:** Automatic
- Buttons:** Solve, Next, Stop, Summary, Analyze

The Solver Parameters pane also shows a list of parameters and constraints:

- Capacity[Aircraft, Routes], RealNonnegative
- Cost[Aircraft, Routes], RealNonnegative
- Available[Aircraft], RealNonnegative
- RefundAmount[Routes], Real
- Demand[Routes], NormalDistribution[]

The "Edit Distribution Parameter" dialog box is open for the "Demand" parameter, showing the following settings:

- Name:** Demand
- Distribution:** Normal
- Mean:** (empty field)
- Standard Deviation:** (empty field)
- Sets:** Routes
- Range:** [0] <= Sheet1!\$B\$10:\$E\$15
- Description:** Passenger demand per route (normally distributed)

The main spreadsheet area contains the following data tables:

Type	Description	Available
Boeing 777		10
Boeing 737		19
Airbus A320		25
Airbus A330		15
Unallocated		0

Route	ID	Miles	Demand	Std.Dev	Price
NY - LA	0	2475	250	5	520
NY - SF	1	2300	120	5	520
NY - Dallas	2	1381	180	5	280
NY - Houston	3	1439	90	2	280
NY - Boston	4	185	600	5	40

Capacity	NY - LA	NY - SF	NY - Dallas	NY - Houston	NY - Boston
Boeing 777	16	15	28	23	81
Boeing 737	0	10	14	15	57
Airbus A320	0	5	0	7	29
Airbus A330	9	11	22	17	55
Unallocated	1	1	1	1	1

Oper. Cost	NY - LA	NY - SF	NY - Dallas	NY - Houston	NY - Boston
Boeing 777	72	84	72	64	40
Boeing 737	0	60	64	56	36
Airbus A320	0	40	0	36	24
Airbus A330	68	64	68	60	40

Figure 5 – Interface solver, Microsoft Excel

3 APLICAÇÃO DA TEORIA DOS JOGOS NO CONTEXTO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Na seção 2.8, foram enunciados 3 possíveis formas da aplicação da Teoria dos Jogos no contexto da Engenharia de Produção.

Este trabalho foca no 3º caso enunciado, mostrando a interação dos jogadores em um cartel, mostrando o exemplo dos países que participam da OPEP (organização dos países exportadores de petróleo). O que ocorre com o preço do petróleo quando um país produz mais do que deveria.

Para a elaboração deste caso, tomou-se por base um exemplo utilizado por Abrantes (2004), em sua abordagem sobre “Teoria dos jogos e os Oligopólios”.

Antes, porém, será explicado nas próximas seções como surgiu, o quê é, e como funciona a OPEP.

3.1 Criação da OPEP

A idéia de criação de uma organização de países exportadores de petróleo, remonta ao ano de 1949, quando houve o primeiro dos países árabes exportadores de petróleo, com o objetivo de unificar esforços e coordenar posições para resolver seus problemas comuns, principalmente referentes aos preços do petróleo, que se encontravam baixos.

No entanto, somente no ano de 1960, num encontro em Bagdá, entre os maiores exportadores de petróleo da época - Arábia Saudita, Venezuela, Kuwait, Iraque e Irã - a nova entidade foi criada. Sua intenção explícita era defender o preço do petróleo, que andava em queda constante na época.

Em sua primeira década de existência, a OPEP tentava apenas fixar o preço que os seus membros deveriam ofertar o petróleo no mercado. Porém nesta época, praticamente todos os países membros estavam produzindo o seu petróleo à plena capacidade de produção, sendo que dessa forma, havia sempre uma quantidade excedente de petróleo no mercado, fazendo com que o preço não atingisse o valor desejado.

Sendo assim, em meados dos anos 70, a OPEP partiu para uma ação mais ofensiva no mercado, reduzindo à sua produção para forçar o aumento do preço.

Após a década de 70, para dar continuidade a essa política de redução da produção, a OPEP passou à estabelecer cotas de produção entre os seus membros, como será melhor descrito à seguir, na seção 3.2.

3.2 Funcionamento da OPEP

Como já dito no item 3.1, após a década de 70, a organização passou a estabelecer cotas de produção para os seus membros, pois dessa forma, conseguiria organizar melhor a produção e manter o preço do petróleo em num certo patamar.

Ao longo dos anos que se seguiram, a OPEP foi sempre mudando a alocação de cotas de produção entre os seus membros. Muitas vezes, por pressões políticas de alguns membros, estes conseguiram aumentar suas cotas.

Mais em geral, à definição das cotas de produção, leva em consideração fatores como:

- Reservas provadas;
- Capacidade de produção; e,
- PIB do país.

Também, há de ser considerado o nível de investimento na produção por parte de cada país.

Atualmente, aproximadamente 40% da demanda mundial de petróleo é abastecida pelos países integrantes da OPEP. Também, 75% das reservas mundiais de petróleo pertencem aos países membros da OPEP.

Na próxima Seção, têm-se os dados relativos à alocação de cotas e a produção que cada país integrante da organização realizou no período de Janeiro à Outubro de 2009.

3.3 Alocação de cotas e produção OPEP, período Janeiro/Outubro 2009

Para a composição das Tabelas 1 e 2, foram pegos dados referentes ao período de Janeiro à Outubro do ano de 2009. A escolha por esse período deveu-se em parte ao fato de serem os dados mais recentes encontrados, mais principalmente por ser um período em que as cotas de produção permaneceram inalteradas durante todo o período.

As Tabelas 1 e 2 a seguir, mostram respectivamente, a alocação de cotas para o período citado e a produção efetiva de cada país. Os números das Tabelas são expressos em termos de 1000 b/d (1000 barris de petróleo por dia).

Tabela 1 – Cotas de produção, período janeiro/outubro 2009

Cotas de Produção - período janeiro/outubro 2009 (1000 b/d)										
	janeiro	Feveveiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Algeria	1203	1203	1203	1203	1203	1203	1203	1203	1203	1203
Angola	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Irã	3336	3336	3336	3336	3336	3336	3336	3336	3336	3336
Kuwait	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222
Líbia	1469	1469	1469	1469	1469	1469	1469	1469	1469	1469
Nigeria	1673	1673	1673	1673	1673	1673	1673	1673	1673	1673
Qatar	731	731	731	731	731	731	731	731	731	731
Arábia Saud.	8051	8051	8051	8051	8051	8051	8051	8051	8051	8051
E.A.U	2223	2223	2223	2223	2223	2223	2223	2223	2223	2223
Venezuela	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986
Equador	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434

FONTE: OPEC (2010, http://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/335.htm)

Tabela 2 – Produção, período janeiro/outubro 2009

Produção - Período janeiro/outubro 2009 (1000 b/d)										
	janeiro	Feveveiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Algeria	1280	1250	1250	1320	1250	1250	1250	1260	1270	1280
Angola	1780	1650	1650	1650	1700	1800	1780	1810	1840	1870
Irã	3780	3700	3620	3750	3820	3700	3800	3720	3620	3560
Kuwait	2400	2300	2230	2220	2225	2270	2270	2270	2260	2270
Líbia	1580	1520	1520	1500	1530	1550	1550	1550	1530	1530
Nigeria	1800	1780	1800	1750	1780	1700	1730	1700	1750	1870
Qatar	778	855	822	810	777	829	819	771	800	820
Arábia Saud.	8100	8000	8000	8000	8050	8100	8150	8180	8180	8200
E.A.U	2390	2200	2250	2220	2250	2300	2300	2250	2230	2250
Venezuela	2230	2200	2200	2210	2210	2210	2210	2280	2260	2260
Equador	490	480	470	480	490	500	470	475	480	485

FONTE: OPEC (2010, http://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/334.htm)

3.4 Preços do petróleo período Janeiro/Outubro 2009

Para se analisar melhor a influência que tem a OPEP nos preços do petróleo, deve se levar em consideração outros fatores além da produção ofertada pela Organização, que serão vistos a seguir.

