

Referências Bibliográficas

- Biggs M C** (1975) Constrained minimization using recursive quadratic programming, Towards Global Optimization (L.C.W.Dixon and G.P.Szergo, eds.), North-Holland, 341-349.
- Campbell, J Y, Lo A W e MacKinlay A C** (1997) The econometrics of financial markets, Princeton University Press.
- Cox, D R** (1955) Some statistical models connected with series of events (with discussion), Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 17, 129-164.
- Cox, D R** (1972) Regression models and life tables (with discussion), Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 34, 187-220.
- Cox, D R** (1972) The statistical analysis of dependencies in point processes, in Symposium on Point Processes, P. A. W. Lewis. New York: John Wiley, 55-66.
- Engle, R F e Russell, J R** (1998) Autoregressive conditional duration: a new model for irregularly spaced transaction data, Econometrica, 66, 1127-1162.
- Fernandes, M e Gramming, J** (2006) A family of autoregressive conditional duration models, Journal of Econometrics, 130, 1-23.
- Gaver, D P e Lewis P A W** (1980) First order autoregressive gamma sequences and point processes, Advances in Applied Probability, 12, 727-745.
- Greene, W H** (1990) Econometric Analysis, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hamilton, J D** (1994) Time Series Analysis, Princeton University Press.
- Han, S P** (1977) A globally convergent method for nonlinear programming, J. Optimization Theory and Applications, 22, 297-309.
- Hasbrouck, J** (1991) Measuring the information content of stock trades, The Journal of Finance, 66, 179-207.
- Hausman, J A, Lo, A W e MacKinlay, A C** (1992) An ordered probit analysis of transaction stock prices. Journal of Financial Economics, 31, 319–379.
- Hawkes, A G** (1972) Spectra of Some Mutually Exciting Point Processes, Journal of the Royal Statistical Society, 33, 438-443.
- Hines, W W e Montgomery, D C** (1990) Probability and statistics in engineering and management science, Wiley.
- Jacob, P A e Lewis P A W** (1977) A mixed autoregressive-moving average exponential sequence and point process (EARMA 1, 1), Advances in Applied Probability, 9, 87-94.

Kyle, A (1985) Continuous auctions and insider trading, *Econometrica*, 53, 1315-1336.

Lagarias, J C, J A Reeds, M H Wright, e P E Wright (1998) Convergence properties of the Nelder-Mead simplex method in low dimensions, *SIAM Journal of Optimization*, 9, number 1, 112-147.

Lancaster, T (1979) Econometric methods for the duration of unemployment, *Econometrica*, 47, 939-956.

Lancaster, T (1990) The econometric analysis of transition data, *Econometric Society Monographs*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lawrence, A J e Lewis P A W (1980) The exponential autoregressive-moving average EARMA(p, q) process, *Journal of the Royal Statistical Society, B*, 42, 150-161.

Manganelli, S (2002) Duration, volume and volatility impact of trades, *European Central Bank Working Paper Number 125*.

Marsh, T e Rosenfeld, E (1986) Non-trading, market making, and estimates of stock price volatility, *Journal of Financial Economics*, 15, 359-372.

Martins, B G D (2002) Um estudo dos efeitos de microestruturas nos padrões inter e intradiários do mercado brasileiro de ações, *Dissertação de Mestrado – PUC/RJ (DEE)*.

McKelvey, R D e Zavoina, W (1975) A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables, *Journal of Mathematical Sociology*, 4, 103-120.

Medeiros, M. C. e Veiga, A (2001) Are there multiple regimes in financial volatility?, *Proceedings of the VIII International Conference on Forecasting Financial Market*.

Nelder, J A and R Mead (1965) A simplex method for function minimization, *Computer J.*, 7, 308-313.

Powell, M J D (1978) A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations, *Lecture Notes in Mathematics*, 630, 144-175.

Powell, M J D (1978) The convergence of variable metric methods for nonlinearly constrained optimization calculations, *Nonlinear Programming 3*, (O.L. Mangasarian, R.R. Meyer and S.M. Robinson, eds.), Academic Press.

Rubin, I (1972) Regular Point Processes and their detection, *IEEE Transactions on Information Theory*, ITT-18, 547-557.

Snyder, D L e Miller, M L (1991) *Random point processes in time and space*, Second Edition, New York: Springer Verlag.

Spendley, W, Hext, G R and Himsforth, F R (1962) Sequential application of simplex designs in optimization and evolutionary operation, *Technometrics*, 4, 441-461.

Wold, H (1948) On stationary point process and Markov changes, *Skandinavisk Aktuarietidskrift*, 31, 229-240.

Zhang, S Y, Russell J R and Tsay, R S (2001) A nonlinear autoregressive conditional duration model with applications to financial transaction data, *Journal of Econometrics*, 104, 179-207.

10

Apêndice

10.1

Apêndice I

- 1) O processo (4.5.42) será estacionário de segunda ordem (covariância) se e somente se $|\lambda| < 1$ para todos os valores de λ que satisfazem:

$$|I_n \lambda^p - H_1 \lambda^{p-1} - H_2 \lambda^{p-2} - \dots - H_p| = 0$$

Onde, $H_i = (B_0 - I)^{-1} (B_i + A)$, $i=1, \dots, p$.

Prova:

Assumindo que $p > q$, pode-se reescrever (4.5.42) como (adicionando-se o termo $-\tau_i$ aos dois lados da equação e tomando $v_i = \mu_i - \tau_i$):

$$v_i = \gamma + A_1(v_{i-1}) + \dots + A_q(v_{i-q}) + (B_0 - I)\tau_i + (A_1 + B_1)\tau_{i-1} + \dots + (A_s + B_p)\tau_{i-p}$$

$A_s = 0$, para $s = q+1, q+2, \dots, p$.

$$(B_0 - I)\tau_i = -\gamma + (A_1 + B_1)\tau_{i-1} + \dots + (A_s + B_p)\tau_{i-p} + v_i - A_1(v_{i-1}) - \dots - A_q(v_{i-q})$$

$$\tau_i = -(B_0 - I)^{-1} \gamma + H_1 \tau_{i-1} + \dots + H_p \tau_{i-p} + v_i + G_1(v_{i-1}) + \dots + G_q(v_{i-q})$$

onde, $H_i = (B_0 - I)^{-1} (B_i + A)$, $i=1, \dots, p$ e $G_j = -(B_0 - I)^{-1} A_j$, $j=1, \dots, q$.

