



## SIMULAÇÃO DE MONTE CARLOS APLICADA AOS CUSTOS DE ESTOQUE

**Ernane Rosa Martins (IFG)-ernane01@gmail.com**

### **Resumo:**

Este artigo tem como objetivo, resolver um problema de estoque, através da aplicação da simulação de Monte Carlo, utilizando a ferramenta Excel. Para alcançar o objetivo, foi preparado um conjunto de variáveis, posteriormente foi desenvolvida uma planilha hipotética contendo diversos componentes aleatórios frequentemente encontrados para cálculo de estoque das empresas. Por fim serão realizadas as análises pertinentes e apresentados os resultados encontrados, podendo estes possibilitar uma melhor tomada de decisão.

### **Palavras Chave:**

Modelagem, Simulação.

### **1. Introdução**

De acordo com Andrade (2010) a simulação de Monte Carlo é um processo matemático que possibilita levar em conta o risco em análises quantitativas e tomadas de decisão.

Esse processo é utilizado por diversos profissionais em uma variedade enorme de campos, tais como finanças, gerenciamento de projetos, energia, indústrias, engenharia, pesquisa, desenvolvimento, seguros, transportes e meio ambiente.

Esta técnica aliada a sistemas informatizados possibilita repetir várias vezes um experimento e obter inúmeras combinações de resultados. Poderão ser realizadas várias replicações podendo ser alterados os parâmetros das variáveis envolvidas no experimento. A simulação computacional segue uma sequência linear de apresentação de números aleatórios e realiza uma correlação com a melhor análise estatística. Fornece ao responsável pela tomada de decisão uma gama de resultados possíveis e as





probabilidades de ocorrências desses resultados de acordo com a ação escolhida com a decisão.

Este artigo está estruturado nas seguintes seções. 2 – Revisão de literatura, com a formação de uma base conceitual e teórica, que fornece subsídios para a compreensão dos principais conceitos abordados. 3 – Metodologia, onde são apresentados os procedimentos de investigação, utilizados pelo pesquisador. 4 – Solução proposta, onde é apresentado o estudo de caso realizado. Por fim, estão as considerações finais e referências bibliográficas.

## **2. Revisão de literatura**

Nesta seção é apresentada a revisão bibliográfica dos principais temas utilizados no trabalho: 2.1. Tomada de decisão, 2.2. O processo de simulação, 2.3. O método de monte carlos.

### **2.1. Tomada de decisão**

Procurar o entendimento das principais características do processo e de suas dificuldades, de modo que seja possível compreender como a Pesquisa Operacional, vista como um conjunto de técnicas quantitativas, pode auxiliar a gerência na preparação e na tomada de decisão.

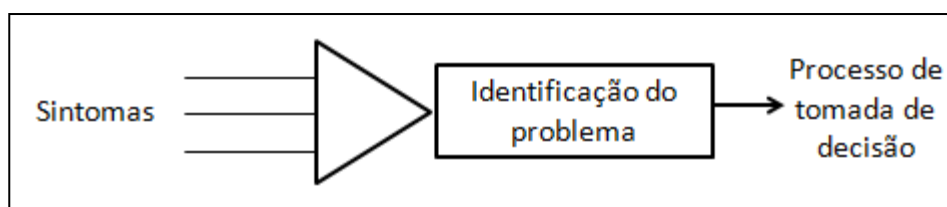
Apesar da evidência de que qualquer pessoa sabe o que é uma decisão, é importante comentar os diversos tipos possíveis, uma vez que a técnica de preparação de decisões variam segundo a natureza do problema e o tipo de decisão que deve ser tomada.

São várias as definições e conceitos de decisão. Uma definição que exprime bem a maneira como a decisão será tratada aqui diz que “uma decisão é um curso de ação escolhido pela pessoa, como o meio efetivo à sua disposição, para alcançar os objetivos pretendidos, ou seja, para resolver o problema que o incomoda”.



Em suma, uma decisão é o resultado de um processo que se desenvolve a partir do instante em que o problema foi detectado, o que geralmente ocorre através da percepção de sintomas. Assim, o processo de decisão se inicia quando uma pessoa, ou um grupo de pessoas, percebe sintomas de que alguma coisa está saindo do estado normal desejado ou planejado. A partir desse percepção, inicia-se a fase de identificação do problema, que é o verdadeiro começo do processo de tomada de decisão, como é ilustrado pela figura 1.

Figura 1 - O início do processo de tomada de decisão



Fonte: Fonte do autor

As organizações procuram desenvolver suas equipes de modo a criar capacitação e mecanismos para que esse processo transcorra com rapidez e naturalidade.

Este conceito de tomada de decisão como um processo gerencial explicita claramente a importância das atividades de preparação na tomada de decisão.

## 2.2. O processo de simulação

A simulação de um sistema é a operação de um modelo que representa esse sistema, geralmente em computadores, respeitando-se todas as regras e condições reais a que o sistema está submetido. O modelo permite manipulações que seriam inviáveis no sistema real que ele representa, por causa do custo ou da impossibilidade de realizá-las.

