

Simulação de Monte Carlo

Este assunto ficou vazio durante certo período. Foi difícil eu encontrar um bom exemplo para ele, pois a Simulação de Monte Carlo é um campo muito amplo. Que exemplo seria apropriado aqui? Não é uma questão fácil. Entretanto, devido à grande demanda sobre este tópico, decidi propor uma versão "Mickey Mouse" da [Simulação de Monte Carlo](#). Por gentileza note que este exemplo faz um monte de hipóteses livres que podem ou não refletir o cenário do mundo real.

O que é uma [Simulação de Monte Carlo](#)? Bem, pense sobre ela como um processo computacional que utiliza números aleatórios para produzir resultado(s). Assim em vez de ter entradas fixas, distribuições de probabilidade são atribuídas a algumas ou todas as entradas. Isto gerará uma distribuição de probabilidade para a saída após a simulação ser executada.

Aqui está um exemplo. Uma empresa que vende produto X sob um mercado¹ puro/perfeitamente competitivo quer saber a distribuição de probabilidade dos lucros deste produto e a probabilidade que a empresa perca dinheiro quando comercializá-lo.

A equação para o lucro é: $LT = RT - CT = (Q \cdot PU) - (Q \cdot CV + CF)$

Hipóteses:

- A Quantidade Demandada (**Q**) flutua entre 8.000 e 12.000 unidades e está distribuída uniformemente.
- O Custo Variável (**CV**) está normalmente distribuído (com média = 7, Desv = 2) truncado em ambos os lados (com um mínimo de 7 / 2 e um máximo de 10).
- O Preço de Mercado (**P**) está normalmente distribuído (com média = 10, Desv = 3) truncado no lado esquerdo (com um mínimo de 1).
- O Custo Fixo (**CF**) é \$5.000.

Resultado:

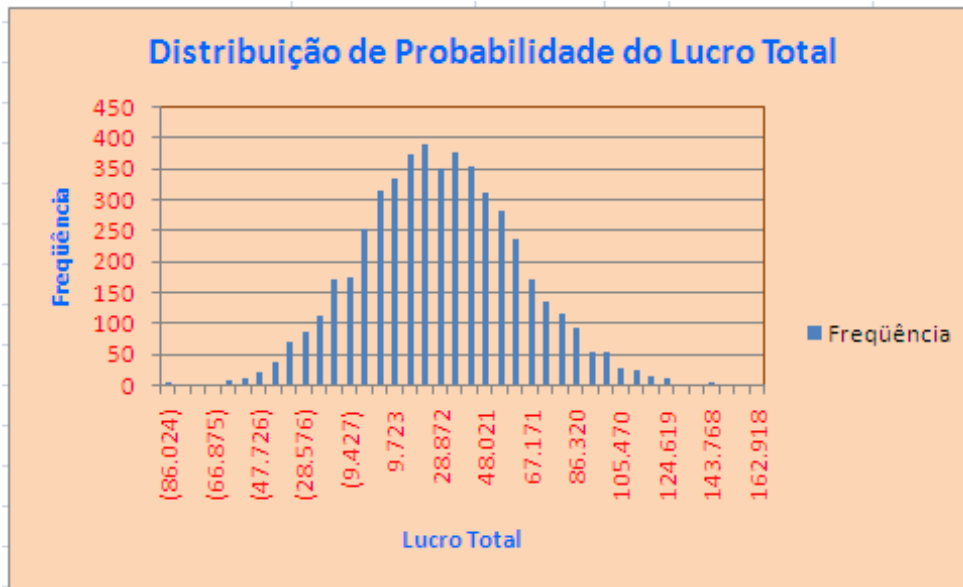
O lucro médio para este investimento é \$29,546 como mostrado nas células [G25](#) após 50.000 iterações ser executadas. A probabilidade que o lucro do investimento rejeite de ser negativo (perder dinheiro) é 22,28% como mostrado na célula [C24](#). A distribuição de probabilidade do lucro > X está mostrada na coluna [F](#) e [G](#). Por exemplo, há 65% de chance que o lucro seja maior que \$12.481. A distribuição de probabilidade é bem normal como mostrado na figura. A média está também muito próxima da [mediana](#). Isto é devido a distribuição de probabilidade que atribuímos às variáveis.