Este modelo VARMA(p,q) pode ser reescrito sob a forma de um VARMA(1,q):

$$\xi_i = k + F \xi_{i-1} + v_i + \dots + v_{i-q}$$

Onde,

$$\xi_i = \begin{bmatrix} \tau_i \\ \tau_{i-1} \\ \vdots \\ \tau_{i-p} \end{bmatrix}, k = \begin{bmatrix} -(B_0 - I)^{-1} \gamma \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} H_1 & H_2 & \dots & H_{p-1} & H_p \\ I_n & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & I_n & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_n & 0 \end{bmatrix}$$

$$v_{i-j} = \begin{bmatrix} G_j v_{i-j} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, j = 0, 1, \dots, q \text{ e } G_0 = I_n$$

Assim, de maneira análoga aos modelos ARIMA Box-Jenkins, o modelo VARMA(1,q) será estacionário de segunda ordem, se os autovalores da matriz F forem menores do que 1 em módulo (raízes dentro do círculo unitário). Calculando-se os autovalores tem-se a seguinte relação:

$$|I_n \lambda^p - H_1 \lambda^{p-1} - H_2 \lambda^{p-2} - \dots - H_p| = 0$$

2) A função impulso-resposta do modelo (4.5.43), considerando $i > 0$, será:

$$\frac{\partial E(\mu_i | \Omega_i)}{\partial \tau_0} \equiv \Phi_i = D^{i-1} (I - B)^{-1} (AB + C)$$

Onde, $D = (I - B)^{-1} (A + C)$.

Prova:

Supondo que o sistema atinja o estado estável (*steady-state*) no instante de tempo referente ao evento 0, ou seja, todas as inovações anteriores a $i=0$ são iguais a 1. Então,

$$\mu_i = \bar{\mu} = (I - A - B - C)^{-1} \gamma$$

$$\tau_i = \mu_i$$

para $i < 0$.

Considerando que no instante de tempo referente ao evento 0 ocorra um choque (τ_0) , então, este evento ocasionará um impacto direto em μ_0 e um determinado “efeito defasado” em μ_i .

O efeito em μ_0 será:

$$\mu_0 = \gamma + B\tau_0 + (A + C)\bar{\mu}$$

Para avaliar o impacto de τ_0 com relação à expectativa futura de μ_t , tem-se:

- Resolvendo para $i=1$:

$$E(\mu_1 | \Omega_0) = \gamma + AE(\mu_0 | \Omega_0) + BE(\tau_1 | \Omega_0) + CE(\tau_0 | \Omega_0)$$

como $E(\mu_i | \Omega_0) = E(\tau_i | \Omega_0)$, pela própria definição, então:

$$E(\mu_1 | \Omega_0) - BE(\mu_1 | \Omega_0) = \gamma + A\mu_0 + C\tau_0$$

$$(I - B)E(\mu_1 | \Omega_0) = \gamma + A[\gamma + B\tau_0 + (A + C)\bar{\mu}] + C\tau_0$$

$$E(\mu_1 | \Omega_0) = (I - B)^{-1} \{ \gamma + A[\gamma + B\tau_0 + (A + C)\bar{\mu}] + C\tau_0 \}$$

Por substituição recursiva na equação:

$$E(\mu_i | \Omega_0) = \gamma + AE(\mu_{i-1} | \Omega_0) + BE(\tau_i | \Omega_0) + CE(\tau_{i-1} | \Omega_0)$$

obtem-se facilmente o resultado, cujo cálculo da derivada parcial com relação a τ_0 , origina a formulação apresentada em (4.5.46).

10.2

Apêndice II

- **Tabela 6 – Estimação (modelo completo):** a tabela apresenta os coeficientes estimados para a formulação completa do EMACM (2,2). Foram definidos testes de hipótese para verificar a significância estatística dos parâmetros (H_0 : os parâmetros não são estatisticamente significantes).

Coeficientes	Valor	CI (95%)	H_0	Coeficientes	Valor	CI (95%)	H_0
a0	0,57	0,03	Rejeita	c5	-0,06	0,03	Rejeita
b0	0,68	0,05	Rejeita	c6	0,02	0,03	Aceita
c0	-0,19	0,07	Rejeita	d5	-0,01	0,02	Aceita
d0	0,22	0,09	Rejeita	d6	0,02	0,03	Aceita
a1,1	0,46	0,04	Rejeita	d7	-0,08	0,05	Rejeita
a2,1	-0,12	0,10	Rejeita	a5,1	0,11	0,03	Rejeita
a3,1	-0,06	0,05	Rejeita	a6,1	0,26	0,04	Rejeita
a4,1	-0,26	0,03	Rejeita	a7,1	0,03	0,06	Aceita
b1,1	0,54	0,10	Rejeita	a8,1	-0,15	0,06	Rejeita
b2,1	-0,40	0,13	Rejeita	b6,1	0,02	0,03	Aceita
b3,1	-0,22	0,03	Rejeita	b7,1	-0,09	0,03	Rejeita
b4,1	0,02	0,05	Aceita	b8,1	-0,02	0,03	Aceita
c1,1	-0,02	0,03	Aceita	b9,1	-0,01	0,01	Aceita
c2,1	-0,02	0,04	Aceita	c7,1	-0,08	0,03	Rejeita
c3,1	-0,22	0,10	Rejeita	c8,1	0,02	0,02	Aceita
c4,1	-0,05	0,08	Aceita	c9,1	0,16	0,03	Rejeita
d1,1	-0,04	0,03	Rejeita	c10,1	0,06	0,04	Rejeita
d2,1	0,21	0,04	Rejeita	d8,1	-0,12	0,04	Rejeita
d3,1	-0,54	0,05	Rejeita	d9,1	0,01	0,03	Aceita
d4,1	-0,29	0,13	Rejeita	d10,1	-0,03	0,05	Aceita
a1,2	0,10	0,11	Aceita	d11,1	0,36	0,05	Rejeita
a2,2	-0,15	0,09	Rejeita	a5,2	0,02	0,03	Aceita
a3,2	0,12	0,06	Rejeita	a6,2	-0,19	0,02	Rejeita
a4,2	-0,11	0,08	Rejeita	a7,2	-0,14	0,02	Rejeita
b1,2	0,04	0,10	Aceita	a8,2	0,18	0,02	Rejeita
b2,2	-0,02	0,06	Aceita	b6,2	-0,05	0,02	Rejeita
b3,2	0,30	0,01	Rejeita	b7,2	-0,14	0,05	Rejeita
b4,2	-0,04	0,03	Rejeita	b8,2	-0,07	0,03	Rejeita
c1,2	0,15	0,07	Rejeita	b9,2	0,08	0,04	Rejeita
c2,2	0,30	0,04	Rejeita	c7,2	-0,02	0,02	Rejeita
c3,2	0,09	0,06	Rejeita	c8,2	0,02	0,03	Aceita
c4,2	0,06	0,09	Aceita	c9,2	0,02	0,03	Aceita
d1,2	0,00	0,04	Aceita	c10,2	-0,06	0,07	Aceita
d2,2	-0,18	0,06	Rejeita	d8,2	-0,13	0,03	Rejeita
d3,2	-0,10	0,04	Rejeita	d9,2	0,07	0,02	Rejeita
d4,2	0,41	0,09	Rejeita	d10,2	0,06	0,05	Rejeita
b5	0,06	0,02	Rejeita	d11,2	0,20	0,07	Rejeita

- **Tabela 7 – Estimação (modelo “livre de variação”):** a tabela apresenta os coeficientes estimados para a formulação “livre de variação” (*variation-free*) do EMACM (2,2). Foram definidos testes de hipótese para verificar a significância estatística dos parâmetros (H_0 : os parâmetros não são estatisticamente significantes).