A simulação sempre foi usada pela humanidade como meio de representar processos relativos aos sistemas em que as pessoas viviam. Nesse caso, incluem-se a escultura, a pintura e todas as formas de representação de ideias. Em ciência, a utilização de modelos é uma atividade corriqueira, desde os modelos em escala reduzida (barragens,



topografia, edificações etc.) até modelos de aviões para estudo de aerodinâmica e modelos analíticos de processos físicos e mentais.

O uso moderno do termo “simulação”, no sentido em que é empregado em Pesquisa Operacional, tem origem em um trabalho de 1940 de Von Neumann e Ulam, que associaram a expressão “análise de Monte Carlo” a uma técnica matemática que utilizaram para resolver problemas de blindagem em reatores nucleares.

## 2.2.1. Razões para o uso da simulação

Podem-se enumerar muitas razões para justificar o uso da simulação. Entre elas destacam-se:

a) Por ser impossível ou muito oneroso observar diretamente certos processos no mundo real

Por exemplo, o estudo da sincronização de sinais de trânsito de certa via poderia ser realizado de maneira experimental, ajustando-se sucessivamente os semáforos e verificando-se as consequências em termos de congestionamento, acidentes etc. É evidente que esse processo não pode ser implementado na prática e a alternativa é criar modelos das situações reais (número e características das vias, intensidade e tipo de trânsito etc.) para testes em computadores

b) O sistema observado pode ser tão complexo que se torne impossível descrevê-lo em termos de um conjunto de equações matemáticas de solução analítica viável

Por exemplo, a representação global de uma grande empresa, envolvendo múltiplas atividades, como produção, vendas, marketing, planejamento e muitos órgãos, como departamentos e divisões. Outro exemplo são os sistemas de estoques em série e em paralelo que devem ser estudados para que se tenha uma política de operação a custo mínimo.

c) Mesmo sendo possível desenvolver um modelo matemático do sistema em foco, a sua solução pode ser muito trabalhosa e pouco flexível.







Um exemplo disso é um sistema de filas, com múltiplos canais e com as características de atendimento e de chegadas de clientes definidas por distribuições pouco conhecidas.

## 2.2.2. Vantagens do uso da simulação

Uma das vantagens claras na utilização da simulação é a conseguir alterar determinados parâmetros do sistema e observar o resultado, servindo, ao final, como auxílio na tomada de decisão sobre futuras alterações no sistema real.

Do ponto de vista de Law (2000), as vantagens da simulação são as seguintes:

- Sistemas complexos que contenham elementos estocásticos que não conseguem ser tratados adequadamente por técnicas analíticas podem ser, na maioria das vezes, estudados por simulação;
- Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível na experimentação no sistema real.

Autores como Chung (2004) destacam outras vantagens na utilização do modelo por simulação:

- A experimentação pode ocorrer em um curto período de tempo, em virtude do apoio computacional;
- Menor necessidade de análise, uma vez que os pacotes de softwares disponíveis no mercado facilitam a análise dos dados;
- Facilidade da demonstração dos modelos, em virtude da alta capacidade gráfica dos pacotes de softwares disponíveis no mercado para a simulação.

## 2.2.3. Desvantagens da simulação

Durante o processo de simulação do sistema, deve-se ter uma atenção redobrada para que o modelo seja o mais fiel possível. Caso isso não aconteça, os resultados encontrados não serão confiáveis. Robinson (2004) descreve outras desvantagens:

- Custo elevado, uma vez que o software tem um alto custo de aquisição;





# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

- Contratação de consultores para a construção do modelo, o custo pode ser ainda mais alto;
- Consome muito tempo e os benefícios podem não ser imediatos;
- A maioria dos modelos para simulação requer uma quantidade significativa de dados.

Além destas desvantagens, Law (2000) descreve alguns pontos que devem ser observados, pois são considerados como armadilhas na modelagem de um sistema:

- Falha na definição de um conjunto claro de objetivos;
- Nível inapropriado de detalhes no modelo;
- Falha por falta de interação com a gerência regularmente;
- Conhecimento insuficiente de simulação e estatística por parte do analista;
- Software inapropriado.

Desta forma, é possível verificar que o desenvolvimento do modelo do sistema real é um processo bastante meticuloso e deve ser realizado com paciência e prudência, haja vista que, qualquer erro pode resultar em alterações significativas nos resultados da simulação.

## 2.3. Método de monte carlo

De acordo com Andrade (2010), o método de Monte Carlo é um processo de operação de modo a lidar experimentalmente com variáveis descritas por funções probabilísticas. Por exemplo, em um modelo de planejamento e controle de estoque, a demanda e o prazo de entrega são descritos por funções de probabilidades. Como o tratamento analítico desse modelo é muito trabalhoso, pode-se empregar o método de Monte Carlo para analisar experimentalmente os efeitos conjuntos das variáveis aleatórias do sistema.





