

Sistema de Apoio à Internacionalização de PMEs com recurso à Teoria dos Jogos

Gabriel Alves Pereira

*Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão para obtenção
do Grau de Mestre em Sistemas de Informação*

Trabalho realizado sob a orientação de:

Professor João Paulo Ribeiro Pereira

Professora Helyane Bronoski Borges

Bragança

Dezembro 2018

Sistema de Apoio à Internacionalização de PMEs com recurso à Teoria dos Jogos

Gabriel Alves Pereira

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão para obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação, no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Trabalho realizado sob a orientação de:

Professor João Paulo Ribeiro Pereira

Professora Helyane Bronoski Borges

Bragança
Dezembro 2018

Agradecimentos

Gostaria de agradecer o Prof. João Paulo pela atenção e dedicação durante o tempo em que me orientou na realização deste trabalho.

O Instituto Politécnico de Bragança e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por proporcionar a mim e à vários outros estudantes a oportunidade de finalizar os estudos no exterior. Especialmente o Prof. Gleifer e os demais da comissão de dupla diplomação da UTFPR pelo auxílio durante o programa.

A minha família, pois, sem o apoio deles durante todo esse tempo não seria possível chegar até aqui.

A todos os amigos que fizeram parte da minha trajetória durante o tempo de faculdade em Ponta Grossa, os amigos de república e os amigos que fiz aqui em Portugal. Ainda, em especial, gostaria de agradecer ao amigo Felipe Soares, que mesmo as vezes estando ocupado, se fazia disponível sempre que eu precisava de alguma sugestão enquanto escrevia o código da aplicação deste trabalho e, também, a amiga Larissa Mainardes, que sempre me apoiou e incentivou durante a escrita desse e outros trabalhos da faculdade.

Por fim, agradeço a todos que participaram de alguma forma durante essa minha etapa.

Resumo

As empresas estão sujeitas a vários riscos e incertezas sempre que decorre um processo de internacionalização. Em determinados casos, durante o planeamento desse movimento as empresas de menor dimensão podem não ter a mesma quantidade de recursos que uma grande empresa possui para analisar e calcular os riscos de contexto, tornando ainda mais difícil que essa internacionalização tenha sucesso.

Tendo isso em vista, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta informática de apoio a decisão para internacionalização de PME's (pequenas e médias empresas), utilizando um modelo com recurso à teoria dos jogos, o qual calcula o lucro obtido pelas empresas de acordo com as diferentes estratégias de preço adotadas. A partir das estratégias geradas, a ferramenta realiza uma pesquisa dos equilíbrios de Nash presentes nesse conjunto.

Para isso, foram estudados vários modelos na literatura que realizam o cálculo da cota de mercado de acordo com as variações de preços das diferentes empresas presentes na competição e também foi definido um modelo que correspondesse às necessidades de um modelo da teoria dos jogos. Ainda foram definidos os parâmetros de entrada que seriam necessários para a ferramenta e a forma e a representação que o resultado seria gerado e mostrado ao utilizador para que, então, a implementação da ferramenta pudesse ter início.

Para a análise e discussão dos resultados obtidos pela ferramenta foi utilizado um caso prático onde uma empresa portuguesa de produção de azeite biológico que pretende iniciar um processo de internacionalização para o Brasil. Através do exemplo foram observadas situações em que a ferramenta desenvolvida pode ajudar no estudo do mercado.

Concluiu-se que com os resultados obtidos através da ferramenta, é possível ter uma melhor visualização e entendimento das melhores estratégias, assim como uma previsão para cada um dos possíveis cenários analisados, dando mais um recurso para quem irá tomar uma decisão de internacionalização.

Palavras Chave: sistema de apoio a decisão (sad), teoria dos jogos, internacionalização

Abstract

Whenever an internationalization process begins, companies are exposed to a lot of risks and uncertainties. In certain cases, during the planning phase, smaller companies may not have the same amount of resources that a large company has in order to analyze and calculate the risks of context, making it even harder for such internationalization to succeed.

With that in mind, this paper proposes the development of a decision support system for the internationalization of SMEs (small and medium enterprises), using game theory model, which calculates the profit obtained by the companies according to the different price strategies adopted. From the strategies generated, the tool searches for the Nash equilibria present in this set.

For that, we studied some models in the literature that calculates the market share according to the price strategies of the different companies present in the competition and also defined a model that corresponds to the needs of a game theory model. Furthermore, the input parameters that were needed for the tool and the way and representation that the result would be generated and shown to the user were defined so, finally, the implementation of the tool could begin.

For the analysis and discussion of the results obtained by the tool, we used a practical case where a Portuguese company that produces olive oil intends to internationalize to a market in a region of Brazil. Through the example we observed situations in which the developed tool could help in a market analysis.

We concluded that with the results obtained with the developed tool, it is possible to get a better panorama and understanding about the best strategies, as well as a forecast for each of the possible scenarios analyzed, giving one more resource to those who will make an internationalization decision.

Keywords: decision support system (dss), game theory, internationalization

Índice Geral

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	ix
Índice Geral	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
Capítulo 1 Introdução	1
1.1. Contexto e Motivação	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia de Investigação	2
1.4. Estrutura do documento	4
Capítulo 2 Enquadramento Teórico	5
2.1. Teoria dos Jogos	5
2.1.1. Definindo um jogo.....	6
2.2. Equilíbrios de Nash.....	9
2.3. Internacionalização	12
2.4. Revisão do estado da arte.....	14
2.5. Modelos Matemáticos para Teoria dos Jogos	18
Capítulo 3 Modelo de Apoio à Internacionalização	21
3.1. Metodologia de Investigação	21
3.2. Modelo Proposto.....	23
3.2.1. Modelo para Cota de Mercado	23
3.2.2. Modelo para Receita	27
3.2.3. Modelo para Lucros.....	28
3.3. Desenvolvimento da Ferramenta Informática.....	29
3.3.1. Linguagens de Programação.....	29
3.3.1.1. Linguagem C.....	29
3.3.1.2. Linguagem Java.....	30
3.3.2. Parâmetros de Entrada	30
3.3.3. Saída Gerada.....	31
3.3.4. Funcionamento do Sistema.....	33
Capítulo 4 Apresentação e Discussão dos Resultados	39
Capítulo 5 Conclusões.....	45
Bibliografia.....	47

Índice de Figuras

Figura 1: Exemplo de uma árvore de um jogo	8
Figura 2: Diagrama do processo de desenvolvimento do sistema.....	22
Figura 3: Modelo	23
Figura 4: Modelo para Cota de Mercado.....	24
Figura 5: Gráfico da Equação de Boltzmann.....	26
Figura 6: Modelo para Receita	27
Figura 7: Modelo para Lucros	28
Figura 8: Diagrama para a criação de um novo jogo.....	33
Figura 9: Tela "Criar Novo Jogo".....	34
Figura 10: Telas "Empresa".....	34
Figura 11: Diagrama "Gerar Estratégias"	35
Figura 12: Tela confirmando o sucesso da ação ao utilizador.....	35
Figura 13: Diagrama "Encontrar Equilíbrios"	36
Figura 14: Tela "Equilíbrios de Nash"	37
Figura 15: Tela "Todas Estratégias"	38
Figura 16: Exemplo de um gráfico gerado	38
Figura 17: Estratégias geradas no jogo 1	41
Figura 18: Equilíbrio de Nash no jogo 1	41
Figura 19: Gráficos do jogo 1.....	42
Figura 20: Estratégias geradas no jogo 2.....	43
Figura 21: Equilíbrio de Nash no jogo 2	43
Figura 22: Gráficos do jogo 2.....	44

Índice de Tabelas

Tabela 1: Exemplo de um jogo representado por uma tabela.....	8
Tabela 2: Tabela do jogo "Dilema do Prisioneiro"	12
Tabela 3: Formatação da saída gerada pelo sistema.....	32
Tabela 4: Dados gerais relativos ao caso aplicado	40
Tabela 5: Dados das empresas para o caso aplicado	40

Capítulo 1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar o contexto e a motivação do trabalho, apresentando os temas trabalhados, na seção 1.1, os objetivos pretendidos pelo trabalho, em 1.2, uma breve apresentação da metodologia de investigação utilizada, 1.3, e, por fim, a estrutura do trabalho, na seção 1.4.

1.1. Contexto e Motivação

Com o avanço da tecnologia, especialmente nas últimas décadas, o cenário global dos mercados (internacional, regional ou local) tem sofrido severas mudanças. As antigas segmentações e barreiras que dividiam o mercado internacional para as grandes empresas, com a globalização, passaram a não existir e, com isso, abriu-se um caminho para que as médias e pequenas empresas procurem o seu “pequeno” espaço nesse mercado global. Contudo, se por um lado as pequenas e médias empresas (PME) estão a tentar ganhar um espaço em mercados diferentes, o mesmo acontece inversamente. É cada vez mais difícil que pequenas empresas independentes consigam prosperar nos mercados que, antigamente, eram tradicionalmente protegidos [1]. Ou seja, mesmo que uma empresa pequena não queira competir em um mercado global, provavelmente uma empresa global entrará para competir no seu mercado de origem, forçando-a a descobrir novas estratégias e comportamentos para se conseguir manter neste mercado que cada vez se torna ainda mais competitivo.

A decisão tomada por uma empresa quando esta pretende começar os seus processos de internacionalização, seja a empresa grande ou pequena, sempre traz riscos à mesma. Por

isso, é necessário que seja realizado todo um planejamento, com cálculos e estruturação, para que uma internacionalização seja de sucesso e permanente, diminuindo os custos e riscos de contextos gerados por esse movimento da empresa. Passos como, por exemplo, identificar as potenciais áreas e clientes para determinado tipo de produto (ou serviço), podem diminuir esses riscos, uma vez que isso possibilita que a empresa tenha uma perspectiva do resultado obtido quando tal mercado, com tal estratégia em uma determinada região, seja escolhido.

Para PMEs, tarefas como essas podem não ser tão simples, visto que elas não possuem a disponibilidade dos mesmos recursos que uma empresa de grande porte possui. Com isso, este trabalho pretende realizar o desenvolvimento de um sistema de apoio a decisão para essas empresas, as chamadas PMEs.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma ferramenta informática que analise os lucros obtidos pelas empresas, de acordo com as estratégias de preços adotadas pelas mesmas, e desta forma identificar as melhores estratégias a adotar.

Para isso será necessário utilizar um modelo matemático que represente a mudança desse comportamento. O modelo terá que analisar o comportamento do mercado de uma determinada região de acordo com as mudanças para, então, calcular os custos e os lucros obtidos com a estratégia escolhida. Esse modelo será suportado pelo conceito de teoria dos jogos e, com as diferentes estratégias geradas, pretende-se disponibilizar a possibilidade de ser realizada uma busca pelos equilíbrios de Nash do jogo.

1.3. Metodologia de Investigação

O sistema que é proposto pelo trabalho tem como finalidade analisar os diferentes comportamentos que o mercado pode adotar com a entrada de uma nova empresa, de acordo com as diferentes estratégias de preço adotadas por cada uma das empresas presentes no mercado, resultando, então, no lucro obtido por cada uma delas. O

comportamento de cada empresa em um mercado é moldado de acordo com as estratégias que as demais empresas adotam ou que elas possam adotar, e essa interação entre as empresas pode ser representada através da teoria dos jogos [2].

A teoria dos jogos ficou mais conhecida através dos trabalhos realizados por John von Neumann e Oskar Morgenstern, de 1944. Segundo [3], a teoria dos jogos está preocupada em como os indivíduos tomam decisões quando estão cientes que suas ações afetam os outros e quando cada indivíduo leva isso em consideração. Para [4], ela é uma coleção de modelos matemáticos formulados para estudar situações de conflitos e cooperação, preocupada em encontrar as melhores ações para quem irá tomar as decisões. Um jogo da teoria dos jogos gera um conjunto de estratégias que, quando adotadas pelos jogadores (neste caso, pelas empresas), resulta em uma saída chamada de ganhos. Esses ganhos são o que cada um dos jogadores “recebem” dadas as estratégias escolhidas por ele próprio e cada um dos outros jogadores.

Fazendo-se uso disso, o sistema será suportado por modelos de teoria dos jogos e, com os resultados obtidos, serão procurados os equilíbrios de Nash nesse conjunto de estratégias gerado.

Os equilíbrios de Nash levam o nome do matemático John Forbes Nash Jr., pois, foi ele quem sugeriu e provou a existência desses equilíbrios nos jogos. Um equilíbrio de Nash é uma estratégia na qual nenhum dos jogadores tem o incentivo de trocar a sua própria estratégia, ou seja, dadas as escolhas dos outros jogadores, não há uma outra escolha que resultará em um ganho maior para os jogadores [5].

Como a teoria dos jogos pode ser traduzida em modelos matemáticos, pretende-se, durante o desenvolvimento do trabalho, a realização de uma pesquisa envolvendo trabalhos em que essa teoria também tenha sido aplicada, assim como a busca por modelos que possam expressar o comportamento do mercado com base em algumas variáveis, representando a cota de mercado de uma empresa de acordo com as diferentes estratégias de preço adotada por ela e pelas demais. Com esse modelo matemático, será criado um modelo geral para o sistema, o qual representará o funcionamento do sistema por completo, envolvendo a receita gerada, os custos de produção e, por fim, o lucro obtido com as estratégias escolhidas. Para o modelo geral também serão definidas todas as variáveis necessárias. Após as pesquisas e definição dos modelos, assim como das

variáveis envolvidas, serão definidas as linguagens de programação utilizadas para a implementação do sistema, determinando como será o funcionamento do sistema e como a saída será representada para, então, o sistema ser desenvolvido. Por fim, os resultados serão apresentados com a aplicação de um exemplo de uma entrada de uma empresa em um novo mercado.

1.4. Estrutura do documento

O trabalho foi estruturado da seguinte maneira: para o Capítulo 2, é apresentado um enquadramento teórico sobre os principais conceitos utilizados neste trabalho, aprofundando um pouco nos temas de teoria dos jogos e equilíbrios de Nash, e revisões de outros trabalhos que utilizaram as mesmas ferramentas. No Capítulo 3, o desenvolvimento e funcionamento do sistema é explicado, assim como também é definida a metodologia utilizada no trabalho. Para o Capítulo 4 um exemplo é aplicado para a análise dos resultados, e, no Capítulo 5, é feita a conclusão do trabalho.

Capítulo 2 Enquadramento Teórico

Este capítulo tem como objetivo abordar os principais conceitos que serão utilizados no trabalho, como o de teoria dos jogos (2.1), equilíbrios de Nash (2.2) e internacionalização (2.3), assim como fazer, também, uma revisão sobre os trabalhos já realizados e os modelos utilizados na área (2.4), e por último, fazer uma breve análise sobre esses modelos estudados (2.5).