O ano de 2009 ficou marcado pela continuação da crise financeira de 2008, iniciada pelo mercado imobiliário americano, que pelo excesso de crédito concedido a pessoas sem recurso algum para pagar os compromissos assumidos, as agências bancárias são levadas a executar a hipoteca, ou seja, apropriam-se das casas. Com numerosas agências

bancárias colocando casas à venda, os preços começaram a baixar fortemente (DOWBOR, 2009).

A partir daí, a crise estendeu-se a outros setores da economia americana com a diminuição da produção e conseqüente diminuição da demanda por petróleo. Com uma crise econômica acontecendo na maior potência econômica do mundo, a crise acabou tomando proporções mundiais afetando principalmente os países mais desenvolvidos.

Com isso, a tendência era uma diminuição da produção em nível mundial e também a diminuição da demanda por petróleo. Isso faria com que o preço caísse junto. Porém, essa tendência de queda nos preços não se confirmou, pois as economias emergentes, puxadas principalmente pela China e a Índia não diminuíram seu ritmo de crescimento, demandando cada vez mais petróleo (Nicomex Notícias, 2010).

Além de crises econômicas em nível mundial, existem outros sete principais fatores, enunciados por Pagotto (2009) que podem influenciar diretamente no preço do crude. Sendo estes fatores, os seguintes:

- **Oferta em declínio:** a descoberta de novas jazidas vem se estabilizando, o que entra em conflito com o crescimento do consumo. O aumento da produção se dá mais pelas inovações tecnológicas, que permitem reavaliar a capacidade de produção e dimensão das jazidas e aumentar a capacidade de produção em cada poço. Além disso, as atuais reservas mundiais são questionadas, com suspeitas de superestimação.
- **Demanda crescente:** O crescimento do consumo segue num ritmo galopante, devido a crescente urbanização, a intensificação da motorização com fonte de energia do petróleo, o crescimento vegetativo das economias e da população mundial, a ampliação da indústria baseada no petróleo, o aumento acelerado das grandes economias semi-periféricas (como China e Índia), e a substituição de outras fontes de energia por petróleo (carvão, etc.) dentre outros fatores concorrentes.

- **Recurso finito:** teses e teses já trataram dessa temática; algumas afirmam que a perspectiva para duração desse recurso é de mais cinco décadas, enquanto outros – menos influentes – argumentam que é parte da estratégia de grupos econômicos a especulação em torno da finitude do recurso, para tirar vantagens do desespero causado por um suposto fim do petróleo a curto-médio prazo, usando-o também como justificativa para as intervenções militares. Há, entretanto, um consenso entre a maioria dos estudiosos de que o consumo cresce num ritmo muito superior à descoberta de novas jazidas, numa equação de saldo zero em médio prazo.
- **Base da economia:** sua importância na economia moderna é estratégica. A ideia central da globalização é o intercâmbio efetivo em todo o globo, interligado por uma rede de comércio internacional, abastecido pelo óleo negro. Um colapso no fornecimento do petróleo pode arrastar consigo a economia para uma crise sem precedentes. É base de uma indústria ampla, que envolve a cadeia produtiva quase na sua totalidade.
- **Custo de produção viável:** o custo da produção é relativamente baixo; o preço alto do produto no mercado internacional aumenta o lucro das empresas a níveis insustentáveis. O custo baixo e a sua substituição dependerão do desenvolvimento da tecnologia para baixar os custos.
- **Consumo concentrado e dependente:** há um enorme desequilíbrio entre os grandes consumidores e os grandes produtores. Somente dois países do grupo dos grandes consumidores são auto-suficientes: Canadá e Inglaterra. Todos os demais são dependentes e suas economias vivem sob a ameaça do corte do fornecimento e aumento dos preços. Os EUA possuem reservas para não mais do que 10 anos (consomem 7 bilhões de barris por ano, e possuem oficiais 29 bilhões em reservas).
- **Dinâmica dos preços:** podemos afirmar com absoluta tranquilidade que o período dos preços baixos é parte do passado, da história, e não tem volta, assim como o controle dos preços pelos grandes consumidores. Os EUA foram os

definidores do setor, garantindo o controle e como fiadores militares do fornecimento de petróleo a preço barato, e esse é o desafio permanente: manter o fornecimento e o preço.

A partir das informações anteriores, pode ser feita uma melhor análise do comportamento dos preços do petróleo no ano de 2009.

A Tabela 3 mostra os valores pelos quais o barril de petróleo foi negociado no período de Janeiro à Outubro de 2009.

Tabela 3 – Preços petróleo, período janeiro/outubro 2009

Preços petróleo OPEP - Janeiro/outubro 2009										
Mês	janeiro	Feveveiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Preços	\$43,91	\$41,76	\$46,95	\$50,28	\$58,10	\$69,13	\$64,65	\$71,63	\$68,38	\$74,08

FONTE: INDEXMUNDI (2010, <http://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=índice-de-preços-do-petróleo-bruto&meses=60>)

Pela Tabela 3, é possível perceber que durante o período considerado, o barril do petróleo teve grande alta, tendo um aumento de pouco mais de 60% se compararmos o fim do período considerado (Outubro) com o começo (Janeiro).

Essa alta, também pode ser melhor visualizada no gráfico da Figura 6.

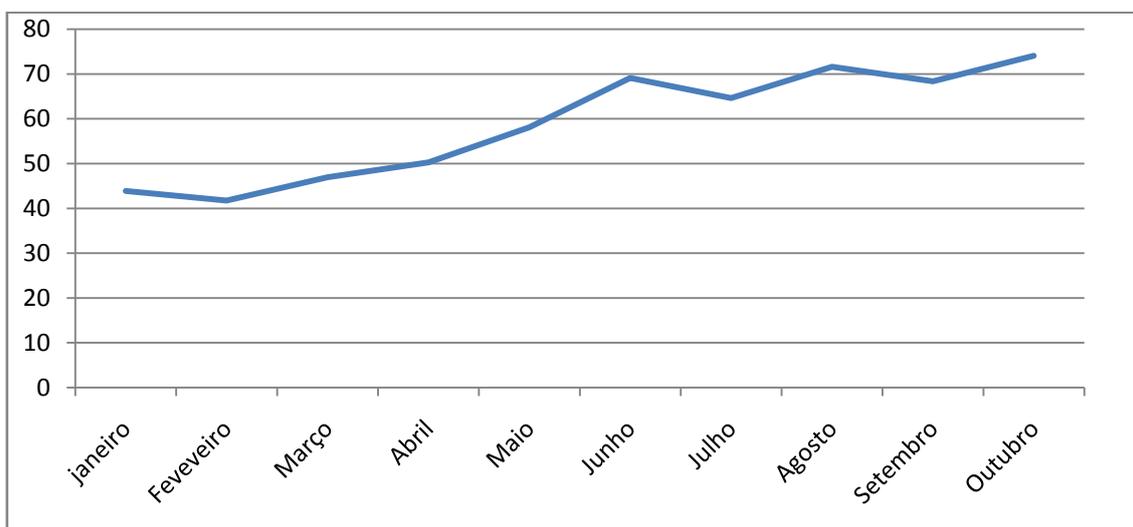


Figura 6 – Preços petróleo, período janeiro/outubro 2009.

