

## APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO NA AVALIAÇÃO DE EMPRESAS EM CONDIÇÕES DE RISCOS: ESTUDO DE CASO DA TESLA INC.

### MONTE CARLO SIMULATION IN THE ASSESSMENT OF COMPANIES IN RISK CONDITIONS: CASE STUDY OF TESLA INC.

#### FINANÇAS: INVESTIMENTO E APREÇAMENTO DE ATIVOS

Fernanda Valle de Salles Coelho Nunes, Ibmecc-MG, Brasil, fernandanunes98@gmail.com

Prof. Alexandre Vasconcelos Aronne, Ibmecc-MG, Brasil, alexandre.aronne@gmail.com

Prof. Frank Magalhães de Pinho, Ibmecc-MG, Brasil, frank.magalhaes33@gmail.com

**Resumo:** *Este trabalho apresenta uma aplicação do método de fluxo de caixa descontado para a determinação do valor da empresa via simulação de Monte Carlo, o que permite a simulação de premissas associadas aos principais drivers de valor da empresa. O estudo tem como objetivo demonstrar que a simulação de Monte Carlo, quando utilizada em conjunto com o método do fluxo de caixa descontado, oferece uma visão mais robusta sobre o valor da empresa e os riscos associados à sua geração de caixa. Para tal, será apresentado um estudo de caso da Tesla Inc., empresa fabricante de carros elétricos listada na bolsa americana NASDAQ, escolhida por estar inserida em um ambiente de riscos. Os resultados encontrados indicam que i) o preço da ação da empresa na data de avaliação estava abaixo de seu valor intrínseco; ii) em somente 27,8% dos cenários simulados a ação apresentaria retorno negativo a um investidor que a adquirisse na data de avaliação e iii) em apenas 0,4% dos cenários a empresa entraria em default.*

**Palavras-chave:** *Simulação de Monte Carlo; Fluxo de Caixa Descontado; Risco.*

**Abstract:** *This work presents an application of the discounted cash flow method to determine the company's value via Monte Carlo simulation, which allows the simulation of assumptions associated with the company's main value drivers. The study aims to demonstrate that the Monte Carlo simulation, when used in conjunction with the discounted cash flow method, offers a more robust view of the company's value and the risks associated with its cash generation. To this end, a case study of Tesla Inc., a company that produces electric cars listed on the American stock exchange NASDAQ, will be presented, chosen because it is inserted in a risky environment. The results found indicate that i) the company's share price on the valuation date was below its intrinsic value; ii) in only 27.8% of the simulated scenarios, the stock would present a negative return to an investor who acquired it on the valuation date and iii) in only 0.4% of the scenarios the company would default.*

**Keywords:** *Monte Carlo simulation; Discounted Cash Flow; Risk.*

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como foco o tema de avaliação de empresas (*valuation*), ou seja, o processo de estimativa do valor de um ativo ou de um negócio, o qual destina-se, entre outros propósitos, a subsidiar tomadas de decisão de compra e venda de participações acionárias, comparação da performance de uma empresa com as suas concorrentes e/ou identificar seus principais *drivers* de geração de valor. A avaliação de empresas tem especial importância, pois

podem ser utilizados para diversos escopos. De acordo com Martelanc (2005), as principais finalidades de avaliação de empresas no Brasil são: a reestruturação de empresas, os investimentos e financiamentos, a gestão das empresas e o mercado secundário.

O método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), de acordo com Damodaran (2018), é uma das metodologias determinísticas tradicionais mais sofisticadas de *valuation* e a que melhor reflete o verdadeiro valor (intrínseco) de uma empresa, a partir da projeção do seu potencial de geração de caixa no futuro. Entretanto, esta metodologia possui limitações em capturar o impacto que desvios em relação a premissas (*inputs*) determinísticas utilizadas causam sobre o valor da empresa.

Estas limitações podem ser superadas através da utilização da Simulação de Monte Carlo (SMC), método baseado na geração de milhares de cenários alternativos ao caso base utilizado na avaliação determinística e que permite a construção de distribuições de probabilidades do valor da empresa e de outros resultados (*outputs*) desejados, a partir de distribuições de probabilidade especificados para os *drivers* de valor da empresa (MEDEIROS NETO, 2009).

Este trabalho tem como objetivo, através da aplicação conjunta dos métodos de FCD e de SMC, analisar e apresentar os benefícios obtidos nas análises de risco e de valor da empresa. Para tal, será apresentado um estudo de caso da Tesla Inc., empresa fabricante de carros elétricos listada na bolsa americana NASDAQ, escolhida por estar inserida em um ambiente de riscos, no qual busca desenvolver e aplicar novas tecnologias que estão sujeitas a riscos técnicos e mercadológicos. O crescimento da empresa tem despertado a atenção de investidores e de acadêmicos de finanças (Damodaran, 2020b), que vêm se debruçando sobre a análise da empresa.

Esta pesquisa se justifica pelas suas contribuições à literatura acadêmica nas áreas de *valuation* e avaliação de riscos, bem como pelos resultados obtidos, os quais podem auxiliar no processo de tomada de decisão de compra ou venda de ações da Tesla Inc. por potenciais investidores.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção será apresentada uma discussão sobre a literatura teórica de avaliação de empresas e de simulação de Monte Carlo, complementada pela revisão de trabalhos empíricos recentes e pela apresentação da empresa Tesla Inc., objeto do estudo de caso.

### **2.1. Avaliação de Empresas**

Por avaliação de empresas entende-se a determinação do valor de mercado ou do valor intrínseco de uma empresa. De forma geral, o *valuation* é aplicável para diferentes propósitos, como em processos de compra e venda de uma empresa, em negociações, planejamentos e decisões estratégicas (FERNANDEZ, 2002). Além disso, de acordo com Falcini (1995), o valor da empresa serve como um importante instrumento para direcionar a negociação entre compradores e vendedores e como um balizador significativo para decisões estratégicas. Essa precificação, segundo Copeland, Koller e Murrin (2002), é uma informação indispensável para acionistas e investidores que tenham interesse no desempenho de uma organização. Ainda, segundo Damodaran (1994), encontrar o valor justo de uma empresa tem a finalidade de avaliar a existência de alguma distorção no valor precificado pelo mercado.