2.1. Teoria dos Jogos

A teoria dos jogos teve origem como uma teoria matemática que modela as ações de dois ou mais participantes (jogadores) em algum processo decisório, descrevendo suas estratégias e respetivos ganhos gerados a partir das mesmas.

Apesar de se ter sido tornado mais conhecida e aceite com o livro de John von Neumann e Oskar Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior* [6], existem registos mais antigos de estudos sobre a teoria dos jogos. Após o livro, a teoria chamou uma grande atenção, principalmente na economia e matemática aplicada. Posteriormente, a teoria dos jogos acabou sendo usada nas mais diversas áreas além da economia, como também nas ciências políticas, militares, na ética, computação, entre outras. Para a economia, a teoria dos jogos destaca-se, pois, com ela é possível encontrar estratégias racionais, considerando não só ações de um agente, mas também de outros e levando em consideração as condições do mercado. Já na computação, é de grande utilidade para

simular e ajudar a compreender diversas situações e sistemas, e o que eles podem apresentar como uma possível saída.

Após o estudo de Neumann e Morgenstern [6] surgiram vários outros sobre o tema, sendo alguns deles de grande importância, como o de Albert W. Tucker, no qual, baseando-se no trabalho de Merrill M. Flood e Melvin Dresher, criou o Dilema do Prisioneiro, um dos mais conhecidos problemas na teoria dos jogos.

Outros estudos que merecem destaque são os de John Forbes Nash Júnior, pois, nos artigos *Equilibrium Points in n-Person Games* [7] e *Non-cooperative Games* [5] é onde se encontra a prova da existência de equilíbrio nas estratégias mistas em jogos não-cooperativos, o qual passou a ser chamado de equilíbrio de Nash. Ainda Nash, nos seus outros dois artigos, *The Bargaining Problem* [8] e *Two-Person Cooperative Games* [9], foi criada a teoria do “*bargaining problem*” (em português também conhecido como problema da negociação) e a existência de uma solução para esse problema encontrado por Nash.

No ano de 1994, Nash, juntamente com John Harsanyi e Reinhard Selten, ganharam o Prêmio de Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel, pela "sua análise pioneira dos equilíbrios na teoria dos jogos não cooperativos".

2.1.1. Definindo um jogo

Um jogo da teoria dos jogos, segundo [3], consiste em:

- Um grupo de jogadores
- Uma ordem de jogo
- Uma descrição da informação disponível para qualquer jogador a qualquer ponto durante o jogo;
- Um grupo de ações disponíveis para cada jogador sempre que este é chamado para tomar uma decisão;
- O resultado gerado para cada sequência possível de ações dos jogadores, e;
- O ranking de utilidade von Neumann-Morgenstern (VNMU) de cada jogador para cada grupo de resultados.

O ranking VNMU para cada grupo de resultados é o retorno que aquele jogador tem para aquele resultado que foi gerado.

Existem ainda duas classificações para os jogos, os jogos cooperativos e os jogos não-cooperativos. Como os nomes sugerem, os jogos cooperativos são aqueles em que os jogadores podem, em determinado momento, entrar em algum tipo de acordo para que os resultados sejam os melhores possíveis para ambos. Por outro lado, nos jogos não-cooperativos, não existe essa possibilidade.

Os jogadores são quem tomam as decisões, podem ser pessoas, empresas, famílias, governo, etc. [3] citam também um "jogador" especial: a natureza. É assumido que todos os jogadores são racionais, com exceção da Natureza.

Para a teoria dos jogos, a racionalidade de um jogador é definida quando um facto é conhecido por todos os jogadores, e que estes sabem que os outros jogadores também têm tal informação, ou seja, todos os jogadores sabem que todos os jogadores possuem a informação.

Existem também os tipos de jogos sequenciais e os jogos simultâneos. Para os sequenciais, existe uma sequência para cada jogador tomar uma decisão e uma ordem em que estas irão ocorrer, fazendo com que sejam tomadas uma decisão por vez, ao contrário do que ocorre nos jogos simultâneos. Nos jogos simultâneos, todos os jogadores devem tomar suas decisões ao mesmo tempo.

A ordem de jogo pode ser representada por uma espécie de árvore de decisão, que na teoria dos jogos chamamos de árvore do jogo. Um ponto onde é necessário que ocorra uma decisão é chamado de nó. Existe um nó inicial, chamado de raiz, no qual a primeira decisão do primeiro jogador ocorre. Para cada uma das ações possíveis dessa decisão é gerado um ramo, e, esses ramos, levam para outros nós onde serão necessários que ocorram as seguintes decisões. O nó final de cada ramo apresenta os ganhos obtidos pela estratégia daquele ramo.

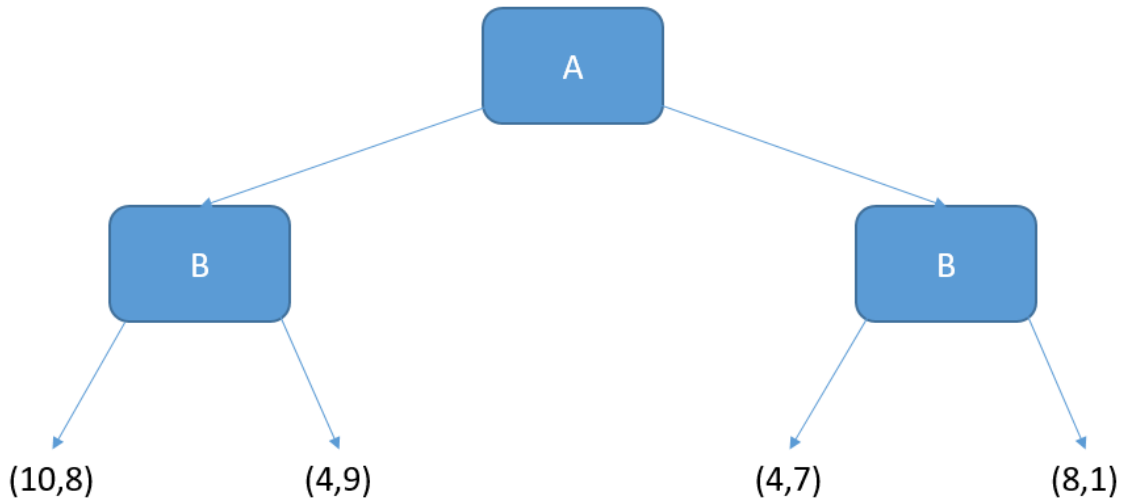


Figura 1: Exemplo de uma árvore de um jogo

Os jogos, além de serem representados pela árvore do jogo, podem também ser representados por uma tabela. Quando é representada pela árvore, dizemos que o jogo está em sua forma extensiva e é um jogo sequencial. Podemos também usar a forma estratégica (também chamada de forma normal) tanto para jogos simultâneos quanto para jogos sequenciais, e ela é representada numa tabela onde cada célula apresenta o ganho obtido para cada combinação de estratégia.

Tabela 1: Exemplo de um jogo representado por uma tabela

	B	Estratégia <i>a</i>	Estratégia <i>b</i>
A			
Estratégia <i>x</i>	10	8	9
Estratégia <i>y</i>	4	7	1

Uma estratégia pura é o conjunto de todas as ações que um jogador escolheu até chegar no desfecho daquela situação. As estratégias puras são quando não ocorrem mudanças nas ações dos jogadores durante todo o jogo. Também existem as chamadas estratégias mistas, onde o jogador pode escolher aleatoriamente as ações a cada informação nova

obtida. "Mais formalmente, uma estratégia mista para um jogador consiste em uma distribuição das probabilidades sobre o grupo das estratégias puras" [3].

Os ganhos obtidos através das estratégias são representados por números, podendo significar qualquer tipo de ganho, financeiro ou não. Para um consumidor que compra algum produto, o ganho dele não será necessariamente financeiro, pois, na verdade, ele gastou dinheiro na aquisição daquele produto, portanto, o ganho será representado por outra coisa (como por exemplo, a satisfação do cliente ou algum bem que será gerado através disso).

Há casos em que uma estratégia domina ou é dominada pela outra. Esses casos ocorrem quando, se o jogador tiver duas estratégias possíveis, A e B, e os ganhos gerados, independente das combinações de estratégias dos outros jogadores, forem maiores em A, dizemos que a estratégia A domina a estratégia B, e, por consequência, a estratégia B é dominada pela estratégia A. Nesses casos, quando assumimos que o jogador é racional, nunca acontecerá do jogador escolher a estratégia a qual é dominada. "Em alguns jogos, examinar quais estratégias são dominadas, resulta na conclusão que jogadores racionais só podem escolher uma das suas estratégias" [10].

Outro conceito importante para a teoria dos jogos é o do teorema do *minimax*, proposto por Neumann em 1928. Segundo esse teorema, sempre há uma solução para um jogo onde os jogadores têm interesses totalmente opostos, ou seja, o que um jogador ganha será o que o outro jogador perderá. Isso representa uma situação de soma zero, pois, se somarmos os ganhos (neste caso, o ganho de um jogador e a perda do outro) de ambos os jogadores o resultado será 0. "Em um jogo de dois jogadores com soma zero é racional para cada jogador escolher a estratégia que maximiza o seu ganho mínimo ou que minimize o ganho máximo do adversário" [11].

2.2. Equilíbrios de Nash

Um ponto de equilíbrio, segundo [5], é um ponto onde a estratégia de um jogador maximiza o seu ganho quando a estratégia do outro jogador é fixa. Ainda em [5], é provado o teorema de que todo jogo finito possui um ponto de equilíbrio.

Nash também define soluções, soluções fortes e “sub-soluções” para um jogo. Segundo o autor, um jogo não-cooperativo nem sempre tem uma solução, mas, quando tem, essa solução é única. "Soluções fortes são soluções com propriedades especiais. Sub-soluções sempre existem e possuem muitas propriedades de soluções, mas falta singularidade" [5].

Para [3], qualquer solução de um jogo não cooperativo deve ser um equilíbrio que foi proposto por Nash, um equilíbrio de Nash. Este equilíbrio é a definição do ponto de equilíbrio de Nash, que fora citada anteriormente. Para os autores, "um equilíbrio de Nash para um jogo é uma coleção de estratégias, uma para cada jogador, as quais toda estratégia do jogador é ótima dado que os outros jogadores usem suas estratégias de equilíbrio".

O teorema que Nash desenvolveu é aplicado em jogos não-cooperativos, para n pessoas (sendo n um número qualquer), sendo de soma zero ou não, com cada jogador possuindo um número finito de estratégias e com pelo menos um conjunto de estratégias de equilíbrio. Porém, isso não quer dizer que esse teorema não possa ser usado em outros tipos de jogos.

"Um conjunto de estratégias constitui um equilíbrio de Nash se a escolha de cada jogador for ótima dada à escolha de todos os outros jogadores, o qual implica em não arrependimento" [11].

Na escolha de um jogador em qual estratégia adotar, é importante levar em consideração as estratégias que os outros jogadores podem escolher. Se esse jogador estiver à procura do maior lucro para si, provavelmente a sua estratégia será a melhor considerando as possíveis estratégias de outros jogadores. "Apenas quando as estratégias formam um equilíbrio de Nash os jogadores podem ter como senso comum quais as estratégias que cada um irá adotar" [3].

Um jogo pode conter mais de um equilíbrio de Nash. Por isso, é necessário achar qual dos equilíbrios de Nash é o mais razoável para ser adotado. Para isso, [3] usa o método *backwards induction*, que, no português, significa indução retrospectiva. Esse método nada mais é do que, simplificadamente, em uma árvore de um jogo, iniciar a análise pelos nós terminais (os ganhos), e, para cada ação, buscar as estratégias ótimas conforme as possíveis ações dos outros jogadores, até chegar no nó raiz da árvore. Contudo, o método de indução retrospectiva apenas funciona para jogos sequenciais, não sendo útil para os jogos simultâneos.

Um dos métodos disponíveis para atingirmos um equilíbrio para o jogo é observar as estratégias dominantes de cada jogador. Quando atingimos um equilíbrio pelas estratégias dominantes de dois jogadores, chamamos de equilíbrio de estratégia dominante. Este equilíbrio, quando existe, constitui o único equilíbrio Nash para o jogo.

O exemplo mais famoso com esse tipo de equilíbrio é o Dilema do Prisioneiro. Esse exemplo é apresentado da seguinte forma:

Dois suspeitos são apanhados e presos pela polícia. Os prisioneiros são mantidos sem a possibilidade de se comunicar com o outro. Sem provas para poder condena-los, a polícia oferece-lhes o mesmo acordo: trair o outro prisioneiro, testemunhando contra ele, ou, permanecendo em silêncio. Caso ambos os prisioneiros testemunhem um contra o outro, a pena para os dois será de 2 anos. No caso de um testemunhar e o outro ficar em silêncio, o que testemunhou sairá livre e o outro terá uma pena de 3 anos. Por último, no caso de ambos ficarem em silêncio, terão uma pena de apenas 1 ano.

A matriz dos ganhos é dada pela Tabela 2. Neste exemplo, quanto menor for o ganho para os prisioneiros, por se tratar da pena que será atribuída, será melhor.

Como é possível observar, a estratégia dominante é a de que um prisioneiro testemunhe contra o outro prisioneiro. Sendo assim, não faz sentido um dos prisioneiros escolher permanecer em silêncio, que é a estratégia dominada. Porém, também é possível observar que no caso de ambos os prisioneiros não testemunharem, a pena para ambos será menor. Contudo, pelo facto de os prisioneiros não poderem se comunicar (o que representa um jogo não-cooperativo), cada um irá tentar maximizar o seu ganho (neste caso, minimizar a pena).

Tabela 2: Tabela do jogo "Dilema do Prisioneiro"

		B	
		Permanecer em silêncio	Trair
A	Permanecer em silêncio	1, 1	0, 3
	Trair	3, 0	2, 2

Esse dilema tem diversas outras aplicações nas ciências sociais, não se limitando apenas a economia e teoria dos jogos.

Como não são todos os jogos que apresentam estratégias dominantes, não é possível aplicar o equilíbrio de estratégia dominante em um primeiro momento. Nos casos em que os jogos não apresentam uma estratégia dominante, mas apresentam uma estratégia dominada, é possível atingir o equilíbrio usando o equilíbrio de estratégia dominada iterado. Para isso, a estratégia dominada é removida, uma vez que ela não será escolhida. Esse processo repete-se até que não tenham mais estratégias dominadas. Quando atingimos o equilíbrio, podemos afirmar que é o único equilíbrio de Nash para o jogo.