A partir da análise do gráfico da Figura 6, é possível perceber três quedas durante o período considerado. A primeira delas, no mês de fevereiro, a segunda no mês de julho e a terceira em setembro.

A seguir, será explorada a relação dos jogadores (países) com o resultado do jogo (preço do petróleo). Para isso, há de ser levado em consideração que cada jogador neste jogo não influi da mesma maneira nos resultados, pois, as cotas de produção para cada um são diferentes. Isso pode ser verificado melhor na Figura 7, onde mostram-se as cotas de produção para cada país em percentuais.

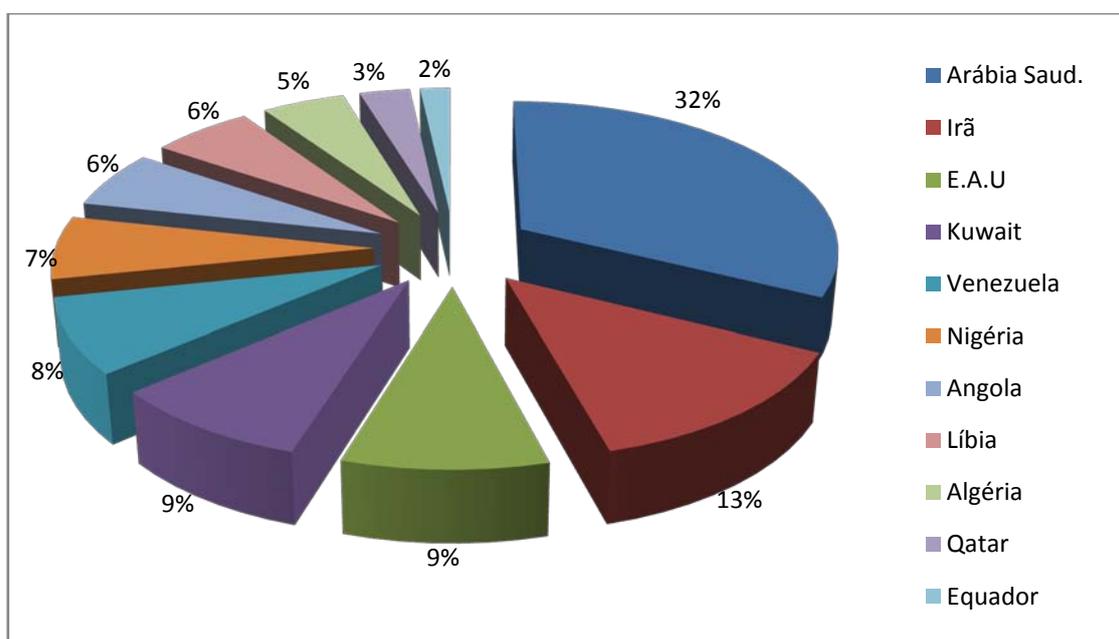


Figura 7 – Cotas de produção em percentuais 2009

A Figura 7, mostra que a Árabia Saudita possui a maior cota, aproximadamente 1/3 do total, enquanto que o Equador possui a menor cota, não chegando à 2%. Analisaremos as estratégias adotadas por estes dois jogadores em particular, pois possuem posições bem distintas dentro da organização, dada a diferença no percentual de cotas estabelecidas para cada um. O Equador sempre terá como melhor estratégia não-cooperar, enquanto que a Árabia Saudita Também tem sempre como melhor estratégia cooperar.

Também, serão mostradas as estratégias utilizadas pelos demais participantes da organização.

Para as análises citadas acima, será utilizado o Quadro 1. Este quadro sintetiza o comportamento dos jogadores em função de “traiu” que é quando determinado jogador produziu acima das cotas acordadas, ou, “cooperou” quando o jogador produziu dentro das suas cotas. Considerou-se para a confecção do quadro, que “traiu” seria quando o jogador produzisse mais de 2% além de sua cota, pois assim, têm-se uma margem de erro entre a cota estabelecida e o que foi realmente produzido.

Quadro 1 – Cooperação/não-cooperação janeiro/outubro 2009

Traição/cooperação - janeiro/outubro 2009										
	janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Algeria	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu
Angola	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu
Irã	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu
Kuwait	traiu	traiu	cooperou	cooperou	cooperou	traiu	traiu	traiu	cooperou	traiu
Líbia	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu
Nigeria	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	cooperou	traiu	cooperou	traiu	traiu
Qatar	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu
Arábia Saud.	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou
E.A.U	traiu	cooperou	cooperou	cooperou	cooperou	traiu	traiu	cooperou	cooperou	cooperou
Venezuela	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu
Equador	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu	traiu

FONTE: Dados de Pesquisa, 2010.

3.5 Estratégias dos Jogadores

Nas seções a seguir, serão mostrados os *payoffs* que cada jogador obteria, a partir de duas estratégias disponíveis, sendo elas, produção igual às cotas e, produção maior que as cotas, sendo que na primeira o jogador estaria cooperando, enquanto que na segunda o jogador estaria traindo. Os *payoffs* para este jogo referem-se à receita de venda de toda produção.

Para encontrarem-se os *payoffs*, considerou-se um jogo de determinado país frente a todos outros da organização, de forma que, para ambos os jogadores, os *payoffs* foram obtidos considerando-se às seguintes situações:

- Todos produzindo no limite de suas cotas,
- Um país cooperando enquanto todos traem,
- Um país traindo, enquanto todos os outros cooperam, ou,
- Todos os países traindo.

Desta forma, para o caso de não - cooperação foi estabelecida uma produção 10% acima das cotas. Isto pode ser melhor verificado na Tabela 5. Este Tabela também, será utilizado para encontrarem-se os *payoffs* de todos os jogadores nas seções à seguir.

Tabela 4 – Produção acima da cota

País	Cota (1000 b/d)	Cota + 10% (1000 b/d)
Arábia Saud.	8051	8856,10
Irã	3336	3669,60
E.A.U	2223	2445,30
Kuwait	2222	2444,20
Venezuela	1986	2184,60
Nigeria	1673	1840,30
Angola	1517	1668,70
Líbia	1469	1615,90
Algeria	1203	1323,30
Qatar	731	804,10
Equador	434	477,40
Total	24845	27329,50

Vale ressaltar ainda que, para a definição do preço que o barril do petróleo ficaria na elaboração dos *payoffs*, considerou-se apenas a influência que a produção OPEP teria. Assim, desconsideraram-se outros fatores que seriam de relevância na formação do preço. Desta forma, sem levar em consideração os diversos fatores que influenciam no preço, caso todos os países produzissem 10% além de suas cotas, esperava-se um decréscimo proporcional no valor do barril, ou seja, um decréscimo de 10% no preço. Do mesmo modo, caso todos os jogadores cooperassem, esperava-se que o preço continuasse pelo menos no mesmo patamar.