A escolha do modelo adequado para a avaliação da empresa depende do contexto em que ela se encontra e é essencial para a análise. Fernandez (2002) defende a avaliação por FCD como o melhor dentre os métodos, por incorporar a capacidade de geração de caixa para os acionistas. No mesmo sentido, Póvoa (2007) alega que dentre as ferramentas utilizadas para precificação de ativos, o FDC é considerado o mais completo. O método é considerado um

modelo absoluto de avaliação, ao encontrar o valor intrínseco da empresa (JOHNSON et al., 2014). Sendo o Fluxo de Caixa Descontado o método mais indicado pela literatura consultada, o presente estudo se concentrará em conceituar e explicar apenas este modelo.

## **2.2. Fluxo de Caixa Descontado**

A metodologia de FCD relaciona o valor de um ativo ao valor presente dos fluxos de caixa futuros esperados (DAMODARAN 2018). Para a utilização desta metodologia existem duas abordagens principais: o Fluxo de Caixa Descontado para a Firma ou o Fluxo de Caixa para o Acionista (STEIGER, 2010). O método de fluxo de caixa para a firma, segundo Damodaran (2018), é utilizado quando a empresa não tem um nível estável de alavancagem ou espera-se que ela tenha uma alteração no tempo, ou mesmo, quando o objetivo principal é a precificação da empresa. Já o método do fluxo de caixa para o acionista é preferencialmente aplicado em empresas com um nível estável de alavancagem ou em avaliações de patrimônio líquido (BRIGHAM; HOUSTON, 2013).

O fluxo de caixa é um indicador do potencial econômico dos itens patrimoniais da empresa (MARTINS, 2001) e as abordagens relativas ao valor presente são tidas como as mais importantes dentre os modelos absolutos de avaliação (STOWE et al., 2007). Conforme assinalado por Costa, Costa e Alvim (2010), o modelo de fluxo de caixa se sobressai aos outros por levar em conta os fluxos de caixa futuros da empresa, porém, os mesmos autores concluem que, apesar de haver diversas técnicas existentes de avaliação, nenhuma representa o valor exato da organização. Isso acontece, pois cada metodologia tem sua própria característica e a seus resultados são incorporados as premissas e percepções do analista (DAMODARAN, 1994).

O modelo de fluxo de caixa, apesar de ser o mais utilizado, apresenta uma certa fragilidade, pois considera cenários determinísticos e previsíveis, além de utilizarem taxas que, na maior parte das vezes, não permitem um entendimento claro dos riscos inerentes a um investimento (MASSARI; GIANFRATE; ZANETTI, 2016). E, como o fluxo de caixa futuro de uma empresa é um valor desconhecido, sua estimativa envolve, também, fatores de risco (KOLLER; GOEDHART; WESSELS, 2010).

No mesmo sentido, Ugwuegbu (2013) considera falho o método de FCD, por não conseguir capturar as incertezas dos dados de entrada, gerando dúvida também para o resultado da avaliação. Em casos de empresas jovens e sem dados financeiros históricos confiáveis para a análise de dados, o fator de risco se mostra ainda mais importante (DAMODARAN, 2018).

Como uma alternativa para a mensuração de riscos associados ao FCD, existem modelos estocásticos que envolvem distribuições de probabilidade dos fatores que impactam o valor de uma empresa. É o caso da SMC, apresentada a seguir.

## **2.3. Simulação de Monte Carlo**

A Simulação de Monte Carlo, segundo Cardoso e Amaral (2000, p.5), é uma "tradicional técnica que usa números aleatórios e pseudo-aleatórios para retirar amostras de uma distribuição de probabilidades". Originariamente, foi categorizada como uma parte da matemática que se dedica a experiências envolvendo números aleatórios (HAMMERSLEY; HANDSCOMB, 1964). Em 1949, a SMC foi formalizada através de um artigo publicado por John Von Neumann e Stanislaw Ulam (NASSER; BREITMAN; 2012). Segundo os mesmos autores, é o método de simulação estatística que resolve problemas através de amostragens aleatórias, podendo ser utilizado em diversas áreas de ciência e tecnologia.

O método foi utilizado em finanças pela primeira vez (OLIVEIRA E NETO, 2012) após a publicação de um artigo escrito por David Hertz (1964), sugerindo a sua utilização na análise de projetos como forma de mensurar riscos inerentes a cada variável. Atualmente, conforme elucida Pedersen (2014), a SMC é definida como uma simulação computacional, com diversas repetições randômicas e que estima a distribuição de probabilidade de um dado de um modelo estocástico. Atualmente, conforme elucida Mun (2006), a SMC pode ser aplicada em diversos

campos diferentes, incluindo engenharia, física, pesquisa e desenvolvimento, negócios e finanças.

De acordo com Bressan (2020), os processos estocásticos em finanças têm ampla notoriedade, além de grande aceitação de que o comportamento de preços de ativos pode ser modelado como um processo estocástico em tempo contínuo.

Zio e Cadini (2010) consideram a SMC uma ferramenta poderosa para a modelagem e avaliação de falhas estocásticas, sendo sua eficácia, combinada com métodos de avaliação de empresas, comprovada em diversos estudos.

Correia Neto, Moura e Forte (2002) destacam a importância da SMC no *valuation*, pois a geração de cenários aleatórios e suas probabilidades de ocorrência garantem que os resultados não sejam viesados pelo avaliador. Além disso, os autores defendem o método como o mais completo de mensuração de riscos de fluxo de caixa da empresa, requintando o modelo de análise determinístico.

## 2.4. Estudos Empíricos

O uso da SMC em finanças pode ser visto em alguns estudos anteriores, como o de Amsler e Schmidt (1985) que, ao utilizar a Simulação de Monte Carlo, chegou à conclusão de que alguns dos testes utilizados para o cálculo do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) não eram confiáveis, mesmo com uma base de dados extensa. Da mesma forma, Corrar (1993) entendia que, para modelos econômicos de empresas em condições de incerteza, era necessário o uso do método Monte Carlo para variáveis com comportamento aleatório.

Reka, Veronika e Tibor (2010), utilizaram a SMC combinada com as três metodologias de avaliação de empresas, FCD, múltiplos e opções reais, e encontraram uma estimativa de valor mais robusta e com incertezas amenizadas. French e Gabrielli (2005) também estudaram formas de acrescentar as incertezas e riscos na avaliação ao método de FCD ao aplicar a SMC.

