



Universidade Federal de Ouro Preto  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Departamento de Engenharia de Produção



## **Trabalho de Conclusão de Curso**

# **ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA SELEÇÃO DO PORTFÓLIO DE PRODUTOS DE MONTADORAS ATUANTES NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CAMINHÕES ATRAVÉS DA TEORIA DOS JOGOS**

**Bianca Fialho da Silva**

**João Monlevade, MG  
2019**

**Bianca Fialho da Silva**

**ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA SELEÇÃO DO  
PORTFÓLIO DE PRODUTOS DE MONTADORAS  
ATUANTES NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE  
CAMINHÕES ATRAVÉS DA TEORIA DOS JOGOS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva

**Universidade Federal de Ouro Preto  
João Monlevade  
2019**

S586a Silva, Bianca Fialho da .  
Análise de estratégias para seleção do portfólio de produtos de montadoras atuantes na indústria brasileira de caminhões através da teoria dos jogos [manuscrito] / Bianca Fialho da Silva. - 2019.

25f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Teoria dos jogos. 2. Microeconomia. 3. Indústria - Caminhões. 4. Estratégia empresarial. I. Silva, Thiago Augusto de Oliveira. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 658.5

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS

**FOLHA DE APROVAÇÃO****Bianca Fialho da Silva****ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA SELEÇÃO DO PORTFÓLIO DE PRODUTOS DE MONTADORAS ATUANTES NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CAMINHÕES ATRAVÉS DA TEORIA DOS JOGOS**

Membros da banca

Paganini Barcellos de Oliveira - Mestre - UFOP  
Mônica do Amaral - Doutor - UFOP  
Thiago Augusto de Oliveira Silva - Doutor - UFOP

Versão final

Aprovado em 05 de dezembro de 2019

De acordo

Thiago Augusto de Oliveira Silva



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Augusto de Oliveira Silva**, DIRETOR DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS, em 16/12/2019, às 20:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0028628** e o código CRC **45C8F593**.

**Referência:** Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.204031/2019-43

SEI nº 0028628

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: - www.ufop.br

# Agradecimentos

Agradeço infinitamente às duas pessoas mais importantes para mim, minha mãe Beatriz por ser esta mãe maravilhosa que nunca mediu esforços para me apoiar no que fosse preciso, e ao meu pai Celso por seu amor incondicional e inspiração. À Deus, pois até aqui o Senhor me ajudou, fazendo-se presente em todos os momentos. Agradeço à tia Aliceana por todo incentivo e ajuda em todos os momentos, ao meu tio Nilson por acreditar sempre no meu potencial. Ao Arthur por fazer meus dias melhores com seu companheirismo e compreensão. Aos demais familiares, minha gratidão por toda força e carinho. Agradeço também a todos os amigos que fiz nessa jornada, e que tornaram cada dia de luta mais leve, nunca me esquecerei de vocês. Minha gratidão pelos professores, em especial à Mônica por todo aprendizado e apoio, e ao meu orientador Thiago, o qual contribuiu de forma grandiosa para o meu desenvolvimento, e dedicou-se da melhor forma possível para transmitir seus ensinamentos. Guardarei sempre uma profunda gratidão por cada um que me ajudou nessa fase da vida, sem vocês concluir essa etapa não seria possível!

*"Tudo no mundo está dando respostas, o que demora é o tempo das perguntas"*  
– José Saramago

# Resumo

O mercado brasileiro de caminhões pode ser considerado como dinâmico e oligopolizado, com importância no cenário industrial brasileiro. À vista disso, torna-se necessário entender com clareza as estratégias definidas por cada montadora destes veículos de forma a interligar as ações da indústria e as demandas do consumidor. Além disso, percebe-se a necessidade de que as empresas desenvolvam ações estratégicas visando alcançar uma maior fatia de mercado. Nesse contexto, este trabalho propõe uma construção de cenários, de acordo com a Teoria dos Jogos, firmados pelas ideias da estratégia competitiva, visando analisar o comportamento estratégico de quatro montadoras de caminhões atuantes na categoria semileve. Como resultado, apresentou-se uma discussão fundamentada, a qual foi comparada à conjuntura atual.

**Palavras-chave:** Teoria dos Jogos, Microeconomia, Indústria Brasileira de Caminhões, Estratégia Competitiva.

# Abstract

Brazilian truck market can be considered as dynamic and oligopolized, with importance in the Brazilian industrial scenario. Therefore, it is necessary to clearly understand the strategies defined by each automaker in order to interconnect industry actions and consumer demands. In addition, there is a need for companies to develop strategic actions for the company to reach a larger market share. In this context, we apply a scenario construction modeled according to Game Theory, based on the ideas of competitive strategy, aiming to analyze the strategic behavior of four semi-light truck manufacturers. As a result, a reasoned discussion was presented, which was compared to the current conjuncture.

**Keywords:** Game Theory, Microeconomy, Brazilian truck industry, Competitive strategy.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Processo de Modelagem . . . . .	3
Figura 2 – Mapa de Valor do Produto . . . . .	8
Figura 3 – Estruturação do Algoritmo 2 (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008) .	13
Figura 4 – Gráfico de Atributos . . . . .	16
Figura 5 – Curvas de nível da densidade da distribuição dos níveis de desempenho desejados . . . . .	16
Figura 6 – Cenário com as opções propostas . . . . .	19

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Campos e armas da competição . . . . .	7
Tabela 2 – Situação real . . . . .	18
Tabela 3 – Situação estimada . . . . .	20
Tabela 4 – Testes . . . . .	20
Tabela 5 – Resultados dos testes . . . . .	21

# Lista de abreviaturas e siglas

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

CAC - Modelo estratégico de Campos e Armas de Competição.

FENABRAVE - Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores.

FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas.

PBT - Peso Bruto Total.

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>1</b>
1.1.1	Objetivo Geral	1
1.1.2	Objetivos Específicos	1
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Organização do trabalho</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Procedimentos Metodológicos</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Dados Utilizados</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Indústria de Caminhões</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>Estratégia</b>	<b>5</b>
3.2.1	Cinco Forças de Porter	5
3.2.2	Modelo Campos e Armas de Competição	6
3.2.3	Atributos de Valor	7
<b>3.3</b>	<b>Estudos semelhantes</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>Teoria dos Jogos</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>Definição do algoritmo para <i>N-Players</i></b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO DO MODELO</b>	<b>14</b>
<b>5.1</b>	<b>Definição do Jogo</b>	<b>14</b>
<b>5.2</b>	<b>Escolha do Consumidor</b>	<b>14</b>
<b>5.3</b>	<b>Definição do Modelo de <i>Payoff</i></b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E RESULTADOS</b>	<b>18</b>
<b>6.1</b>	<b>Montadoras</b>	<b>18</b>
<b>6.2</b>	<b>Cenário</b>	<b>18</b>
<b>6.3</b>	<b>Testes</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>24</b>

# 1 Introdução

A consolidação da indústria automobilística no Brasil ao longo do tempo, traz à vista ideais de estratégias a cada ação das empresas. De acordo com a FENABRAVE (2017), seis indústrias dividem a maior parte do poder de mercado atual, ocupando 95,58%. No entanto, as fatias do mercado estão distribuídas de forma não homogênea com a Mercedes Benz e a MAN contando com os maiores valores, sendo 29,05% e 25,32% respectivamente.

Nessa situação, as empresas podem escolher diferentes estratégias, como investir no desenvolvimento de produtos com atributos diferenciados em qualidade, preço, rapidez, consumo, entre outros, as quais podem influenciar no número de vendas dos produtos e conseqüentemente no lucro da organização. Por outro lado, deve-se levar em consideração o fato de que os concorrentes existentes no mercado também influenciam nos resultados obtidos, fazendo com que a tarefa de gerar um retorno maior, a partir de determinada decisão vinculada a um produto, torne-se mais complexa.

Atualmente as oscilações e a complexidade do mercado perante ao cenário econômico evidenciam a necessidade de uma preparação estratégica por parte das empresas, as quais passam a ter maiores desafios. Na situação de oligopólio existente na indústria de caminhões, cada marca deve tomar decisões estratégicas de forma a obter maior retorno nas vendas e conseqüentemente alcançar maior lucro. Dessa forma, o problema abordado consiste em modelar este cenário com múltiplos concorrentes com o intuito de fornecer ferramentas para auxílio às tomadas de decisão das empresas.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o mercado de caminhões através de um modelo de jogo com multijogadores, multiprodutos e produtos diferenciados, por meio de diferentes tipos de equilíbrios e compará-los frente ao ambiente real.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Levantar dados sobre o cenário do mercado atual de caminhões;
- ✓ Definir a função *Payoff* para cada jogador a partir da descrição de mercado;
- ✓ Propor equilíbrios para o mercado de caminhões com múltiplos jogadores;
- ✓ Analisar a sensibilidade do modelo e dos equilíbrios com relação a variações nos parâmetros e compará-lo à situação real;

✓ Considerar outros tipos de equilíbrio para o mercado analisado.