O mês escolhido para as análises foi o mês de Junho, que foi um mês que vinha de sucessivas altas no preço, e também, pois neste mês, alguns países resolvem mudar sua estratégia. Sendo assim, as estratégias adotadas por cada um dos jogadores determinariam o preço para o mês de Julho.

Nas análises, os jogadores foram divididos em três faixas diferentes, com base no percentual de cotas de cada um. As divisões são as seguintes:

- **Grandes produtores** – Arábia Saudita e Irã, detentores juntos de quase metade de todo o percentual de cotas (aproximadamente 45%).

- **Produtores intermediários** – E.A.U, Kuwait, Venezuela e Nigéria, juntos respondem por aproximadamente 33% de todas as cotas.
- **Pequenos produtores** – Angola, Líbia, Algéria, Qatar e Equador, possuem os 22% restantes.

Para todos os jogadores, os *payoffs* foram encontrados com auxílio do Microsoft Excel, e os Equilíbrios de Nash a partir do *Software Gambit*.

3.5.1 Arábia Saudita

Para se analisar o comportamento da Arábia Saudita, há de se levar em consideração que atualmente, além de ser a dona da maior parte das cotas, pertence a ela também as maiores reservas e, é o único integrante da Organização que atualmente possui grande capacidade ociosa de produção instalada, sendo que dessa forma se comporta como o chamado “*producer swing*”, pois pode absorver variações na demanda.

Como pode se notar a partir da Tabela 5, a Arábia Saudita adotou a postura de sempre cooperar, ou seja, sempre produziu dentro das suas cotas. Esta postura é esperada, pois como detentora das maiores cotas, e com o preço em constante alta, não há incentivos para mudar essa postura, ela sempre obtém grandes receitas. Para a Arábia Saudita, só seria vantajoso produzir acima de suas cotas, caso todos os outros países cooperassem, pois dessa forma, a produção a mais que seria colocada no mercado pela Arábia Saudita não provocaria um grande decréscimo no preço do petróleo. Mas como historicamente e atualmente os outros integrantes tendem sempre a não – cooperar, a Arábia Saudita acaba sempre cooperando para manter o preço num certo patamar. Caso o preço começasse a cair demais, a estratégia de não - cooperar poderia ser usada como “punição” aos demais membros, ou seja, a Arábia Saudita passaria a produzir bem acima de suas cotas. Dessa forma, ela “inundaria” o mercado com petróleo fazendo com que os preços caíssem ainda mais, e ainda assim obtendo grandes receitas nas vendas.

Na Figura 8, Tabela 5 e Figura 9, têm-se respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Arábia Saudita *versus* Demais países.

Arábia Saudita x Demais países	
Caso 1	Caso 2
Todos os países cooperando	Arábia Saudita coopera e os demais traem
Produção total OPEP = 24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 26524,40 (1000 b/d)
% acima produzida = 0%	% acima produzida = 6,33%
Preço estimado = \$69,13	Preço estimado = \$64,75
Caso 3	Caso 4
Arábia Saudita trai e os demais cooperam	Todos os países traem
produção total OPEP = 25650,10 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida = 3,14%	% acima produzida = 10,00%
Preço estimado = \$66,96	Preço estimado = \$62,22

Figura 8 – Arábia Saudita x Demais Países OPEP

Tabela 5 – Receitas jogo arábia saudita x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Arábia Saudita	Demais países
1	\$556.565,63	\$1.160.969,22
2	\$521.326,52	\$1.196.208,33
3	\$593.005,89	\$1.124.528,96
4	\$550.999,97	\$1.149.359,53

		cota		cota + 10%		
 Arábia Saudita Payoff: 55099997/100		cota	556565.63	1160969.22	521326.52	1196208.33
 Demais Países Payoff: 114935953/100		cota + 10%	593005.89	1124528.96	550999.97	1149359.53
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	0	1		

Figura 9 – Equilíbrio de Nash, jogo Arábia Saudita x Demais Países OPEP

Analisando-se a Tabela 5, percebe-se que para a Arábia Saudita, a melhor estratégia seria a de trair enquanto todos cooperam e o pior caso, seria o de cooperar enquanto todos traem.

Já pela análise da Figura 9, o Equilíbrio de Nash, fornece o melhor caso, e o pior caso para os jogadores conjuntamente. Na parte inferior da Figura 9, o conjunto de zeros (1:cota; 2: cota) indica o pior caso e o conjunto de “uns” (1: cota + 10% ; 2: cota + 10%) indica o melhor estratégia, ou seja, o melhor para a Arábia Saudita seria trair,

produzindo acima das cotas, sendo que dessa forma, para os demais países não – cooperar passaria a ser a melhor estratégia.

No entanto, a Arábia Saudita mantém sempre a postura de cooperar, pois é a melhor maneira de se fazer com que o preço não caia muito. Além disso, no caso de todos cooperarem, ela também obteria maior receita com todos cooperando do que com todos traíndo.

3.5.2 Equador

Ao contrário da Arábia Saudita, o Equador como detentor das menores cotas tende sempre a não - cooperar, pois produzindo acima de suas cotas enquanto todos os outros produzem dentro das cotas, isto afetará em muito pouco ou nada no preço final. Também, se todos traírem, para o Equador, trair continua sendo a melhor estratégia, pois lhe trará um maior *payoff* do que se cooperasse enquanto todos traem. Por fim, para o Equador só seria vantajoso cooperar, se todos também o fizessem.

A Figura 10, Tabela 6 e Figura 11, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Equador *versus* Demais países.

Equador x Demais países	
Caso 1	Caso 2
Todos os países cooperando	Equador coopera e os demais traem
Produção total OPEP = 24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27286,10 (1000 b/d)
% acima produzida = 0%	% acima produzida = 8,95%
Preço estimado = \$69,13	Preço estimado = \$62,95
Caso 3	Caso 4
Equador trai e os demais cooperam	Todos os países traem
produção total OPEP = 24888,40 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida = 0,17%	% acima produzida = 10,00%
Preço estimado= \$69,01	Preço estimado = \$62,22

Figura 10 - Equador x Demais Países OPEP.

Tabela 6 – Receitas jogo equador x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Equador	Demais países
1	\$30.002,42	\$1.687.532,43
2	\$27.318,31	\$1.690.216,54
3	\$32.945,11	\$1.684.589,74
4	\$29.702,40	\$1.670.657,11

		cota	cota + 10%
 Equador Payoff: 3294511/100	cota	30002.42	1687532.43
	cota + 10%	32945.11	1684589.74
 Demais Países Payoff: 84229487/50	cota	27318.31	1690216.54
	cota + 10%	29702.40	1670657.11

Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game

#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%
1	0	1	1	0

Figura 11 – Equilíbrio de Nash, jogo Equador x Demais Países OPEP

Pela análise da Figura 11, o Equilíbrio de Nash mostra que a melhor estratégia para o Equador é trair enquanto todos cooperaram, ao mesmo tempo em que, dado que o Equador vai trair, a melhor estratégia para os Demais Países seria a de cooperar, pois trará um *payoff* maior do que se trássem também.