Nos casos em que não existem nem estratégias dominantes, nem estratégias dominadas, para atingir o equilíbrio de Nash é necessário acreditarmos que todos os jogadores irão agir conforme sua racionalidade, visando as estratégias que retornem os maiores ganhos, levando em consideração às possíveis ações de outros jogadores. Nesses casos, não existirá necessariamente apenas um equilíbrio de Nash para o jogo.

2.3. Internacionalização

O movimento de uma empresa migrar para diferentes mercados é comumente chamado de internacionalização. O termo “internacionalização” é usado para descrever as operações internacionais de uma empresa e geralmente é associado com o aumento no

envolvimento em mercados estrangeiros. Contudo em alguns casos, em resposta a diversos fatores, empresas podem abandonar um produto, desmontar uma divisão, vender uma instalação de produção estrangeira ou despedir pessoas envolvidas em operações internacionais [12], e isso também pode fazer parte da definição de internacionalização.

Diversos fatores podem levar uma empresa a procurar a internacionalização, sendo alguns deles: a ultrapassar barreiras tarifárias, o estímulo dado pelo governo para esse tipo de operação, a necessidade de desenvolver novas tecnologias e a diplomacia econômica [13]. Uma empresa também pode ser motivada a expandir os seus negócios para fora do país quando se percebe que é possível uma “exploração” a partir de vantagens baseadas no seu *know-how* (termo em inglês que em sua tradução literal significa “saber-como”, e representa o conhecimento prático que determinado indivíduo ou empresa possui sobre algum produto ou serviço) que possibilitem minimizar os seus custos [14].

Quando se trata da escolha do novo local para a internacionalização das empresas, estudos mostram que fatores culturais e também geográficos influenciam nessa decisão, sendo que há uma busca para mercados que se assemelham com o mercado de origem. Para empresas estadunidenses, por exemplo, o Canadá é o destino mais comum, assim como os vizinhos asiáticos para as empresas japonesas. Na Europa, os destinos mais comuns são os próprios países europeus, como geralmente acontece com as franquias portuguesas, que tem como destino preferido a vizinha Espanha [15].

Um estudo feito com as empresas do Brasil, [16], mostrou, como um de seus resultados, que os fatores mais importantes para uma empresa conseguir competir em um mercado se dá, primeiramente, pelo preço, e, logo em seguida, pela qualidade de seus produtos. Tratando-se dos preços, principalmente para grandes empresas, a moeda que será utilizada como base para definir o valor que será cobrado é também de grande importância [17].

Outro fator importante que deve ser levado em consideração quando empresas procuram entrar em novos mercados, não citando o tamanho do mercado para determinado produto, é a familiaridade ou não dessa empresa com o mercado em questão [18]. A familiaridade com o mercado, segundo o autor, é o grau no qual as características e padrões do negócio de um mercado são entendidos dentro da empresa, não necessariamente como um resultado da participação no mercado. Também, fatores do mercado podem se referir tanto a características particulares do mercado e os competidores participantes, quanto

padrões de negociações que podem levar a vantagens competitivas. Resumidamente, o princípio de familiaridade, para essa área, pode ser entendido como: a marca que é mais conhecida pelos consumidores possui uma vantagem.

Quando uma empresa decide se internacionalizar, além dos fatores citados anteriormente, diversos outros devem ser levados em consideração na hora de definir a estratégia da empresa para a entrada no novo mercado escolhido [14] [18]. Portanto, a partir dos estudos analisados anteriormente, pretende-se definir as variáveis que sejam consideradas as mais relevantes para o trabalho.

2.4. Revisão do estado da arte

Nesta seção será feita uma breve revisão sobre os trabalhos já realizados utilizando teoria dos jogos, em diferentes aplicações. Os modelos matemáticos que foram utilizados (ou propostos) pelos autores desses trabalhos, quando considerados relevantes para essa pesquisa, serão novamente abordados na seção 2.5.

No estudo [19], o problema para o qual a teoria dos jogos foi proposta são os preços de uma rede de conexões sem fio, considerando WMAN, WLAN e redes celulares, cada uma operada por prestadoras de serviços diferentes. Foram considerados dois tipos de conexão, uma “*premium*” e a outra do tipo “*best-effort*”. Para a *premium*, o custo é fixo, enquanto que para a do segundo tipo o preço é variável, dependendo do tráfego no sistema e dos concorrentes. Foram propostos dois tipos de jogos, sendo que o primeiro é simultâneo, ou seja, todas as prestadoras de serviços decidem seus preços ao mesmo tempo, e o segundo é do tipo “*leader-follower*”, onde uma prestadora coloca o seu preço primeiro e as outras em seguida oferecem os seus respectivos preços, também foram avaliados dois tipos de performance para cada jogo, um onde as empresas não cooperavam e o outro onde acontecia a cooperação. Foi possível observar que as receitas das empresas “*followers*” eram menores do que quando no jogo simultâneo, quando não havia cooperação. Outro ponto que foi destacado é que quando há cooperação entre as empresas, a receita total gerada é maior.

O foco em [20] é observar o comportamento de competição e cooperação nas estratégias de preço de transportes de portos utilizando a teoria dos jogos. Para o jogo são

considerados dois portos, com dois estágios para as estratégias: qualidade e preço. Para a primeira análise, dois portos competem entre si com suas estratégias de qualidade e preço, já para a segunda análise, dois portos cooperam para competir contra um terceiro jogador, que pode ser entendido como outros meios de transporte. Com os resultados obtidos, é possível observar que quando os portos cobram um preço igual tanto para clientes que estão próximos ou distantes, o equilíbrio de Nash leva a indústria a buscar uma maior qualidade de serviço, uma vez que com uma maior qualidade os clientes estão dispostos a pagar um preço maior, gerando um lucro maior. Quando há diferenciação nos preços para os que estão próximos ou distantes, a melhor estratégia para o porto depende também de outros fatores, mas a qualidade do serviço ainda pode ser um diferencial. Se houver cooperação entre dois portos, a escolha de preço único para os clientes é a que mais apresenta lucro.

Em [21] tem como foco sugerir um *framework* de um modelo de Stackelberg com uma aproximação “*prospect-theoretic*” que possibilite otimizar a troca de energia entre os “*prosumers*” (termo em inglês que remete a junção das palavras produtor e consumidor) e a rede de companhia elétrica, levando em consideração a incerteza dos preços da energia no futuro. É usado o jogo do tipo “*single-leader, multiple-follower*” no qual o líder é a companhia de energia, que decide o preço para maximizar seus lucros, e os seguidores são os “*prosumidores*”, que reagem escolhendo a melhor proposta para comprar ou vender energia. O trabalho faz uma comparação entre os resultados obtidos com o *framework* de teoria de prospecto e a teoria dos jogos clássica, aplicada no jogo dos seguidores. No jogo clássico, o resultado obtido foi um único equilíbrio de Nash.

Propõe-se analisar a competição das estratégias de preço entre estações de recarga de veículos elétricos utilizando teoria dos jogos [22]. Para a modelação do sistema, só foram considerados veículos que pretendem recarregar as suas baterias nas estações, sendo que esses escolhem a estação que irão recarregar com base no preço, distância e preferência por determinada estação, e, para as estações, foram consideradas as que vendem eletricidade de fontes renováveis, neste estudo foi considerado energia de painéis fotovoltaicos, ou não. O jogo é formulado com base em que as estações não irão cooperar, uma vez que são de diferentes donos e visam maximizar o seu próprio lucro. Como resultado, observa-se que quando a maioria das estações oferecem eletricidade de fontes renováveis, o preço médio é menor e a receita mensal maior, gerando mais lucros para as estações. Além disso, quanto maior o painel, menor o preço para o consumidor.

Os autores de [23] apresentaram um estudo com foco nos problemas econômicos do ecossistema do "espaço branco" da TV e a competitividade entre os múltiplos operadores desse cenário. O estudo é sobre a competição entre os operadores secundários e o impacto da decisão do preço de venda pelos gestores das bases de dados. Foram realizados dois tipos de jogos, sendo um a maximização dos lucros da rede e o outro a maximização do lucro da base de dados. Para o resultado, é encontrado um equilíbrio de Nash para ambos os tipos de jogos com as duas estratégias de preço de venda utilizadas.

A teoria dos jogos foi aplicada em [24] para analisar a procura de minério de ferro entre a China e Japão, assim como também foram analisadas estratégias dos dois países caso recusassem ou aceitassem aumentar o preço do minério. Foram considerados dois cenários para a obtenção dos resultados a partir da teoria dos jogos, sendo jogos de curta e longa duração. Para o jogo, foram assumidas algumas condições e definido uma solução perfeita para o equilíbrio de Nash.

Foi sugerido um modelo de teoria dos jogos em [25] para estratégias de desenvolvimento empresarial. Para a realização, assume-se que o jogo é par, finito, sem coalização e antagônico. Para o exemplo foram consideradas estratégias mistas para ambos os jogadores, e o jogo não apresenta nenhum equilíbrio de Nash.

Outra aplicação para a teoria dos jogos foi usada em [26] para demonstrar como as ações de uma empresa afetam as demais dentro de uma cadeia de suprimentos (*supply chain*), assim como seria possível, usando a teoria dos jogos, ajudar a entender os problemas de cada estratégia. No artigo, os autores usaram como exemplo, de maneira simplificada, as empresas *Amazon* e *Alibaba* e as suas opções de estratégias para atrair anunciantes. Com o exemplo foi possível observar que as decisões adotadas por ambas constituíam um equilíbrio de Nash.

O tema de "coopetição", termo usado para quando existe uma relação simultânea de competição e cooperação entre duas empresas, é explorado em [27], onde é demonstrado como existem vantagens na utilização de modelos de teoria dos jogos para estudos nesses casos.

O autor de [28] propõe o uso de negociação automatizada, que é composta por teoria dos jogos, inteligência artificial e outras partes, como descrito pelo próprio autor, para o

comercio eletrônico. O objetivo do autor é mostrar que usando esse tipo de negociação é possível obter ganhos maiores tanto para o vendedor quanto para o comprador.

A teoria dos jogos é usada para analisar o comportamento e ações de profissionais das áreas de TI (tecnologia da informação) e de pessoas que não são dessa área durante negociações [29]. Os autores contaram com o uso de um Sistema de Suporte à Negociação (NSS, do inglês *negotiation support system*) para auxiliar os utilizadores durante os processos de uma negociação.

Em [30] aplicou-se a teoria dos jogos para estudar as melhores estratégias usadas em geradores de eletricidade para maximizar os ganhos. Foram adotados como jogadores os geradores e para as estratégias as diferentes configurações que os geradores poderiam utilizar. Para evitar ganhos muito baixos, foi adotado como objetivo que o jogador escolhesse a estratégia que tinha o maior dentre os menores ganhos possíveis em cada cenário. A partir dos resultados gerados na matriz de ganhos, o equilíbrio de Nash foi obtido a partir do teorema *min-max*.

São analisadas as estratégias de três produtores de energia para diferentes níveis de procura em [31]. O trabalho utiliza a teoria dos jogos para analisar cada um dos ganhos obtidos através dos jogos propostos, que são não-cooperativo e possuem três jogadores, onde cada um dos jogadores tenta maximizar o seu lucro usando as diferentes estratégias. É proposto um modelo para a obtenção dos ganhos com cada estratégia, no qual é levado em consideração os preços oferecidos nas estratégias para o cálculo do lucro obtido, e são avaliadas três estratégias para cada jogador, em três jogos diferentes, em que se muda os níveis máximos da procura. As simulações foram realizadas utilizando códigos do *Matlab*.

Procurou-se também encontrar possíveis modelos de teoria dos jogos para melhorar o processo de decisão para casos de empréstimos e aplicações [32]. No trabalho, o objetivo é avaliar os riscos dessas operações com base no histórico dos clientes. Para isso, foram usados vários algoritmos de classificação em uma base de dados de um banco da Alemanha, com diferentes condições de treinamento. Com os resultados, os autores escolheram o algoritmo de *data mining* J48 (um algoritmo de árvores de decisão baseado no C4.5, sendo essa a sua implementação na linguagem de programação Java) para aplicar a teoria dos jogos, e, a partir disso, foi possível obter a forma extensiva e a árvore do jogo.

Estudos envolvendo teoria dos jogos e internacionalização mostram que é possível usá-la para análise de boas estratégias e abordagens para a entrada em um novo mercado. Em [33], é usado um *framework* de teoria dos jogos competitivo para definir qual tipo de estratégia uma empresa deve adotar quando pretende introduzir um novo produto no mercado, atacando pequenos mercados para então se lançar a outros continentes, ou lançar o produto no mercado global diretamente.

Outro trabalho, [34], usa a teoria dos jogos para definir as melhores condições para que empresas de países desenvolvidos e subdesenvolvidos possam competir maximizando o bem-estar social dos países envolvidos nessa internacionalização.

Em [35] é proposto um *framework* para estudar o desenvolvimento do mercado de comércio internacional. A teoria de jogos, nesse trabalho, é utilizada para definir as interações e relações entre as nações, sendo realizados vários experimentos para, posteriormente, compará-los com os fenômenos do mundo real. Como resultado, os autores concluem que o modelo sugerido é capaz de refletir efetivamente a tendência do comércio internacional do mundo real e das pesquisas existentes.

A teoria dos jogos mostra-se muito útil em diversas áreas, conseguindo trazer uma ampla visão das possíveis saídas ao analisarmos como uma situação irá se comportar quando um ou mais jogadores adotam diferentes estratégias.

2.5. Modelos Matemáticos para Teoria dos Jogos

Como já citado na seção 2.1, a teoria dos jogos nada mais é do que modelos matemáticos desenvolvidos, ou adaptados, para estudar situações de conflitos e, a partir disso, gerar as melhores estratégias para quem irá tomar a decisão nessas situações. Atualmente já foram desenvolvidos diversos modelos, sendo estes para as mais diferentes áreas. O objetivo desta seção é analisar brevemente alguns dos modelos propostos anteriormente, assim como as variáveis utilizadas, com a finalidade da adaptação de um modelo para o trabalho proposto.

O modelo proposto em [25], tem como objetivo aumentar a cota de mercado de uma empresa. Para o desenvolvimento desse modelo, são usadas como variáveis a melhoria na qualidade, a redução de preços e o aumento de gêneros de mercadorias.

Outro modelo estudado, proposto em [19], é usado para determinar as melhores estratégias de preços que operadoras de redes sem fio possam adotar, levando em conta fatores como procura, concorrência na área em que o serviço será oferecido, a elasticidade que pode ser considerada no preço conforme a procura e fatores como a mudança na preferência de um serviço ou outro pelos clientes.