Coeficientes	Valor	CI (95%)	H_0	Coeficientes	Valor	CI (95%)	H_0
A0	0,26	0,04	Rejeita	b9,1	-0,01	0,05	Aceita
b0	0,73	0,07	Rejeita	c7,1	-0,03	0,02	Rejeita
c0	0,06	0,07	Aceita	c8,1	-0,02	0,02	Aceita
d0	0,26	0,03	Rejeita	c9,1	0,18	0,05	Rejeita
a1,1	0,38	0,09	Rejeita	c10,1	-0,11	0,05	Rejeita
b2,1	-0,26	0,06	Rejeita	d8,1	-0,08	0,04	Rejeita
c3,1	-0,28	0,10	Rejeita	d9,1	-0,02	0,05	Aceita
d4,1	-0,41	0,07	Rejeita	d10,1	-0,10	0,05	Rejeita
a1,2	0,24	0,07	Rejeita	d11,1	0,53	0,06	Rejeita
b2,2	0,22	0,10	Rejeita	a5,2	0,06	0,03	Rejeita
c3,2	-0,59	0,09	Rejeita	a6,2	-0,14	0,03	Rejeita
d4,2	0,08	0,12	Aceita	a7,2	-0,18	0,06	Rejeita
b5	0,04	0,03	Rejeita	a8,2	0,03	0,07	Aceita
c5	-0,04	0,03	Rejeita	b6,2	-0,02	0,03	Aceita
c6	0,00	0,03	Aceita	b7,2	0,00	0,03	Aceita
d5	-0,03	0,04	Aceita	b8,2	-0,14	0,06	Rejeita
d6	-0,03	0,04	Aceita	b9,2	-0,19	0,06	Rejeita
d7	-0,13	0,05	Rejeita	c7,2	-0,04	0,02	Rejeita
a5,1	0,12	0,02	Rejeita	c8,2	-0,01	0,03	Aceita
a6,1	0,19	0,02	Rejeita	c9,2	0,07	0,05	Rejeita
a7,1	0,13	0,06	Rejeita	c10,2	-0,10	0,06	Rejeita
a8,1	-0,12	0,05	Rejeita	d8,2	-0,12	0,04	Rejeita
b6,1	0,02	0,03	Aceita	d9,2	0,06	0,04	Rejeita
b7,1	-0,11	0,02	Rejeita	d10,2	-0,03	0,07	Aceita
b8,1	0,04	0,04	Rejeita	d11,2	0,27	0,11	Rejeita

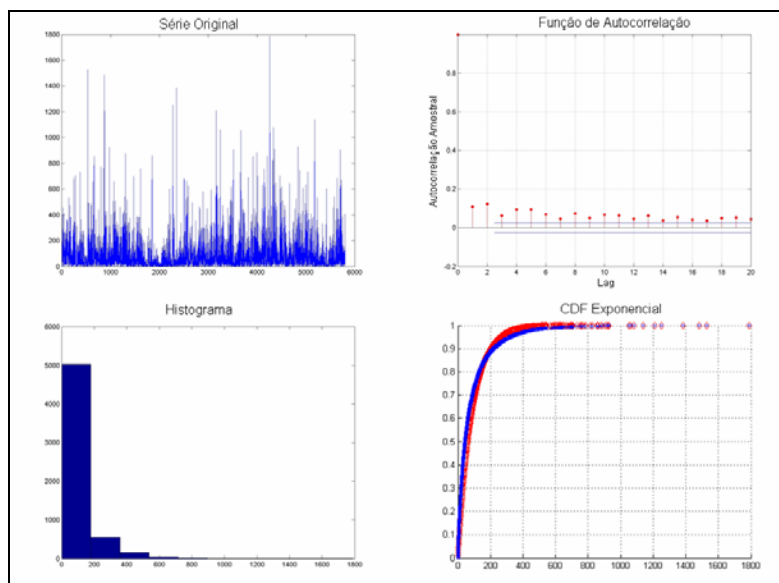
- **Tabela 8 – Estimação (modelo individual):** a tabela apresenta os coeficientes estimados para a formulação individual do EMACM (2,2). Foram definidos testes de hipótese para verificar a significância estatística dos parâmetros (H_0 : os parâmetros não são estatisticamente significantes).

Coeficientes	Valor	CI (95%)	H_0	Coeficientes	Valor	CI (95%)	H_0
a0	0,23	0,08	Rejeita	c3,2	-0,26	0,08	Rejeita
b0	0,31	0,06	Rejeita	d4,2	-0,69	0,06	Rejeita
c0	0,18	0,06	Rejeita	a5,1	0,09	0,03	Rejeita
d0	0,60	0,13	Rejeita	b7,1	-0,10	0,03	Rejeita
a1,1	0,08	0,12	Aceita	c9,1	0,37	0,08	Rejeita
b2,1	0,46	0,03	Rejeita	d11,1	0,44	0,07	Rejeita
c3,1	0,08	0,13	Aceita	a5,2	0,10	0,03	Rejeita
d4,1	-0,83	0,17	Rejeita	b7,2	0,08	0,03	Rejeita
a1,2	0,58	0,11	Rejeita	c9,2	-0,23	0,07	Rejeita
b2,2	0,12	0,06	Rejeita	d11,2	0,40	0,09	Rejeita