3.5.3 Algéria

A Algéria, durante todo o período considerado, adotou a postura de sempre produzir além de suas cotas, pois como possui um pequeno percentual de cotas, sempre terá incentivos em não-cooperar.

A Figura 12, Tabela 7 e Figura 13, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Algéria *versus* Demais países.

Algeria x Demais países	
Caso 1	Caso 2
Todos os países cooperando	Algeria coopera e os demais traem
Produção total OPEP = 24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27209,20 (1000 b/d)
% acima produzida = 0%	% acima produzida = 8,69%
Preço estimado = \$69,13	Preço estimado = \$63,12
Caso 3	Caso 4
Algeria trai e os demais cooperam	Todos os países traem
produção total OPEP = 24965,30 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida = 0,48%	% acima produzida = 10,00%
Preço estimado= \$68,80	Preço estimado = \$62,22

Figura 12 - Algéria x Demais Países OPEP

Tabela 7 – Receitas Jogo Algéria x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Algeria	Demais países
1	\$83.163,39	\$1.634.371,46
2	\$75.937,35	\$1.641.597,50
3	\$91.038,92	\$1.626.495,93
4	\$82.331,76	\$1.618.027,75

		cota		cota + 10%		
	Algéria Payoff: 2275973/25	cota	83163.39	1634371.46	75937.35	1641597.50
	Demais Países Payoff: 162649593/100	cota + 10%	91038.92	1626495.93	82331.76	1618027.75
Profiles 1 All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 13 – Equilíbrio de Nash, jogo Algéria x Demais Países OPEP

A Figura 13, mostra o Equilíbrio de Nash para o jogo Algéria x Demais Países, onde este mostra que para a Algéria, não – cooperar é a melhor estratégia, ao passo que para o conjunto dos Demais Países, com a Algéria traindo, a melhor opção seria a de cooperar.

3.5.4 Angola

Angola também adotou a postura de sempre não – cooperar, pois como possui pequenas cotas dentro da Organização, não têm incentivos para mudar tal postura.

A Figura 14, Tabela 8 e Figura 15, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Angola *versus* Demais países.

Angola x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando			
Produção total OPEP =	24845	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0%		
Preço estimado =	\$69,13		
Caso 3		Caso 4	
Angola coopera e os demais traem			
Produção total OPEP =	27177,80	(1000 b/d)	
% acima produzida =	8,58%		
Preço estimado =	\$63,20		
Angola trai e os demais cooperam			
produção total OPEP =	24996,70	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0,61%		
Preço estimado=	\$68,71		
Todos os países traem			
Produção total OPEP =	27329,50	(1000 b/d)	
% acima produzida =	10,00%		
Preço estimado =	\$62,22		

Figura 14 – Angola x Demais Países OPEP

Tabela 8 – Receitas jogo angola x Demais Países Opep

Receita		
Caso	Angola	Demais países
1	\$104.870,21	\$1.612.664,64
2	\$95.868,70	\$1.621.666,15
3	\$114.657,15	\$1.602.877,70
4	\$103.821,51	\$1.596.537,99

Angola Payoff: 2293143/20		cota cota + 10%		
		cota	cota + 10%	
		104870.21	1612664.64	
		95868.70	1621666.15	
Demais Países Payoff: 1602877/10		cota + 10%	cota	
		114657.15	1602877.70	
		103821.51	1596537.99	
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game				
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%
1	0	1	1	0

Figura 15 – Equilíbrio de Nash, jogo Angola x Demais Países OPEP

A Figura 15, mostra o Equilíbrio de Nash para o jogo Angola x Demais Países, onde este mostra que para a Angola, não – cooperar é a melhor estratégia, ao passo que para o conjunto dos Demais Países, com a Angola traindo, a melhor opção seria a de cooperar.

3.5.5 Irã

O Irã, apesar de ser o segundo maior detentor de cotas, também durante todo o período considerado, produziu acima de suas cotas. Porém, como possui grandes cotas dentro da Organização, a produção à mais do Irã, tem grande peso no preço, sendo que desta forma o Equilíbrio de Nash passa a ser diferente das três análises anteriores (Equador, Algéria e Angola).

A Figura 16, Tabela 9 e Figura 17, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Irã *versus* Demais países.

Irã x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando		Irã coopera e os demais traem	
Produção total OPEP =	24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP =	26995,90 (1000 b/d)
% acima produzida =	0%	% acima produzida =	7,97%
Preço estimado =	\$69,13	Preço estimado =	\$63,62
Caso 3		Caso 4	
Irã trai e os demais cooperam		Todos os países traem	
produção total OPEP =	25178,60 (1000 b/d)	Produção total OPEP =	27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida =	1,32%	% acima produzida =	10,00%
Preço estimado=	\$68,21	Preço estimado =	\$62,22

Figura 16 – Irã x Demais Países OPEP

Tabela 9 – Receitas Jogo Irã x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Irã	Demais países
1	\$230.617,68	\$1.486.917,17
2	\$212.243,20	\$1.505.291,65
3	\$250.318,36	\$1.467.216,49
4	\$228.311,50	\$1.472.048,00

 Irã Payoff: 456623/2		cota		cota + 10%		
		cota	230617.68	1486917.17	212243.20	1505291.65
		cota + 10%	250318.36	1467216.49	228311.50	1472048.00
Demais Países Payoff: 1472048						
Profiles 1 All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	0	1		

Figura 17 – Equilíbrio de Nash, jogo Irã x Demais Países OPEP

Como dito acima, neste jogo a produção a mais colocada pelo Irã no mercado acaba por mudar o Equilíbrio de Nash em comparação com as análises das Seções anteriores (3.5.4, 3.5.3 e 3.5.2). Desta vez, com o Irã produzindo acima de suas cotas, a melhor estratégia para os Demais Países também será a de não – cooperar.

3.5.6 Kuwait

O Kuwait possui cotas intermediárias dentro da OPEP e, diferentemente das análises feitas anteriormente, em que o jogador analisado adotou a mesma postura durante todo o período considerado, em determinados momentos mudou sua estratégia. Essa mudança de estratégia é esperada, pois, como detentor de cotas intermediárias nem sempre há incentivos de não – cooperar, assim como também, nem sempre há incentivos de cooperar, como no mês considerado para as análises (Junho), o preço vinha de sucessivas altas, a atitude de não – cooperar passou a ser interessante, pois, a produção a mais colocada pelo Kuwait não “derrubaria” tanto o preço.

A Figura 18, Tabela 10 e Figura 19, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Kuwait *versus* Demais países.

