

3 Dados e a construção das medidas de volatilidade e covariâncias

Na seção anterior discutiram-se ao total cinco metodologias para a estimação de volatilidades e covariâncias: o método EWMA, o *Constant Correlation* GARCH (CCGARCH), o GARCH Ortogonal (OGARCH), o EGARCH Ortogonal (OEGARCH) e a metodologia de “volatilidades e covariâncias realizadas”. Cada uma destas metodologias foi aplicada a retornos logarítmicos de cinco ativos brasileiros (Bradesco (BBDC4), Embratel (EBTP4), Petrobrás (PETR4), Telemar (TNLP4) e Vale do Rio Doce (VALE5)) para a construção de medidas de volatilidades e covariâncias diárias no período de 01/10/2001 a 11/04/2003 (a amostra tem um total de 379 dias úteis). A Figura 1 apresenta as séries de retornos diários dos cinco ativos considerados neste estudo.

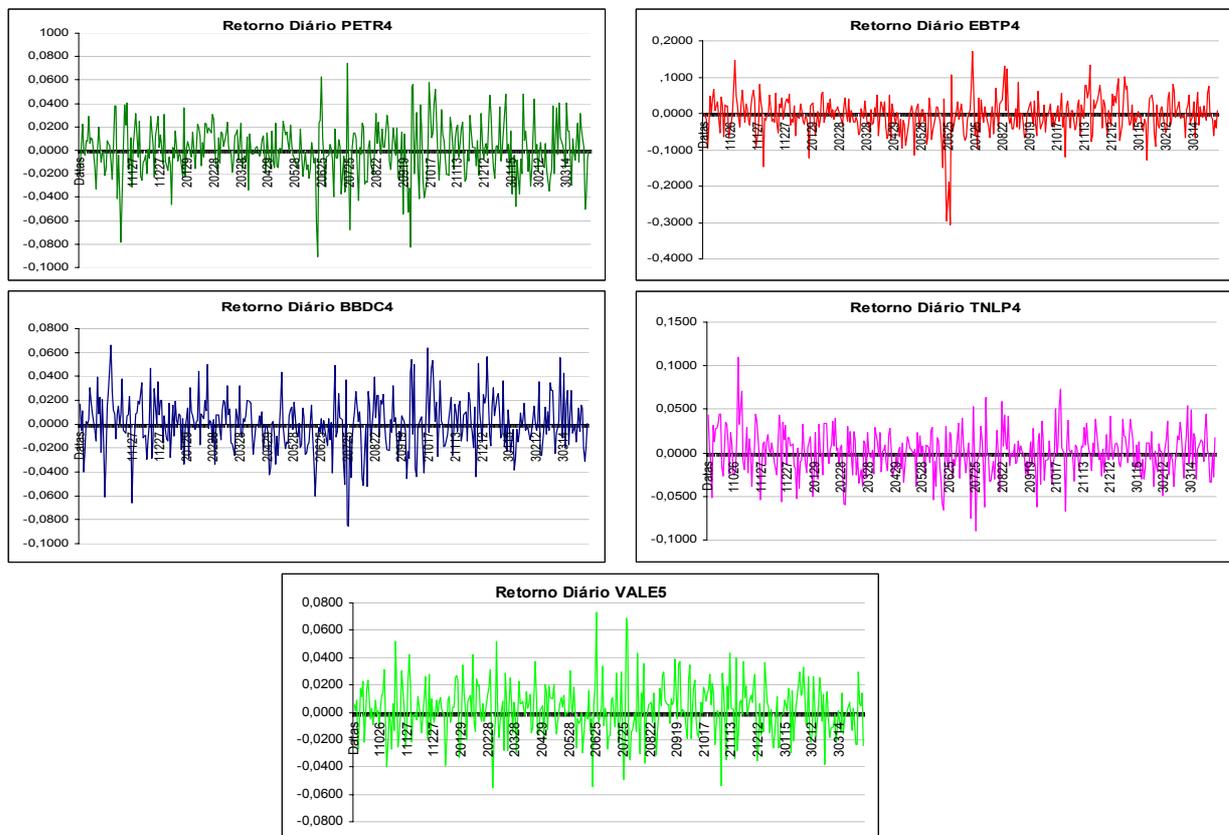


Figura 1- retornos diários de Petrobrás (PETR4), Embratel (EBTP4), Bradesco (BBDC4), Telemar (TNLP4) e Vale do Rio Doce (VALE5). A amostra cobre o período de 01/10/01 a 11/04/03.