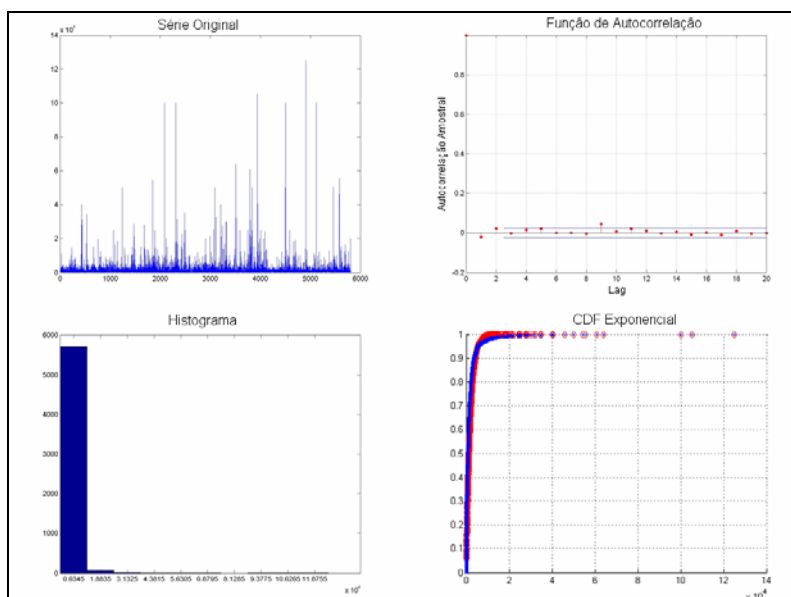
10.3

Apêndice III

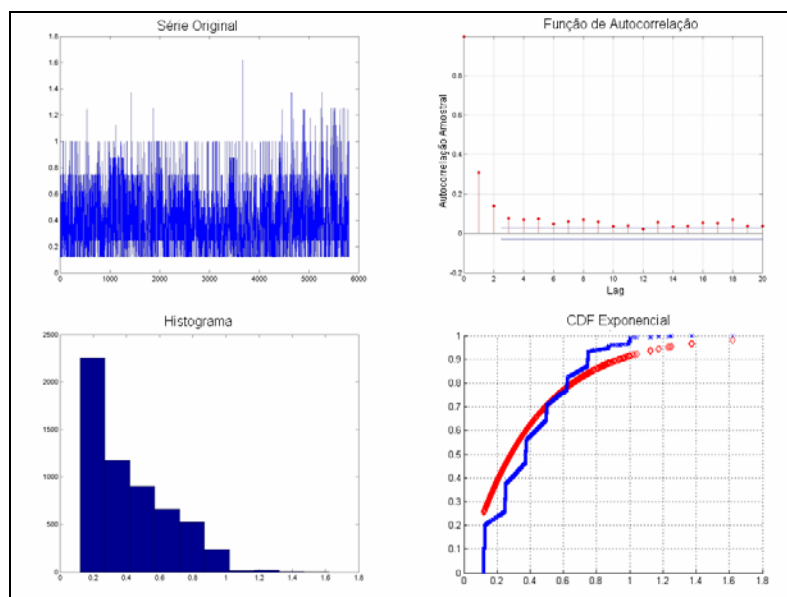
○ Figura 1 – Análise descritiva dos dados de duração



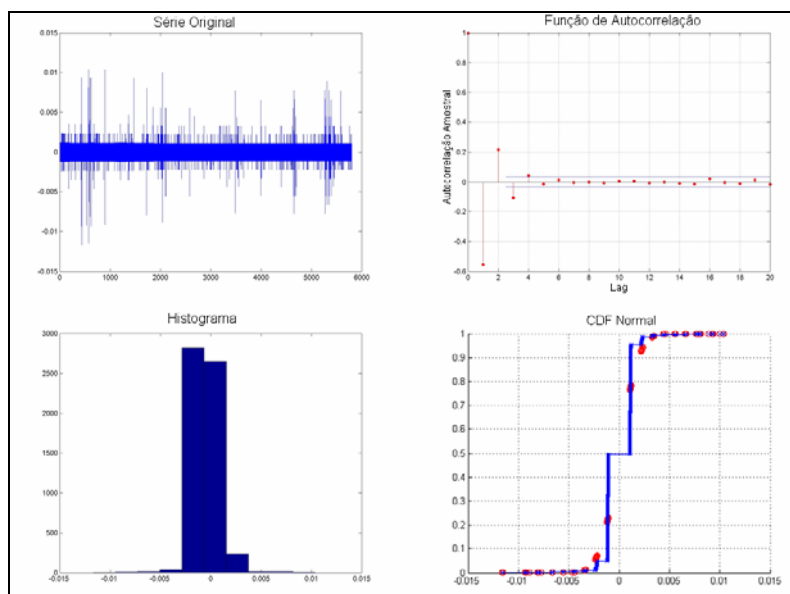
○ Figura 2 – Análise descritiva dos dados de volume



○ **Figura 3 – Análise descritiva dos dados de *spread***



○ **Figura 4 – Análise descritiva dos dados de retornos**



10.4

Apêndice IV

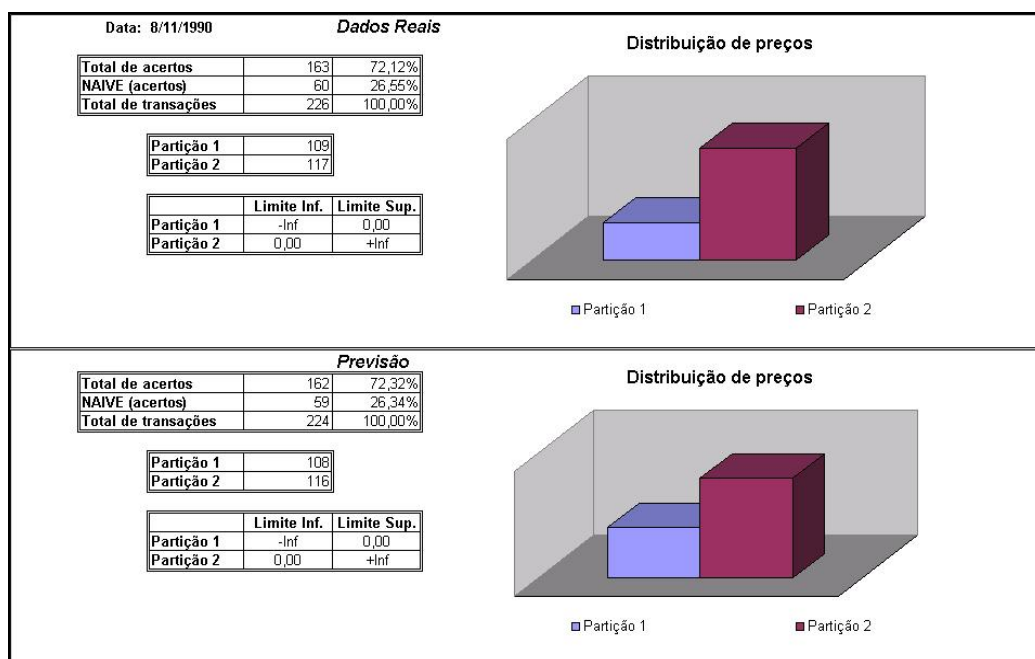
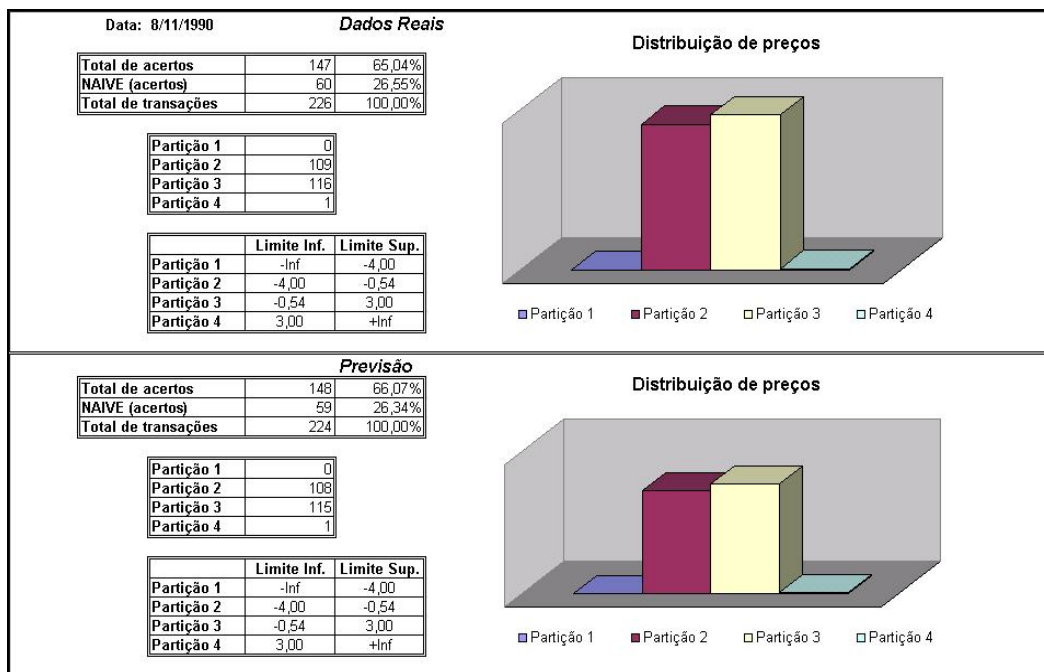
○ Tabela 9 – Resultados da previsão de preços (gráficos – Apêndice V)