Kuwait x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando			
Produção total OPEP =	24845	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0%		
Preço estimado =	\$69,13		
Kuwait coopera e os demais traem			
Produção total OPEP =	27107,30	(1000 b/d)	
% acima produzida =	8,35%		
Preço estimado =	\$63,36		
Caso 3		Caso 4	
Kuwait trai e os demais cooperam			
produção total OPEP =	25067,20	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0,89%		
Preço estimado=	\$68,52		
Todos os países traem			
Produção total OPEP =	27329,50	(1000 b/d)	
% acima produzida =	10,00%		
Preço estimado =	\$62,22		

Figura 18 – Kuwait x Demais Países OPEP

Tabela 10 – Receitas jogo kuwait x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Kuwait	Demais países
1	\$153.606,86	\$1.563.927,99
2	\$140.787,26	\$1.576.747,59
3	\$167.469,79	\$1.550.065,06
4	\$152.070,79	\$1.548.288,71

		cota		cota + 10%		
	Kuwait Payoff: 16746979/100	cota	153606.86	1563927.99	140787.26	1576747.59
	Demais Países Payoff: 77503253/50	cota + 10%	167469.79	1550065.06	152070.79	1548288.71
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 19 – Equilíbrio de Nash, jogo Kuwait x Demais Países OPEP

Para este jogo, como a produção colocada a mais pelo Kuwait não tem grande influência no preço, o Equilíbrio de Nash indica que mesmo com o Kuwait produzindo acima de suas cotas, para os Demais Países a melhor estratégia é cooperar.

3.5.7 Líbia

A Líbia assim como os outros pequenos produtores, durante todo o período considerado sempre traiu, produzindo acima de suas cotas.

A Figura 20, Tabela 11 e Figura 21, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Líbia *versus* Demais países.

Líbia x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando		Líbia coopera e os demais traem	
Produção total OPEP =	24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP =	27182,60 (1000 b/d)
% acima produzida =	0%	% acima produzida =	8,60%
Preço estimado =	\$69,13	Preço estimado =	\$63,19
Caso 3		Caso 4	
Líbia trai e os demais cooperam		Todos os países traem	
produção total OPEP =	24991,90 (1000 b/d)	Produção total OPEP =	27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida =	0,59%	% acima produzida =	10,00%
Preço estimado=	\$68,72	Preço estimado =	\$62,22

Figura 20 – Líbia x Demais Países OPEP

Tabela 11 – Receitas Jogo Líbia x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Líbia	Demais países
1	\$101.551,97	\$1.615.982,88
2	\$92.818,89	\$1.624.715,96
3	\$111.050,56	\$1.606.484,29
4	\$100.536,45	\$1.599.823,05

		cota		cota + 10%		
Líbia Payoff: 2776264/25		cota	101551.97	1615982.88	92818.89	1624715.96
Demais Países Payoff: 160648429/100		cota + 10%	111050.56	1606484.29	100536.45	1599823.05
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 21 – Equilíbrio de Nash, jogo Líbia x Demais Países OPEP

Neste jogo, assim como para os demais pequenos produtores, o Equilíbrio de Nash se dá no sentido de que para a Líbia a melhor estratégia é não – cooperar, e sendo que neste caso para os Demais Países, cooperar é a melhor estratégia.

3.5.8 Nigéria

A Nigéria dentro do grupo dos produtores intermediários é a que possui as menores cotas. Teve em praticamente todo o período considerado o mesmo comportamento dos pequenos produtores, produzindo acima de suas cotas, mais em alguns momentos mudou sua estratégia passando a cooperar.

A Figura 22, Tabela 12 e Figura 23, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Nigéria *versus* Demais países.

Nigéria x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando			
Produção total OPEP =	24845	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0%		
Preço estimado =	\$69,13		
Caso 3		Caso 4	
Nigéria trai e os demais cooperam			
produção total OPEP =	25012,30	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0,67%		
Preço estimado=	\$68,67		
Todos os países traem			
Produção total OPEP =	27329,50	(1000 b/d)	
% acima produzida =	10,00%		
Preço estimado =	\$62,22		

Figura 22 – Nigéria x Demais Países OPEP

Tabela 12 – Receitas Jogo Nigéria x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Nigéria	Demais países
1	\$115.654,49	\$1.601.880,36
2	\$105.788,04	\$1.611.746,81
3	\$126.369,00	\$1.591.165,85
4	\$114.497,95	\$1.585.861,56

		cota		cota + 10%		
	Nigéria Payoff: 126369	cota	115654.49	1601880.36	105788.04	1611746.81
	Demais Países Payoff: 31823317/20	cota + 10%	126369.00	1591165.85	114497.95	1585861.56
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 23 – Equilíbrio de Nash, jogo Nigéria x Demais Países OPEP

O Equilíbrio de Nash neste jogo indica que para a Nigéria trair é a melhor estratégia, enquanto que para os Demais Países cooperar trará o maior *payoff* quando a Nigéria não – coopera.

3.5.9 Qatar

O Qatar assim como todos os demais pequenos produtores, adotou a postura de sempre trair a Organização, pois do mesmo modo também, não têm incentivos em passar à cooperar.

A Figura 24, Tabela 13 e Figura 25, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Qatar *versus* Demais países.

Qatar x Demais países	
Caso 1	Caso 2
Todos os países cooperando	Qatar coopera e os demais traem
Produção total OPEP = 24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27256,40 (1000 b/d)
% acima produzida = 0%	% acima produzida = 8,85%
Preço estimado = \$69,13	Preço estimado = \$63,01
Caso 3	Caso 4
Qatar trai e os demais cooperam	Todos os países traem
produção total OPEP = 24918,10 (1000 b/d)	Produção total OPEP = 27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida = 0,29%	% acima produzida = 10,00%
Preço estimado= \$68,93	Preço estimado = \$62,22

Figura 24 – Qatar x Demais Países OPEP

Tabela 13 – Receitas Jogo Qatar x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Qatar	Demais países
1	\$50.534,03	\$1.667.000,82
2	\$46.063,24	\$1.671.471,61
3	\$55.424,36	\$1.662.110,49
4	\$50.028,69	\$1.650.330,81

		cota		cota + 10%		
Qatar Payoff: 1385609/25		cota	50534.03	1667000.82	46063.24	1671471.61
Demais Países Payoff: 166211049/100		cota + 10%	55424.36	1662110.49	50028.69	1650330.81
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 25 – Equilíbrio de Nash, jogo Qatar x Demais Países OPEP

Como não poderia deixar de ser diferente, o Equilíbrio de Nash para este jogo, é o mesmo dos demais pequenos produtores, ou seja, para o Qatar produzir acima das cotas é a melhor estratégia, e para os Demais Países produzir no limite de suas cotas é a melhor opção.

3.5.10 E.A.U

Os E.A.U no grupo dos produtores intermediários, é o que possui as maiores cotas embora tenha praticamente o mesmo percentual do Kuwait. Também, teve um comportamento muito semelhante ao Kuwait, ou seja, teve momentos em que cooperou, assim como teve momentos em que não – cooperou. No mês utilizado para as análises (Junho) em especial, estes dois jogadores passaram de uma estratégia de cooperação para uma estratégia de não – cooperação. Individualmente cada um desses jogadores não – cooperando influenciam pouco no preço, mais quando ambos traem essa influência passa a ser significativa, o que pode ter ajudado na queda de preço que ocorreu no mês seguinte (Julho).