No modelo usado pelos autores de [23], são considerados custos, preços de vendas por atacado, o tamanho do espectro que será dividido entre cada operador, descontos em preços para utilizadores que usem certo tipo de serviço, entre outras variáveis que são importantes para o problema em questão. Para o trabalho, foram analisadas estratégias em que a saída (conseguida através do modelo) apresentasse a maximização de lucros nos jogos propostos.

Para o modelo de [22] são utilizadas variáveis como a distância entre as estações, preço da eletricidade, o perfil de preferência dos grupos de clientes, o consumo de combustível no deslocamento para uma estação que está mais longe, a procura, energia produzida, quantidade de “tomadas” disponíveis para o abastecimento em uma estação, etc.

Nos modelos dos trabalhos [24] e [30], também foram utilizados fatores como os preços adotados, procura, situação do mercado, receita, benefícios, custos, entre outros.

Em [20] foram sugeridos três modelos diferentes para estratégias de preços de portos. Para esses modelos, algumas das variáveis utilizadas foram a qualidade do serviço, o custo do tempo de espera pelos utilizadores, a distância máxima para que um porto seja atraente para os utilizadores. Um dos modelos propostos, o de “*Single Pricing*” (preço único praticado por ambos os jogadores), leva também em consideração o preço que um usuário estaria disposto a pagar pelo serviço, este, considerando as qualidades dos serviços oferecidos.

O modelo utilizado em [36] calcula os valores de lucros, os ganhos dos consumidores do mercado, o *welfare* (soma dos ganhos dos consumidores e dos lucros gerados), o tamanho do mercado que foi atendido, o tamanho da rede e os custos totais com base em estratégias de preços, tanto de vendas ao varejo quanto por vendas por atacado. Para calcular o mercado alcançado com base nos preços, o modelo considerou os preços oferecidos pelos serviços, o preço que os utilizadores estariam dispostos a pagar e o ranking dos

provedores (utilizado em casos em que os provedores oferecem o mesmo preço pelo mesmo serviço), utilizando a equação de Boltzmann.

Similarmente ao estudo anterior, é apresentado um modelo em [37] para simular o comportamento do mercado conforme o tempo e as estratégias de preço adotadas por diferentes prestadoras de serviços. Para este modelo, foi usada como base a equação da curva logística (*S-shaped logistic curve*), com adaptações para o problema em questão. No exemplo, foram considerados preços máximos que um utilizador estaria disposto a pagar pelo serviço, assim como os investimentos, custos e receita das empresas para a avaliação das estratégias de preços das empresas.

Da análise dos modelos citados anteriormente, observa-se que as variáveis mais recorrentes, tratando-se de análise de mercado, são, principalmente, os preços, a procura para o produto/serviço, a concorrência e o preço máximo que os utilizadores estão dispostos a pagar. A estratégia para quais preços uma empresa irá adotar também é bastante usada, tendo como saída o crescimento ou a diminuição da cota de mercado que tal empresa irá atingir.

Capítulo 3 Modelo de Apoio à Internacionalização

Este capítulo diz respeito ao sistema de apoio à internacionalização proposto, sendo apresentada, de forma mais detalhada, a metodologia de investigação utilizada (3.1), o modelo geral proposto do sistema, como os modelos utilizados para alcançar o mesmo (3.2), também é descrito todo o processo de desenvolvimento da ferramenta informática, as linguagens de programação utilizadas, variáveis, a saída e o funcionamento detalhado do sistema (3.3).

3.1. Metodologia de Investigação

A metodologia adotada para o desenvolvimento do sistema proposto pelo trabalho pode ser dividida em três etapas principais, as quais estão apresentadas no diagrama de atividades presente na Figura 2. Essas etapas estão representadas em um total de dez atividades diferentes.

Para a primeira etapa, realizou-se um estudo sobre os principais conceitos que são utilizados no sistema, a teoria dos jogos, os equilíbrios de Nash e as possíveis variáveis presentes em um contexto de internacionalização de empresas, e também, a maneira em como se pretendeu aplica-los no sistema.

Na segunda etapa do processo, o objetivo foi analisar como e em quais contextos esses temas já foram estudados e abordados em outros trabalhos, assim como estudar os

modelos que foram propostos ou utilizados em alguns trabalhos, afim de definir o modelo que seria utilizado no sistema.

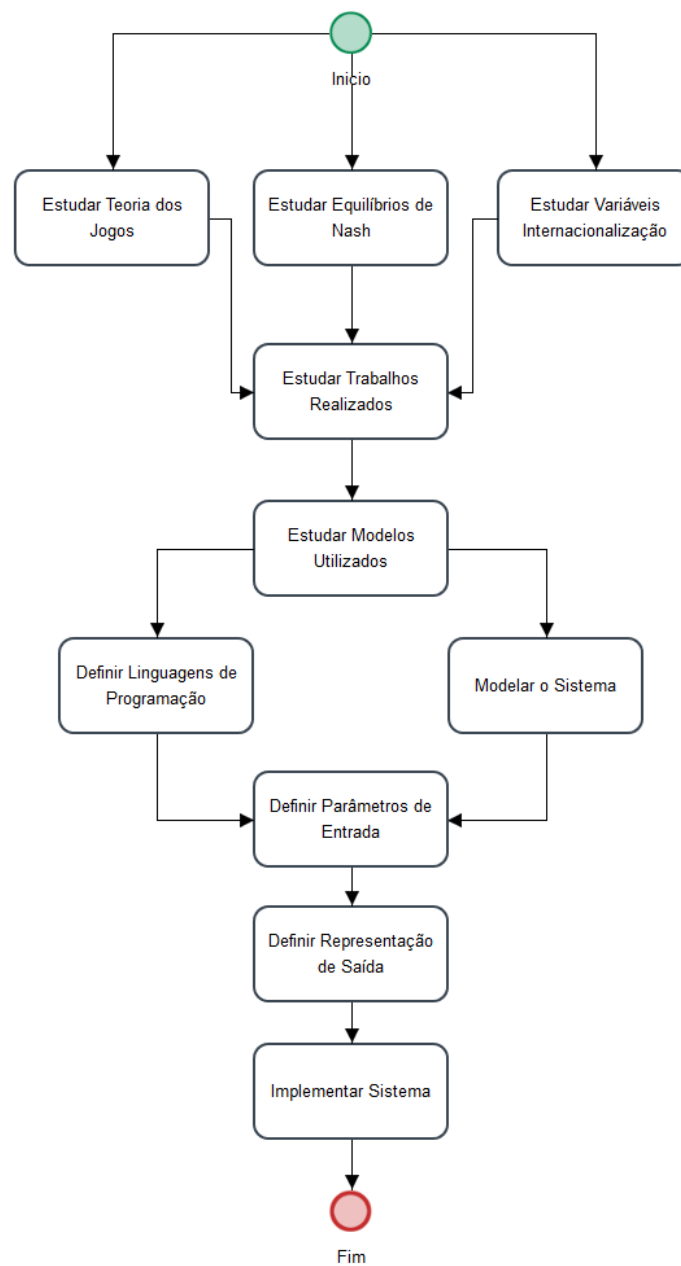


Figura 2: Diagrama do processo de desenvolvimento do sistema

A terceira etapa diz respeito a implementação do sistema, sendo definida a melhor linguagem de programação a ser utilizada, a modelagem para o sistema, a definição dos parâmetros de entrada e de como a saída gerada seria representada, e, por fim, a implementação do sistema. As atividades dessa terceira etapa são apresentadas nas seções seguintes.

3.2. Modelo Proposto

Como já definido anteriormente, a teoria dos jogos nada mais é do que um modelo matemático para situações de conflito entre diferentes entidades (jogadores), por isso, foi-se necessário o desenvolvimento de um modelo que representasse a situação proposta. O modelo que é proposto no desenvolvimento da aplicação resulta no lucro que as empresas terão com a entrada de uma nova empresa em um determinado mercado. Os parâmetros de entrada para este modelo são os preços oferecidos pelas empresas existentes no mercado, a quantidade de empresas que serão consideradas na análise (que poderão ser chamadas também de concorrência dessa nova empresa do mercado), o preço que o cliente está disposto a pagar pelo produto, o total de clientes (mercado) da região e os custos de produção para os produtos. A figura a seguir ilustra o modelo proposto:

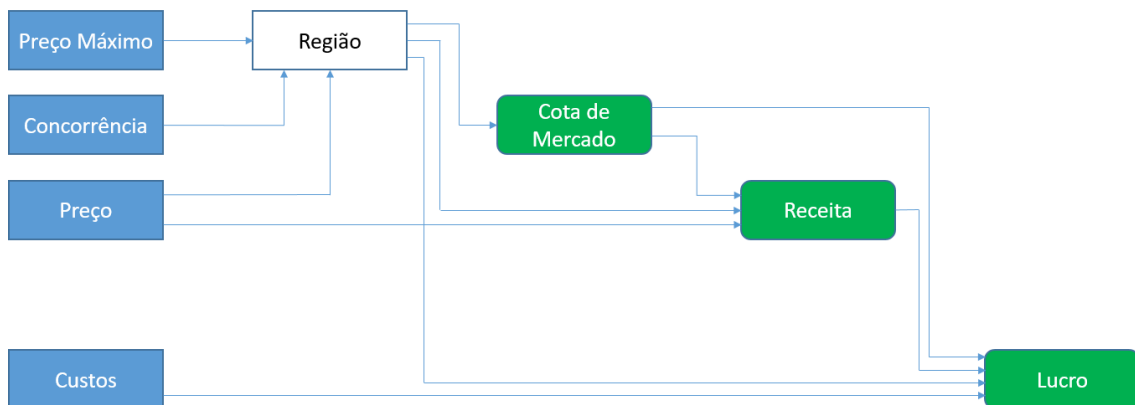


Figura 3: Modelo

Este modelo pode ser dividido em três partes, as quais são: o modelo para cota de mercado, o modelo para receita e o modelo para os lucros.

O objetivo é que a aplicação busque pelos equilíbrios de Nash existentes nas estratégias de preços das empresas a partir dos resultados gerados pelo modelo.

3.2.1. Modelo para Cota de Mercado

Tendo como base os modelos estudados na seção 2.5, propõe-se a adaptação de um modelo para o trabalho em que seja levado em conta as variáveis: o preço máximo que o

cliente está disposto a pagar naquele produto, a concorrência e o preço oferecido por cada uma das empresas participantes no mercado.

A Figura 4 ilustra o modelo pretendido para obter a cota de mercado para cada estratégia de cada empresa. Em azul estão os parâmetros de entrada que foram citados anteriormente (para “preço máximo” temos o preço que o cliente está disposto a pagar), em branco a análise realizada pelo modelo na região escolhida, assim como os parâmetros daquela região (total de clientes), que resulta, em verde, na cota de mercado obtida pela empresa utilizando uma estratégia de preço.

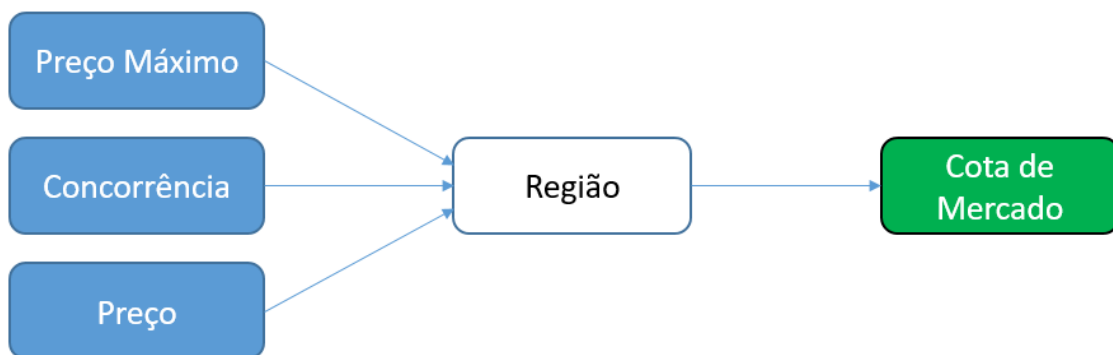


Figura 4: Modelo para Cota de Mercado

Um dos modelos considerados para utilizar como base é o proposto em [37], que utiliza uma equação parecida com a equação da curva logística, porém, com algumas diferenças em suas variáveis. A equação para este modelo está apresentada a seguir:

$$P(t) = P_i \frac{P_f - P_i}{1 + \alpha * e^{\beta * t}} \quad (1)$$

com suas variáveis representando:

- $P(t)$ a taxa de adoção da tecnologia (proposta no trabalho) no mercado ao longo do tempo t ;
- P_i a taxa de adoção inicial em $t = 0$;
- P_f a taxa de adoção em saturação quando $t \rightarrow \infty$;
- α o parâmetro que determina o quão cedo ou tarde o mercado começa a adotar a tecnologia;
- β o parâmetro que determina o quão rápido o mercado adota a tecnologia, uma vez que tenha começado.

Essa equação foi adaptada da curva logística, a qual é um tipo de função sigmoide, e tem como característica o fator tempo e a adoção de novas tecnologias por parte do mercado em questão, ou seja, o tempo que a tecnologia leva para ser adotada pelo mercado. Essa equação também pode ser aplicada em várias áreas, como na medicina, física, química e também é aplicada na economia, assim como em mais outras áreas. Na economia, pode ser usada para avaliar a adoção de novas tecnologias dentro de um determinado mercado, como foi o caso do estudo citado, por exemplo.

O outro modelo considerado é o proposto em [36], que utiliza como base a equação de Boltzmann:

$$Y = \frac{V_i - V_f}{(1 + e^{(x - x_0)/dx})} + V_f \quad (2)$$

onde as variáveis representam:

- Y : a variação de mercado;
- x : o valor atual da variação;
- x_0 : a base média (ou o centro) da variação;
- dx : a largura;
- V_i : o valor inicial de Y ;
- V_f : o valor final de Y .

Essa função já foi aplicada e adaptada em diversas áreas, e, originalmente, foi desenvolvida como uma distribuição da probabilidade de partículas em um dado sistema, considerando vários estados possíveis.

As equações desses modelos foram escolhidas pelo fato de representarem a taxa de mercado obtida por uma empresa quando adotada determinada estratégia. Como o objetivo do trabalho não se trata da adoção de uma nova tecnologia em função do tempo, as variáveis relativas a esse parâmetro, da equação (1), não serão utilizadas. Portanto, a equação que mais bem representa o objetivo pretendido do trabalho é a equação (2).

O valor de Y obtido na equação (2) representa a variância do mercado a partir dos valores dos serviços, a qual é calculada com base nas variações máximas e mínimas das tarifas cobradas (V_i e V_f , respectivamente). As variáveis x e x_0 representam a diferença da variação

atual da tarifa com a tarifa cobrada pela concorrência, e, a variação central do multiplicador das tarifas, respetivamente.