Data	Modelo	Especificação do Modelo	Partição	Observações	Modelo (dados reais)	NAIVE	Observações	Modelo (previsão)	NAIVE
08/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -4,00[	0	147	60	0	148	59
			[-4,00 -0,54[	109			108		
			[-0,54 3,00[	116			115		
				3,00 +Inf[	1			1	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	109	163	60	108	162	59
			[0,00 +Inf.]	117			116		
09/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -4,08[	1	300	48	1	289	48
			[-4,08 -0,34[	162			161		
			[-0,34 3,09[	180			179		
				3,09 +Inf[	1			1	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	163	297	50	162	290	50
			[0,00 +Inf.]	181			180		
12/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -4,00[	3	364	73	3	345	73
			[-4,00 -0,10[	214			213		
			[-0,10 3,47[	219			218		
				3,47 +Inf[	4			4	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	217	361	75	216	337	75
			[0,00 +Inf.]	223			222		
13/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -3,63[	1	208	47	1	195	47
			[-3,63 0,40[	130			129		
			[0,40 4,84[	125			124		
				4,84 +Inf[	1			1	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	131	206	47	130	196	47
			[0,00 +Inf.]	126			125		
14/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -1,00[	8	197	49	8	179	49
			[-1,00 1,00[	128			127		
			[1,00 7,01[	140			139		
				7,01 +Inf[	0			0	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	136	220	50	135	215	50
			[0,00 +Inf.]	140			139		
15/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -3,89[	0	150	32	0	148	32
			[-3,89 -0,54[	105			104		
			[-0,54 3,15[	100			99		
				3,15 +Inf[	0			0	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	105	163	32	104	162	32
			[0,00 +Inf.]	100			99		
16/11/1990	Irrestrito	EMACM(2,2)	-Inf. -1,01[	10	153	50	10	135	50
			[-1,01 1,00[	110			109		
			[1,00 4,13[	116			115		
				4,13 +Inf[	1			1	
	Direção	EMACM(2,2)	-Inf. 0,00[	120	182	53	119	172	53
			[0,00 +Inf.]	117			116		

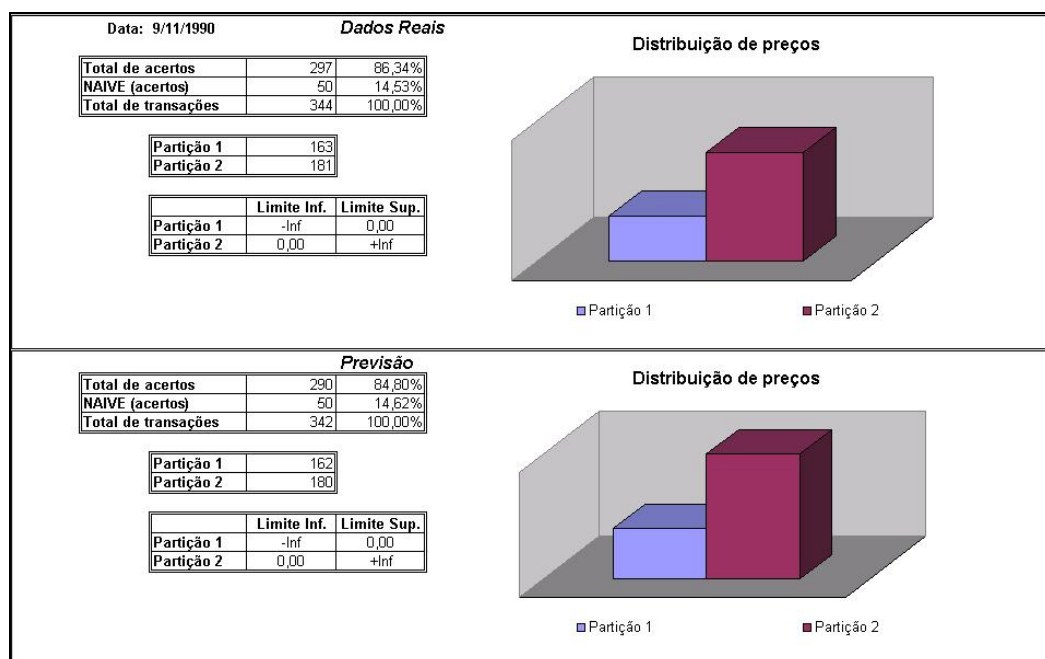
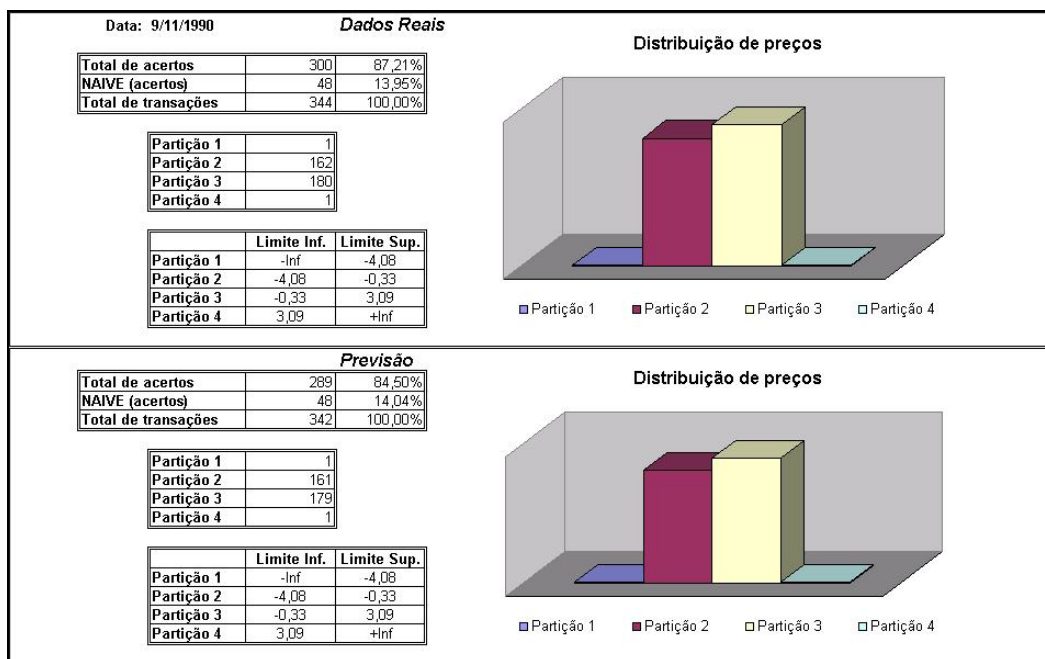
10.5