Outro estudo que evidenciou a aplicabilidade do método de Monte Carlo foi o estudo de Hoesli, Jani e Bender (2006), que o utilizou na avaliação de propriedades imobiliárias, permitindo a incorporação de incertezas nos parâmetros de *valuation*, principalmente, em relação a fluxos de caixa futuros, taxas de desconto e valores terminais. Rodrigues (2003), por sua vez, descreve a utilidade do uso da SMC nas avaliações de empresas baseadas no FCD, ao incluir os riscos correspondentes às projeções esperadas.

Exemplos mais recentes são os trabalhos de Flor e Almeida Filho (2012) e Santos, Souza e Ribeiro (2014), que utilizaram a SMC atrelada ao FCD para obtenção de um resultado mais acurado que envolvesse os riscos em um *valuation*. A Simulação de Monte Carlo foi considerada como o método absoluto para o cálculo do Valor em Risco (VaR), ao conseguir capturar grandes quantidades de riscos, incorporando volatilidade, caudas gordas e cenários extremos (JORION, 2007). Portanto, o método estocástico foi, ao longo do tempo, se mostrando bastante adequado na avaliação de uma empresa, ao criar diversos cenários randômicos futuros, além da quantificação do risco da empresa (CORREIA NETO; MOURA; FORTE, 2002).

Assim, os autores pesquisados entendem que dentre os métodos de avaliação de empresas, o FCD é o mais preciso dentre os métodos, mas não está imune a falhas. Os autores pesquisados ainda apresentam a SMC como um método capaz de mitigar tais falhas, ao ser capaz de avaliar riscos e incertezas de forma satisfatória.

## 2.5. Empresa Objeto do Estudo de Caso: Tesla Inc.

Fundada em 2003, a Tesla Inc. tem sua sede em Palo Alto, Califórnia. A empresa projeta, desenvolve, fabrica, aluga e vende veículos elétricos e sistemas de geração e armazenamento de energia nos Estados Unidos, China, Holanda, Noruega e internacionalmente. Atualmente atua em dois segmentos, no automotivo e na geração e armazenamento de energia.

Escolheu-se a Tesla Inc. como objeto de estudo, pois é uma empresa que está inserida num contexto de incertezas e riscos. Explica-se, a Tesla é uma empresa relativamente jovem, com dados históricos inconstantes e inconfiáveis para determinar suas projeções, e situada em um mercado recente (energias renováveis e veículos *verdes*). Além disso, os lucros históricos da empresa têm sido negativos, impactando ainda mais na complexidade da avaliação, pois o padrão de comportamento da receita de uma empresa ao longo do tempo é essencial para explicar o crescimento do negócio e seu comportamento cíclico.

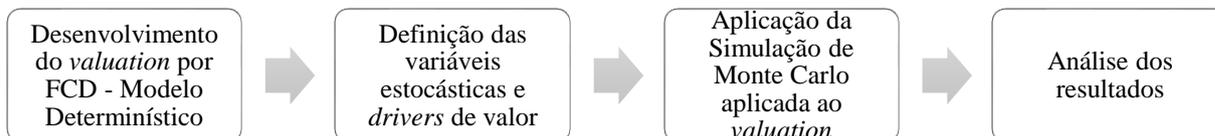
Assim, entendeu-se a Tesla Inc. como um estudo de caso importante, visto que o FCD fica mais exposto a falhas e maior influência de viés do avaliador quando a empresa não possui dados determinísticos e previsíveis (MASSARI; GIANFRATE; ZANETTI, 2016), ou está envolvida com fatores de risco (KOLLER; GOEDHART; WESSELS, 2010). Assim, a avaliação da empresa por FCD, será complementada pela SMC, a fim de demonstrar como trazer maior acurácia aos resultados.

## 3. METODOLOGIA

Nesta seção, os dados utilizados serão apresentados e a aplicação das metodologias FCD e SMC serão detalhadas.

Para se atingir os objetivos deste estudo, estruturou-se uma sistemática que apresenta as principais etapas adotadas no trabalho.

Figura 1. Sistemática do Método de Trabalho



Fonte: Elaboração própria com base em Oliveira e Neto (2012) e Damodaran (2018).

A metodologia utilizada para desenvolvimento desta sequência pode ser dividida em duas grandes etapas. A primeira é a construção do modelo determinístico de avaliação de empresas através do método de Fluxo de Caixa Descontado, enquanto a segunda dedica-se à análise estocástica de cenários através da Simulação de Monte Carlo, com o auxílio de planilha eletrônica, após a identificação das incertezas do modelo determinístico exposto.

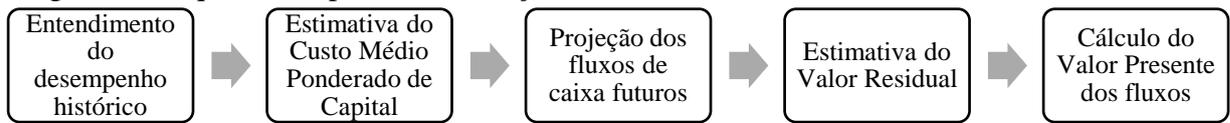
### 3.1. Dados

Para o estudo realizado foram coletados dados históricos contábeis, econômicos e financeiros da Empresa Tesla Inc. e de suas empresas comparáveis, de dezembro de 2016 a dezembro de 2019. A coleta foi realizada através do Economática ® e do site da própria empresa. Os dados econômicos ou de mercado utilizados no modelo foram recolhidos do Tesouro Americano, *Oxford Economics* e do site do Damodaran (2020a).

### 3.2. Modelo de Fluxo de Caixa Descontado

Para a construção do modelo determinístico foram seguidas algumas etapas principais:

Figura 2 - Esquemática para a Construção do Modelo Determinístico



Fonte: Elaboração própria com base em Damodaran (2018) e Oliveira e Neto (2012).

Para avaliações baseadas no fluxo de caixa livre da firma, é primordial conhecer o ativo avaliado. Desta forma, o primeiro passo para a realização do modelo determinístico se trata da análise dos dados financeiros históricos da empresa, uma vez que servem de base para o cálculo do valor justo, segundo a metodologia empregada. O recorte temporal proposto pelo estudo da análise das demonstrações é do período de 2016 a 2019.

Uma vez finalizada a análise do desempenho histórico, procedeu-se à projeção do desempenho futuro da empresa através da metodologia do Fluxo de Caixa Livre para a Firma, exposta por Damodaran (2018).