## 1.2 Justificativa

Analisar estrategicamente, torna-se cada vez mais importante mediante à face altamente competitiva do mercado, em que pequenas ações podem gerar grandes diferenças no retorno da empresa. A atual conjuntura das vendas de caminhões fomenta ainda mais a competitividade entre as organizações do setor, uma vez que, observando as vendas de caminhões entre 2013 e 2016, pode-se notar uma queda, segundo o anuário de 2017 da FENABRAVE (2017), de 67,5% no volume de vendas, com uma ligeira recuperação em de 3,5% em 2017.

Diante dessas mudanças também se torna importante entender melhor o espectro que simboliza a visão dos clientes, uma vez, que entendendo as verdadeiras necessidades do cliente e como ele pensa, a empresa pode receber um direcionamento ante o amplo leque de decisões a serem estabelecidas. Representando esse pensamento, de acordo com Silva, Filho e Silva (2018), os bens presentes no mercado possuem múltiplos atributos de valor, os quais são vistos de diferentes formas pelos clientes e estão intrinsecamente relacionados a decisões estratégicas tomadas perante aos cenários competitivos reais.

Assim, alinhar as decisões estratégicas com as perspectivas e características do mercado pode auxiliar as empresas a se posicionarem de forma mais atrativa no mercado. Para isso, torna-se fundamental uma análise mais profunda do cenário, considerando-se as reações, o perfil estratégico, e o desdobramento das combinações estratégicas entre os competidores. Dessa forma, o presente trabalho mostra-se relevante quanto à concepção de um método para determinação e análise dos retornos obtidos pelas empresas, e quanto à modelagem do contexto de competições estratégicas com base na Teoria dos Jogos.

## 1.3 Organização do trabalho

O presente estudo foi dividido em sete capítulos, sendo o Capítulo 1 responsável por introduzir o assunto tratado, contextualizando o cenário, os objetivos, a justificativa e a forma com que o trabalho foi organizado. O Capítulo 2 inclui a metodologia de pesquisa utilizada para dar forma ao problema abordado. No Capítulo 3 encontra-se a revisão de literatura, a qual posiciona o trabalho na literatura. O Capítulo 4 possui a fundamentação teórica sobre Teoria dos Jogos e o algoritmo *N-players* utilizado, proposto por Porter et al. (2008). No Capítulo 5 apresenta-se os modelos propostos e a definição do jogo para as montadoras de caminhões participantes da categoria semileve. Os Capítulos 6 e 7, trazem respectivamente os resultados e comparação entre o que foi obtido e a situação atual, de forma a melhor entender o comportamento do sistema, e as conclusões, juntamente com sugestões de trabalhos futuros.

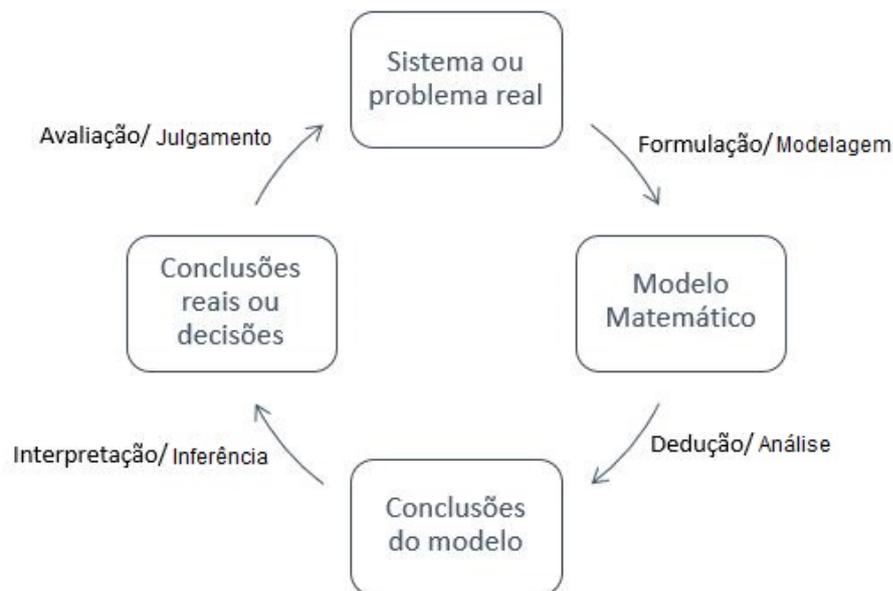
## 2 Metodologia de pesquisa

De acordo com as definições de Neto e Pureza (2012), este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa axiomática descritiva, mas também possui características de pesquisa empírica normativa, uma vez que, mesmo abordando modelos de problemas idealizados e explicando suas características, também há a tentativa de enquadrar o cenário à situação real. Segundo as mesmas premissas, a natureza desta pesquisa pode ser considerada como aplicada, de abordagem quantitativa utilizando o método de modelagem e simulação.

### 2.1 Procedimentos Metodológicos

O diagrama proposto por Arenales et al. (2007) foi aplicado integralmente para o processo de solução do problema utilizando modelagem matemática, sendo representado na Figura 1.

Figura 1 – Processo de Modelagem



Fonte – Arenales et al. (2007)

Na etapa Formulação, foram definidas as variáveis do problema, a modelagem matemática para o problema de Escolha do Consumidor e o cálculo do *payoff*. De forma geral, criou-se um cenário em que o principal aspecto é a estratégia de portfólio de quatro empresas, em que cada uma deverá decidir se deve ou não inserir produtos no mercado, quais atributos de valor e qual preço de cada produto destes. Para a Dedução/Análise foram implementados os cálculos matemáticos definidos, e o algoritmo para *N-players* proposto por Porter et al. (2008) em Python 3.6.6, obtendo-se o equilíbrio exposto na Capítulo 6 (Resultados). Os quatro primeiros testes foram realizados no ambiente computacional em nuvem disponibilizado pela plataforma Kaggle,

a qual conta com um processador Intel<sup>®</sup> Xeon<sup>®</sup> CPU @ 2.30GHz, 16 GB de memória RAM e 5 GB de capacidade de disco. Já os dois testes contendo maiores quantidades de valores de PBT e preços, foram feitos em um computador Intel<sup>®</sup> Core<sup>®</sup> i7 CPU @ 3.40GHz e 16 GB de memória RAM. A Interpretação/Inferência possibilitou o alcance de conclusões a partir dos resultados obtidos. De forma a avaliar as conclusões inferidas, a etapa Avaliação/Julgamento possibilitou a comparação entre as conclusões o cenário real. Já a validação do modelo foi feita a partir da utilização de um cenário com resultado conhecido, observando-se a convergência do modelo proposto com a assertividade.

## 2.2 Dados Utilizados

Os dados para a integralização deste trabalho são referentes à indústria de caminhões, sendo estes retirados de quatro fontes. Primeiramente, utilizou-se o anuário de 2015 da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE, 2015). Da mesma forma, coletou-se dados da publicação de 2015 da Carta 356 da ANFAVEA (2016), e dos dados oficiais fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito do Ministério das Cidades e pela Tabela FIPE (FIPE - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS, 2019).

## 3 Revisão de literatura

### 3.1 Indústria de Caminhões

A matriz de transporte brasileira é composta principalmente pelo transporte rodoviário, o qual representa 63% do transporte de cargas medidas em TKU (Toneladas por Quilômetro Útil) em território nacional, de acordo com a análise de HIJJAR e LOBO (2011). O mercado automotivo brasileiro é responsável por em torno de 22% do Produto Interno Bruto (PIB, 2015) industrial brasileiro, ocupando a 9ª posição no Ranking Mundial de produção de autoveículos em 2017, segundo a ANFAVEA (2019). Além disso, deve-se ressaltar que esse mercado é atualmente composto por aproximadamente 5.220 concessionárias de 26 montadoras, caracterizando um cenário de uma capacidade instalada de 5,05 milhões de automóveis (ANFAVEA, 2019).