Apêndice V

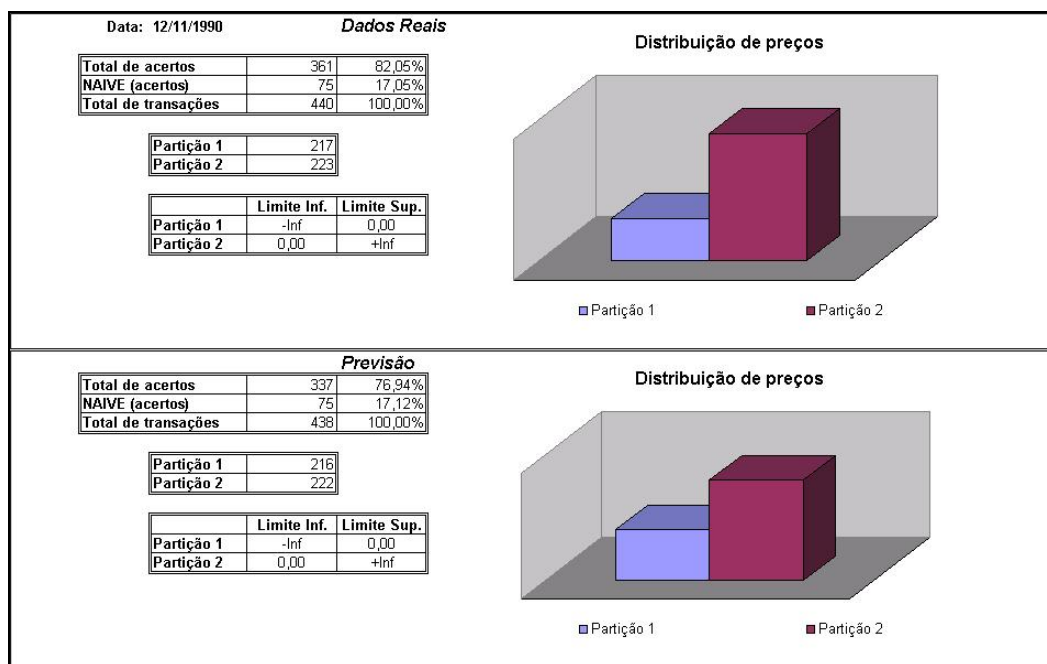
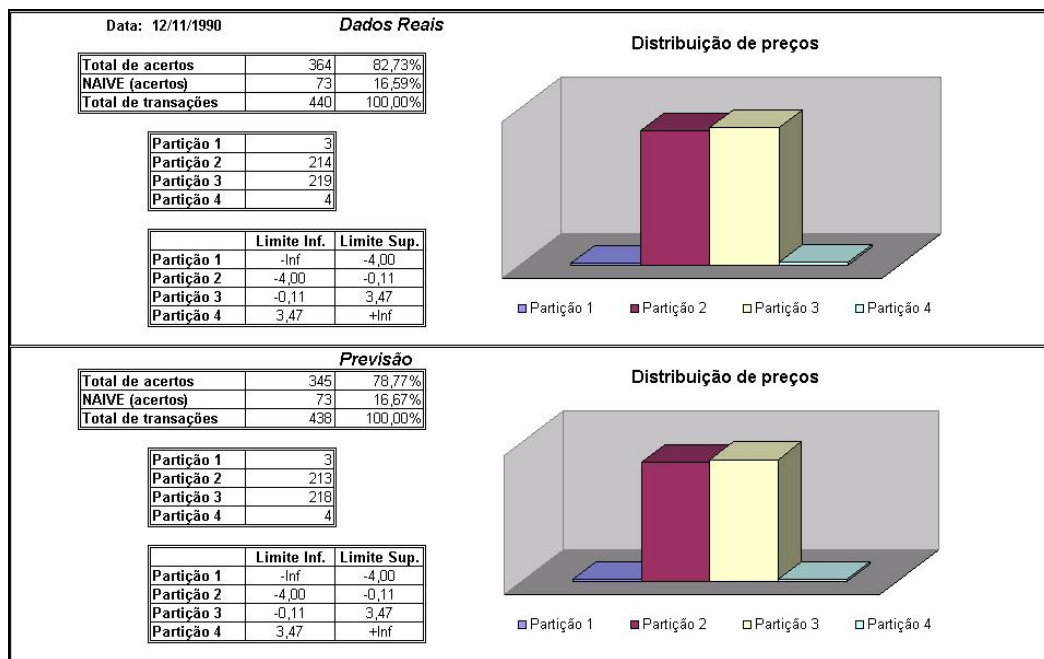
○ 08/11/1990