O modelo de Fluxo de Caixa Livre para a Firma ou *free cash flow to firm (FCFF)*, foco deste trabalho, abrange todo o fluxo de caixa disponível da empresa após os tributos, líquidos de investimentos em capital e de capital de giro líquido, a ser distribuído sob forma de juros e dividendos para os obrigacionistas e acionistas. As premissas e resultados utilizados para o desenvolvimento do modelo determinístico, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Premissas adotadas para o modelo FCD

<b>Data-base da avaliação</b>	31 de dezembro de 2019
<b>Projeções</b>	USD (Dólar americano) em termos nominais
<b>Período de projeção</b>	10 anos, de 1º janeiro de 2020 a 31 de dezembro de 2029, mais perpetuidade;
<b>Taxa de desconto</b>	7,33% em termos nominais, conforme cálculo do WACC
<b>Beta</b>	1,22 a partir da média dos betas de 23 empresas comparáveis selecionadas
<b>Taxa livre de risco</b>	2,25% ao ano de acordo com os <i>Treasury Bonds</i> de 20 anos (Tesouro Americano)
<b>Taxa de imposto de renda</b>	25% de acordo com Damodaran (2020b)
<b>Prêmio de risco do mercado</b>	5,5% segundo Damodaran (2020b)
<b>Custo do capital próprio</b>	8,98% conforme cálculo do CAPM
<b>Custo do capital de terceiros antes dos impostos</b>	6,9% de acordo com o spread definido por Damodaran (2020b) para o <i>Rating</i> da Tesla de B-, mais a taxa de juros de longo prazo de 1,7% definida pelo <i>FED</i> na data-base
<b>Estrutura de capital</b>	43% de capital de terceiros e 57% de capital próprio, de acordo com estimativa das empresas comparáveis
<b>Taxa de crescimento adotada para a perpetuidade</b>	3,8% ao ano, de acordo com as expectativas da <i>Oxford Economics</i> de longo prazo do crescimento real e inflação americana.

Fonte: Elaboração própria.

### 3.3. Modelo de Fluxo de Caixa Estocástico

De forma simplista, Mun (2006) descreve a SMC como uma ferramenta capaz de criar futuros artificiais ao gerar centenas de milhares de cenários possíveis, analisando suas características predominantes. Uma simulação calcula vários cenários de um modelo, escolhendo repetidamente valores de uma distribuição de probabilidade predefinida pelo usuário para as variáveis incertas e usando esses valores para o modelo. Como todos esses cenários produzem resultados associados em um modelo, cada cenário pode ter uma previsão. Previsões são eventos (geralmente com fórmulas ou funções) que você define como saídas importantes do modelo. A primeira fase da construção do modelo estocástico considera a escolha das variáveis de entrada para a simulação. Com base nas premissas do modelo determinístico, foram adotadas as mesmas fontes e dados para o desenvolvimento da SMC e como parâmetros das variáveis de entrada, seguiu-se os mesmos *drivers* de valor simulados por Damodaran (2020b) em seu *valuation* para a Tesla.

Tabela 2 - Variáveis de entrada e premissas adotadas

Variável de entrada	Distribuição de probabilidade	Parâmetros
<b>Taxa de Crescimento da Receita Líquida</b>	Distribuição triangular	Mínimo: 8,2% Média: 17,9% Máximo: 27,7%
<b>Percentual de Reinvestimento da Receita</b>	Distribuição uniforme	Mínimo: 4,8% Média: 5,8% Máximo: 6,8%
<b>Custo Médio Ponderado de Capital (WACC)</b>	Distribuição normal	Média: 7,3% Desvio padrão: 0,5%
<b>Margem EBIT (%)</b>	Distribuição log-normal	Média: 12,0% Desvio Padrão: 2,5%

Fonte: Elaboração própria.

As distribuições das variáveis de entrada foram escolhidas seguindo as mesmas distribuições de probabilidades assumidas por Damodaran (2020b), na sua avaliação da Tesla, e os parâmetros foram dimensionados para coincidir com as premissas adotadas no modelo não probabilístico. Para os demais componentes do fluxo de caixa livre da firma, as premissas

adotadas no modelo determinístico foram replicadas no modelo estocástico. Para as variáveis de saída adotou-se o preço por ação da empresa, para efeitos de comparação estatística com o preço por ação no mercado financeiro, visando o entendimento das vantagens na utilização da SMC no *valuation*.

A Simulação de Monte Carlo foi realizada utilizando-se o *software @Risk*® em conjunto com a planilha eletrônica *Microsoft Excel*®, para o cálculo das probabilidades de cenários do *valuation*. Foram realizadas 100 mil estimativas, número considerado aceitável para a obtenção de representatividade estatística (SOUZA, 2011).

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos com os modelos desenvolvidos.

##### 4.1. Avaliação Determinística

Com base nos dados históricos da empresa e premissas adotadas explicitadas na seção 3.3, foram realizadas as projeções de fluxo de caixa da empresa, anualmente, de 2020 a 2029.

Tabela 3 - Projeção dos fluxos de caixa

Em bilhões de USD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Receita Líquida	30,0	35,8	43,2	51,6	64,5	81,3	98,0	112,3	122,0	125,4
(-) Custos operacionais	(24,0)	(28,0)	(32,9)	(38,7)	(47,6)	(59,3)	(71,3)	(82,2)	(90,5)	(94,7)
<b>(=) Lucro Bruto</b>	<b>5,9</b>	<b>7,9</b>	<b>10,3</b>	<b>12,9</b>	<b>16,9</b>	<b>22,1</b>	<b>26,7</b>	<b>30,0</b>	<b>31,5</b>	<b>30,8</b>
(-) Despesas Operacionais	(2,4)	(2,8)	(3,4)	(4,0)	(5,0)	(6,2)	(7,5)	(8,7)	(9,6)	(10,1)
<b>(=) EBITDA</b>	<b>3,5</b>	<b>5,1</b>	<b>6,9</b>	<b>8,9</b>	<b>12,0</b>	<b>15,8</b>	<b>19,1</b>	<b>21,3</b>	<b>21,9</b>	<b>20,7</b>
(-) Depreciação	(2,0)	(2,2)	(2,4)	(2,6)	(2,9)	(3,3)	(3,8)	(4,4)	(5,1)	(6,0)
<b>(=) EBIT</b>	<b>1,5</b>	<b>2,9</b>	<b>4,5</b>	<b>6,3</b>	<b>9,1</b>	<b>12,6</b>	<b>15,4</b>	<b>17,0</b>	<b>16,8</b>	<b>14,7</b>
(-) Imposto de Renda	(0,4)	(0,7)	(1,1)	(1,6)	(2,3)	(3,1)	(3,8)	(4,2)	(4,2)	(3,7)
<b>(=) NOPAT</b>	<b>1,1</b>	<b>2,2</b>	<b>3,4</b>	<b>4,7</b>	<b>6,8</b>	<b>9,4</b>	<b>11,5</b>	<b>12,7</b>	<b>12,6</b>	<b>11,0</b>
(+) Depreciação	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	5,1	6,0
(-) Capex	(1,6)	(2,1)	(2,7)	(3,4)	(4,3)	(5,5)	(7,1)	(8,8)	(10,5)	(12,3)
(+) Variação do capital de giro	0,8	0,6	0,8	1,0	1,4	1,9	2,0	1,8	1,4	0,8
<b>(=) Fluxo de caixa livre</b>	<b>2,4</b>	<b>2,9</b>	<b>3,9</b>	<b>4,8</b>	<b>6,8</b>	<b>9,1</b>	<b>10,2</b>	<b>10,2</b>	<b>8,6</b>	<b>5,5</b>
(*) Fator de desconto	0,93	0,90	0,84	0,78	0,73	0,68	0,63	0,59	0,55	0,51
<b>(=) Fluxo de caixa descontado</b>	<b>2,2</b>	<b>2,6</b>	<b>3,2</b>	<b>3,8</b>	<b>5,0</b>	<b>6,2</b>	<b>6,5</b>	<b>6,0</b>	<b>4,7</b>	<b>2,8</b>