### 2.3.1. Características do método

Ao usar distribuições de probabilidade, as variáveis podem apresentar diferentes probabilidades de ocorrência de diferentes resultados. As distribuições de probabilidade representam uma forma muito mais realista de descrever incerteza em variáveis de análises de risco. As distribuições de probabilidade mais comuns são:

#### a) Normal

Também referida como “curva do sino”. O usuário simplesmente define a média aritmética ou o valor esperado e um desvio padrão para descrever as variações em relação à média. Os valores no meio, perto da média, são os que apresentam maior probabilidade de ocorrência. Essa distribuição é simétrica e representa muitos fenômenos naturais, como altura de pessoas. Exemplos de variáveis representadas por distribuições normais: taxas de inflação, preço de energia.

#### b) Lognormal

Nessa distribuição os valores são positivamente assimétricos ou distorcidos; não são simétricos como na distribuição normal. Ela é usada para representar valores que não passam abaixo de zero mas que têm um potencial positivo ilimitado. Exemplos de variáveis representadas por distribuições lognormal: valores de imóveis, preços de ações, reservas petrolíferas.

#### c) Uniforme

Nessa distribuição todos os valores têm probabilidade igual de ocorrência; o usuário simplesmente define o mínimo e o máximo. Exemplos de variáveis que poderiam apresentar uma distribuição uniforme: custos de fabricação, receitas de vendas futuras de um novo produto.

#### d) Triangular

O usuário define os valores mínimo, mais provável e máximo. Os valores ao redor do valor mais provável têm maior probabilidade de ocorrer. Variáveis que poderiam ser representadas por uma distribuição triangular: histórico de vendas passadas, por unidade de tempo, e níveis de estoque.





## e) PERT

O usuário define os valores mínimo, mais provável e máximo, da mesma forma que na distribuição triangular. Os valores ao redor do valor mais provável têm maior probabilidade de ocorrer. Contudo, os valores que se encontram entre o valor mais provável e os dois extremos têm maior probabilidade de ocorrência do que na distribuição triangular, isto é, os extremos não são tão enfatizados. Exemplo do uso de uma distribuição PERT: descrever a duração de uma tarefa em um modelo de gerenciamento de projeto.

## f) Discreta

O usuário define valores específicos que podem ocorrer e a probabilidade de cada um deles. Um exemplo poderia ser os resultados de um processo judicial: 20% de chance de decisão judicial positiva, 30% de chance de decisão judicial negativa, 40% de chance de um acordo e 10% de chance do julgamento ser encerrado por motivo jurídico.

## 3. Metodologia

De acordo com Chwif & Medina (2007), o desenvolvimento de um modelo de simulação compõem-se de três grandes etapas:

### 3.1. Concepção ou formulação do modelo

Nesta etapa tem-se o entendimento do sistema a ser simulado. É necessário discussões do problema com os especialistas do setor e então ocorre a definição do escopo. Neste momento são também coletados os dados de entrada, certificando-se da importância que a qualidade destes tem em todo o modelo. Faz-se então a representação do Modelo abstrato utilizando técnicas adequadas. Esta representação trará um Modelo Conceitual;

### 3.2. Implementação do modelo:

Neste momento, através do Modelo Conceitual é desenvolvido o Modelo Computacional utilizando um software de simulação comercial. O modelo computacional deve então ser comparado frente ao modelo conceitual para sua







# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

avaliação, ou seja, se o modelo está condizente com o sistema real. Durante este procedimento são feitas as validações (relativo ao modelo) e as verificações (relativo ao comportamento do modelo no computador);

### **3.3. Análise dos resultados do modelo:**

Nesta etapa o modelo computacional está pronto para realização dos experimentos. Temos então o Modelo Experimental. A partir desse momento, são realizadas várias “rodadas” no simulador e analisados os resultados. Caso seja necessário, fazem-se alguns ajustes no modelo computacional e reinicia as “rodadas”. Após as análises dos resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema poderão ser registradas.

## **4. Solução proposta**

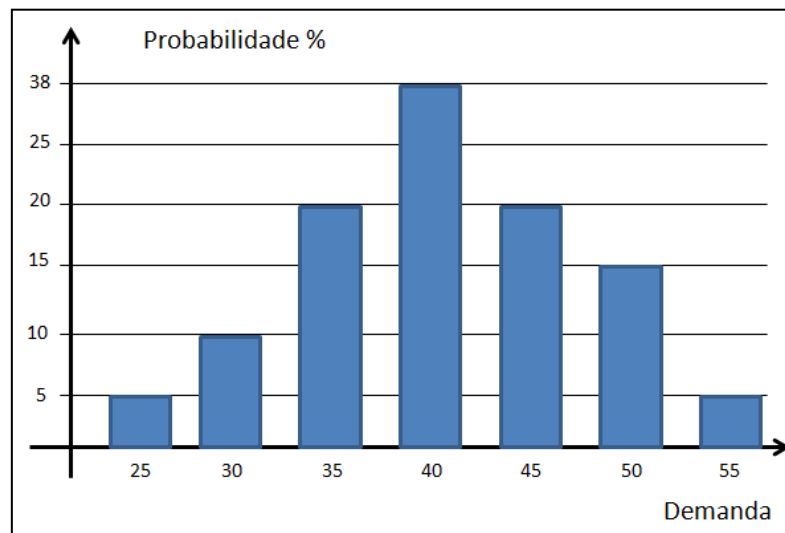
### **4.1. O problema a ser analisado: A gestão de estoques**

#### a) Formulação do problema

Uma empresa revendedora de pneu trabalha com certo tipo de pneu, cuja demanda diária é de 40 unidades, com distribuição dada pela figura 2.