¹ Sob um mercado de perfeita competitividade, a empresa não tem a influência a afetar o preço deste produto - a empresa consegue o preço de mercado como aquele dado, $dP/dQ = 0$.

Figura 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1						Lucratividade (Lucro <=x)	x		Lucro	Frequência	
2		Iniciar							(86.024)	3	
3		Número de Iterações	5.000	Entrada		Perto de 100%	(92.408)		(79.641)	1	
4						95%	(27.643)		(73.258)	1	
5		Quantidade Vendida (Q)	11.614	Saída		90%	(16.926)		(66.875)	2	
6		Preço Unitário (P)	R\$ 12,64	Saída		85%	(7.879)		(60.492)	9	
7		Custo Fixo (CF)	R\$ 5.000	Entrada		80%	(2.097)		(54.109)	11	
8		Custo Variável (CV)	R\$ 5,89	Saída		75%	3.051		(47.726)	21	
9		Custo Total (CT)	R\$ 73.350	Saída		70%	8.002		(41.343)	36	
10		Receita Total (RT)	R\$ 146.832	Saída		65%	12.204		(34.959)	71	
11		Lucro Total (LT)	R\$ 73.483	Saída		60%	16.481		(28.576)	87	
12		Contador de Iterações	5.000	Saída		55%	20.477		(22.193)	114	
13		Min Q	8.000	Entrada		Mediana = 50%	24.766		(15.810)	170	
14		Max Q	12.000	Entrada		45%	29.270		(9.427)	175	
15		Média de CV	7	Entrada		40%	33.417		(3.044)	253	
16		DesvPad de CV	2	Entrada		35%	37.622		3.339	317	
17		Média de P	10	Entrada		30%	42.532		9.723	334	
18		DesvPad de P	3	Entrada		25%	47.647		16.106	376	
19						20%	53.068		22.489	390	
20						15%	59.591		28.872	353	
21		Entrada		Saída		10%	68.855		35.255	379	
22						5%	81.870		41.638	354	
23		X		Lucratividade (Lucro <=x)		Perto de 0%	162.918		48.021	313	
24		0		21,76%					54.404	282	
25						Média	25.773		60.788	238	
26									67.171	170	
27									73.554	136	
28									79.937	117	
29									86.320	93	
30									92.703	54	
31									99.086	53	
32									105.470	26	

Figura 2



```
Option Explicit
Option Base 1
```

```

'*****
' *                               Executa Simulação de Monte Carlo                               *
'*****
Sub MonteCarlo()

    Dim Iteracao As Long, i As Long
    Dim Q As Double, P As Double, RT As Double
    Dim CV As Double, CF As Double, CT As Double
    Dim DesvPadCV As Double, CVMedio As Double, DesvPadLucro As Double, LucroMedio As Double
    Dim MinQ As Double, MaxQ As Double, LucroTotalMedio As Double, SomaDoLucroTotal As Double
    Dim LucroX As Double, NumeroDeContagem As Double
    Iteracao = Range("C3").Value
    CF = Range("C7").Value
    MinQ = Range("C13").Value
    MaxQ = Range("C14").Value
    CVMedio = Range("C15").Value
    DesvPadCV = Range("C16").Value
    LucroMedio = Range("C17").Value
    DesvPadLucro = Range("C18").Value
    LucroX = Range("B24").Value

    ReDim LT(Iteracao) As Double

    SomaDoLucroTotal = 0
    NumeroDeContagem = 0
    For i = 1 To Iteracao:        Cells(12, 3) = i
        CV = Truncate_Normal_CV(CVMedio, DesvPadCV, CVMedio / 2, LucroMedio)
        P = Truncate_Normal_P(LucroMedio, DesvPadLucro, 1)
        Q = Int((MaxQ - MinQ + 1) * Rnd + MinQ)
        CT = CF + CV * Q
        RT = P * Q
    Next i
End Sub