Fonte: Elaboração própria.

O cálculo do valor presente da perpetuidade é obtido conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Perpetuidade a valor presente

Fluxo de Caixa Livre no Ano Terminal (USD bilhões)	5,5
Taxa de Desconto (WACC)	7,3%
Taxa de Crescimento da perpetuidade (g)	3,8%
<b>Valor presente da perpetuidade (USD bilhões)</b>	<b>80,4</b>

Fonte: Elaboração própria.

Para a composição do valor da Tesla Inc, somou-se os fluxos de caixa descontados do período projetado com o valor presente da perpetuidade encontrado para obtenção do *Enterprise Value* da empresa. Para encontrar o *Equity Value* da companhia, realizou-se ajustes não operacionais e de dívida líquida que não foram projetados nos fluxos de caixa para se obter o valor da empresa. Por fim, dividiu-se o valor patrimonial encontrado pelas ações existentes no mercado na data-base, encontrando seu preço estimado por ação, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Composição do valor da Tesla

$\Sigma$	Fluxo de caixa descontado do período explícito (USD bilhões)	42,9
+	Valor presente da perpetuidade (USD bilhões)	80,4
=	<b>Valor da empresa (<i>Enterprise Value</i>) (USD bilhões)</b>	<b>123,4</b>
+	Ajustes diversos (USD bilhões)	(10,7)
=	<b>Valor patrimonial (<i>Equity Value</i>) (USD bilhões)</b>	<b>112,6</b>
$\div$	Número de ações (em milhões)	180,2
=	<b>Preço por ação (USD)</b>	<b>624,7</b>

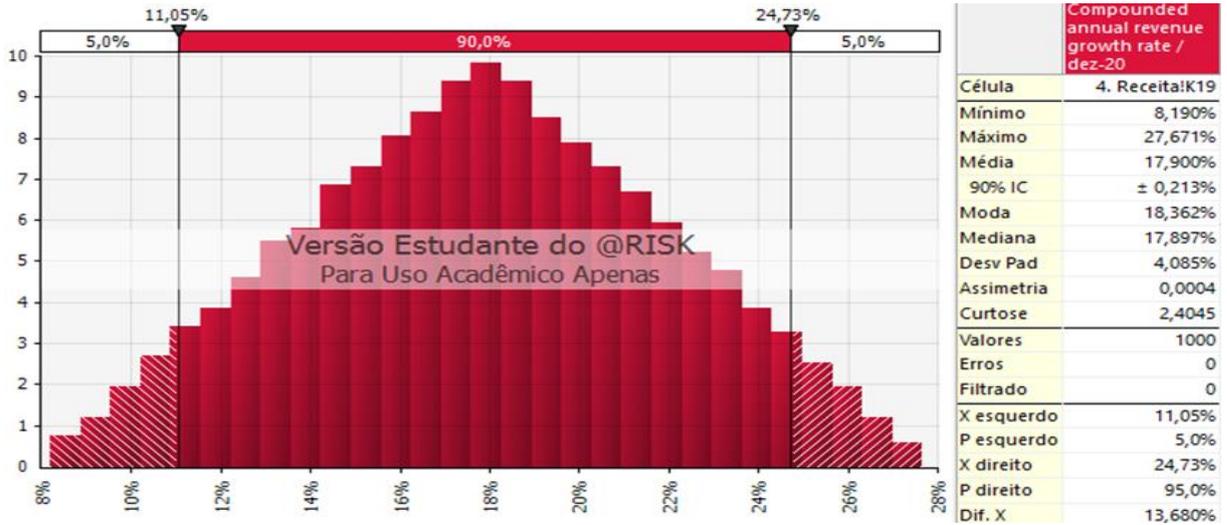
Fonte: Elaboração própria.

## 4.2. Avaliação Estocástica

Uma vez definidas e obtidas as distribuições de probabilidades relativas às variáveis de entrada em análise, foram realizadas 100.000 simulações, dentro de um intervalo de confiança de 90%, relacionando as distribuições às variáveis para todos os anos do fluxo de caixa, através do *software @Risk®*.

O primeiro *driver* de valor analisado foi a taxa de crescimento anual composta (CAGR) da receita durante os anos projetivos. Após as simulações foi encontrado um valor médio de 17,9%, sendo consistente com o CAGR encontrado no modelo determinístico de 17,7%.

Gráfico 1 – Taxa de Crescimento da Receita



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

Além disso, foi realizada a análise do comportamento da taxa de crescimento composta da receita ao longo do período projetivo de 2020 a 2029, conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Comportamento Taxa de Crescimento da Receita



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

A simulação seguinte foi realizada para a Margem EBIT da empresa e a média encontrada durante os períodos projetivos foi de 11,9%, também em linha com o modelo determinístico de 12,2% entre 2020 e 2029.

Gráfico 3 – Margem EBIT



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

Ao realizar a análise da Margem EBIT ao longo do período projetivo, pode-se perceber que o seu comportamento se mostra estável ao longo de 2020 e 2029 e reduz na Perpetuidade.