O mercado atual de caminhões dispõe a maior parte do *marketshare* em poder de seis montadoras, Mercedes Benz (29,05%), MAN (25,32%), Ford (14,99%), VOLVO(11,43%), Scania (11,04%) e Iveco (3,75%), totalizando um volume de emplacamentos igual a 95,58% do total do mercado, segundo o anuário de 2017 da FENABRAVE (2017). Tal mercado é dividido em cinco categorias, semileve, leve, médio, semipesado e pesado. Será retratada nesse trabalho a primeira classificação, em que quatro montadoras competem na categoria, Volkswagen (MAN), Mercedes, Ford e Iveco (FENABRAVE, 2015). De acordo com a FENABRAVE (2018), a evolução percentual de emplacamentos do subsegmento semileve passou de 2,91% em 2014 para 5,98% em 2018, representando um grande crescimento no setor.

### 3.2 Estratégia

Na visão de Porter (1996), a estratégia se apoia na busca de diferenciação presentes nas atuações das empresas com relação aos concorrentes, criando-se assim um valor singular e de difícil imitação. Além disso, segundo Porter (1980), deve-se ressaltar que os agentes externos influenciam o *marketshare* alcançado por cada empresa. Com isso, deve-se determinar ações bem definidas, com a capacidade de formar um posicionamento sólido, seja ele ofensivo ou defensivo.

#### 3.2.1 Cinco Forças de Porter

Para que uma empresa consiga analisar o mercado de uma forma abrangente, utiliza-se a teoria das Cinco Forças de Porter (PORTER, 1996), a qual fornece uma visão abrangente da dinâmica do mercado. Além disso, consegue-se uma análise da situação real do mercado, a qual possibilita a antecipação e influência do mercado na competição ao longo do tempo (PORTER, 2008). As Cinco Forças são divididas em (i) ameaça de novos entrantes; (ii) pressão de produtos

substitutos; (iii) poder de barganha dos fornecedores; (iv) poder de barganha dos consumidores e (v) rivalidade entre os competidores.

A primeira força de Porter, ameaça de entrantes, trata do risco da entrada de novos competidores no mercado no qual a empresa atua, gerando-se assim uma maior divisão no mercado e conseqüente diminuição dos lucros de todos os envolvidos. Com isso, Porter (2008) ainda estabelece que tal ameaça está ligada à força das barreiras presentes e às expectativas das empresas recém-chegadas quanto à retaliação dos concorrentes. Dessa forma, caso as barreiras de entrada forem altas, e seja esperada uma forte reação das empresas já estabelecidas, tal força não representará grande ameaça. Já a pressão de produtos substitutos refere-se a fatores que podem gerar uma mudança no perfil do consumidor e uma resultante perda da fatia do mercado, através da substituição por produtos de mesmo desempenho ou inovadores (PORTER, 2008).

A terceira força, poder de barganha dos fornecedores, está centrada em fatores como quantidade de fornecedores existentes, nível de diferenciação do produto, produtos substitutos existentes e custos de mudança da empresa. Caracterizando-se assim a força que os fornecedores possuem para limitar as ações de seus consumidores (PORTER, 2008). A quarta força, poder de barganha dos consumidores, pode ser entendida como a capacidade que os consumidores dispõem de garantir maior valor ao final do processo de compra. Já a rivalidade entre concorrentes concerne no ideal que a empresa mantém em seus concorrentes.

### 3.2.2 Modelo Campos e Armas de Competição

A partir do ideal de estratégia competitiva, de acordo com Contador e Meireles (2001), o modelo de Campos e Armas de Competição (CAC), determina campos de competição representando as possibilidades mais adequadas às necessidades do consumidor de um produto ou serviço, determinando a capacidade de obter vantagem competitiva. Esse modelo é baseado nos elementos de interesse do consumidor, como preços e prazos de entrega, definindo o campo a ser abordado. Também é abordado o meio utilizado para competir naquele atributo, caracterizando o tópico definido como arma, além de tratar do objetivo que a arma procura aprimorar, designado como alvo (CONTADOR et al., 2004).

De acordo com Contador et al. (2004), a classificação geral do modelo CAC conta com 5 macrocampos da competição, 17 tipos de campos, e centenas de armas de competição. A Tabela 1 relaciona cada um dos macrocampos com alguns alvos das armas de competição. Deve-se ressaltar também, a importância do modelo CAC, o qual segundo Contador (2008) detém quatro importantes propriedades. A primeira é relativa à representação de todas as possíveis estratégias competitivas através dos campos da competição, e em seguida tem-se o arcabouço matemático, o qual juntamente às análises qualitativas, fundamenta a base teórica. Como terceira propriedade, pode-se contar com o embasamento teórico, que orienta o processo de competitividade e possui capacidade de alinhar as estratégias competitivas. Já a quarta, engloba a facilidade de compreensão e aplicação para as empresas.

Tabela 1 – Campos e armas da competição

<b>TEORIA DOS CAMPOS E ARMAS DA COMPETIÇÃO</b>	
<b>MACRO CAMPO</b>	<b>ARMAS</b>
<b>PREÇO</b>	Preço Guerra de preço Prêmio e promoção Condições de pagamento
<b>PRODUTO E/OU SERVIÇO</b>	Projeto do Produto e/ou serviço Qualidade do produto e/ou serviço Variedade de produto e/ou serviço Novos produtos e/ou serviços
<b>ATENDIMENTO</b>	Projeto de Atendimento Qualidade de Atendimento Variedade de Formas de Atendimento Novas formas de Atendimento
<b>PRAZO</b>	Entrega de produto e ou serviço Atendimento
<b>IMAGEM</b>	Imagem do produto, da marca e da empresa Imagem preservacionista Imagem cívica

Fonte: Adaptado de Contador et al. (2004)

### 3.2.3 Atributos de Valor

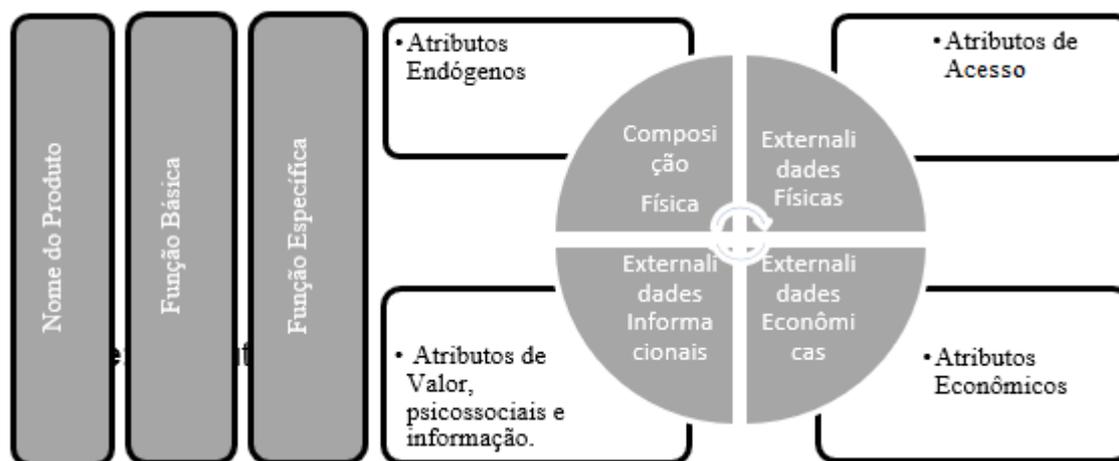
Retratando as necessidades do consumidor, Silva, Filho e Silva (2018) assumem a existência de características de bens no mercado real, que geram valor ao serem adquiridos. Tais características englobam o conceito de atributos de valor, os quais se encaixam em quesitos como qualidade, preço, rapidez, sendo diretamente relacionados a decisões estratégicas tomadas em cenários competitivos. Além disso, Silva, Filho e Silva (2018) propõem um modelo de geração de valor, analisando-se as implicações na formulação das estratégias competitivas e apresentando as áreas de decisão para a formulação das respectivas estratégias. Tal modelo fornece uma visão integrada e inovadora de como o produto gera valor, direcionando a estratégia competitiva. Com isso, observa-se que o produto detém capacidade de gerar valor de acordo com os aspectos de funcionalidade geral, funcionalidades específicas e desempenho ligados a seis tipos de atributos definidos a seguir (SILVA; FILHO; SILVA, 2018).

1. Endógeno;
2. Informação exógena;
3. Avaliação exógena;
4. Fatores psicossociais exógenos;

5. Acesso exógeno;
6. Economia exógena.

Os elementos listados anteriormente devem ser usados para comparar o valor gerado entre produtos concorrentes. De forma a integrar as definições propostas, a Figura 2 apresenta um mapa com intuito de contribuir para a identificação e definição do valor do produto através de cinco etapas (SILVA; FILHO; SILVA, 2018).