O EWMA, o CCGARCH, o OGARCH e o OEGARCH foram aplicados de acordo com a seção 2 diretamente nos retornos *diários* dos cinco ativos. No entanto, para a construção das medidas de “volatilidades e covariâncias *diárias* realizadas”, são necessárias cotações *intradiaárias* dos retornos dos ativos e, conforme visto na seção 2.3, existe um problema prático não trivial na escolha do tamanho da janela de amostragem destes dados. A frequência ótima deve ser idealmente grande o suficiente para produzir variação amostral desprezível e, ainda pequena o suficiente, para evitar os efeitos de microestruturas de mercado que ocasionam viés no estimador. Uma vez que as cotações intradiárias dos retornos dos ativos só estavam disponíveis no intervalo mínimo de 15 minutos¹, a escolha da janela ficou restrita a múltiplos deste valor.

Para analisar os efeitos advindos de microestruturas de mercado será utilizado um simples diagnóstico prático desenvolvido em Andersen, Bollerslev, Diebold e Labys (2000). O procedimento consiste em utilizar retornos intradiários em diferentes frequências (será testado neste trabalho as frequências de 15-15 minutos, 30-30 minutos e 45-45 minutos²), com cada uma destas frequências estimar as volatilidades diárias e depois calcular as médias destas volatilidades. Enquanto as fricções de microestruturas estiverem operantes, elas devem estar causando tipicamente uma autocorrelação negativa entre os retornos e, conseqüentemente, causando um viés positivo nas volatilidades e em suas médias. Conforme as janelas aumentam, este efeito deve ficar cada vez menor e as médias das volatilidades diárias devem se estabilizar. A Tabela 1 apresenta o resultado desta análise. Conforme esperado, as médias da volatilidade declinam ao se aumentar a janela intradiária de 15 para 30 minutos e, mais importante, ao se aumentar a janela de 30 para 45 minutos, as médias das volatilidades realizadas mantêm-se praticamente constante, o que apresenta um indício de que já com 30 minutos o viés advindo de fricções de microestrutura de mercado deve ser baixo.

Quanto a eficiência do estimador, utiliza-se retornos intradiários amostrados em diferentes frequências e, para cada uma destas frequências, constrói-se as

¹ Os dados foram obtidos através da empresa CMA (www.cma.com.br). Apesar dos cinco ativos considerados estarem entre os mais líquidos do mercado acionário brasileiro, nem sempre ocorreram negociações dentro do referido intervalo de 15 minutos. Sempre que foi encontrado este problema, foi considerado um retorno igual a zero no intervalo em questão.

medidas de volatilidades realizadas e seus respectivos intervalos de confiança de 95%. A construção de intervalos de confiança baseou-se no seguinte resultado de Barndorff-Nielsen e Sheppard (2002):

$$\frac{\log\left(\sum_{t=1/m}^1 r_{i,t}^2\right) - \log(\sigma_{i,D}^2)}{\sqrt{\frac{2 \sum_{t=1/m}^1 r_{i,t}^4}{3 \left\{ \sum_{t=1/m}^1 r_{i,t}^2 \right\}^2}}} \xrightarrow{D} N(0,1) \quad (27)$$

onde $r_{i,t}$ denota o retorno *intradiaário* do ativo i no instante de tempo t , contando um dia com o total de m retornos intradiários e $\sigma_{i,D}^2$ denota a variância diária do ativo i .

Análise de viés do estimador de volatilidade realizada			
Variâncias	Média (janela 15)	Média (janela 30)	Média (janela 45)
PETROBRÁS	0.02	0.0188	0.019
EMBRATEL	0.0434	0.0399	0.0404
BRADESCO	0.0215	0.0199	0.02
TELEMAR	0.0228	0.0218	0.0221
VALE	0.0172	0.0159	0.0159

Tabela 1- A tabela apresenta as médias das volatilidades diárias estimadas no período de 01/10/2001 à 11/04/2003 através da metodologia de volatilidade realizada. Utilizam-se cotações intradiárias amostradas em três diferentes janelas: 15, 30 e 45 minutos.