A Figura 26, Tabela 14 e Figura 27, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo E.A.U *versus* Demais países.

E.A.U x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando			
Produção total OPEP =	24845	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0%		
Preço estimado =	\$69,13		
E.A.U coopera e os demais traem			
Produção total OPEP =	27107,20	(1000 b/d)	
% acima produzida =	8,35%		
Preço estimado =	\$63,36		
Caso 3		Caso 4	
E.A.U trai e os demais cooperam			
produção total OPEP =	25067,30	(1000 b/d)	
% acima produzida =	0,89%		
Preço estimado=	\$68,52		
Todos os países traem			
Produção total OPEP =	27329,50	(1000 b/d)	
% acima produzida =	10,00%		
Preço estimado =	\$62,22		

Figura 26 – E.A.U x Demais Países OPEP

Tabela 14 – Receitas Jogo E.A.U x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	E.A.U	Demais países
1	\$153.675,99	\$1.563.858,86
2	\$140.851,14	\$1.576.683,71
3	\$167.544,49	\$1.549.990,36
4	\$152.139,23	\$1.548.220,27

		cota		cota + 10%		
	E.A.U Payoff: 16754449/100	cota	153675.99	1563858.86	140851.14	1576683.71
	Demais Países Payoff: 38749759/25	cota + 10%	167544.49	1549990.36	152139.23	1548220.27
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 27 – Equilíbrio de Nash, jogo E.A.U x Demais Países OPEP.

O Equilíbrio de Nash para este jogo também, é o mesmo do jogo Kuwait x Demais Países, e indica que para E.A.U a melhor estratégia é não – cooperar e, para os Demais Países cooperar é a melhor estratégia.

3.5.11 Venezuela

Do grupo dos produtores intermediários, a Venezuela é o único jogador que durante todo o período considerado produziu acima de suas cotas. Esta estratégia de sempre não – cooperar, garante à Venezuela maiores receitas, porém, com a Venezuela e os demais produtores intermediários traindo, isso pode ter uma grande influência negativa no preço, como pode ter ocorrido quando E.A.U e Kuwait, mudaram sua estratégia para não – cooperação ao mesmo tempo, discutido na Seção anterior (Seção 3.5.11).

A Figura 28, Tabela 15 e Figura 29, mostram respectivamente, o preço estimado do petróleo em função da produção total da OPEP, a receita gerada para cada jogador e, o Equilíbrio de Nash para o jogo Venezuela *versus* Demais países.

Venezuela x Demais países			
Caso 1		Caso 2	
Todos os países cooperando		Venezuela coopera e os demais traem	
Produção total OPEP =	24845 (1000 b/d)	Produção total OPEP =	27130,90 (1000 b/d)
% acima produzida =	0%	% acima produzida =	8,43%
Preço estimado =	\$69,13	Preço estimado =	\$63,31
Caso 3		Caso 4	
Venezuela trai e os demais cooperam		Todos os países traem	
produção total OPEP =	25043,60 (1000 b/d)	Produção total OPEP =	27329,50 (1000 b/d)
% acima produzida =	0,79%	% acima produzida =	10,00%
Preço estimado=	\$68,58	Preço estimado =	\$62,22

Figura 28 – Venezuela x Demais Países OPEP

Tabela 15 – Receita Jogo Venezuela x Demais Países Opep.

Receita		
Caso	Venezuela	Demais países
1	\$137.292,18	\$1.580.242,67
2	\$125.724,70	\$1.591.810,15
3	\$149.823,77	\$1.567.711,08
4	\$135.919,26	\$1.564.440,24

 Venezuela Payoff: 14982377/100		cota		cota + 10%		
		cota	137292.18	1580242.67	125724.70	1591810.15
 Demais Países Payoff: 39192777/25		cota + 10%	149823.77	1567711.08	135919.26	1564440.24
Profiles 1 ▾ All equilibria by enumeration of mixed strategies in strategic game						
#	1: cota	1: cota + 10%	2: cota	2: cota + 10%		
1	0	1	1	0		

Figura 29 – Equilíbrio de Nash, jogo Venezuela x Demais Países OPEP.

Para este jogo, assim como para os demais jogos dos produtores intermediários, o Equilíbrio de Nash mostra que para a Venezuela, trair é a melhor estratégia, e desse modo com a Venezuela traíndo, cooperar é a melhor estratégia para os Demais Países.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo discute as contribuições, dificuldades, limitações do estudo, e também, os possíveis trabalhos futuros.

4.1 Contribuições

Ao longo das última décadas, a Teoria dos Jogos teve uma evolução significativa, mostrando-se cada vez mais ser um estudo que pode ser utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, das formas mais variadas também, e mesmo tendo sempre algumas limitações, pois, em geral, as informações são muito escassas, ainda assim tem se mostrado ser de grande ajuda, principalmente para análises de decisões estratégicas.

Mesmo com essa crescente evolução, no contexto da Engenharia de Produção, a Teoria dos Jogos ainda é muito pouco utilizada, sendo que em um mercado cada vez mais competitivo, a utilização de tal estudo poderia ser um grande diferencial em relação à concorrência.

Deste modo, o caso da OPEP, abordado neste trabalho, procurou enquadrar a Teoria dos Jogos na Engenharia de Produção, infatizando sua aplicação na área de Engenharia Econômica, e, embora com grandes limitações, que serão melhor discutidas Seção 4.2, ainda sim, conseguiu demonstrar que para este caso, a cooperação entre os produtores poderia ser uma melhor estratégia do que a não – cooperação mútua, pois, com todos traindo, a receita obtida para cada jogador é menor do que quando todos cooperam, e ainda, com todos cooperando, poderia se obter maiores lucros, dado que, colocaria-se uma menor produção no mercado com um preço mais alto.

4.2 Dificuldades e limitações

Para se fazer o estudo para o caso da OPEP, as principais dificuldades encontradas se concentraram em achar dados reais para se fazerem análises, principalmente quanto ao histórico de preços do petróleo, sempre havia muita variação de uma fonte de dados para a outra.

Ainda para o caso da OPEP, utilizou-se para a elaboração dos *payoffs* apenas a receita gerada pelas vendas de toda a produção de petróleo. Portanto, não levou-se em consideração o lucro que cada país obtém, o qual, depende do custo de produção de cada país, e isto, pode afetar diretamente as estratégias de cada jogador.

Também, não foi considerada a participação de um membro muito importante dentro da OPEP, o Iraque. Este jogador detém uma das maiores reservas de petróleo do mundo, sendo que estimativas recentes apontam, para reservas que perdem apenas para a Arábia Saudita. Desta forma, é um jogador que pode influenciar diretamente no preço. Sua participação foi desconsiderada, pois, desde o ano de 1990, após a invasão do Kuwait pelo Iraque, dando origem à chamada Guerra do Golfo, este país passou a não ter mais cotas dentro da Organização, pois passou a ser alvo de sanções internacionais que limitaram as suas exportações de petróleo (O país online, 2010).