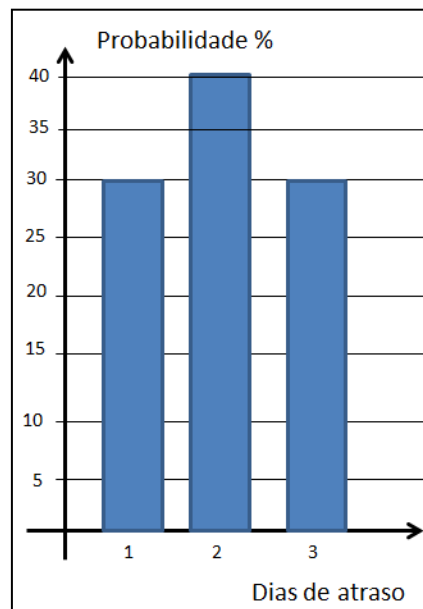
Figura 2 - Demanda diária de pneus



Fonte: Fonte do autor

O contrato do revendedor com o fabricante garante uma entrega semanal de 240 unidades (semanas de 6 dias úteis). Porém, o fabricante está tendo dificuldades de transporte, o que acarreta possíveis atrasos aleatórios na entrega. A experiência tem mostrado que o atraso médio é de dois dias, com uma distribuição de probabilidades mostrada na figura 3.

Figura 3 - Demanda diária de pneus



Fonte: Fonte do autor

O objetivo do revendedor é simular seu sistema de estoque de modo a analisar a política de recebimento, em face dos problemas mas de transporte do fabricante.

b) Dados

Além dos dados de demanda (mostrados na figura 3) e de atrasos nas entregas (figura 4), são conhecidos também os custos relativos aos elementos do estoque.

Custo de estocagem

R\$ 3,00 por pneu por dia, relativos aos juros sobre o capital empatado;

R\$ 2,00 por pneu por dia, relativos aos custos administrativos.

Custo de falta

Cada pneu que deixa de ser vendido, por falta de estoque, representa um prejuízo de R\$ 80,00 diários.

c) Desenvolvimento do modelo



Uma vez formulado o problema e coletado os dados, o próximo passo é identificar as variáveis. Neste caso, temos duas variáveis aleatórias independentes, que determinam todo o desempenho do sistema:

Demanda;

Prazo de entrega.

A quantidade de pneus que o fabricante entrega por semana também é uma variável independente, que pode ser alterada para modificar o comportamento do sistema de estoque.

As variáveis dependentes do nosso problema são:

Nível inicial do estoque;

Custos.

#### 4.1.1. A implementação

Existem diversas formas de se implementar um modelo conceitual no mercado. A escolha foi o Microsoft Excel 2007 por diversos motivos, sendo estes um dos principais:

- A facilidade no manuseio;
- A bibliografia base com fórmulas direcionadas para o software;
- Proposta do artigo ser introdutória no ambiente de teoria de filas.

Modelo por Simulação

O programa MS-Excel dispõe de funções que possibilitam a resolução de problemas de simulação pelo método monte carlo. Neste momento, será mostrado a utilização das funções através da simulação da demanda de pneus do exercício em questão (item 3.1).

A planilha de Excel para simulação dessa demanda é construída para gerar duas informações:

- a) Função cumulativa de probabilidades







No caso de distribuições teóricas conhecidas (Distr. Normal, Poisson etc.) é possível utilizar funções próprias do Excel para gerar as funções de probabilidades necessárias.

No caso de uma distribuição experimental (como no exercício em questão), podemos construir a função cumulativa por meio do somatório dos valores.

b) Valores simulados

Para gerar os números aleatórios, vamos utilizar a função matemática ALEATÓRIO.

Para pesquisar os valores da variável na função cumulativa de probabilidades, será utilizada a função PROCV.

#### 4.1.2. Simulações

A partir do modelo conceitual, foi desenvolvido um modelo computacional. A planilha para simulação da demanda pode ser construída conforme a figura 4. Observa-se que foi construída uma função cumulativa de probabilidades que é utilizada para a simulação dos valores da demanda.