Figura 2 – Mapa de Valor do Produto



Fonte – Adaptado de Silva, Filho e Silva (2018)

### 3.3 Estudos semelhantes

Dastidar (1995), assim como outros autores, tratou problemas similares, sendo relatado em seu artigo um estudo sobre a existência de Equilíbrio de Nash em estratégias puras em competições por preço. Diante dessa situação, com um cenário de empresas homogêneas, esse equilíbrio não é único, porém tratando-se de empresas diferentes, o equilíbrio pode ser único. Analogamente, Nocke e Schutz (2018), trataram um cenário de múltiplas empresas com demandas diferentes, utilizando uma função de demanda baseada em probabilidade de compra para definição do *Payoff*. Nesse caso, o autor prova a existência e unicidade de equilíbrio nas condições relatadas dos pressupostos de demanda, além de sugerir a adesão da forma de decisão em quais produtos devem ser oferecidos, ressaltando que nesse caso o equilíbrio provavelmente não é único.

Shaked e Sutton (1990), propuseram casos com dois e três bens explorando a ação estratégica em diferentes situações (simétricas e assimétricas), encontrando nesses casos vários equilíbrios. Com isso, propõe-se uma nova parametrização dos modelos já existentes, testando a relação entre o tamanho de mercado e a estrutura de mercado. Goldberg (1995), tratando da indústria automobilística dos EUA, desenvolveu e estimou um modelo para tal cenário, abordando

a visão da demanda através de um modelo de escolha discreta, o qual utiliza dados relativos às escolhas do consumidor. A indústria automobilística é modelada como um oligopólio com diferenciação de produto, sendo que o equilíbrio é caracterizado pela opção das empresas de maximizarem o lucro. Dessa forma, Goldberg (1995) faz uma abordagem muito semelhante à proposta nesse estudo. Mazza (2017) propôs uma modelagem para analisar o mercado de caminhões através de estudos pautados na Teoria dos Jogos, em que se concluiu que há aplicabilidade dessa ferramenta para a análise do mercado trabalhado.

## 4 Fundamentação teórica

### 4.1 Teoria dos Jogos

A Teoria dos Jogos foi desenvolvida como forma de tratar do comportamento dos tomadores de decisões cujas estratégias afetam uns aos outros. Segundo as concepções de Bierman e Fernandez (2011), pode-se definir jogo como situações nas quais há interdependência entre tomadores de decisões, delimitadas pelas estratégias de cada um dos agentes no mercado. Tais decisões podem resultar em retornos (*payoffs*) para os jogadores, gerando-se assim recompensas ou benefícios. Incluso no jogo, pode-se identificar dentre as estratégias, aquelas que são dominantes, as quais dentre qualquer conjunto de estratégias a serem adotadas pelos demais jogadores, esta garantirá uma recompensa mais alta (BIERMAN; FERNANDEZ, 2011). Analogamente, gera-se estratégias dominadas, correspondentes àquelas que não se encaixam como dominantes. Diante dessa perspectiva, Nash (1951) definiu como equilíbrio para jogos competitivos a situação em que os agentes não possuem incentivo para alterar sua estratégia, frente às estratégias dos outros jogadores. De acordo com Bierman e Fernandez (2011), o equilíbrio de Nash é uma conjuntura em que admitindo que os jogadores são racionais, cada jogador faz o melhor que pode em função das ações de seus oponentes, os quais também adotarão suas melhores respostas. Deve-se atentar-se também aos conceitos de estratégias puras ou mistas, sendo que a primeira representa um plano não aleatório e que contempla todas as possíveis contingências para o agente, sendo as estratégias mistas aquelas que tangem a perspectiva da atribuição de probabilidade às escolhas (BIERMAN; FERNANDEZ, 2011).

### 4.2 Definição do algoritmo para *N-Players*

Porter, Nudelman e Shoham (2008) apresentam uma proposta de algoritmo para cálculo de um equilíbrio em jogos com múltiplos jogadores (Algoritmo 1), o qual realiza uma pesquisa sobre o espaço de possíveis instâncias do suporte  $S_i$  (conjunto de possíveis estratégias do jogador  $i$ ), contido em  $A_i$ , para cada jogador  $i$ . Dado um perfil de suportes  $S = (S_1, \dots, S_n)$  como entrada, busca-se um equilíbrio de Nash  $p$  coerente com  $S$ , caso tal perfil de estratégia exista. Neste programa,  $v_i$  corresponde à utilidade esperada do jogador  $i$  em um equilíbrio. As duas primeiras restrições determinam que cada jogador seja imparcial em relação a todas as ações dentro de seu suporte, e não deve estritamente preferir uma ação fora dele. Assim, nenhum jogador pode desviar-se para uma estratégia pura que melhora sua utilidade, que é a condição para o perfil de estratégia ser um Equilíbrio de Nash (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008).

Pode-se definir, segundo Porter, Nudelman e Shoham (2008), que a probabilidade de o oponente escolher uma ação como  $p(a_{-i}) = \prod_{j \neq i} p_j(a_j)$ , o que faz com que o programa seja

linear para  $n = 2$  e não linear para todo  $n > 2$ . Deve-se ressaltar que não é exigido que cada ação  $a_i \in S_i$  esteja no suporte, uma vez que pode-se jogar com probabilidade zero. No entanto, o jogador  $i$  ainda deve ser imparcial entre sua ação  $a_i$  e cada uma das ações  $a'_i \in S_i$ . Com isso, simplesmente associando  $S_i = A_i$  não necessariamente tem-se um equilíbrio de Nash como uma solução (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008).

**Feasibility Program 1 (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008)**

**Entrada:**  $S = (S_1, \dots, S_n)$ , perfil de suportes

**Saída:** Equilíbrio de Nash  $p$ , se existe um perfil de estratégia  $p = (p_1, \dots, p_n)$  e perfil de valor  $v = (v_1, \dots, v_n)$

$$\sum_{a_{-i} \in S_{-i}} p(a_{-i}) u_i(a_i, a_{-i}) = v_i \quad \forall i \in N, a_i \in S_i \quad (4.1)$$

$$\sum_{a_{-i} \in S_{-i}} p(a_{-i}) u_i(a_i, a_{-i}) \leq v_i \quad \forall i \in N, a_i \notin S_i \quad (4.2)$$

$$\sum_{a_i \in S_i} p(a_i) = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.3)$$

$$p(a_i) \geq 0 \quad \forall i \in N, a_i \in S_i \quad (4.4)$$

$$p(a_i) = 0 \quad \forall i \in N, a_i \notin S_i \quad (4.5)$$

Segundo Porter, Nudelman e Shoham (2008), no Algoritmo 1 os perfis são ordenados a partir do tamanho de suporte primeiro por tamanho e, em seguida, por uma medida de equilíbrio. Nesse caso, define-se as variáveis como os suportes ( $S_i$ ), os quais contém todos os possíveis conjuntos de ações, sendo que o conjunto de suportes de tamanho  $x_i$  é denominado como domínio. Porter, Nudelman e Shoham (2008) definem o Algoritmo 2 como sendo recursivo, em que uma única restrição define que deve existir uma solução para o *Feasibility Program 1*, sendo que o objetivo é que nenhum agente desempenha uma ação condicionalmente dominada. Caso essa condição não haja utilização dessa opção, o Algoritmo 3 deve ser aplicado (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008).

---

**Algoritmo 1 (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008)**

---

```

para todo  $x=(x_1, \dots, x_n)$ , ordenado em ordem crescente primeiro de  $\sum_i x_i$ , e segundo de
 $\max_{i,j}(x_i - x_j)$  faça
   $\forall : S_i \leftarrow \text{NULL}$  // suportes não instanciados
   $\forall : D_i \leftarrow \{S_i \subseteq A_i : |S_i| = x_i\}$  // domínio de suportes
  se Recursive-Backtracking ( $S, D, 1$ ) retornar um Equilíbrio de Nash p então
    retorna  $p$ 
  fim
fim

```

---

O Algoritmo 3 (IRSDS), de acordo com Porter, Nudelman e Shoham (2008), verifica a dominação condicional das ações dos jogadores, atualizando seus respectivos domínios. Sendo

**Algoritmo 2** Recursive-Backtracking (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008)

---

**Entrada:**  $S = (S_1, \dots, S_n)$  //perfil de suportes  
 $D = (D_1, \dots, D_n)$  //perfil de domínios

**Saída:** Um equilíbrio de Nash  $p$ , ou falha

```

se  $i=n+1$  então
  | se Feasibility Program 1 é satisfeito para  $S$  então
  | | retorna o Equilíbrio de Nash encontrado ( $p$ )
  | fim
  | senão
  | | retorna Falha
  | fim
fim
senão
  | para todo  $d_i \in D_i$  faça
  | |  $S_i \leftarrow d_i$ 
  | |  $D_i \leftarrow D_i - d_i$ 
  | | se  $IRSDS((S_1, \dots, S_i, D_{i+1}, \dots, D_n))$  então
  | | | se Recursive-Backtracking( $S, D, i+1$ ) retornar um Equilíbrio de Nash  $p$ 
  | | | então
  | | | | retorna  $p$ 
  | | | | fim
  | | | fim
  | | fim
  | fim
fim