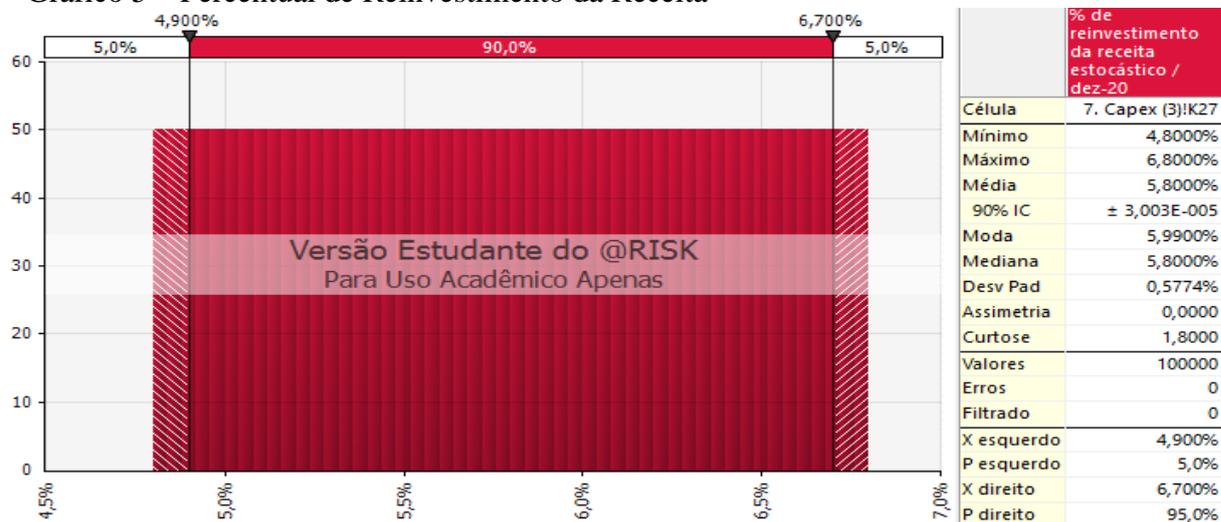
Gráfico 4 – Comportamento Margem EBIT



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

O outro *driver* de valor da Tesla simulado foi seu percentual de reinvestimento da receita em que sua média ficou em linha com o valor estimado no modelo determinístico de 5,8%.

Gráfico 5 – Percentual de Reinvestimento da Receita



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

O percentual de reinvestimento da receita segue o mesmo comportamento no período projetivo.

Gráfico 6 – Comportamento Percentual de Reinvestimento da Receita



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

A última simulação realizada foi da taxa de desconto da Tesla, um *driver* de valor importante para o cálculo da perpetuidade da empresa e consequentemente seu valor final. Após as simulações realizadas para o WACC a média apresentou o mesmo valor do modelo determinístico de 7,33%.

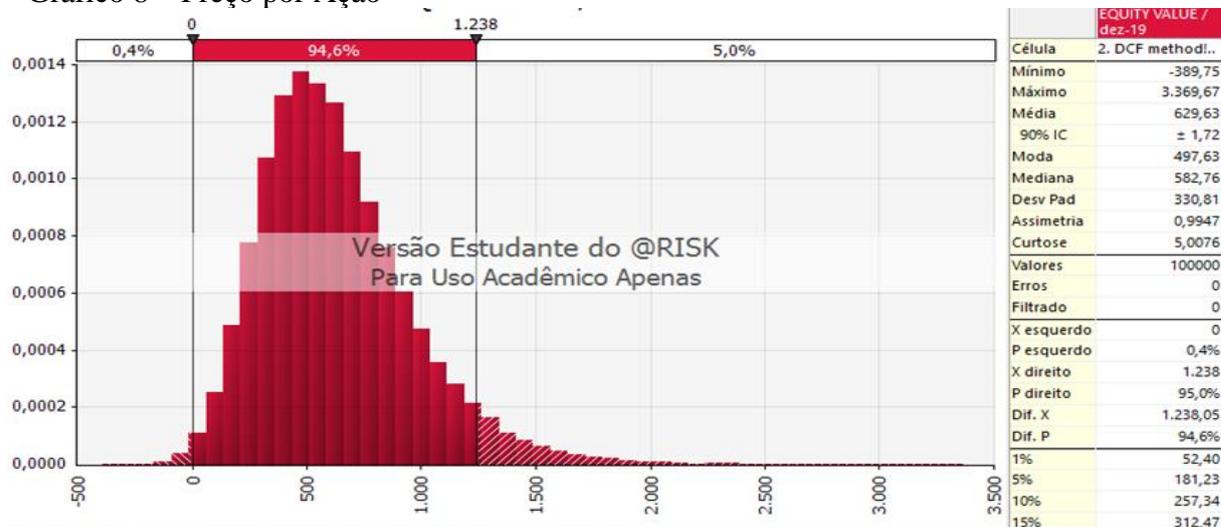
Gráfico 7 – Custo Médio Ponderado de Capital (WACC)



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

A partir das simulações realizadas para as variáveis escolhidas, na data-base, foi gerada uma distribuição do valor por ação, que é a variável de saída do modelo estocástico. Com 100.000 simulações, encontrou-se um preço por ação médio de USD 629,63, com uma mediana de USD 582,76, uma moda de USD 497,63, podendo assumir um valor máximo de USD 3.369,67 e teoricamente um valor mínimo negativo de USD 389,75.