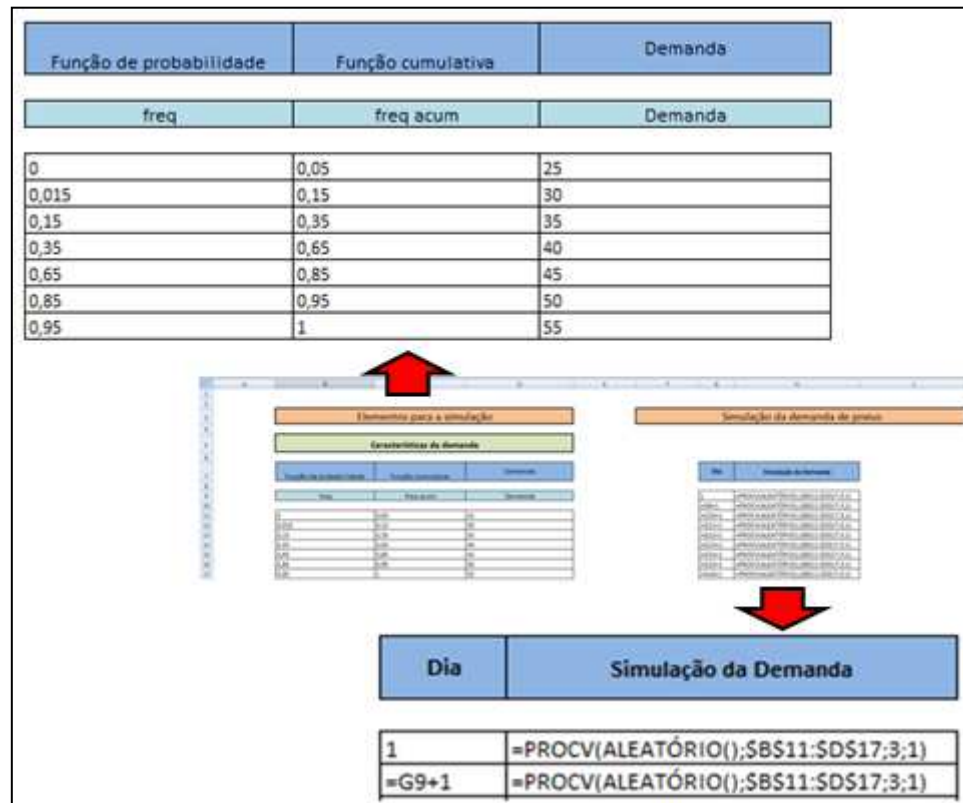
Figura 4 - Planilha da simulação das demandas de 10 dias

Planilha para simulação da demanda de 10 dias				
<b>Elementos para a simulação</b>			<b>Simulação da demanda de pneus</b>	
<b>Características da demanda</b>			<b>Dia</b>	<b>Simulação da Demanda</b>
Função de probabilidade	Função cumulativa	Demanda	1	50
0	0,05	25	2	45
0,015	0,15	30	3	35
0,15	0,35	35	4	40
0,35	0,65	40	5	40
0,65	0,85	45	6	40
0,85	0,95	50	7	40
0,95	1	55	8	45
			9	35
			10	30
<b>Características dos atrasos</b>				
Função de probabilidade	Função cumulativa	Dias de atraso		
0	0,1	0		
0,11	0,3	1		
0,31	0,7	2		
0,71	1	3		

Fonte: Fonte do autor

No exemplo, foi gerado a demanda para 10 dias. A função PROCV, que está carregada em todas as células da coluna “Simulação da Demanda” na figura 5, toma um número aleatório e procura localizar o valor na terceira coluna da “Matriz\_tabela”.

Figura 5 - Fórmulas na tabela de simulação da demanda



Fonte: Fonte do autor

Resolução do exemplo pelo método de Monte Carlo

Adotando o método de monte carlo, serão realizados 50 experimentos no modelo de simulação de estoque. Como as variáveis aleatórias são discretas, os números aleatórios são associados por intervalos, como é possível observar na figura 6.

Figura 6 - Características da demanda e dos atrasos

	A	B	C	D
4				
5		<b>Características da demanda</b>		
6				
7		Função de probabilidade	Função cumulativa	Demanda
8				
9		freq	freq acum	Demanda
10				
11		0	0,05	25
12		0,015	0,15	30
13		0,15	0,35	35
14		0,35	0,65	40
15		0,65	0,85	45
16		0,85	0,95	50
17		0,95	1	55
18				
19		<b>Características dos atrasos</b>		
20				
21				
22		Função de probabilidade	Função cumulativa	Dias de atraso
23				
24		0	0,1	0
25		0,11	0,3	1
26		0,31	0,7	2
27		0,71	1	3

Fonte: Fonte do autor

Com o auxílio dessas tabelas, pode-se aplicar o método de Monte Carlo ao problema de estoque. Vamos considerar, nesse exemplo, que o estoque inicial seja de 240 pneus. Como o fabricante entrega a cada 6 dias, as datas finais de entrega seguem a seguinte lógica:

$$Data\ Final = (6 * ordem\ de\ entrega) + dias\ de\ atraso$$

(cálculo da data final de entrega – eq. I)



Figura 7 - Data final de entrega dos pneus encomendados

	J	K	L	M	N
2					
3	<b>Simulação da data de entrega dos pneus</b>				
4					
5	DIAS PARA FORNECEDOR ENTREGAR A MERCADORIA				6
6					
7	Ordem da Entrega		Data da Entrega		
8			ATRASSO NA ENTREGA		DATA FINAL
9	1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K9)+M9
10	=K9+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K10)+M10
11	=K10+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K11)+M11
12	=K11+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K12)+M12
13	=K12+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K13)+M13
14	=K13+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K14)+M14
15	=K14+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K15)+M15
16	=K15+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K16)+M16
17	=K16+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K17)+M17
18	=K17+1		=PROCV(ALEATÓRIO();\$B\$24:\$D\$27;3;1)		=(S\$N\$5*K18)+M18

Fonte: Fonte do autor

A figura 7 mostra a simulação das datas reais de entrega dos pneus encomendados, levando em conta os atrasos aleatórios. A partir desses dados, foi feita a simulação dos custos de estocagem e falta, como pode ser observado na figura 8.