```

---

assim, recebe-se como entrada um domínio para o suporte de cada jogador. Para cada agente com o suporte instanciado, o domínio contém apenas esse suporte, enquanto para cada outro agente  $i$ , o domínio contém todos os suportes de tamanho  $x_i$  que não foram eliminados anteriormente durante o procedimento. A cada iteração do *loop* “repita - até”, para toda ação encontrada, em no mínimo um suporte no domínio do jogador, é verificada quanto à dominação condicional. Caso um domínio fique vazio após a remoção de uma ação condicionalmente dominada, retorna-se falha, uma vez que se pode considerar que as instanciações atuais do *Recursive-Backtracking* são inconsistentes. Como a remoção de uma ação pode levar a reduções de domínio para outros agentes, o IRSDS é repetido até que ele retorne falha ou procure em meio todas as ações de todos os jogadores sem encontrar uma ação dominada (Porter, Nudelman e Shoham (2008)).

Contudo, pode-se entender a estruturação do algoritmo como representado na Figura 3, em que a área delimitada pelo pontilhado representa a estrutura da função *Recursive Backtracking*.

**Algoritmo 3** Iterated Removal of Strictly Dominated Strategies (IRSDS) (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008)

**Entrada:**  $(D = D_1, \dots, D_n)$ //perfil de de domínios

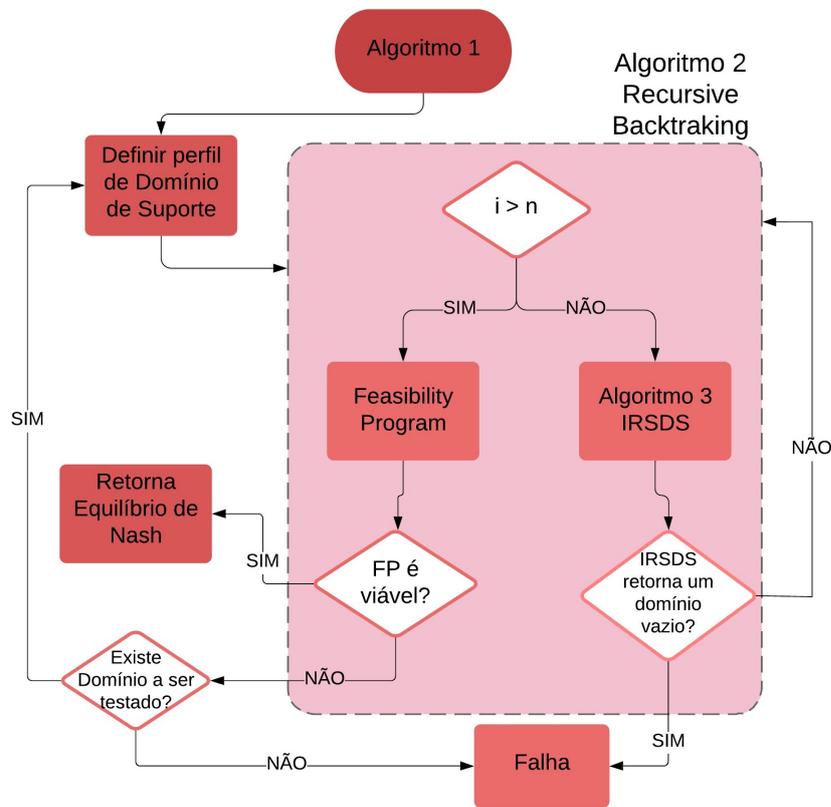
**Saída:** Domínios atualizados, ou falha

**repita**

```

changed ← falso para todo  $i \in N$  faça
  para todo  $a_i \in \cup_{d_i \in D_i} d_i$  faça
    para todo  $a'_i \in A_i$  faça
      se  $a_i$  é condicionalmente dominada por  $a'_i$ , dado  $\cup_{d_{-i} \in D_{-i}} d_{-i}$  então
         $D_i \leftarrow D_i - d_i \in D_i: a_i \in d_i$  changed ← verdadeiro se  $D_i = \emptyset$  então
          retorna Falha
        fim
      fim
    fim
  fim
até changed = falso;
retorna D
  
```

Figura 3 – Estruturação do Algoritmo 2 (PORTER; NUDELMAN; SHOHAM, 2008)



Fonte – O Autor(2019)

## 5 Apresentação do Modelo

### 5.1 Definição do Jogo

- **Tipo de Jogo:** O jogo proposto é sequencial, já que as montadoras podem realizar mudanças a cada ano. No entanto, será considerada apenas uma rodada. Para esse cenário, assume-se certeza nos parâmetros e informação perfeita.
- **Jogadores:** Serão consideradas as quatro principais montadoras do mercado semileve de caminhões: Mercedes Benz, MAN, Ford e Iveco.
- **Ações:** As ações estratégicas serão de adicionar ou retirar modelos de acordo com os atributos estabelecidos.
- **Payoff:** Os retornos serão estabelecidos através do Modelo de *Payoff* definido na seção 5.2.

### 5.2 Escolha do Consumidor

Cada consumidor, ou grupo de consumidores, possui um nível desejado de desempenho em cada atributo ( $\psi \in \Psi$ ) para a aquisição de produtos no mercado estabelecido, além de possuir um orçamento  $O$  e estar disposto a comprar no máximo uma unidade de produto. As empresas atuantes neste mercado ( $\phi \in \Phi$ ) possuem um portfólio próprio de produtos ( $K_\phi$ ), onde cada produto,  $k \in K_\phi$ , possui sua performance em cada atributo de valor expressa através do vetor  $\mu_k$ , definido em  $\mathbb{R}^{|\Psi|}$ , e seu preço  $\varphi_k \geq 0$ .

A utilidade gerada para o consumidor depende de um *trade-off* entre o nível de adequação do desempenho de um produto adquirido ( $\mu_k$ ) em relação à sua expectativa ( $\mu$ ), representadas pela função  $\beta(\mu_k, \mu)$ , ou  $\beta_{k,\mu}$ , e da sobra de orçamento  $w_o$ . Na expressão 5.1, o vetor  $z = \{z_k\}_{k \in K_\phi, \phi \in \Phi}$  representa as variáveis binárias que indicam a aquisição do produto  $k \in K_\phi, \phi \in \Phi$  e  $U(z, w_o)$  é a função utilidade que determina a satisfação do consumidor para uma dada cesta  $(z, w_o)$ .

$$U(z, w_o) = \gamma w_o + \sum_{k \in K_\phi, \phi \in \Phi} \beta_{k,\mu} z_k \quad (5.1)$$

Considerando as premissas apresentadas, as Equações 5.2 a 5.6 representam o problema de

escolha do consumidor.

$$\max U(z_1, z_2, \dots, w_o) \quad (5.2)$$

$$\text{Sujeito a: } w_o + \sum_{k \in K_\phi, \phi \in \Phi} \phi_k z_k = O, \quad (5.3)$$

$$\sum_{k \in K_\phi, \phi \in \Phi} z_k = 1, \quad (5.4)$$

$$z_k \in \{0, 1\}, \quad \forall k \in K_\phi, \phi \in \Phi \quad (5.5)$$

$$w_o \geq 0 \quad (5.6)$$

A resposta ótima para o problema de escolha definido pode ser facilmente identificada por inspeção, fazendo  $z_k = 1$  e  $w_o = O - \phi_k$  para  $k$  definido pela equação 5.7.

$$k = \arg \max_{l \in K_\phi, \phi \in \Phi} \{\beta_{l,\mu} + \gamma(O - \phi_l)\} \quad (5.7)$$

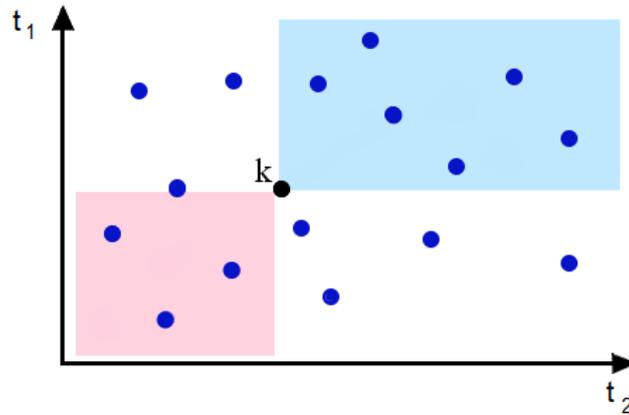
### 5.3 Definição do Modelo de *Payoff*

De acordo com Silva, Silva e Silva (2018), em um jogo, a estratégia de um jogador se baseia em determinar o desempenho de seus produtos com relação a cada atributo de valor. Como forma de representar as variações de produtos no mercado, marcado pelos  $|\Psi|$  atributos de valor de interesse do consumidor, tem-se um espaço  $\mathbb{R}^{|\Psi|}$ , no qual os produtos se situam de acordo com seu desempenho em cada dimensão. Com isso, define-se  $v_k$  como um vetor  $|\Psi|$ -dimensional composto pelas variáveis relativas ao desempenho de um produto  $k$  em cada atributo de valor ( $\psi \in \Psi$ ). Torna-se possível, assim, mapear no espaço  $\mathbb{R}^{|\Psi|}$  o desempenho através das coordenadas dos itens ofertados pelos competidores.