Ainda, embora a OPEP tenha grande influência no mercado de petróleo, o preço deste sofre interferência de vários outros fatores, como dito anteriormente na Seção 3.4.

4.3 Trabalhos futuros

Com as recentes descobertas de grandes reservas de petróleo no litoral brasileiro, na chamada camada do pré-sal, o Brasil já triplicou suas reservas estimadas (IG economia, 2010).

Deste modo, o Brasil passou a atrair grande atenção por parte da OPEP, sendo que recentemente, o ministro brasileiro Édison Lobão, de Minas e Energia, foi convidado a participar de uma reunião na Arábia Saudita onde estavam presentes os integrantes da Opep, os membros do G8, os sete países mais ricos do mundo mais a Rússia, além de grandes consumidores como China e Índia e produtores de fora do cartel, como México e Noruega. Participaram ainda as grandes petroleiras do mundo, como Exxon- Mobil, Shell, Chevron, Sinopec e, também pela primeira vez, a Petrobras. O Brasil foi chamado por suas reservas futuras e pela experiência de sucesso com biocombustíveis, que concorrem com o petróleo (BACOCINA, 2010).

Assim, levando-se em consideração que o petróleo a ser explorado na camada do pré-sal terá um custo bem alto devido a dificuldade de exploração em função da profundidade que este se encontra no mar, como sugestão de um estudo futuro, com o auxílio da Teoria dos Jogos, prever os ganhos que o Brasil pode ter ao participar da OPEP, até que ponto vale a pena para o Brasil se submeter às cotas de produção impostas pela Organização, dado que possivelmente, o petróleo brasileiro, terá um custo maior em comparação aos demais países da Organização. Sendo assim, para compensar participar da Organização, o Brasil precisaria possuir grandes cotas, ou seja, entrar com uma

grande produção no mercado para que, no atual patamar que se encontra o valor do barril de petróleo pudesse ainda ter bons lucros.

Ainda como sugestões ficam as seguintes:

- Procurar por outros cenários de aplicação da teoria dos jogos, destacando as demais áreas da Engenharia de Produção;
- Procurar por outras ferramentas que possam vir a auxiliarem em estudos mais complexos; e,
- Aplicar a Teoria dos Jogos em um cenário real, aonde possam ser praticadas as melhores estratégias indicadas pelo estudo e verificar a eficácia dessas estratégias.

GLOSSÁRIO

Estratégia	Determinação dos objetivos básicos de longo prazo de uma empresa e a adoção das ações adequadas e afetação de recurso para atingir esses objetivos.
Jogo	Atividade entre dois ou mais tomadores de decisão independentes que procuram atingir os seus objetivos em um contexto de limitação.
Payoff	Prêmio ou retorno do jogador em função de suas ações.
Forma normal	Forma mais convencional de se descrever um jogo, feito através de matrizes.
Forma extensiva	Outra forma de descrever um jogo. Esta descreve um jogo através de grafos.
Programação linear	Problemas de otimização nos quais a função objetivo e as restrições são todas lineares.
<i>Swing Producer</i>	Produtor auxiliar, consegue absorver variações demanda.
Cartel	Cartel é um acordo explícito ou implícito entre concorrentes para, principalmente, fixação de preços ou cotas de produção, divisão de clientes e de mercados de atuação ou, por meio da ação coordenada entre os participantes, eliminar a concorrência e aumentar os preços dos produtos, obtendo maiores lucros, em prejuízo do bem-estar do consumidor

REFERÊNCIAS

ABRANTES, Maria Luísa Perdigão **A Teoria dos Jogos e os Oligopólios [abordagem]**. Luanda Dez/2004.

ALMEIDA, A. N. **Teoria dos Jogos: As origens e os fundamentos da Teoria dos Jogos**. UNIMESP - Centro Universitário Metropolitano de São Paulo, Novembro/2006. p.1.

BARRIENTOS JUNIOR, Sidnei Medeiros. **Utilizando a Teoria dos Jogos para Encontrar Estratégias Vitoriosas para Empresas**. Universidade Santa Úrsula - Instituto da Tecnologia da Informação e da Comunicação - Engenharia da Computação, Rio de Janeiro, outubro/2006.

BACOCINA, DENIZE. *Istoé Dinheiro online - O que a OPEP quer do Brasil*. Acedido em 18 de Outubro de 2010, em: http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/4200_o+que+a+opep+quer+do+brasil

BIERMAN, H.S.; FERNANDEZ, L. *Game theory with economic applications*. 2.ed. United States: Addison-Wesley, 1998.

CABRAL, Paula Giovanini Bandeira. **Aplicação da teoria dos jogos para formalizar a estratégia do uso do gás natural veicular em táxi na paraíba**. JOÃO PESSOA-PB, 2006.

DOWBOR, Ladislau. **A crise financeira sem mistérios**. São Paulo, julho/2009

FONSECA, Alexandre Fontes da. **Jogo do Ultimato e o Progresso da Humanidade**. Revista FidelidadESPÍRITA 20, pp. 26-28 (2004).

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175 p.

HANDAN, Guilherme; ORNELAS, Emanuel. **Notas em Teoria dos Jogos e Informação**. Departamento de Economia, PUC-Minas e EPGE/FGV; Department of Economics University of Georgia, USA, 13 de novembro de 2006

IG Economia (2010). *Descobertas estimadas do pré-sal já triplicam reservas do Brasil*. Acedido em 01 de Dezembro de 2010, em: <http://economia.ig.com.br/empresas/industria/descobertas+estimadas+do+presal+ja+triplicam+reservas+do+brasil/n1237774560175.html>.

LEONETI A B; OLIVEIRA, S. V. W. B; OLIVEIRA, M. M. B. **O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão**. Eng. Sanit. Ambient., v.15 n.1, p. 53-64 jan/mar 2010.

Nicomex Notícias (2010). *Alta do petróleo surpreende mercado*. Acedido em 08 de Setembro de 2010, em: <http://www.trevisan.edu.br/imprensa/detalhe.cfm?idimprensa=143>.

O País online (2010). *Iraque só regressará ao sistema de quotas em 2015*. Acedido em 18 de outubro de 2010, em: <http://www.opais.net/pt/opais/?det=15925&id=1551&mid=336>.

PAGOTTO, Ronaldo Tamberlini. *O Petróleo e desafios do Projeto Popular para o Brasil*. Acedido em 08 de Setembro de 2010, no Web site da Consulta Popular: <http://www.consultapopular.org.br/agenda-de-lutas/Artigo%20sobre%20o%20petroleo%20-%20outubro%20de%202009.pdf>

SILVA ROCHA, André Barreira Da. **O Dilema do Prisioneiro e a Ineficiência do Método das Opções Reais**. Curitiba, v. 12, n. 2, p. 507-531, Junho/2008.

TAVARES, Jean Marx. **Teoria dos jogos: aplicada à estratégia empresarial**. Rio de Janeiro: LTC, 2008, 153 p. ISBN 978-85-216-1649-8.

TELLEZ, Claudio A. **Teoria dos Jogos e Relações Internacionais**. 2008.

WAGHABI, E. R; BENEVIDES, M. R. F. **Aplicação de Modelos Ocultos de Markov na Teoria dos Jogos**. COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), (2009).