Figura 8 - Planilha para gestão dos custos de estocagem e de falta

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
2																
3	<b>Planilha para Simulação dos Custos de Estocagem para várias políticas de recebimento</b>															
4																
5								<b>ESTOQUE</b>	240		<b>Estoque anterior</b>	0				
6																
7																
8								<b>Dia</b>	<b>Estoque Inicial</b>	<b>Demanda Diária</b>	<b>Nível do Estoque</b>	<b>Custo de Estoque</b>	<b>Custo de Falta</b>			
9								0			0	(5 reais)	(80 reais)			
10								1	240	40	200	R\$ 1.000,00	R\$ 0,00			
11								2	0	45	155	R\$ 775,00	R\$ 0,00			
12								3	0	40	115	R\$ 575,00	R\$ 0,00			
13								4	0	40	75	R\$ 375,00	R\$ 0,00			
14								5	0	50	25	R\$ 125,00	R\$ 0,00			
15								6	0	35	-10	R\$ 0,00	R\$ 800,00			
16								7	0	30	-40	R\$ 0,00	R\$ 3.200,00			
17								8	0	35	-75	R\$ 0,00	R\$ 6.000,00			
18								9	240	45	120	R\$ 600,00	R\$ 0,00			
19								10	0	40	80	R\$ 400,00	R\$ 0,00			
20								11	0	40	40	R\$ 200,00	R\$ 0,00			
21								12	0	55	-15	R\$ 0,00	R\$ 1.200,00			
22								13	0	30	-45	R\$ 0,00	R\$ 3.600,00			
23								14	0	40	-85	R\$ 0,00	R\$ 6.800,00			
24								15	240	50	105	R\$ 525,00	R\$ 0,00			

Fonte: Fonte do autor



# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Como foi realizada a simulação de demanda para os 50 dias (figura 6), basta verificar o dia em específico para buscar o valor da demanda diária (presente na planilha da figura 9).

O nível de estoque será calculado seguindo a regra:

$$\text{Nível de estoque} = \text{Estoque inicial} + \text{Estoque anterior} - \text{demanda diária}$$

(cálculo do nível de estoque – eq. II)

Os custos relativos aos elementos do estoque já foram informados no enunciado e seguem os respectivos valores citados abaixo:

Custo de estocagem

R\$ 3,00 por pneu por dia, relativos aos juros sobre o capital empatado;

R\$ 2,00 por pneu por dia, relativos aos custos administrativos.

Custo de falta

Cada pneu que deixa de ser vendido, por falta de estoque, representa um prejuízo de R\$ 80,00 diários.

A partir da configuração destes parâmetros na planilha, foram feitas 50 replicações alterando-se somente o estoque inicial, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 - Alterando o estoque inicial