```

```
LT(i) = RT - CT
```

```
'Assinalar que o seguinte fará a simulação rodar mais rápido
```

```
Cells(5, 3) = Q
```

```
Cells(6, 3) = P
```

```
Cells(8, 3) = CV
```

```
Cells(9, 3) = CT
```

```
Cells(10, 3) = RT
```

```
Cells(11, 3) = LT(i)
```

```
If LT(i) > LucroX Then NumeroDeContagem = NumeroDeContagem + 1
```

```
SomaDoLucroTotal = SomaDoLucroTotal + LT(i)
```

```
Next i
```

```
LucroTotalMedio = SomaDoLucroTotal / Iteracao
```

```
Cells(25, 7) = LucroTotalMedio
```

```
Cells(24, 3) = 1 - NumeroDeContagem / Iteracao
```

```
Call Sort(Iteracao, LT)
```

```
Call Hist(Iteracao, 40, LT(1), LT(Iteracao), LT)
```

```
For i = 1 To 20
```

```
Cells(i + 3, 6) = 1 - (0.05 * i)
```

```
Cells(i + 3, 7) = LT(Int(Iteracao / 20 * i))
```

```
Next i
```

```
Cells(3, 6) = "Perto de 100%"
```

```
Cells(13, 6) = "Mediana = 50%"
```

```
Cells(23, 6) = "Perto de 0%"
```

```
Cells(3, 7) = LT(1)
```

```
End Sub
```

```
*****  
'* Retorna números aleatórios de uma Distribuição Normal Truncada para CV *  
*****
```

```
Function Truncate_Normal_CV(XMedio, DesvPadX, LimiteEsquerdo, LimiteDireito)
```

```
Dim x As Double
```

```
Dim fac As Double, r As Double, V1 As Double, V2 As Double
```

```
5 x = gauss * DesvPadX + XMedio
```

```
If LimiteDireito < x Or x < LimiteEsquerdo Then GoTo 5
```

```
Truncate_Normal_CV = x
```

```
End Function
```

```
*****  
'* Retorna números aleatórios de uma Distribuição Normal Truncada para Preço *  
*****
```

```
Function Truncate_Normal_P(XMedio, DesvPadX, LimiteEsquerdo)
```

```
Dim x As Double
```

```
Dim fac As Double, r As Double, V1 As Double, V2 As Double
```

```
5 x = gauss * DesvPadX + XMedio
```

```
If x < LimiteEsquerdo Then GoTo 5
```

```
Truncate_Normal_P = x
```

```
End Function
```

```
*****  
'* Retorna números aleatórios de uma Distribuição Normal Padrão *  
*****
```

```
Function gauss()
```

```
Dim fac As Double, r As Double, V1 As Double, V2 As Double
```

```
10 V1 = 2 * Rnd - 1
```

```
V2 = 2 * Rnd - 1
```

```
r = V1 ^ 2 + V2 ^ 2
```

```
If (r >= 1) Then GoTo 10
```

```
fac = Sqr(-2 * Log(r) / r)
```

```

        gauss = V2 * fac
End Function

'*****
'*                               Sorteia os números                               *
'*****

Sub Sort(n As Variant, arr() As Double)
    Dim Temp As Double
    Dim i As Long
    Dim j As Long
    For j = 2 To n
        Temp = arr(j)
        For i = j - 1 To 1 Step -1
            If (arr(i) <= Temp) Then GoTo 10
            arr(i + 1) = arr(i)
        Next i
        i = 0
10     arr(i + 1) = Temp
    Next j
End Sub

'*****
'*                               Constrói o Histograma da Distribuição           *
'*****

Sub Hist(n As Variant, M As Long, Inicio As Double, Direito As Double, arr() As Double)
    Dim i As Long, j As Long, Encontrar As Long
    Dim Comprimento As Double
    ReDim interrupcao(M) As Single
    ReDim freq(M) As Single

    For i = 1 To M
        freq(i) = 0
    Next i

    Comprimento = (Direito - Inicio) / M

    For i = 1 To M
        interrupcao(i) = Inicio + Comprimento * i
    Next i

    For i = 1 To n
        If (arr(i) <= interrupcao(1)) Then freq(1) = freq(1) + 1
        If (arr(i) >= interrupcao(M - 1)) Then freq(M) = freq(M) + 1
        For j = 2 To M - 1
            If (arr(i) > interrupcao(j - 1) And arr(i) <= interrupcao(j)) Then freq(j)
= freq(j) + 1
        Next j
    Next i

    For i = 1 To M
        Cells(i + 1, 9) = interrupcao(i)
        Cells(i + 1, 10) = freq(i)
    Next i
End Sub

```