O gráfico que representa a equação (2) pode ser visto na Figura 5 a seguir, onde, no eixo y , com valores que podem variar de -1 a 1 , estão as variações de mercado obtidas através do fator multiplicador, este, representado pelo eixo x . Esses valores do eixo x são obtidos através das subtrações dos fatores multiplicadores de cada empresa.

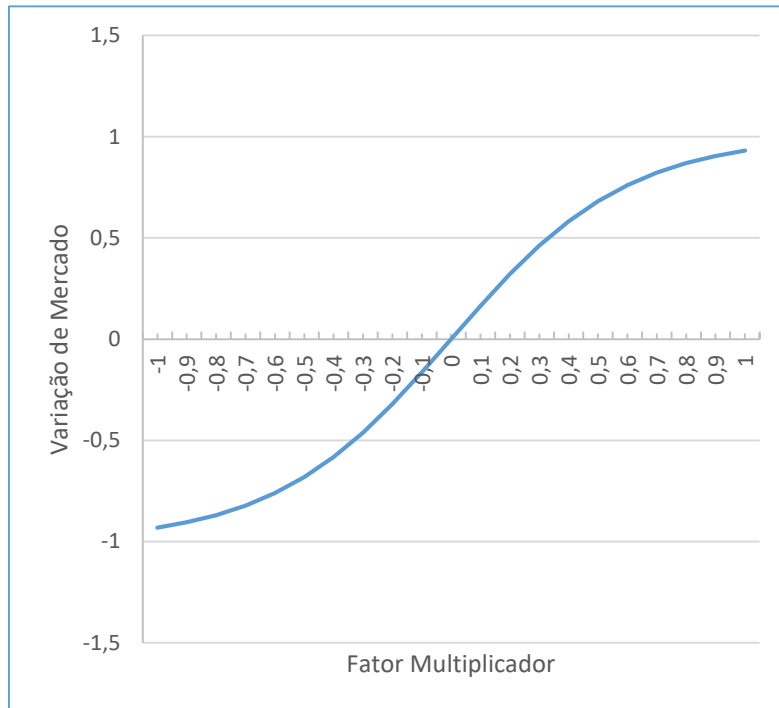


Figura 5: Gráfico da Equação de Boltzmann

Existem várias variações de equações a partir da equação original de onde ambas as anteriores foram obtidas, as quais possuem o intuito de descrever a probabilidade de adoção, pelo mercado, de produtos ou serviços. Essas equações são baseadas geralmente no modelo de crescimento logístico, mais conhecido como "*S-curve*", o qual teve origem nos estudos de crescimento da população, de Pierre-François Verhulst (1845), e considera as fases de crescimento, saturação e maturidade da população [38]. Essas fases podem ser vistas no gráfico da Figura 5, onde, quando há uma diferença muito grande no fator multiplicador das empresas o mercado tende a estabilizar para um lado, a medida que essa diferença diminui as variações no mercado aumentam e, por fim, quando o multiplicador chega no outro extremo, o mercado novamente tem a tendência de estabilizar. Como esses processos de adoção ou não são "aleatórios" (dependem da decisão do mercado), essas

funções são utilizadas para representar probabilisticamente o que deverá acontecer [39]. Outros trabalhos que utilizaram funções desse tipo, com objetivo semelhante, são descritos em [40] [41] [42].

3.2.2. Modelo para Receita

O modelo para a obtenção do valor da receita é obtido de maneira que seja levado em consideração a estratégia de preço adotada pela empresa, multiplicado pela quantidade de clientes obtida através do modelo da cota de mercado, visto em 3.2.1. Como o valor da cota é representado pela percentagem do mercado, outro parâmetro utilizado é o tamanho do mercado da região, assim, sendo possível obter a quantidade de clientes que aquela empresa possuirá, resultando, então, na receita gerada de acordo com a estratégia de preço analisada.

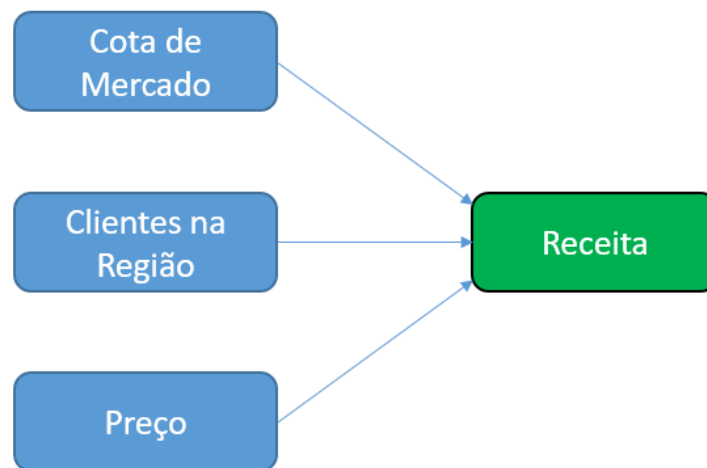


Figura 6: Modelo para Receita

A equação deste modelo pode ser vista a seguir:

$$R = Y_i * C * P_i \quad (3)$$

onde:

- R é o valor da receita;
- Y_i o valor da cota de mercado obtido pela estratégia de preço i ;
- C os possíveis clientes (número total) da região;
- P_i o preço utilizado na estratégia de preço i .

3.2.3. Modelo para Lucros

De maneira parecida, o modelo utilizado para obter o valor que representa os lucros de determinada empresa também utiliza a quantidade de clientes obtida pelo modelo da cota de mercado, utilizando, novamente, os parâmetros do mercado da região com a quantidade total de clientes no mercado. Com o valor obtido, é possível calcular os custos de produção dos produtos para, então, subtrair do valor obtido pelo modelo da receita, visto em 3.2.2, e obter o valor do lucro resultante da estratégia de preço analisada.

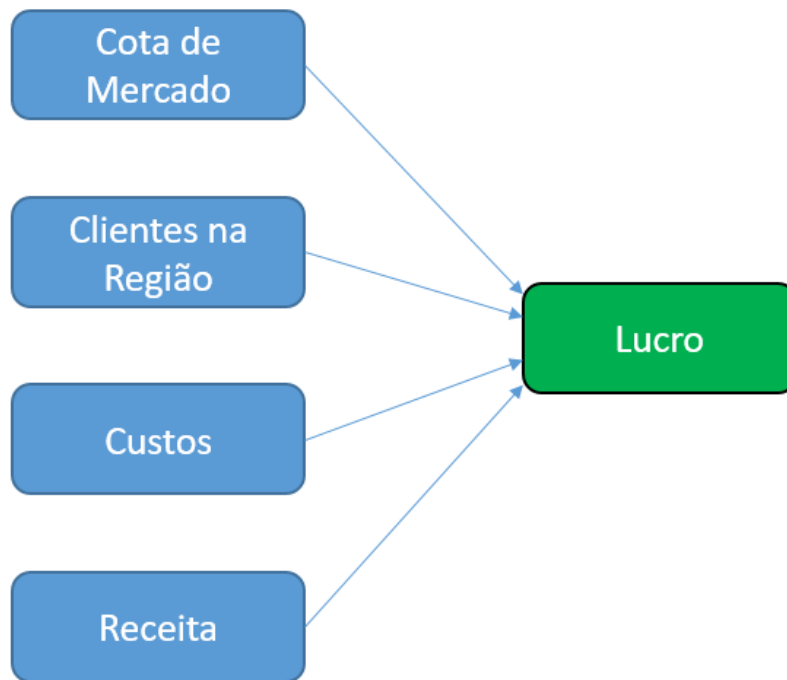


Figura 7: Modelo para Lucros

A equação (4) representa este modelo.

$$L = R_i - (Y_i * C * P) \quad (4)$$

onde:

- L é o lucro obtido;
- R_i é o valor da receita obtido com a estratégia de preço i ;
- Y_i é a cota de mercado da empresa com a estratégia de preço i ;
- C representa o mercado da região;
- P representa os custos de produção do produto.

3.3. Desenvolvimento da Ferramenta Informática

Nesta seção será apresentado o desenvolvimento por completo da ferramenta proposta, desde a escolha das linguagens de programação, os parâmetros de entrada, a saída que será gerada pela mesma, assim como todos os passos do seu funcionamento.

3.3.1. Linguagens de Programação

Para o desenvolvimento da aplicação, foi necessário escolher a linguagem de programação que seria adotada para essa finalidade. Concluiu-se que o desenvolvimento deveria ser feito com duas linguagens distintas, sendo elas a linguagem C, assim como também a linguagem Java. A seguir é apresentado uma breve introdução sobre cada uma dessas linguagens e o motivo de sua escolha.

3.3.1.1. Linguagem C

A linguagem C foi criada em 1972, por Dennis Ritchie, para que fosse desenvolvido novamente o sistema operacional *Unix*, originalmente desenvolvido usando a linguagem de montagem “*assembly*”. Apesar de ter sido criada para o desenvolvimento desse sistema operacional e, no começo, ser bastante associada ao sistema e seus programas, é uma linguagem de programação de propósito geral que não está presa a nenhum sistema operacional ou arquitetura específica [43].

É uma linguagem de “baixo nível” e fácil de aprender, mas que consegue ser bastante poderosa e versátil o bastante para uma grande variedade de programas, uma vez que foi criada para o desenvolvimento de um sistema operacional e compiladores, mas também se provou útil para aplicações em geral. Assume também que o programador sabe o que está fazendo, dando mais liberdade ao mesmo. Por fim, a linguagem ainda permite que os programas desenvolvidos na mesma rodem sem alterações em qualquer máquina que suporte C.

Tendo em vista o alto custo computacional que pode ser exigido pela teoria dos jogos e, também, para encontrar os equilíbrios de Nash nos jogos, o fato da linguagem ser rápida computacionalmente (devido ao seu baixo nível), e ainda levando em consideração o fato da linguagem ser portátil para diferentes sistemas operacionais, ela foi escolhida para o

desenvolvimento das partes do sistema que serão responsáveis pela criação e cálculo das estratégias, assim como para a busca pelos equilíbrios de Nash.

3.3.1.2. Linguagem Java

A linguagem Java é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e com recurso a orientação a objetos. Foi criada na década de 90 por James Gosling e a sua equipa, nos laboratórios da empresa *Sun Microsystems* como parte de um projeto de desenvolvimento de *software*. A principal motivação para a criação da linguagem era que os programas desenvolvidos nela pudessem ser executados em qualquer tipo de computador [44].

Com a popularização da *internet* na época, criou-se a necessidade de uma linguagem que conseguisse ser executada em uma grande variedade de sistemas operacionais. Somando isso à outras características da linguagem, como a facilidade de integração com os *browsers* e seus mecanismos de segurança, o Java se tornou uma ótima opção e, com isso, empresas como a *Netscape* decidiram integrar seus *browsers* com o Java, promovendo uma rápida popularização da linguagem [44].

Apesar de, no início, a linguagem ficar conhecida por ser uma ferramenta para criação de *applets* para a *internet*, ela também pode ser usada como uma poderosa linguagem de programação para aplicações de propósitos gerais, que não dependam ou precisem de recursos de rede [45].

Com isso, optou-se pela escolha da linguagem Java, pois, além da portabilidade para diferentes máquinas, a criação de interfaces gráficas é facilmente realizada, existindo ainda uma ampla documentação da linguagem e uma grande variedade de bibliotecas criadas pela própria comunidade.

3.3.2. Parâmetros de Entrada

A partir da definição dos modelos que serão utilizados na aplicação, também foi necessário definir todas as variáveis que deverão ser recebidas como parâmetro de entrada da aplicação. Essas são as seguintes:

- Empresas (os jogadores);

- Clientes na região pretendida;
- Preço base para cada empresa;
- Custo de produção do produto para cada empresa;
- Preço máximo que o cliente está disposto a pagar;
- Faixa de variação (em %) dos preços bases, tendo um mínimo e um máximo;
- A percentagem que aumentará a variação em cada estratégia (começando na variação mínima até alcançar o valor máximo).

Esses parâmetros de entrada são requisitados ao utilizador na etapa inicial de criação do jogo, na aplicação Java, e são salvos em um arquivo intitulado “*parametros.txt*”, para posteriormente serem usados nas outras etapas do sistema. A partir desse arquivo, a aplicação será capaz de gerar e calcular as possíveis estratégias para, em um próximo passo, procurar os equilíbrios de Nash existentes nesse conjunto de estratégias.

3.3.3. Saída Gerada

Após determinar os parâmetros de entrada que serão recebidos pela aplicação, também foi necessário determinar como os dados de saída serão representados e passados ao utilizador. Com isso, foi definido que o sistema gera como saída três arquivos no formato “.txt”, que são gerados separadamente em cada etapa, contando o arquivo “*parametros.txt*” onde são salvos os dados de entrada obtidos através de requisição ao utilizador.

Os outros dois arquivos são “*estrategias.txt*” e “*nash.txt*” contendo, respetivamente, todas as estratégias geradas pelo conjunto de combinações de estratégias de cada jogador (empresa) e os equilíbrios de Nash presentes nesse conjunto de estratégias gerado anteriormente.

Tabela 3: Formatação da saída gerada pelo sistema

	Estratégias					Ganhos				
	Empresa Nova	E1	E2	...	E n	Empresa Nova	E1	E2	...	E n
Estratégia 1	$S_{1,0}$	$S_{1,1}$	$S_{1,2}$	...	$S_{1,n}$	$P_{1,0}$	$P_{1,1}$	$P_{1,2}$	...	$P_{1,n}$
Estratégia 2	$S_{2,0}$	$S_{2,1}$	$S_{2,2}$	...	$S_{2,n}$	$P_{2,0}$	$P_{2,1}$	$P_{2,2}$	...	$P_{2,n}$
Estratégia 3	$S_{3,0}$	$S_{3,1}$	$S_{3,2}$	...	$S_{3,n}$	$P_{3,0}$	$P_{3,1}$	$P_{3,2}$	...	$P_{3,n}$
...
Estratégia s	$S_{s,0}$	$S_{s,1}$	$S_{s,2}$	...	$S_{s,n}$	$P_{s,0}$	$P_{s,1}$	$P_{s,2}$	...	$P_{s,n}$

O conteúdo desses arquivos está no formato que é representado pela Tabela 3. O valor representado por $S_{i,j}$ corresponde a estratégia i adotada pela empresa j , onde, essas duas variáveis variam até atingirem os valores que foram recebidos como parâmetros de entrada. A nova empresa que competirá no mercado possui como valor 0, enquanto as demais variam de 1 até a quantidade total de concorrentes. O valor de $P_{k,j}$, de maneira similar, representa o ganho obtido pela estratégia k para a empresa j . O número de estratégias s é representado pela fórmula:

$s = m^{n+1}$, onde n corresponde às empresas concorrentes e m à quantidade de estratégia para cada empresa.