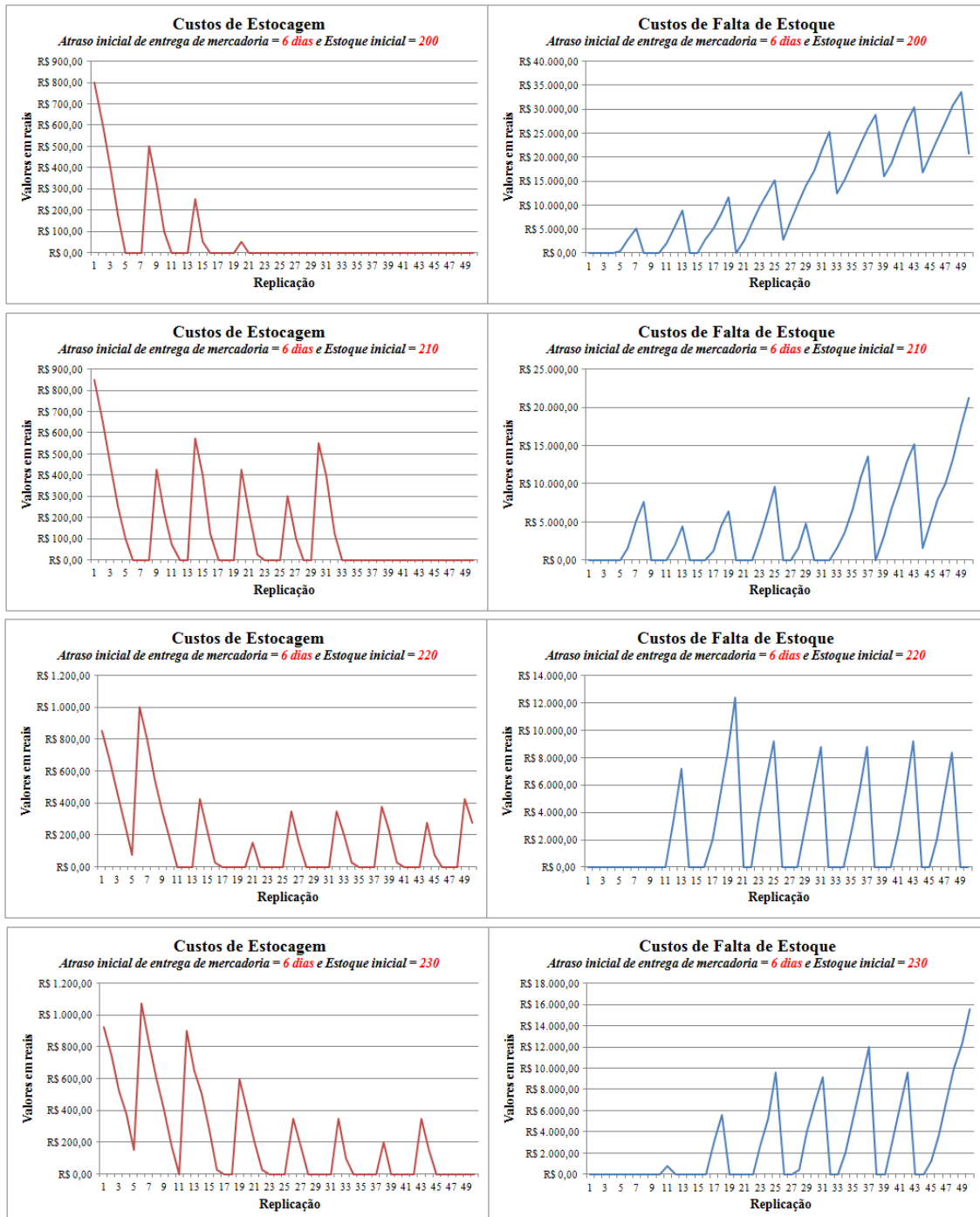
Parâmetros	Novos valores						
Estoque inicial	200	210	220	230	240	250	260
Atraso inicial de entrega	6	6	6	6	6	6	6