Silva, Silva e Silva (2018) definem a Figura 4 como o mapeamento de produtos no mercado considerando duas dimensões de atributos de valor, sendo que cada ponto representa um produto. Tomando como referência o produto  $k$  na figura, a área destacada em azul contém produtos cujo desempenho é superior, e a área em rosa contém os produtos cujo desempenho é inferior. Da mesma forma, supondo que para a aquisição do produto neste mercado, cada consumidor ou grupo de consumidores, já possua uma expectativa com relação ao desempenho em cada atributo, pode-se representar no espaço  $\mathbb{R}^{|\Psi|}$  curvas de densidade para a distribuição dos níveis de desempenho desejado pelos consumidores. Com isso, segundo Silva, Silva e Silva (2018), a Figura 5 representa as curvas de nível da densidade de distribuição dos níveis de desempenho desejados em um mercado com produtos com dois atributos de valor, representando-se pela seta em vermelho, a distância euclidiana entre o produto  $k$  e uma curva de nível de desempenho superior.

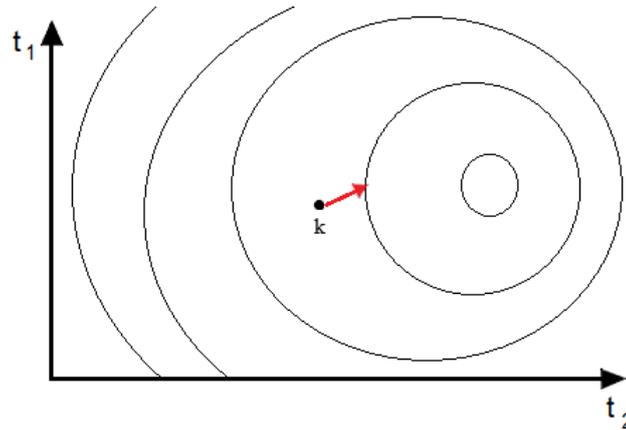
Segundo Silva et al. (2019), uma forma de se determinar o *Payoff* obtido por um jogador através da visão de posicionamento do produto perante aos consumidores. O nível de adequação de um produto pode ser visto como uma medida de utilidade, ou seja, o consumidor irá dispor desta utilidade ao obter uma unidade do produto. Dessa forma, define-se o nível de adequação

Figura 4 – Gráfico de Atributos



Fonte – Silva, Silva e Silva (2018)

Figura 5 – Curvas de nível da densidade da distribuição dos níveis de desempenho desejados



Fonte – Silva, Silva e Silva (2018)

de um produto ao consumidor que possui necessidade de desempenho  $\mu$  ( $\beta_{(k,\mu)}$ ) definido pela Equação (5.8) como o inverso distância assimétrica do desempenho ( $dist_{(k,\mu)}$ ) (Equação 5.9) deste item ao nível mínimo desejado pelo consumidor.

$$\beta_{(k,\mu)} = \frac{1}{dist_{(k,\mu)} + 1} \tag{5.8}$$

O desempenho é definido pela diferença entre o desempenho considerado adequado pelo consumidor e o ponto que define o produto da empresa. A distância analisada pode ser considerada assimétrica, pois caso haja outro ponto mais próximo, que estabelece outras necessidades, no caminho, este será atendido, podendo-se entender o espaço entre o produto requerido e o a ser fabricado como zero.

$$dist_{(k,\mu)} = \sqrt{\sum_{\psi \in \Psi} (\max(0, \mu(\psi) - \mu_k(\psi)))^2} \tag{5.9}$$

Como o cliente possivelmente não obtém informação imperfeita sobre o produto, determina-se o indicador  $R_{k,\mu}$ , de forma a retratar a probabilidade de compra do produto  $k$  pelo cliente do ponto  $\mu$ , com uma elasticidade de demanda orçamentária descrita por  $\gamma$ , como pode-se observar na Equação (5.10).

$$R_{k,\mu}(\varphi_k) = \frac{\beta_{k,\mu} + \gamma \times (o - \varphi_k)}{\sum_{\phi \in \Phi} \sum_{l \in K_\phi} \beta_{l,\mu} + \gamma \times (o - \varphi_l)} \quad (5.10)$$

O volume total de vendas do produto  $k$ , no mercado  $\Delta_{(k)}$  definido por (5.11), depende da função  $f(\mu(1), \mu(2), \dots, \mu(|\Psi|))$  que representa a densidade de probabilidade de um consumidor se situar no ponto  $\mu = (\mu(1), \mu(2), \dots, \mu(|\Psi|))$  e da quantidade total de consumidores neste mercado ( $Q$ ).

$$\Delta_{(k)} = \int \int \dots \int R_{(k,\mu)} f(\mu(1), \mu(2), \dots, \mu(|\Psi|)) \times Q d\mu_1 d\mu_2 \dots d\mu_{|\Psi|} \quad (5.11)$$

Discretizando-se as dimensões, tem-se  $\mathcal{M} \subseteq \mathbb{R}^{|\Psi|}$ , um espaço discreto de possíveis desempenhos para os produtos nas  $|\Psi|$ -dimensões e  $q(\mu)$  a quantidade de consumidores que se encontram situados no ponto  $\mu = (\mu(1), \mu(2), \dots, \mu(|\Psi|))$  e em  $\Psi$ . Sendo assim, o valor de  $\Delta_{(k)}$  de acordo com o preço  $\varphi_k$ , é aproximado a partir da Equação (5.12).

$$\Delta_{k(\varphi_k)} \approx \sum_{\mu \in \mathcal{M}} R_{(k,\mu)} \times q_\mu \quad (5.12)$$

O faturamento gerado pelo produto  $k$  no mercado será expresso pela Equação (5.13), a qual representa a utilidade gerada por este item para o jogador que o oferece.

$$F_k(\varphi_k) = \varphi_k \times \Delta_k(\varphi_k) \quad (5.13)$$

O custo de produção do produto  $k$  para sua respectiva empresa é dado por (5.14).

$$C_k(\Delta_k) = c_{k,t} \times \Delta_k^2(\varphi_k) \quad (5.14)$$

O lucro do competidor  $\phi$  estabelecido pelo produto  $k \in K_\phi$  é expresso pela Equação (5.15).

$$L_\phi(\varphi_k) = \sum_{k \in K_\phi} [k(\varphi_k) - c_{k,t} \times \Delta_k^2(\varphi_k)] \quad (5.15)$$

## 6 Análise e Resultados

### 6.1 Montadoras

Para a criação do cenário estudado, foram utilizados dados das quatro principais montadoras atuantes no segmento de caminhões semileve no Brasil: Ford, Iveco, VolksWagen (MAN) e Mercedes Benz. A modelagem do jogo foi feita através de uma função de *payoffs*, em que cada jogador define sua estratégia ao determinar a quantidade de modelos que irá colocar no mercado, o desempenho do atributo de valor Peso Bruto Total (PBT) para cada modelo e os respectivos preços. A Tabela 2 apresenta a descrição deste cenário, relacionando as montadoras a seus respectivos portfólios e o total de vendas relativos ao ano de 2015 no segmento semileve.