Por se tratar de um arquivo “.txt”, este possui limitações quanto a tabelas, portanto, o modo que esses dados são salvos nesse arquivo se dá através de delimitadores entre cada um dos valores. Cada linha do arquivo representa uma estratégia, até a estratégia s , e, primeiro, são salvas as estratégias individuais de cada empresa, sendo que estas são delimitadas pelo caractere “|”. Após serem salvas de todas as empresas, a seguir são salvos os ganhos obtidos de cada empresa pela estratégia em questão e, para isso, o delimitador “@” é utilizado. Esse comportamento é igual para os dois arquivos gerados.

A linha a seguir representa um exemplo de como esses dados são salvos, para este exemplo são consideradas um total de três empresas:

“1.00/1.00/1.00/1.00@0.00@0.00”

3.3.4. Funcionamento do Sistema

O sistema desenvolvido pode ser dividido em três partes que funcionam separadamente, sendo, a criação de um novo jogo a partir dos parâmetros de entrada, gerar as estratégias de um jogo respeitando o modelo proposto, e identificar os equilíbrios de Nash existentes em um jogo.

A primeira parte, criação de um novo jogo, está representada no diagrama da Figura 8. O diagrama tem início a partir do momento em que o utilizador está no menu inicial do sistema. O jogo que é criado é não-cooperativo e os jogadores são as empresas. A quantidade de jogadores é definida como um parâmetro de entrada do sistema, assim como a quantidade de estratégias.

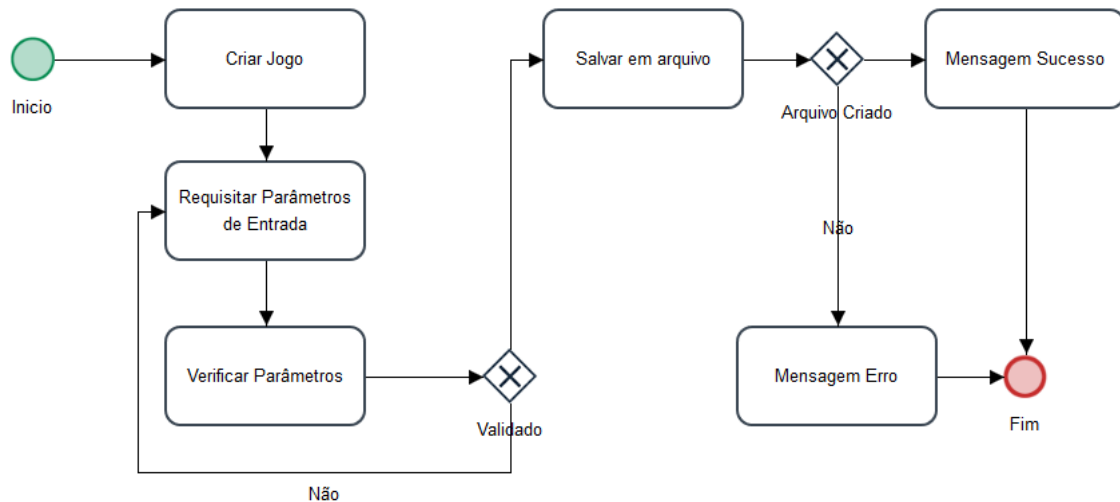


Figura 8: Diagrama para a criação de um novo jogo

A atividade “Requisitar Parâmetros de Entrada” solicita ao utilizador as variáveis que foram definidas na Seção 3.3.2, as quais passam por uma validação em sua formatação, na atividade seguinte. O modo em que os dados são solicitados ao utilizador pode ser visto nas Figura 9 e Figura 10. O sistema aceita dados em formato numérico e, quando necessário, a separação das casas decimais é feita pelo caractere “.”.

A tela da Figura 9 registra os dados gerais e os dados relativos a nova empresa (a qual entrará no mercado), enquanto as telas da Figura 10 mostram como os dados de cada empresa são obtidos, sendo que é exibida uma tela para cada empresa existente no jogo, com exceção da nova.

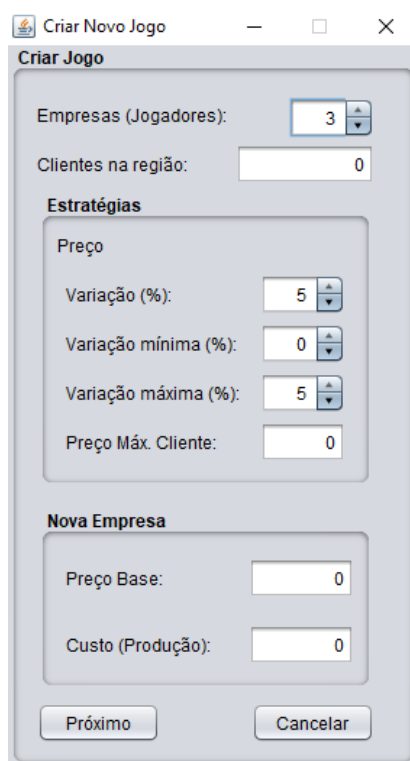


Figura 9: Tela "Criar Novo Jogo"

Caso os dados passados pelo utilizador estejam na formatação correta, o sistema passará para a atividade seguinte “Guardar em arquivo”, o arquivo em questão é intitulado “*parametros.txt*” e, em caso de sucesso, o sistema mostrará ao utilizador uma mensagem dizendo o acontecimento. Para os casos de erro na validação o sistema avisa ao utilizador e faz uma nova requisição dos parâmetros e, no caso de erro na criação do arquivo, o sistema apresenta uma mensagem de erro ao utilizador e retorna ao menu inicial.

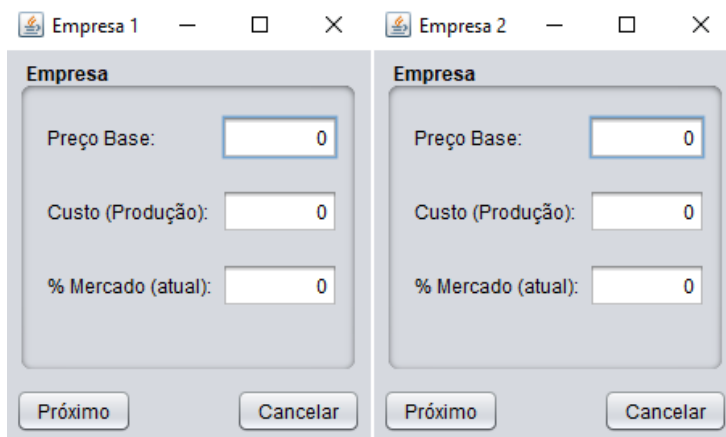


Figura 10: Telas "Empresa"

A segunda parte do programa é a geração e o cálculo, utilizando o modelo, do resultado das estratégias. O diagrama dessa parte pode ser visto na Figura 11. De maneira similar ao anterior, também se tem início no menu inicial do sistema.

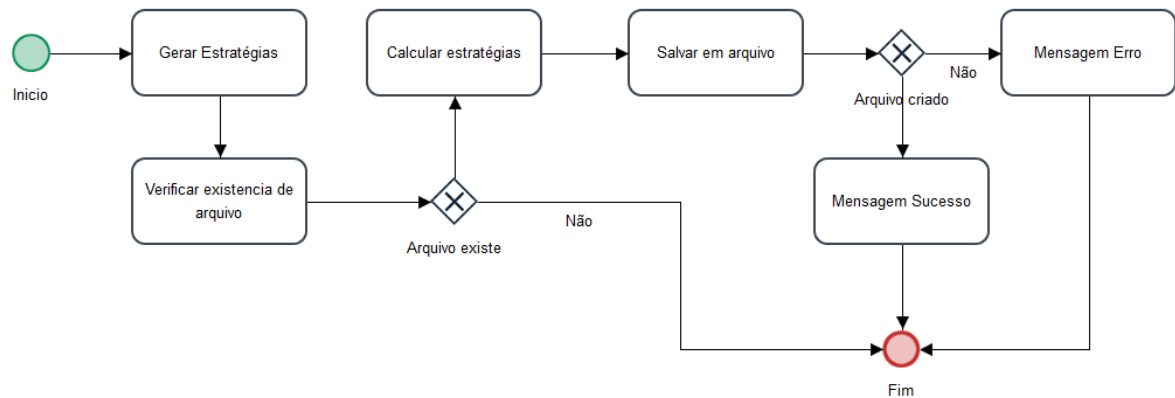


Figura 11: Diagrama "Gerar Estratégias"

A atividade “Verificar existência de arquivo” consiste em verificar se o arquivo “*parametros.txt*”, criado no diagrama anterior, existe. Quando não existe o sistema encerra a ação atual e, quando existe, ele está apto para prosseguir para a atividade seguinte, denominada “Calcular estratégias”, que é onde o sistema aplica o modelo geral proposto, calculando a cota de mercado, gastos e lucro obtido pelas empresas. Após essa atividade, em “Guardar em arquivo”, é criado um arquivo chamado “*estrategias.txt*”, onde todos os valores gerados são salvos. Novamente, o utilizador é avisado em caso de sucesso, como na Figura 12, ou falha na ação.

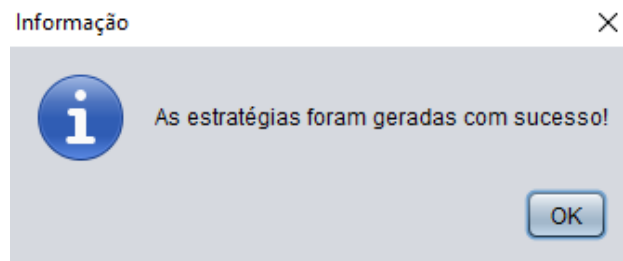


Figura 12: Tela confirmando o sucesso da ação ao utilizador

A terceira parte do sistema é onde os resultados serão exibidos ao utilizador, tanto os equilíbrios de Nash encontrados, quanto todas as estratégias que foram geradas e também os gráficos que podem ser gerados. O diagrama dessa parte pode ser visto na Figura 13.

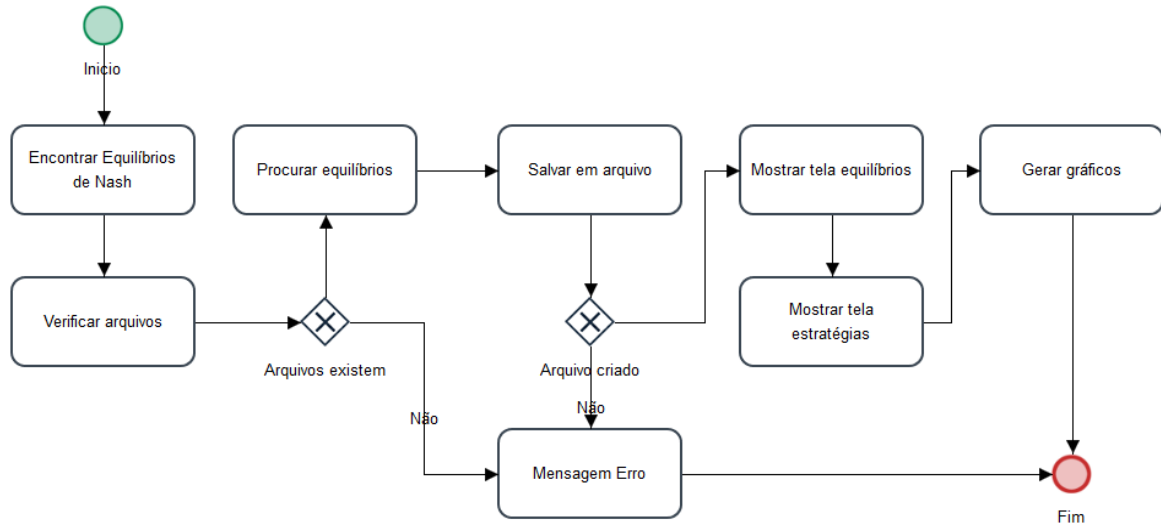
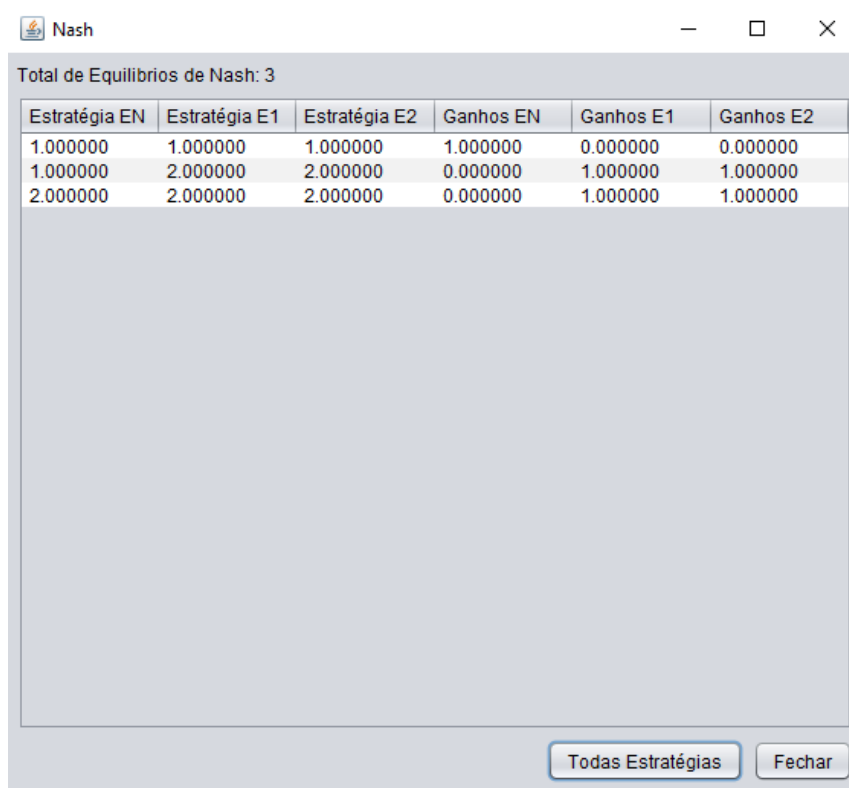


Figura 13: Diagrama "Encontrar Equilíbrios"

Novamente é realizada uma verificação em relação a existência dos arquivos, em "Verificar arquivos". Para essa parte, são verificados se existem os arquivos "parametros.txt" e "estrategias.txt" gerados, respetivamente, na primeira e segunda parte descritas anteriormente. Com esses arquivos, em "Procurar equilíbrios" tem início a busca pelos equilíbrios de Nash no conjunto de estratégias encontrados no arquivo "estrategias.txt". A atividade "Guardar em arquivo" cria mais um arquivo, este chamado "nash.txt", o qual guarda todos os equilíbrios que foram encontrados pela atividade anterior.

