

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



```
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

```