Tabela 2 – Situação real

EMPRESA	PORTFÓLIO			VENDAS
	Nome	PBT (ton)	Preço	
<b>Ford</b>	F-350	4.500	R\$ 108548,00	1550
<b>Iveco</b>	Daily 45S17	4.176	R\$ 103100,00	490
	Daily 55C17	5.300	R\$ 105985,00	
<b>MAN</b>	Delivery 5.150	5.500	R\$ 113275,00	510
<b>Mercedes Benz</b>	Sprinter 311	3.500	R\$ 102300,00	1051
	Sprinter 415	3.800	R\$ 97407,00	
	Sprinter 515	5.000	R\$ 97236,00	

Fonte – O Autor (2019)

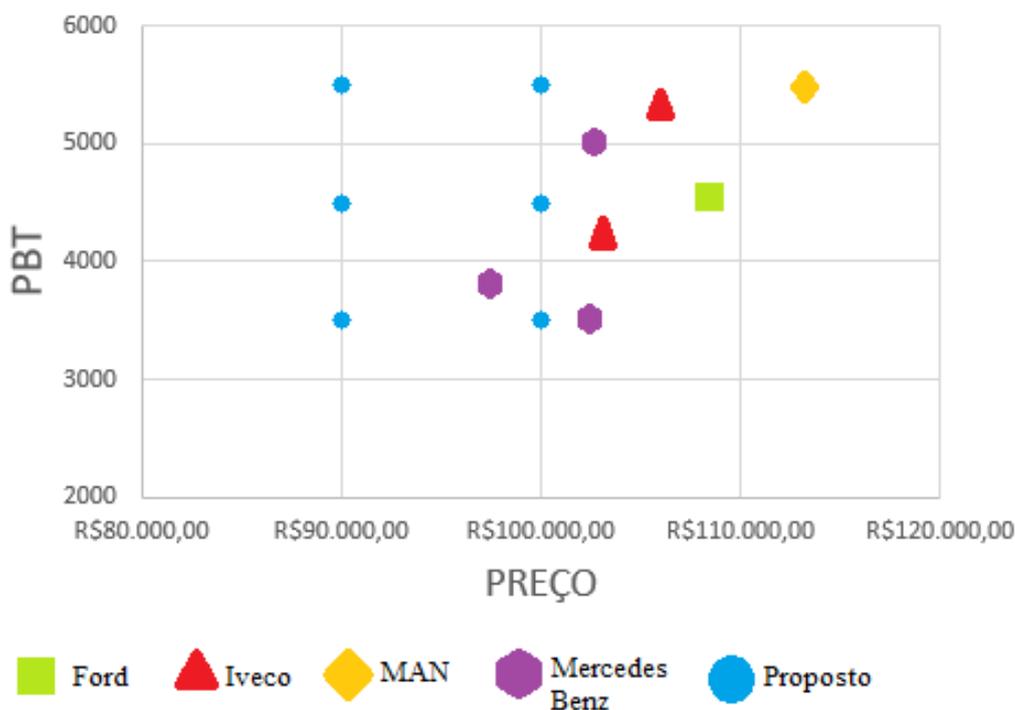
Os dados utilizados referem-se ao cenário de 2015 construído a partir de dados referentes às vendas obtidos na Carta 356 da ANFAVEA (2016), aos preços fornecidos pela da tabela FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (2019), dos sites das montadoras e da suposição de que o nível desejado de desempenho que o consumidor espera dos modelos é normalmente distribuído com média de 4.0 toneladas e desvio padrão de 1.0 tonelada.

### 6.2 Cenário

No cenário formulado para a criação do jogo, cada jogador define sua estratégia ao determinar a quantidade de modelos que irá disponibilizar no mercado (1 ou 2), o desempenho do atributo de valor Peso Bruto Total (PBT) para cada modelo e os respectivos preços. Para a análise deste duopólio, considera-se uma dimensão de performance, o PBT, o qual toma os valores de 3.5, 4.5 e 5.5 toneladas. As opções de preço também foram discretizadas, porém assumem valores entre 95 e 105 mil reais com *step* de 5 mil reais. A partir disso, pode-se observar na Figura 6, as posições em que os produtos do cenário proposto se encontram com relação aos

existentes em cada empresa. Nota-se grande proximidade em alguns casos, além da aglomeração de todos os produtos no canto superior direito.

Figura 6 – Cenário com as opções propostas



Fonte – O Autor (2019)

De forma a limitar o total de combinações entre os modelos, evitou-se a possibilidade de oferta de modelos diferentes com mesmo preço e/ou performance. Para as estimativas de vendas e de lucro, foi necessário supor valores para os parâmetros de elasticidade de demanda orçamentária ( $\gamma = 0.25$ ), de orçamento disponível ( $\sigma = 120$  mil). Com isso, obteve-se a Tabela 3 apresentando os dados ajustados pelo modelo, em que a segunda coluna apresenta o portfólio discretizado, além do total de vendas, do faturamento e do lucro que o modelo estimou para esta situação.

O equilíbrio no cenário descrito considera os mesmos produtos, sendo os preços e atributos de valor iguais para todos os competidores, o que leva a número de vendas totais e faturamento igual para todos os jogadores. Isso se dá pelo fato de as equações utilizarem apenas os valores que se encontram iguais. No entanto, pode-se perceber que os lucros diferem consideravelmente, dado ao fato de utilizarem nos cálculos os valores dos custos de produção, os quais são diferentes para cada empresa.

Tabela 3 – Situação estimada

EMPRESA	PORTFÓLIO			VENDAS	FATURAMENTO × 10 <sup>3</sup>	LUCRO × 10 <sup>3</sup>
	PBT	PREÇO	PARÂMETRO CUSTO			
IVECO	3.5	R\$ 90 mil	0.026	456.326	R\$ 85340,00	R\$ 25915,00
	4.5	R\$ 100 mil	0.051	443.923		
M. Benz	3.5	R\$ 90 mil	0.128	456.326		R\$ 69997,00
	4.5	R\$ 100 mil	0.136	443.923		
Ford	3.5	R\$ 90 mil	0.144	456.326		R\$ 43749,00
	4.5	R\$ 100 mil	0.150	443.923		
MAN	3.5	R\$ 90 mil	0.100	456.326		R\$ 32006,00
	4.5	R\$ 100 mil	0.106	443.923		

Fonte – O Autor (2019)

### 6.3 Testes

Através dos testes realizados, observou-se que o teste com 3 valores de PBT e 3 preços não conseguiu encontrar o equilíbrio em tempo hábil, assim como a opção com 2 valores de PBT e 4 preços. Com isso, pôde-se perceber que o algoritmo passa a ter um tempo de execução muito alto quando se trata de aumento da quantidade de valores dados aos atributos. Dessa forma, a Tabela 4 mostra a relação da quantidade de valores atribuídos ao PBT e ao Preço com o tempo gasto para se obter um equilíbrio.

Tabela 4 – Testes

TESTE	PBT	PREÇO	TEMPO
1	3.5 ton e 4.5 ton	R\$ 90 mil e R\$ 100 mil	41.148 s
2	3.5 ton, 4.5 ton e 5.5 ton	R\$ 90 mil e R\$ 100 mil	219.099 s
3	3.5 ton e 4.5 ton	R\$ 90 mil, R\$ 100 mil e R\$ 110 mil	150.774 s
4	3.5 ton, 4.0 ton, 4.5 ton e 5.0 ton	R\$ 90 mil e R\$ 100 mil	827.273 s
5	3.5 ton, 4.5 ton e 5.5 ton	R\$ 90 mil, R\$ 100 mil e R\$ 110 mil	-
6	3.5 ton e 4.5 ton	R\$ 80 mil, R\$ 90 mil, R\$ 100 mil e R\$ 110 mil	-

Fonte – O Autor (2019)

Com os resultados percebeu-se que há uma convergência para estratégias puras, sendo utilizadas em todas as ocasiões. As variações da elasticidade de demanda orçamentária ( $\gamma$ ) não expressaram variações no resultado final, característica a qual pode ser aperfeiçoada posteriormente. A partir da análise da Tabela 5, nota-se que não houve grande variação nos portfólios, variando apenas os preços no teste 3, e os PBTs do segundo produto de cada empresa no teste 4.