Por fim, em caso de sucesso, é mostrada uma tela com uma tabela organizada da maneira descrita na Seção 3.3.3, onde são disponibilizados os equilíbrios de Nash que foram encontrados e a quantidade dos mesmos. Essa tela pode ser vista na Figura 14. Ainda há uma opção para o utilizador, clicando no botão "Todas Estratégias", onde são disponibilizadas todas as estratégias (Figura 15) que foram geradas na segunda parte do sistema, descrita anteriormente. Para o caso de algum erro na exibição de alguma tela, a tela não será exibida e em seu lugar é exibida uma mensagem de erro ao utilizador. Continuando na tela de todas as estratégias, há ainda uma opção através de um botão, "Gerar Gráficos", para que o utilizador gere os gráficos das estratégias. Esses gráficos

consistem sempre na comparação das estratégias da empresa nova e os respectivos ganhos, com cada uma das empresas concorrentes e os seus ganhos.



Total de Equilíbrios de Nash: 3

Estratégia EN	Estratégia E1	Estratégia E2	Ganhos EN	Ganhos E1	Ganhos E2
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
1.000000	2.000000	2.000000	0.000000	1.000000	1.000000
2.000000	2.000000	2.000000	0.000000	1.000000	1.000000

Todas Estratégias Fechar

Figura 14: Tela "Equilíbrios de Nash"

Para a geração dos gráficos é utilizado o Gnuplot, uma ferramenta que funciona a base de linhas de comando para esse objetivo e está disponível para as plataformas Linux, OS/2, MS Windows, OSX, VMS, entre outras. O código fonte é distribuído gratuitamente, porém é protegido por direitos autorais. É uma ferramenta que está em desenvolvimento desde 1986 e é utilizada por diversas outras aplicações, como o *Octave*. Na aplicação desenvolvida, foi utilizado um *framework* que possibilita a escrita de códigos do Gnuplot em Java. Essa biblioteca foi utilizada para, diretamente do código escrito na linguagem Java, executar o Gnuplot para exibir os gráficos para o utilizador. Um exemplo de um gráfico gerado pela ferramenta pode ser visto na Figura 16.

Estratégias

Todas as estratégias:

Estratégia EN	Estratégia E1	Estratégia E2	Ganhos EN	Ganhos E1	Ganhos E2
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
2.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
1.000000	2.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
2.000000	2.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	2.000000	1.000000	0.000000	0.000000
2.000000	1.000000	2.000000	0.000000	1.000000	1.000000
1.000000	2.000000	2.000000	0.000000	1.000000	1.000000
2.000000	2.000000	2.000000	0.000000	1.000000	1.000000

Gerar Gráficos

Fechar

Figura 15: Tela "Todas Estratégias"

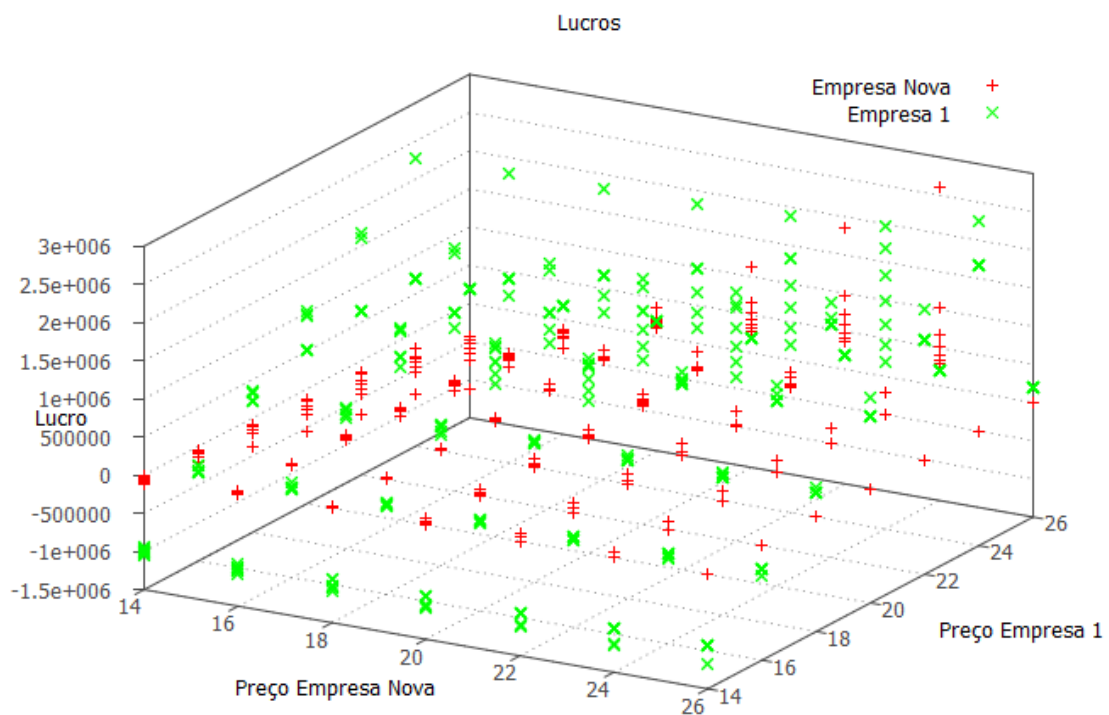


Figura 16: Exemplo de um gráfico gerado

Capítulo 4 Apresentação e Discussão dos Resultados

Este capítulo diz respeito aos resultados gerados com a ferramenta, apresentando a aplicação de um caso prático, os parâmetros e as variáveis que foram utilizados e a discussão dos resultados obtidos através da ferramenta para o caso escolhido.

O mercado brasileiro é o grande alvo das exportações de azeites de origem portuguesa, sendo que Portugal é o principal fornecedor e responsável por cerca de 57% das importações, seguido pela Espanha com aproximadamente 20%. Apesar de algumas recentes quedas na quantidade de azeite que é importada para o Brasil esse número ainda é alto, e tem a tendência de voltar a crescer. Durante o ano de 2016/2017 foram importados para o Brasil 59,5 mil toneladas de azeite e a expectativa para o ano de 2017/2018 é que esse número aumente para 70 mil toneladas, segundo os dados mais recentes do *International Olive Council* (IOC) [46]. Com a procura aumentando, cada vez mais existe o espaço e a necessidade para novos concorrentes nesse mercado, abrindo caminho para que outras empresas também migrem e que seja possível suprir as necessidades do mesmo.

Para apresentar e validar o funcionamento da ferramenta informática é proposto um caso prático onde existe a intenção de uma empresa portuguesa, produtora de azeite, internacionalizar e levar o seu produto a uma região no Brasil.

Para isso, os parâmetros de entrada que foram adotados no exemplo são os representados pela Tabela 4 e Tabela 5 seguintes.

Tabela 4: Dados gerais relativos ao caso aplicado

Parâmetros	Valores
Cientes na Região:	85 000
Quantidade de Empresas:	3
Preço máximo (/litro) cliente (willingness):	6,25

Foram criados dois jogos para a análise dos resultados, sendo que nestes jogos o único parâmetro que foi alterado foi a variação de preço que seria analisado, tanto o mínimo e o máximo, quanto de quanto seria o incremento em cada uma das estratégias geradas.

Tabela 5: Dados das empresas para o caso aplicado

Parâmetros	Nova Empresa	Empresa 1	Empresa 2
Preço Base (/litro)	5,04	4,25	5,85
Custo de produção (/litro)	3,5	3,2	3,15
Porcentagem inicial do mercado	0%	30%	20%

Em relação a variação do preço oferecido pelas empresas, para o primeiro jogo foi considerado uma variação mínima que corresponde a 70% do preço base (inicial) oferecido por cada uma das empresas, com incremento de 10% até que esse valor correspondesse a 140% do preço inicialmente ofertado (da Tabela 5). Sendo esses valores adotados, a ferramenta gera um total de oito possíveis estratégias de preço para cada uma das empresas, e, como são consideradas três empresas, são geradas 512 estratégias diferentes nesse jogo.

A Figura 17 mostra algumas das estratégias. Nessa imagem é possível observar que, em duas estratégias onde apenas uma empresa altere seu preço e as demais não, há casos onde a nova empresa oferece um preço menor que em uma outra estratégia e, conseqüentemente sua cota de mercado seja maior, a estratégia com custo maior pode trazer mais benefícios à empresa, pois a mudança no mercado não é tão vantajosa quanto o lucro trazido por essa estratégia com o preço um pouco superior. Ainda nota-se que, com a utilização desse modelo, a opção da entrada de uma nova empresa com o preço maior que as empresas concorrentes não é viável, uma vez que a mesma não consegue ganhar mercado das demais concorrentes.

Dentre as estratégias geradas a ferramenta ainda encontrou um equilíbrio de Nash, o qual pode ser visto na Figura 18.

Todas as estratégias:

Estratégia EN	Estratégia E1	Estratégia E2	Ganhos EN	Ganhos E1	Ganhos E2
6.55200000...	4.25	5.85	0.00	26775.00	45900.00
7.05599999...	4.25	5.85	0.00	26775.00	45900.00
3.52799999...	4.67500000...	5.85	332.89	15692.58	53924.92
4.032	4.67500000...	5.85	4701.81	20231.12	53854.19
4.53600000...	4.67500000...	5.85	5662.48	25519.60	53278.72
5.04	4.67500000...	5.85	3242.53	31401.16	51584.96
5.54400000...	4.67500000...	5.85	0.00	31401.16	57269.92
6.048	4.67500000...	5.85	0.00	37612.50	45900.00
6.55200000...	4.67500000...	5.85	0.00	37612.50	45900.00
7.05599999...	4.67500000...	5.85	0.00	37612.50	45900.00
3.52799999...	5.1	5.85	347.95	15394.42	59321.06
4.032	5.1	5.85	5270.69	20214.17	59274.87
4.53600000...	5.1	5.85	7324.93	26060.42	58626.71
5.04	5.1	5.85	6312.90	32872.71	56968.08
5.54400000...	5.1	5.85	5585.96	32872.71	60657.43
6.048	5.1	5.85	0.00	32872.71	68036.15
6.55200000...	5.1	5.85	0.00	48450.00	45900.00
7.05599999...	5.1	5.85	0.00	48450.00	45900.00
3.52799999...	5.525	5.85	362.52	14134.49	63378.59
4.032	5.525	5.85	5784.73	18837.90	63515.15
4.53600000...	5.525	5.85	8797.69	24735.76	63096.26
5.04	5.525	5.85	9073.67	31889.73	61808.38
5.54400000...	5.525	5.85	9634.59	31889.73	64990.06
6.048	5.525	5.85	7506.40	31889.73	69762.57

Gerar Gráficos Fechar

Figura 17: Estratégias geradas no jogo 1

Total de Equilíbrios de Nash: 1

Estratégia EN	Estratégia E1	Estratégia E2	Ganhos EN	Ganhos E1	Ganhos E2
4.53600000...	5.1	5.85	7324.93	26060.42	58626.71

Todas Estratégias Fechar

Figura 18: Equilíbrio de Nash no jogo 1

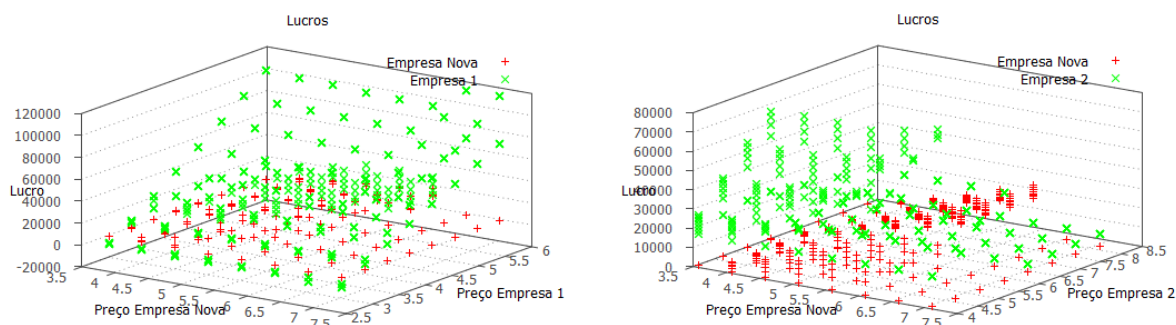


Figura 19: Gráficos do jogo 1

Na Figura 19 são mostrados os gráficos gerados pela ferramenta que comparam os desempenhos da nova empresa em relação às concorrentes. O primeiro gráfico mostra a comparação entre a nova e a empresa 1, enquanto o segundo mostra a comparação entre a nova e a empresa 2. Nos gráficos é possível notar que há uma grande diferença quando o assunto tratado são os lucros obtidos por cada uma das empresas. As empresas que já estão consolidadas no mercado, quando não oferecem um preço maior que o cliente está disposto a pagar, sempre possuem um lucro bem maior do que a empresa que está estudando a sua entrada no mercado.

Para o segundo jogo a intenção foi analisar o comportamento do mercado em um caso que as empresas oferecessem um preço consideravelmente mais baixo, com a variação partindo de 10% do preço inicial e com um máximo de 90% do preço inicial, sendo incrementado em 10%. Neste jogo o número de estratégias de preço para cada empresa subiu em relação ao jogo anterior, sendo agora nove, enquanto que o total do jogo subiu para um total de 729 possíveis estratégias.

Como pode ser visto na Figura 20, são raras as ocasiões em que a nova empresa consegue obter lucro, o mesmo acontece para as empresas concorrentes no caso de oferecerem um preço tão abaixo do qual é tido como base no exemplo. Nesse jogo a ferramenta também encontrou um equilíbrio de Nash (Figura 21).