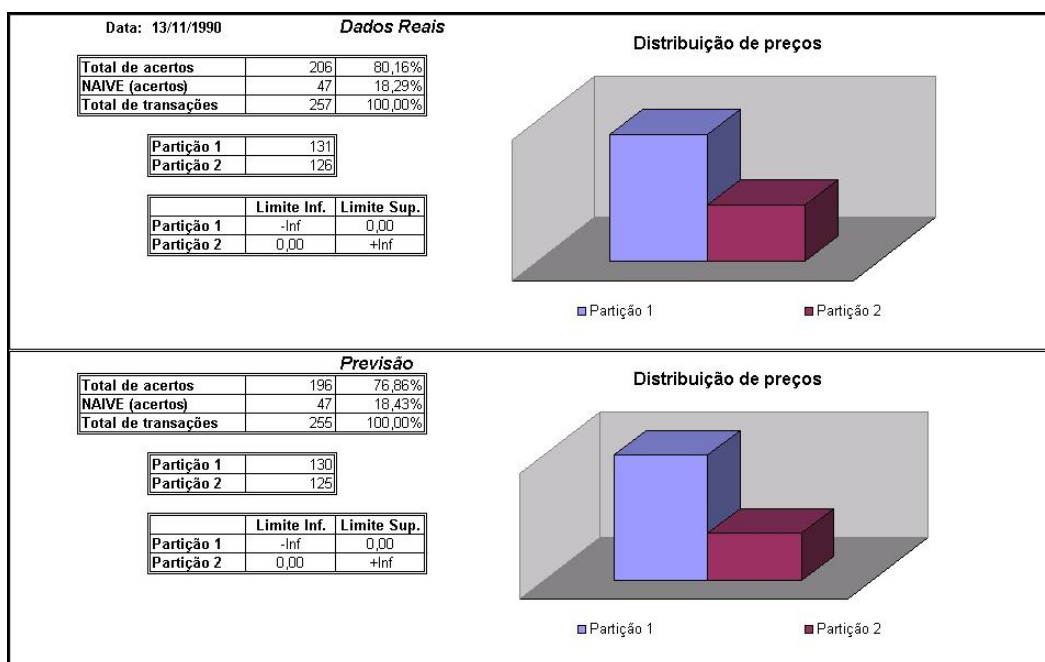
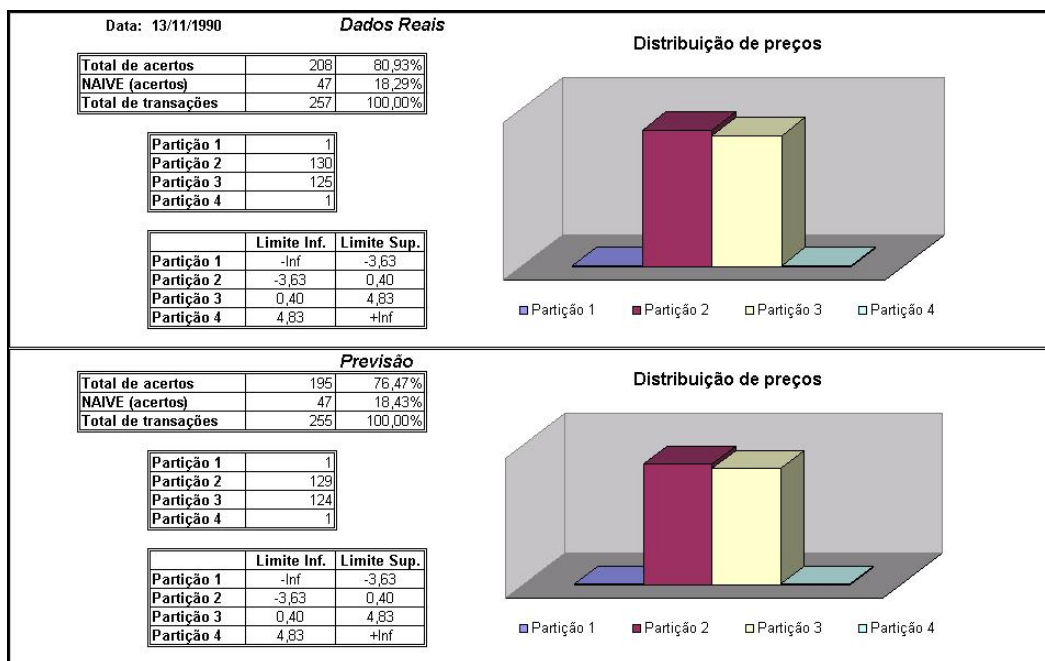
○ 09/11/1990



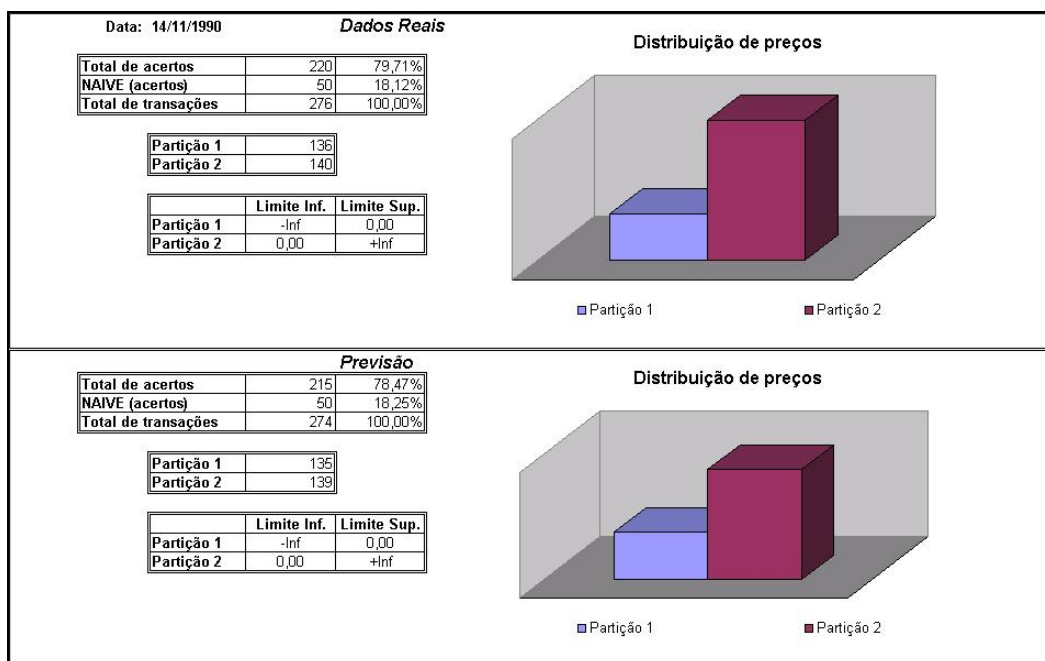
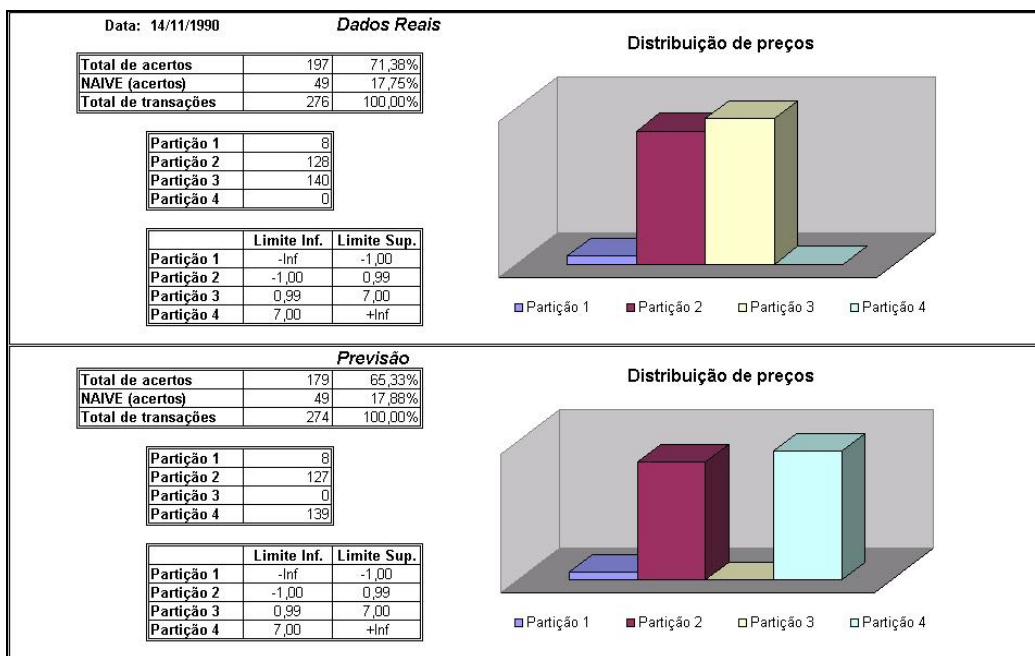
○ 12/11/1990