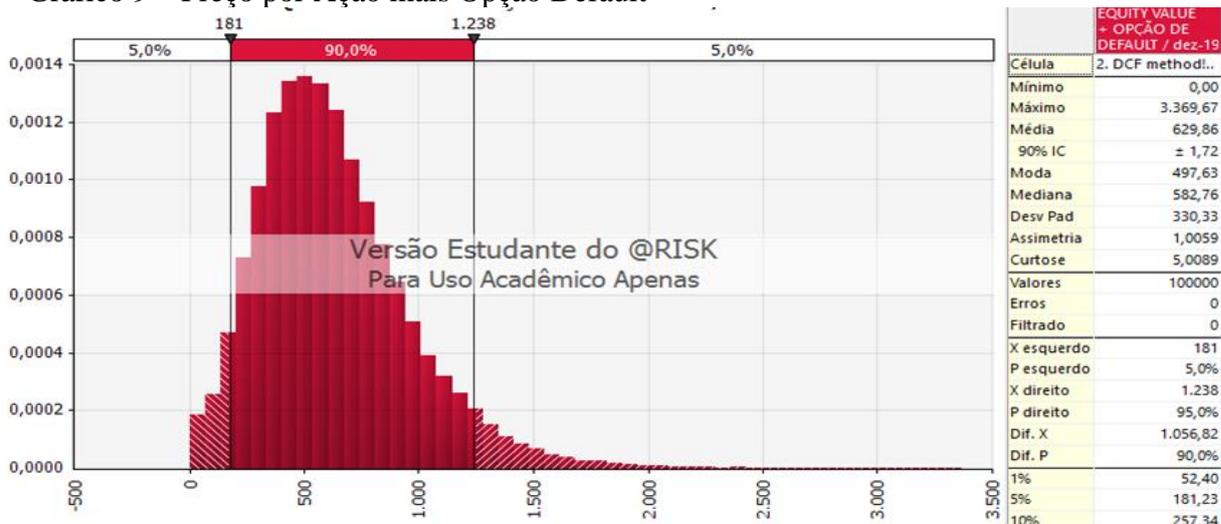
Gráfico 8 – Preço por Ação



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk ®.

Como o valor de uma ação não pode apresentar um valor negativo, foi realizada uma nova simulação considerando o preço da ação mais sua opção de *default*, para corrigir esse erro. O preço médio da ação encontrado desta vez, apresenta valor mínimo de USD 0,00 e máximo de USD 3.369,67. O preço médio da ação encontrado foi de USD 629,86, em que o valor da opção de *default* apresenta valores irrisórios, quando comparado à simulação do preço sem considerar a opção.

Gráfico 9 – Preço por Ação mais Opção Default

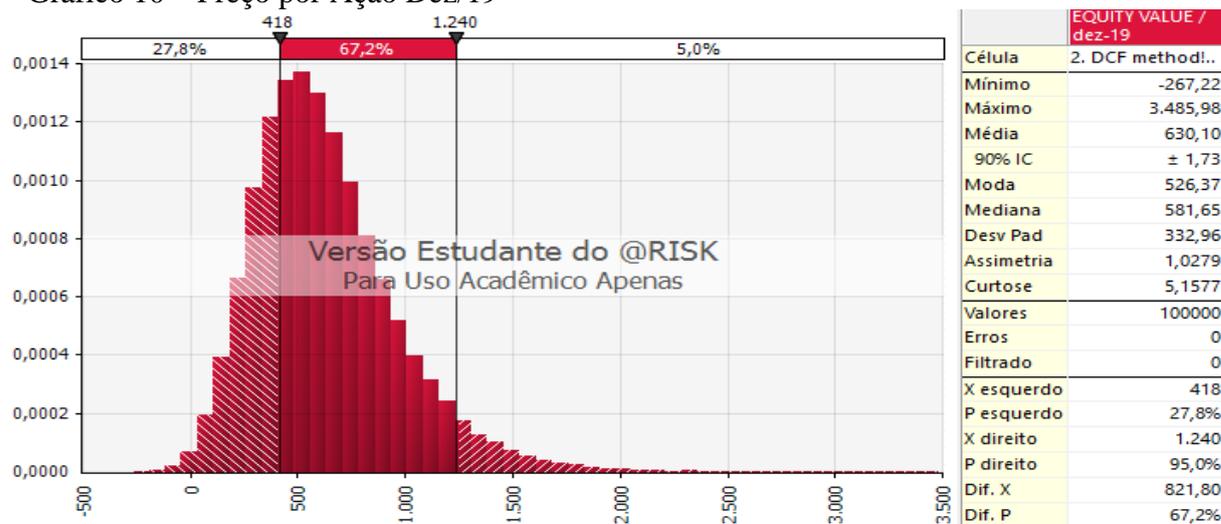


Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk®.

Ao comparar o valor encontrado da ação com o preço da ação encontrado no modelo determinístico, vê-se que o valor encontrado via modelo estocástico apresenta um valor maior de cerca 0,8% do que o valor encontrado via FCD, demonstrando maior acurácia na definição de um valor justo para a empresa.

Por fim, realizou-se uma análise via @Risk®, comparando-se o valor estocástico encontrado com a cotação de mercado da empresa na data base de USD 418,33. O Gráfico 10 ilustra a existência de 27,8% de chance do valor da empresa ser inferior a USD 418,33, preço da ação na data-base, ou seja, da ação estar acima do seu valor justo ou 72,8% de chance do preço da ação estar “barata”, podendo valorizar-se ainda com o tempo. Desta forma, um investidor ao adquirir a ação por esse valor de USD 418,33 no dia 31 de dezembro de 2019, teria uma chance de auferir alguma rentabilidade, por estar comprando as ações abaixo do seu valor justo.

Gráfico 10 – Preço por Ação Dez/19



Fonte: Elaboração própria, com o auxílio do @Risk®.