Estratégias

Todas as estratégias:

Estratégia EN	Estratégia E1	Estratégia E2	Ganhos EN	Ganhos E1	Ganhos E2
4.032	2.97499999...	1.755	0.00	-5737.50	-23715.00
4.53600000...	2.97499999...	1.755	0.00	-5737.50	-23715.00
0.504	3.40000000...	1.755	-36686.35	901.68	-35916.38
1.008	3.40000000...	1.755	-26397.96	1215.87	-36029.46
1.512	3.40000000...	1.755	-17293.29	1620.46	-35849.88
2.016	3.40000000...	1.755	-11474.73	1620.46	-37198.20
2.52	3.40000000...	1.755	-6393.65	1620.46	-38883.60
3.024	3.40000000...	1.755	-2366.08	1620.46	-41050.54
3.52799999...	3.40000000...	1.755	81.19	1620.46	-43939.80
4.032	3.40000000...	1.755	0.00	1620.46	-47984.76
4.53600000...	3.40000000...	1.755	0.00	5100.00	-23715.00
0.504	3.825	1.755	-37983.41	2070.89	-36979.40
1.008	3.825	1.755	-28167.52	2817.74	-37230.37
1.512	3.825	1.755	-19304.13	3799.59	-37260.90
2.016	3.825	1.755	-13100.11	3799.59	-38492.35
2.52	3.825	1.755	-7612.90	3799.59	-39970.08
3.024	3.825	1.755	-3081.41	3799.59	-41776.21
3.52799999...	3.825	1.755	135.94	3799.59	-44033.86
4.032	3.825	1.755	1475.97	3799.59	-46936.55
4.53600000...	3.825	1.755	0.00	3799.59	-50806.81
0.504	0.42500000...	2.34	-11768.28	-81662.69	-7406.65
1.008	0.42500000...	2.34	-7830.85	-83842.73	-7406.65
1.512	0.42500000...	2.34	-3904.43	-87112.78	-7406.65
2.016	0.42500000...	2.34	0.00	-92562.88	-7406.65
2.52	0.42500000...	2.34	0.00	-70762.50	-13770.00

Gerar Gráficos Fechar

Figura 20: Estratégias geradas no jogo 2

Nash

Total de Equilíbrios de Nash: 1

Estratégia EN	Estratégia E1	Estratégia E2	Ganhos EN	Ganhos E1	Ganhos E2
4.032	3.825	5.265	3733.82	13305.57	30017.38

Todas Estratégias Fechar

Figura 21: Equilíbrio de Nash no jogo 2

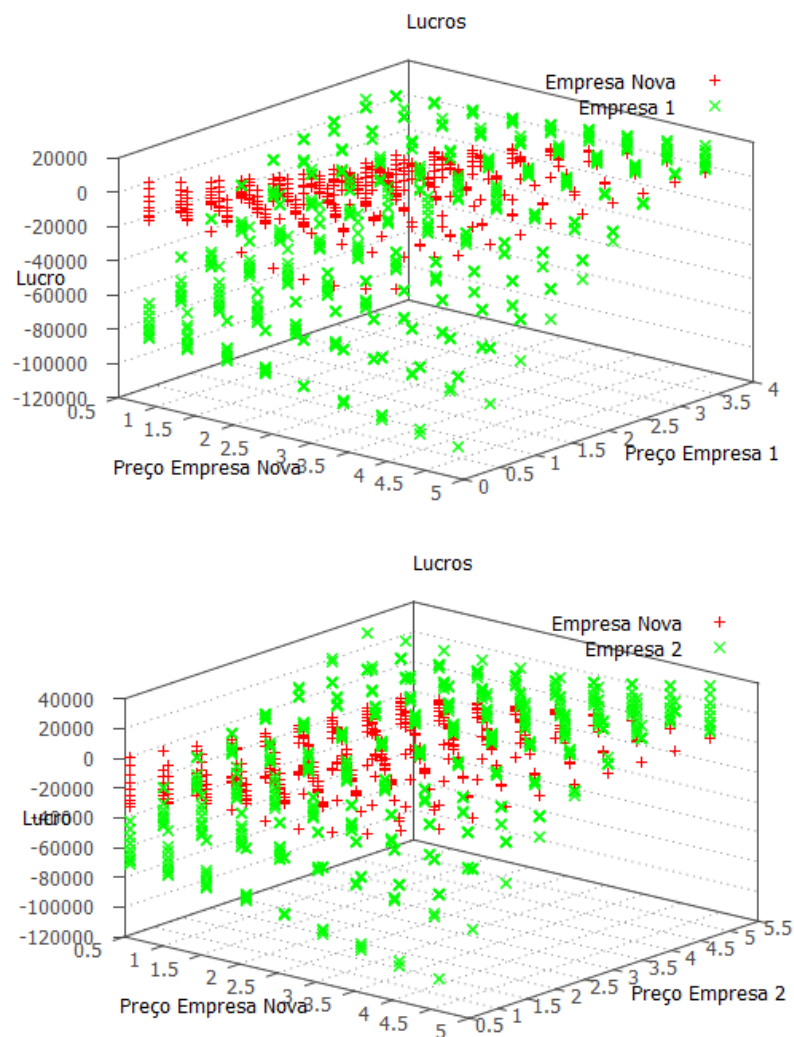


Figura 22: Gráficos do jogo 2

Observando os gráficos gerados do jogo 2, é possível concluir que uma situação como a proposta é bem improvável de ocorrer e ser do interesse de qualquer uma das empresas, pois, ela não somente reduz o lucro em praticamente todos os cenários como ainda pode gerar prejuízo para todos os jogadores. Ainda assim, podemos ver que no caso da estratégia que é o equilíbrio de Nash do jogo 2, o lucro é reduzido em torno de 50% se comparado à estratégia que constitui o equilíbrio de Nash do jogo 1 anteriormente analisado.

Capítulo 5 Conclusões

A partir dos resultados obtidos através da aplicação desenvolvida, é possível alcançar um maior entendimento sobre o impacto que os parâmetros têm no desempenho das empresas em competição quando há a entrada de um novo participante no mercado. Uma variação no preço de uma empresa pode mudar completamente o cenário analisado, tornando uma estratégia que era um equilíbrio em uma estratégia que pode ser prejudicial para muitos dos participantes.

Com a utilização de um modelo da teoria dos jogos, ainda é possível ter uma maior compreensão sobre as diferenças entre essas interações entre as empresas. Ainda é dada a possibilidade para quem irá tomar a decisão nas empresas de ter alguma previsão, fazer um estudo sobre qual estratégia seria melhor adotar ou analisar qual seria a provável estratégia adotada pelos concorrentes. A disponibilização da procura pelos equilíbrios de Nash ainda é capaz de mostrar o cenário mais provável, dependendo dos preços adotados pelos jogadores. Com os gráficos gerados torna a visualização mais fácil, agradável e simples quando um cenário específico é procurado, ou quando se quer ter uma visão geral sobre o comportamento.

Conclui-se que a ferramenta desenvolvida pode economizar diversos recursos que teriam que ser investidos, e até muitas vezes poderiam não existir, pelas PMEs. Inclui-se ainda o fator tempo que é gasto em um estudo de mercado igual ao realizado pela ferramenta que, sem a mesma, pode ser bem maior. Por fim, essa aplicação, somada a outros possíveis recursos que o utilizador tenha em mãos, pode melhorar o estudo realizado sobre o comportamento do mercado no caso de uma intenção de internacionalização de uma empresa.

Como trabalhos futuros podem ser citados o melhoramento no desempenho computacional na geração das estratégias e busca pelos equilíbrios de Nash, assim como a adaptação da aplicação e do modelo para serem consideradas outras variáveis como parâmetros de entrada.

Bibliografia

- [1] H. Etemad, "Internationalization of Small and Medium-sized Enterprises: A Grounded Theoretical Framework and an Overview," *Canadian Journal of Administrative Sciences*, vol. 21, n° 1, pp. 1-21, 2004.
- [2] J. P. R. Pereira, "Use of a Game Theory model to simulate competition in Next Generation Networks," em *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 1*, Springer, 2014, pp. 387-397.
- [3] H. S. Bierman e L. F. Fernandez, *Game theory with economic applications*, Addison-Wesley, 1993.
- [4] Y. Xiao, X. Shan e Y. Ren, "Game theory models for IEEE 802.11 DCF in wireless ad hoc networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 43, n° 3, pp. S22-S26, 2005.
- [5] J. Nash, "Non-Cooperative Games," *The Annals of Mathematics*, pp. 286-295, Setembro 1951.
- [6] J. v. Neumann e O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1944.
- [7] J. Nash, "Equilibrium Points in n-Person Games," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 36, n° 1, pp. 48-49, 1950.
- [8] J. Nash, "The Bargaining Problem," *Econometrica*, vol. 18, n° 2, pp. 155-162, 1950.
- [9] J. Nash, "Two-Person Cooperative Games," *Econometrica*, vol. 21, n° 1, pp. 128-140, 1953.
- [10] T. L. Turocy e B. v. Stengel, "Game Theory," 2001.
- [11] A. N. d. Almeida, "Teoria dos Jogos: As origens e os fundamentos da Teoria dos Jogos," Novembro 2006.
- [12] J. L. Calof e P. W. Beamish, "Adapting to Foreign Markets: Explaining Internationalization," *International Business Review*, vol. 4, n° 2, pp. 115-131, 1995.
- [13] A. Almeida, *Internacionalização de empresas brasileiras: perspectivas e riscos*, Elsevier, 2007.
- [14] A. Madhok, "Know-how-, experience- and competition-related considerations in foreign market entry: An exploratory investigation," *International Business Review*, vol. 5, n° 4, pp. 339-366, 1996.

- [15] D. S. P. Marques, E. M. Merlo e M. S. Nagano, “Uma Análise sobre Internacionalização de franquias brasileiras,” *REAd - Revista Eletrônica de Administração*, vol. 15, nº 1, pp. 78-107, 2009.
- [16] A. C. C. Fleury e M. T. L. Fleury, “Estratégias Competitivas e Competências Essenciais: Perspectivas para a Internacionalização da Indústria no Brasil,” *Gestão & Produção*, vol. 10, nº 2, pp. 129-144, 2003.
- [17] P. Bacchetta e E. v. Wincoop, “A theory of the currency denomination of international trade,” *Journal of International Economics*, vol. 67, pp. 295-319, 2005.
- [18] E. B. Roberts e C. A. Berry, “Entering New Businesses: Selecting Strategies for Success,” 1984.
- [19] D. Niyato e E. Hossain, “A game theoretic analysis of service competition and pricing in heterogeneous wireless access networks,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 7, nº 12, 2008.
- [20] M. Zhao e Y. Xia, “Analysis of Port Pricing Based on Circle Model,” *Industrial Economics System and Industrial Security Engineering*, 2017.
- [21] G. E. Rahi, S. R. Etesami, W. Saad, N. Mandayam e H. V. Poor, “Managing Price Uncertainty in Prosumer-Centric Energy Trading: A Prospect-Theoretic Stackelberg Game Approach,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. PP, nº 99, 2017.
- [22] W. Lee, L. Xiang, R. Schober e V. W. S. Wong, “Electric Vehicle Charging Stations With Renewable Power Generators: A Game Theoretical Analysis,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 6, nº 2, pp. 608-617, 2014.
- [23] Y. Luo, L. Gao e J. Huang, “Price and Inventory Competition in Oligopoly TV White Space Markets,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 33, nº 5, pp. 1002-1013, 2015.
- [24] L. Yang e Z. He, “Game and Strategy of China in the World’s Negotiation of Iron Ore Price,” 2016.
- [25] M. D. Mednikov, N. A. Sokolitsyna, A. S. Sokolitsyn e V. P. Semenov, “Game Theory Model of Forming Enterprise Development Strategy in Market Environment Uncertainty,” 2017.
- [26] M. Budler e P. Trkman, “The role of game theory in the development of business models in supply chains,” 2017.
- [27] M. Okura e D. Carfi, “Coopetition and Game Theory,” *Journal of Applied Economic Sciences*, vol. 9, nº 3, 2014.
- [28] L. Kexing, “A Survey of Agent Based Automated Negotiation,” 2011.

- [29] S. A. Rodrigues, J. M. d. Souza e E. Tskhakaya, “Game Theory and Information Technology Professionals Behaviour Case Study, Experiments and Results,” 2013.
- [30] H. Gunnaasankaraan, K. Dilwali, A. Viswanath e K. Mahata, “Strategic Bidding and Transmission Rights Purchase for Generator’s Payoff Maximisation,” 2015.
- [31] G. C. Lazaroiu, V. Dumbrava, M. Costoiu e M. Roscia, “Game theory and competitive aspects in electricity markets,” em *EEEIC / I&CPS Europe*, Milan, 2017.
- [32] T. Alskheliwi, C. Jim, K. Lateef, S. Penn e A. Salem, “Applying Game Theory Rules to Enhance Decision Support Systems in Credit and Financial Applications,” 2014.
- [33] S. Kalish, V. Mahajan e E. Muller, “Waterfall and sprinkler new-product strategies in competitive global markets,” *International Journal of Research in Marketing*, pp. 105-119, 1995.
- [34] S. Song, “The Dynamic Game Analysis for International Competition: A View of the Labor Theory of Value,” 2012.
- [35] S.-H. Lee, H.-S. Park e S.-B. Cho, “Empirical analysis of international trade market using evolutionary multi-agent modeling with game theory,” em *Congress on Evolutionary Computation*, Barcelona, 2010.
- [36] J. P. R. Pereira, “Simulation of competition in NGNs with a Game Theory model,” 2014.
- [37] A. M. d. O. Duarte, H. S. Felix, A. N. Marques, D. C. Carrilho e S. C. R. Coelho, “Market Modelling in Access Networks: an approach combining dynamic systems and Game Theory,” em *10th Conference of Telecommunication, Media and Internet Techno-Economics*, Berlin, 2011.
- [38] G. P. Boretos, “S-curves and their Applications in Marketing, Business, and the Economy,” *MRA's Alert! Magazine*, pp. 34-39, 2012.
- [39] S. P. Anderson, A. d. Palma e J. F. Thisse, *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, MIT Press, 1992.
- [40] C. E. Laciaa e S. L. Rovere, “Ising-like agent-based technology diffusion model: Adoption patterns vs. seeding strategies,” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 390, n° 6, pp. 1139-1149, 2011.
- [41] G. Weisbuch e G. Boudjema, “Dynamical Aspects in the Adoption of Agri-Environmental Measures,” *Advances in Complex Systems*, vol. 02, n° 01, 1999.
- [42] C. Marchetti e N. Nakicenovic, “The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model,” vol. 1, 1978.
- [43] B. W. Kernighan e D. M. Ritchie, *The C Programming Language*, 2nd Edition, Prentice Hall, 1988.

BIBLIOGRAFIA

- [44] A. J. Mendes e M. J. Marcelino, Fundamentos de Programação em Java 2, FCA - Editora de Informática, 2002.
- [45] K. Arnold e J. Gosling, The Java Programming Language, 2nd Edition, Addison-Wesley, 1998.
- [46] Junho 2018. [Online]. Available: <http://www.internationaloliveoil.org>. [Acedido em 11 Outubro 2018].