O resultado desta análise encontra-se na Tabela 2, que exhibe a média da variação entre a fronteira superior e inferior do intervalo de confiança. Assim, por exemplo, ao calcular intervalos de 95% para a Petrobrás utilizando-se cotações intradiárias amostradas a cada 15 minutos, o tamanho médio dos intervalos foi de 0.00087. Como natural, ao se aumentar o tamanho dos intervalos de amostragem (e, conseqüentemente, diminuir o número de observações disponíveis para a estimação), os intervalos de confiança tornam-se maiores, refletindo a maior incerteza relativa ao parâmetro estimado. Este efeito parece particularmente forte: no caso, por exemplo, da estimação das volatilidades realizadas da Telemar (a ação com maior participação no Ibovespa), ao se aumentar o intervalo de amostragem de 15 para 30 minutos, a média dos intervalos de confiança cresce em

² Não serão testadas janelas maiores do que 45 minutos, devido ao número muito baixo de observações intradiárias que restariam. Por exemplo, com uma janela de 1 hora, ficariam apenas 7

18.3%, enquanto ao se comparar intervalos de 15 e 45 minutos, o aumento é de 39.8%. Ou seja, a perda de eficiência devida ao aumento dos intervalos é de magnitude considerável.

Análise da eficiência do estimador de volatilidade realizada			
IC Variâncias	Média (janela 15)	Média (janela 30)	Média (janela 45)
PETROBRÁS	0.000867	0.000967	0.001100
EMBRATEL	0.004800	0.005100	0.005200
BRDESCO	0.000871	0.001000	0.001100
TELEMAR	0.000930	0.001100	0.001300
VALE	0.000670	0.000724	0.000787

Tabela 2- A tabela apresenta as amplitudes médias dos intervalos de confiança para as medidas de volatilidade realizada no período de 01/10/2001 à 11/04/2003. Utilizam-se cotações intradiárias amostradas em três diferentes janelas: 15, 30 e 45 minutos.

No *trade-off* entre viés e eficiência, optou-se por uma janela de 15 minutos. Enquanto a análise de viés sugeria uma janela de 30 minutos, a perda de eficiência na estimação aparentou ser suficientemente forte³. A matriz de covariância realizada no dia t fica então como:

$$\text{Cov}_t = \sum_{i=1}^m \mathbf{R}_{i,t} \mathbf{R}_{i,t}^T \quad (28)$$

onde: $\mathbf{R}_{i,t}$ é a i -ésima observação intradiária do vetor 5×1 que contém os retornos dos cinco ativos. Note que trabalhando com retornos intradiários de 15-15 minutos e, dado o horário de negociação considerado (10:00 às 17:00), m assume o valor de 27.

As Figuras 2 e 3 apresentam os gráficos das volatilidades e covariâncias estimadas utilizando a metodologia de “volatilidades e covariâncias realizadas”, enquanto as Figuras 4 e 5 apresentam os mesmos gráficos obtidos através do modelo EWMA. É significativa a diferença entre os resultados das diferentes metodologias e, conseqüentemente, serão também diferentes os resultados para as distribuições dos retornos condicionais, objeto central de estudo da próxima seção.

observações intradiárias.

³ Não existe uma escolha inegavelmente ótima da janela de amostragem. O que a análise acima permite é ter uma idéia das magnitudes dos efeitos de viés e eficiência do estimador, com diferentes janelas, visando a nortear a decisão.