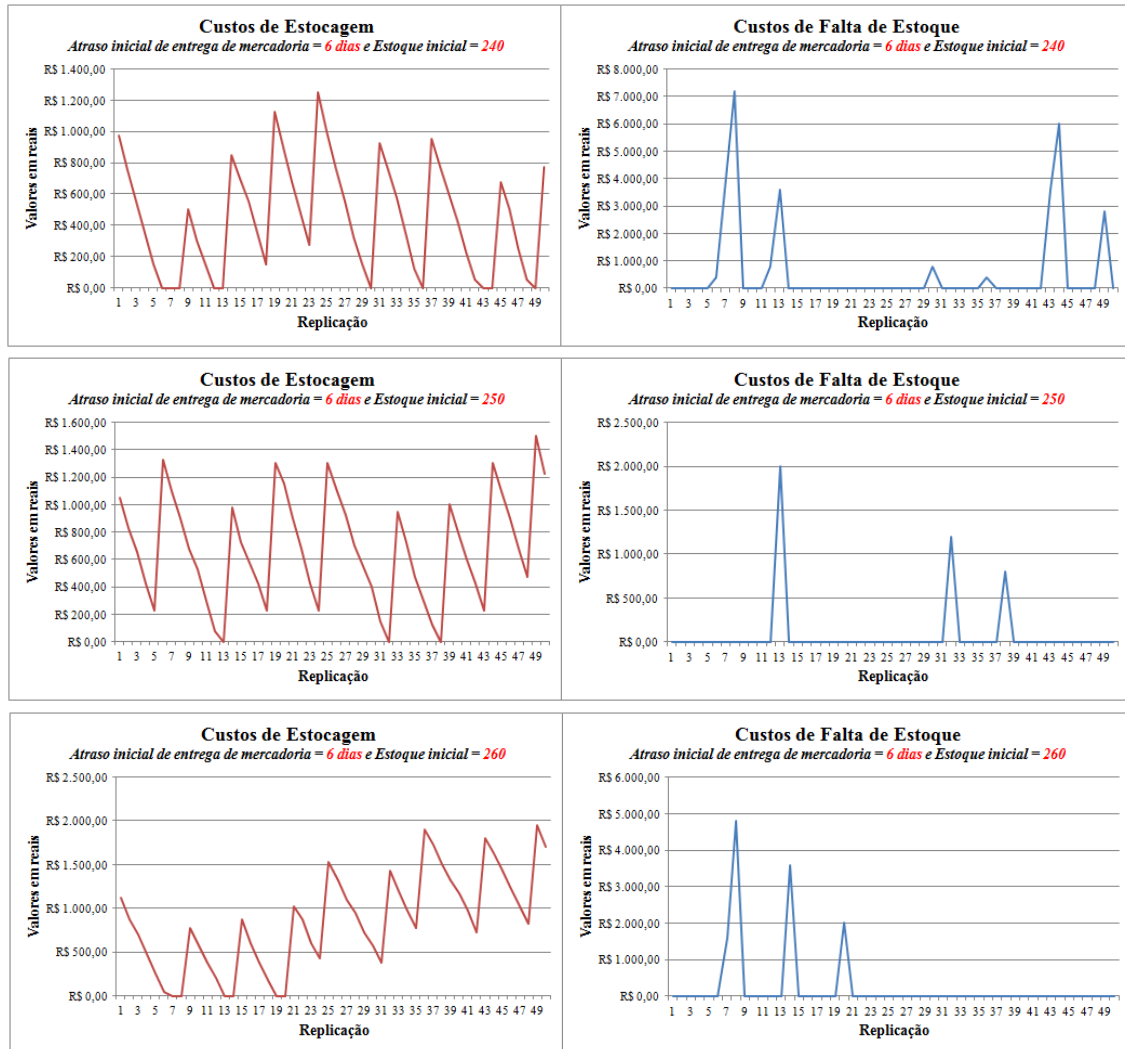
Fonte: Fonte do autor

Na figura 9, é possível observar os resultados obtidos ao alteramos o estoque inicial (tabela 1).



Figura 9 - Simulação dos custos de estocagem e de falta





Fonte: Fonte do autor

Neste caso, é possível observar que, à medida que alteramos o estoque inicial, o custo de estocagem e de falta de estoque sofrem os reajustes. Portanto, existem situações onde o custo de estocagem é maior do que o custo de falta de estoque e casos inversos. O ideal é que se encontre um meio termo para que uma tomada de decisão seja realizada.

### 4.1.2. A decisão a ser tomada

A questão que a empresa quer decidir é a quantidade de pneus que o fabricante deve entregar a cada 6 dias.





# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Na planilha da figura 9 são simuladas duas variáveis aleatórias: a demanda diária e os dias de atraso na entrega (que determinam a data efetiva de entrega).

No caso, foram realizadas 50 simulações com o objetivo de calcular o “Custo de estoque”, quando há estoque positivo e o “Custo de falta”, quando o estoque torna-se negativo.

As simulações possibilitam calcular os “Custos Médios Diários”, conforme é mostrado na figura 10.

Figura 10 - Cálculo dos custos médios diários

<b>CUSTOS TOTAIS</b>	<b>R\$ 42.200,00</b>	<b>R\$ 12.000,00</b>
<b>CUSTOS MÉDIOS DIÁRIOS</b>	<b>R\$ 844,00</b>	<b>R\$ 240,00</b>
<b>CUSTOS MÉDIOS TOTAL</b>	<b>R\$ 1.084,00</b>	
<b>NÍVEL DE ESTOQUE MÉDIO</b>	<b>165,8</b>	

Fonte: Fonte do autor

Na figura acima, é possível observar o custo médio diário de estocagem é de R\$ 844,00 e o custo médio diário de falta é de R\$ 240,00. A soma destes dois custos nos fornece o custo médio total. Esta informação será a responsável pela tomada de decisão.

A figura 11 informa os valores encontrados ao realizarmos as alterações da quantidade de pneus recebida.



Figura 11 - Resultado das simulações de quantidade recebida

Quantidade recebida	Custo médio diário de estocagem	Custo médio diário de falta	Custo total
200	R\$ 38,50	R\$ 14.608,00	R\$ 14.646,50
210	R\$ 136,50	R\$ 4.192,00	R\$ 4.328,50
220	R\$ 44,00	R\$ 9.352,00	R\$ 9.396,00
230	R\$ 349,50	R\$ 992,00	R\$ 1.341,50
240	R\$ 220,50	R\$ 2.416,00	R\$ 2.636,50
250	R\$ 879,00	R\$ 40,00	R\$ 919,00
260	R\$ 1.036,50	R\$ 0,00	R\$ 1.036,50

Fonte: Fonte do autor

Pela análise da figura 11, é possível concluir que a melhor política para a empresa é receber 250 pneus a cada 6 dias, por ser a política que resulta no custo total mínimo.

## 5. Conclusão

O processo de simulação de cenários tornou-se uma importante ferramenta para os gestores em vários contextos, pois ela permite ao operador verificar o melhor e o pior resultado levando em considerações certas variáveis independentes.

Por meio da simulação é possível prever as consequências de certas alterações nos processos e, dessa forma, analisar a viabilidade destas sem ter de testá-las no sistema real, aumentando a probabilidade de se fazer a melhor escolha.

Conclui-se que a simulação de Monte Carlo possui grande valia no âmbito organizacional, devido ela ser uma ferramenta que gera um poderoso numero de informações que poderão ser analisadas e compiladas para servir de base aos gestores no processo decisório, podendo possibilitar maior força e sustentação às informações prestadas à administração da empresa de uma forma precisa e objetiva.



# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, EDUARDO L. DE. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

CHUNG, A. A. **Modeling Handbook: A practical approach**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 573 p.

CHWIF, L; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. Segunda edição. São Paulo, 2007.

LAW, A. M. & KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. Ed. McGraw-Hill Higher Education, 2000.

ROBINSON, STEWART. **Simulation: the practice of model development and use**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