Em resumo, através da implementação do modelo estocástico de avaliação de empresas, realizou-se análises individuais para as variáveis de entrada e de saída e, por fim, comparou-se o valor da ação encontrado através do modelo estocástico com a sua cotação de mercado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se que a avaliação de empresas pelo Fluxo de Caixa Descontado é desenvolvida através de projeções de fluxos de caixa, é inevitável que haja riscos e incertezas dentro das estimativas dos valores. Desta forma, destaca-se a necessidade de obter resultados fidedignos através de análises mais detalhadas sobre os riscos inerentes à avaliação. A utilização da Simulação de Monte Carlo na avaliação de empresas ajudou a entender a distribuição do valor que a empresa Tesla pode ter, além de sua probabilidade de ocorrência, melhorando consideravelmente a qualidade dos resultados relacionados à variável de saída do modelo de avaliação. Com o desenvolvimento do modelo estocástico, o resultado se torna mais robusto e acurado do que um preço por ação único e determinístico obtido através da metodologia determinística de fluxo de caixa. Enquanto no modelo determinístico, o valor justo encontrado para a Tesla foi de USD 624,7, ao analisar o valor justo pela SMC, foi encontrado um valor de USD 629,63, comprovando-se a hipótese do estudo de que, ao utilizar o modelo probabilístico, o resultado se demonstra mais acurado, pois leva em consideração o comportamento das variáveis estocásticas que podem influenciar no valor da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRESSAN, R. F. Processos Estocásticos para Finanças: uma introdução. Disponível em: <<http://clubedefinancas.com.br/materias/processos-estocasticos-para-financas-uma-introducao/>>. Acesso em: 16 de junho de 2020.
- BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. Fundamentals of Financial Management. 13º ed. South-Western. 2013.
- BURATTO, M. V. Quantificação, Construção e Avaliação de um Modelo de Monte Carlo para Analisar a Capacidade de Pagamento das Empresas em Financiamentos de Longo Prazo. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Administração, Mestrado Acadêmico em Contabilidade e Finanças, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- CADINI, D., ZIO, E. A Monte Carlo-based technique for estimating the operation modes of hybrid dynamics systems. RT&A. v. 1, n. 2, p. 106-114, 2010.
- CARDOSO, D.; AMARAL, H. F. O uso da Simulação de Monte Carlo na elaboração do Fluxo de Caixa Empresarial: uma proposta para quantificação das incertezas ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., São Paulo: ABEPRO, 2000.
- COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. Avaliação de Empresas Valuation: Calculando e Gerenciando o Valor das Empresas. 3 ed. São Paulo, 2002.
- CORRAR, L. J. O modelo econômico da empresa em condições de incerteza: aplicação do método de simulação de Monte Carlo. Caderno de Estudos Fipecafi, São Paulo, n.8, p.1-11, 1993.
- CORREIA NETO, J, F; DE MOURA, H, J; FORTE, S, H, A, C. Modelo prático de previsão de fluxo de caixa operacional para empresas comerciais considerando os efeitos do risco, através do método de Monte Carlo. Revista Eletrônica de Administração, v. 8, n. 3, 2002.
- COSTA, L.G.T.A.; COSTA, L. R. T. A.; ALVIM, M. A. Valuation: Manual de Avaliação e Reestruturação Econômica de empresas. 1 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.
- DAMODARAN, A. Avaliação de Investimentos: Ferramentas e Técnicas para Determinação do Valor de Qualquer Ativo. 2 ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2018.
- DAMODARAN, A. Paper “Relative Valuation”, New York, 1994;
- DAMODARAN, A. Damodaran On-line, 2020a. Disponível em: <<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2020.

- DAMODARAN, A. A Do-it-yourself (DIY) Valuation of Tesla. On-line, 2020b. Disponível em: <<http://aswathdamodaran.blogspot.com/2020/02/a-do-it-yourself-diy-valuation-of-tesla.html>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2020.
- FALCINI, P. Avaliação econômica de empresas. São Paulo: Atlas, 1995.
- FERNANDEZ, P. Valuation Methods and Shareholder Value Creation. Academic Press, 1a ed., Orlando, 2002.
- FLOR, A., ALMEIDA FILHO, A. Análise Financeira de Risco em um Projeto Naval Através da Aplicação de Simulação de Monte Carlo e Avaliação do Valor em Risco (Value at Risk). XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012.
- FRENCH, N; GABRIELLI, L. Discounted cash flow: accounting for uncertainty. Journal of Property Investment & Finance, v. 23, n. 1, p. 75-89, 2005.
- HERTZ, D. B. Risk analysis in capital investment. Harvard Business Review, v. 57, n. 5, p. 169-181, 1964.
- HOESLI, M., JANI, E., BENDER, A. Monte Carlo simulations for real estate valuation. Journal of Property Investment & Finance v. 24, n. 2, p.102 – 122, 2006.
- JOHNSON, R.; ROBINSON, T.; HORAN, S. Selecting a Valuation Method to Determine a Stock's Worth. The American Association of Individual Investors Journal, n. 625, Chicago, 2014.
- JORION, P. Value at Risk: the new benchmark for controlling market risk. Irwin Professional Publishing, 3a ed., Nova York, 2007.
- KOLLER, T; GOEDHART, M; WESSELS, D. Valuation - Measuring and managing the value of companies. 5° ed., John Wiley & Sons, inc., 2010.
- MARTELANC, R. Utilização de Metodologias de Avaliação de Empresas: Resultado de uma Pesquisa no Brasil. VIII SEMEAD, FEA-USP, São Paulo, 2005.
- MARTINS, E. Avaliação de empresas: da mensuração contábil à econômica. São Paulo: Atlas, 2001.
- MASSARI, M; GIANFRATE, G; ZANETTI, L. Corporate valuation: Measuring the value of companies in turbulent times. John Wiley & Sons, 2016.
- MEDEIROS NETO, L. B. de. Análise de risco na avaliação econômico financeira de empresas: uma abordagem estocástica utilizando simulação de Monte Carlo. Recife, UFPE, 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- MUN, J. Modeling risk: applying Monte Carlo simulation, real options analysis, forecasting, and optimization techniques. Wiley finance series, 2006.
- NASSER, R. B.; BREITMAN, K. K. McCloud Service Framework: Arcabouço para desenvolvimento de serviços baseados na Simulação de Monte Carlo na Cloud. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012, p. 107.
- OLIVEIRA, M. R. G; NETO, L. B. M.. Simulação de Monte Carlo e valuation: uma abordagem estocástica. REGE, vol. 19, n. 3, p. 449-466. São Paulo, Brasil, 2012.
- PEDERSEN, M. Monte Carlo Simulation in Financial Valuation. Hvas Laboratories Report, 2014.
- PÓVOA, A. Valuation: como precificar ações. 2. ed. São Paulo: Globo, 2007.
- REKA, T; VERONIKA, F; TIBOR, T. Corporate valuation using two-dimensional monte carlo simulation. Annals of the University of Oradea: Economic Science, v. 1, n. 2, p. 788-794, 2010.
- RODRIGUES, R. N. Avaliação de empresas em condições de risco. Revista de Contabilidade, São Paulo, v.8, n.23, p.4-18, 2003.

- SANTOS, M., SOUZA, D., RIBEIRO, K. Sustentabilidade Econômica de uma Empresa Brasileira do Setor de Carnes: Valuation sob Condições de Risco da Marfig Alimentos S.A. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014.
- STEIGER, F. The Validity of Company Valuation Using Discounted Cash Flow Methods. Dissertação de MBA, Cornell University, 2010.
- STOWE, J., ROBINSON, T, PINTO, J., McLEAVEY, D. Equity Asset Valuation. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2007.
- SOUZA, J. S. Modelo para Identificação e Gerenciamento do Grau de Risco de Empresas – MIGGRI. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2011.
- UGWUEGBU, C. Segilola gold mine valuation using Monte Carlo simulation approach. Mineral Economics, v. 26, p 39-46, 2013.