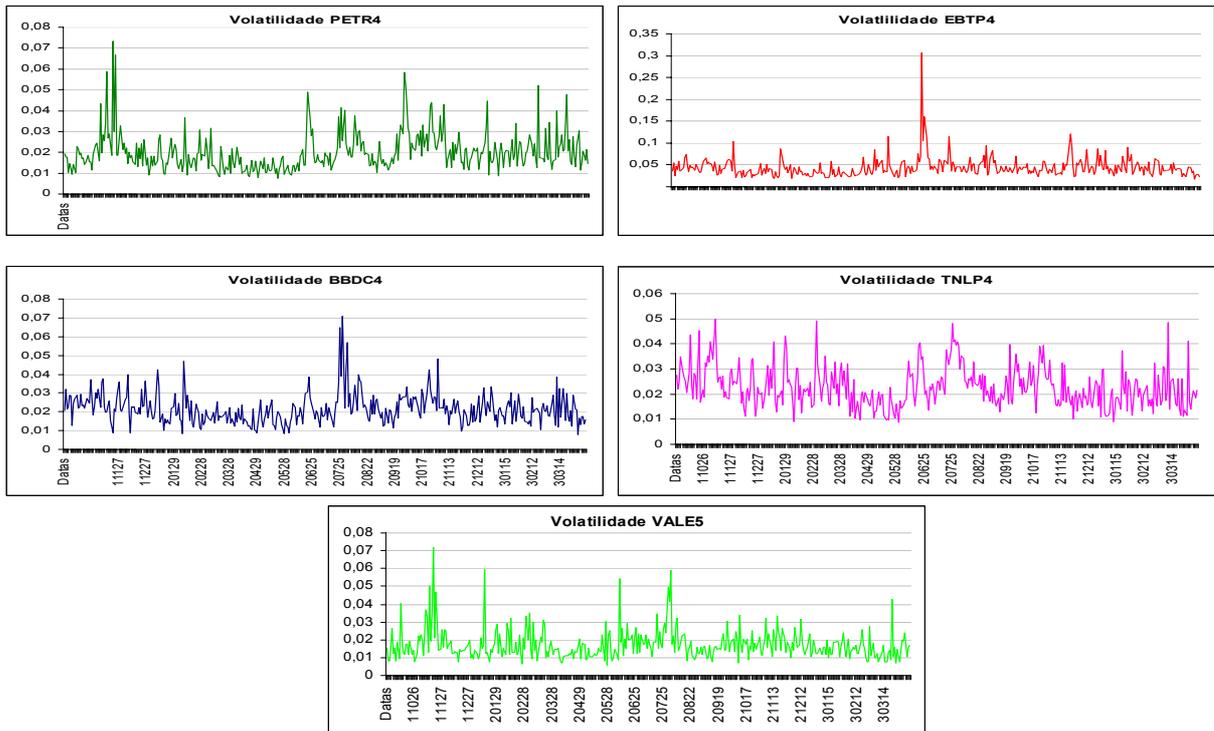


Figura 2- volatilidades diárias de Petrobrás (PETR4), Embratel (EBTP4), Bradesco (BBDC4), Telemar (TNLP4) e Vale do Rio Doce (VALE5). As volatilidades foram estimadas pela metodologia de volatilidade realizada utilizando-se uma janela de 15 minutos. A amostra cobre o período de 01/10/01 a 11/04/03.

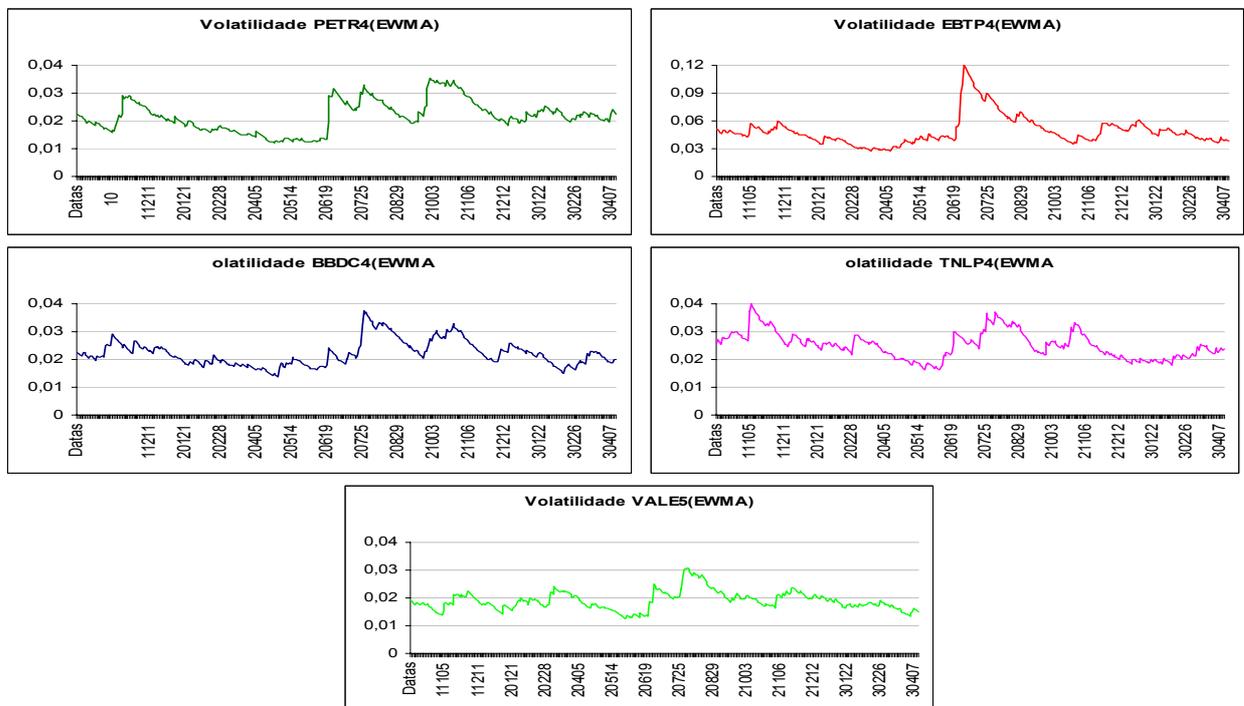


Figura 3- volatilidades diárias de Petrobrás (PETR4), Embratel (EBTP4), Bradesco (BBDC4), Telemar (TNLP4) e Vale do Rio Doce (VALE5). As volatilidades foram estimadas pela metodologia EWMA. A amostra cobre o período de 01/10/01 a 11/04/03.