Tabela 5 – Resultados dos testes

TESTE	EMPRESA	PORTFÓLIO			
		PBT	PREÇO	PARÂMETRO CUSTO	
1	IVECO	3.5	R\$ 90 mil	0.026	
		4.5	R\$ 100 mil	0.051	
	M. Benz	3.5	R\$ 90 mil	0.128	
		4.5	R\$ 100 mil	0.136	
	Ford	3.5	R\$ 90 mil	0.144	
		4.5	R\$ 100 mil	0.150	
	MAN	3.5	R\$ 90 mil	0.100	
		4.5	R\$ 100 mil	0.106	
	2	IVECO	3.5	R\$ 90 mil	0.026
			4.5	R\$ 100 mil	0.051
		M. Benz	3.5	R\$ 90 mil	0.128
			4.5	R\$ 100 mil	0.136
Ford		3.5	R\$ 90 mil	0.144	
		4.5	R\$ 100 mil	0.150	
MAN		3.5	R\$ 90 mil	0.100	
		4.5	R\$ 100 mil	0.106	
3		IVECO	3.5	R\$ 100 mil	0.026
			4.5	R\$ 110 mil	0.051
		M. Benz	3.5	R\$ 100 mil	0.128
			4.5	R\$ 110 mil	0.136
	Ford	3.5	R\$ 100 mil	0.144	
		4.5	R\$ 110 mil	0.150	
	MAN	3.5	R\$ 100 mil	0.100	
		4.5	R\$ 110 mil	0.106	
	4	IVECO	3.5	R\$ 90 mil	0.026
			4.0	R\$ 100 mil	0.051
		M. Benz	3.5	R\$ 90 mil	0.128
			4.0	R\$ 100 mil	0.136
Ford		3.5	R\$ 90 mil	0.144	
		4.0	R\$ 100 mil	0.150	
MAN		3.5	R\$ 90 mil	0.100	
		4.0	R\$ 100 mil	0.106	
5					-
6					-

Fonte – O Autor (2019)

As estratégias puras encontradas para cada um dos jogadores podem ser comparadas com o cenário real de forma a identificar mudanças. Tomando o teste 2 como referência, tais estratégias são para a Ford o indicativo para manter o modelo F-350, o qual possui características semelhantes às de um dos produtos sugeridos, e adicionar um produto de PBT 3,5 toneladas e preço de R\$ 90 mil. Já para a Iveco, apenas um dos produtos, Daily 45S17, é o que mais se aproxima do produto proposto de PBT 4.5 toneladas e preço de R\$ 100 mil. Isso indica uma

mudança do produto Daily 55C17 para um modelo com menores valores. Para a MAN, há a troca do produto atual por dois de características reduzidas (PBT 3,5 ton/ R\$ 90 mil e PBT 4.5 ton/ R\$ 100 mil). Com relação à Mercedes Benz, a Sprinter 311 se adequa a um dos produtos propostos, enquanto sugere-se diminuir os valores dos atributos da Sprinter 415 de acordo com o proposto e retirar a Sprinter 515 do mercado.

Assim, sob a ótica desse jogo torna-se interessante para as empresas terem produtos parecidos entre si mediante aos aspectos considerados, ressaltando-se a que nos produtos reais há vários outros atributos que não foram listados. Além disso, deve-se considerar que o modelo é estático e pressupõe informação perfeita, o que proporciona menor capacidade explicativa, já que não há garantias do acesso total das informações por parte das empresas.

## 7 Considerações Finais

O cenário competitivo do mercado de caminhões torna cada vez mais importante a busca por análises estratégicas para uma melhor posição de mercado das montadoras. Partindo desse princípio, o presente trabalho buscou apresentar e discutir um modelo para análise do mercado de caminhões a partir da teoria dos jogos. Pode-se notar que o modelo de jogo apresentado é mais completo em relação a outros artigos da literatura, já que o Modelo de *Payoff* e o Modelo de Escolha do Consumidor abrangem a perspectiva dos consumidores, as ações englobam a questão dos atributos, se há oportunidade ou não colocar um produto no mercado, além de considerar múltiplos jogadores, já que a maioria dos jogos aborda apenas a perspectiva de duopólios. Com isso, mesmo não reproduzindo fielmente o comportamento das empresas, diante dos pressupostos, o modelo mostra-se consistente. Tal consideração pode ser um indicativo de um potencial uso do modelo como ferramenta de apoio à decisão. O estudo também é relevante no que tange a perspectiva do público, uma vez que contempla em seu modelo os aspectos da demanda dos consumidores.

Deve-se levar em consideração também o fato de a realização de pesquisa empírica demanda a definição de alguns parâmetros necessários para o ajuste do modelo, porém há grande dificuldade de estimar os mesmos. Comparando-se ao cenário real, ainda há espaço para incorporar ao modelo parâmetros de economia de escala e atributos como eixo, potência do motor, marcha, tração, cilindros, entre outros. Assim, para trabalhos futuros sugere-se a expansão da análise investindo em uma maior adequação da modelagem ao problema, na adição de atributos e em encontrar outros equilíbrios, que não conseguiram ser abordados mediante aos prazos estabelecidos. Além disso, pode-se buscar melhorar o tempo de execução do algoritmo quando há maiores quantidades de valores relacionados.

## Referências

- ANFAVEA. *Carta da ANFAVEA - Publicação mensal da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores*. São Paulo: ANFAVEA, 2016.
- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira - 2019. ANFAVEA, São Paulo, 2019.
- ARENALES, M. et al. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 3–5 p.
- BIERMAN, H. S.; FERNANDEZ, L. F. *Teoria dos jogos*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 4–23 p.
- CONTADOR, J. C. Campos e armas da competição. *São Paulo: Saint Paul*, v. 7, 2008.
- CONTADOR, J. C. et al. Modelo de campos e armas da competição. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v. 24, 2004.
- CONTADOR, J. C.; MEIRELES, M. Análise da competitividade por campos e armas da competição. *XXV EnANPAD*, v. 25, 2001.
- DASTIDAR, K. G. On the existence of pure strategy Bertrand equilibrium. *Economic Theory*, v. 5, n. 1, p. 19–32, feb 1995. ISSN 0938-2259.
- FENABRAVE. Anuário do setor de distribuição de veículos automotores no brasil/2015. Ed. Milxto Arte, São Paulo, 2015.
- FENABRAVE. Anuário do setor de distribuição de veículos automotores no brasil/2017. Ed. Milxto Arte, São Paulo, 2017.
- FENABRAVE. Anuário do setor de distribuição de veículos automotores no brasil/2018. Ed. Milxto Arte, São Paulo, 2018.
- FIPE - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. *Tabela Fipe*. 2019. Disponível em: <<https://veiculos.fipe.org.br/>>. Acesso em: 21 de fevereiro 2019.
- GOLDBERG, P. K. Product differentiation and oligopoly in international markets: The case of the us automobile industry. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, JSTOR, p. 891–951, 1995.
- HIJJAR, M. F.; LOBO, A. Cenário da infraestrutura rodoviária no brasil. *Instituto ILOS, Rio de Janeiro*, v. 4, 2011.
- MAZZA, R. A. *Proposta de modelagem para análises das estratégias de custo-benefício praticadas pelas empresas da indústria brasileira de caminhões, via teoria dos jogos*. 17–38 p. — Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2017.
- NASH, J. Non-cooperative games. *Annals of mathematics*, JSTOR, p. 286–295, 1951.
- NETO, R. M.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*, v. 2, p. 169–198, 2012.

- NOCKE, V.; SCHUTZ, N. Multiproduct-firm oligopoly: An aggregative games approach. *Econometrica*, Wiley Online Library, v. 86, n. 2, p. 523–557, 2018.
- PORTER, M. Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors. 1980.
- PORTER, M. E. O que é estratégia. *Harvard Business Review*, v. 74, n. 6, p. 61–78, 1996.
- PORTER, M. E. The five competitive forces that shape strategy. *Harvard business review*, v. 86, n. 1, p. 25–40, 2008.
- PORTER, R.; NUDELMAN, E.; SHOHAM, Y. Simple search methods for finding a nash equilibrium. *Games and Economic Behavior*, Elsevier, v. 63, n. 2, p. 642–662, 2008.
- SHAKED, A.; SUTTON, J. Multiproduct firms and market structure. *The RAND Journal of Economics*, JSTOR, p. 45–62, 1990.
- SILVA, B. F. d.; SILVA, T. A. d. O.; SILVA, S. E. Análise de estratégias das montadoras atuantes na indústria brasileira de caminhões a partir da teoria dos jogos. *XXV Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)*, Bauru, 2018.
- SILVA, B. F. d. et al. Apresentação de um modelo de jogos para seleção do portfólio de produtos na indústria brasileira caminhões. *XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha (SPOLM)*, Rio de Janeiro - RJ, 2019.
- SILVA, S. E.; FILHO, W. R. C.; SILVA, T. A. O. Product value dimensions and strategic decisions. *INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)*, v. 6, n. 1, p. 2–19, 2018.



### TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA SELEÇÃO DO PORTFÓLIO DE PRODUTOS DE MONTADORAS ATUANTES NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CAMINHÕES ATRAVÉS DA TEORIA DOS JOGOS” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 17 de dezembro de 2019.

*Bianca Fialho da Silva*

Bianca Fialho da Silva