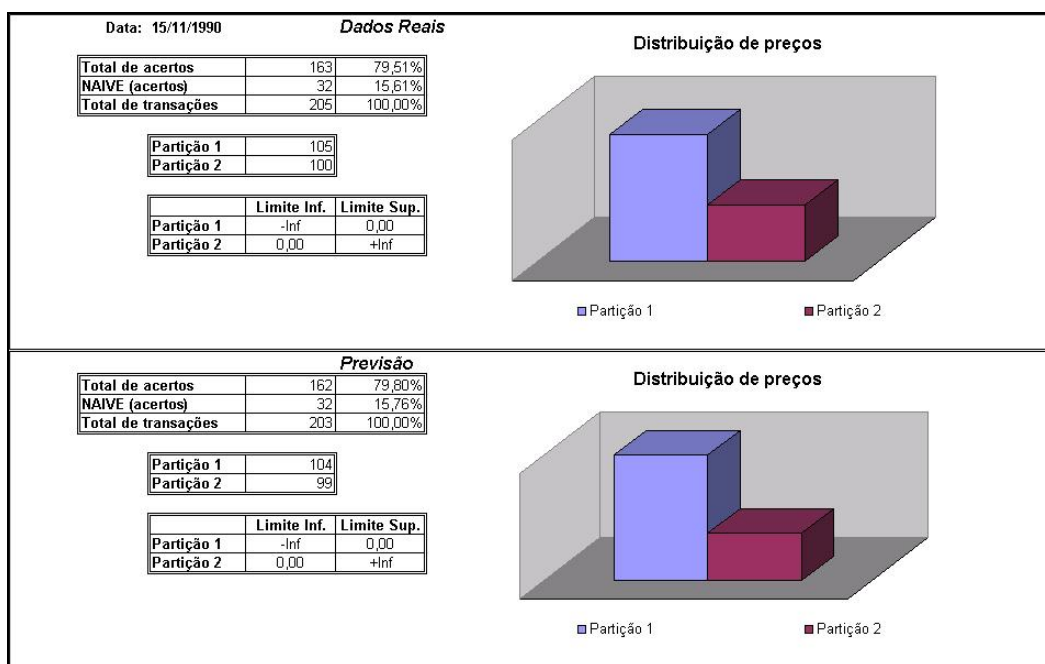
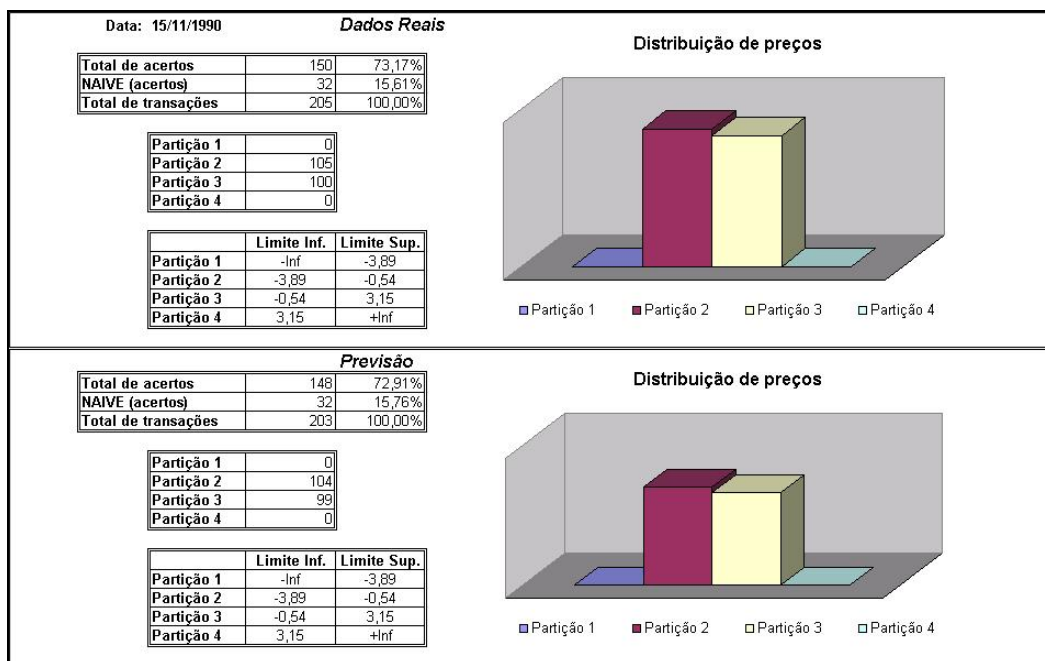
○ 13/11/1990



○ 14/11/1990



○ 15/11/1990



○ 16/11/1990