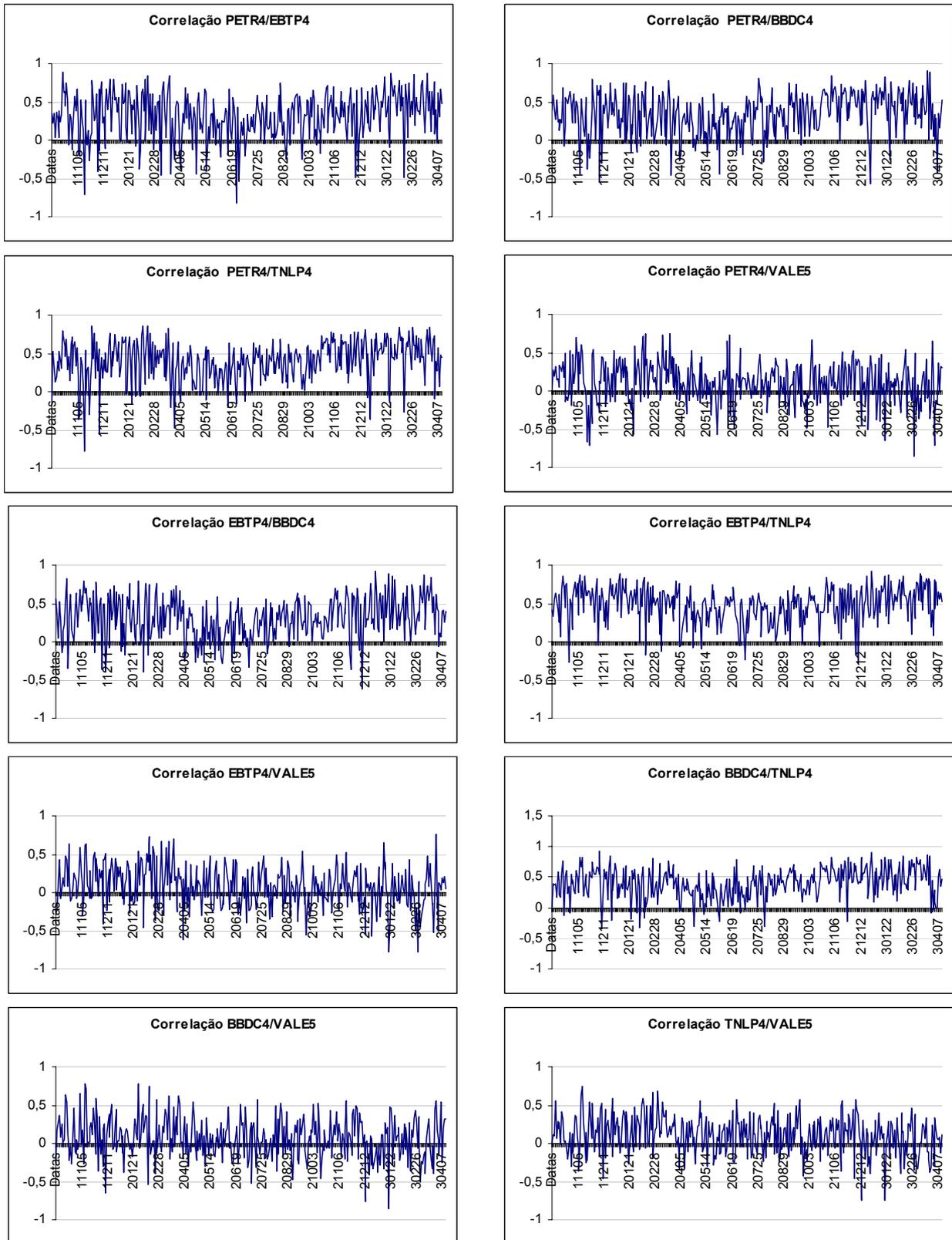


Figura 4- correlações diárias de Petrobrás (PETR4), Embratel (EBTP4), Bradesco (BBDC4), Telemar (TNLP4) e Vale do Rio Doce (VALE5). As correlações foram estimadas pela metodologia de volatilidade realizada utilizando-se uma janela de 15 minutos. A amostra cobre o período de 01/10/01 a 11/04/03.

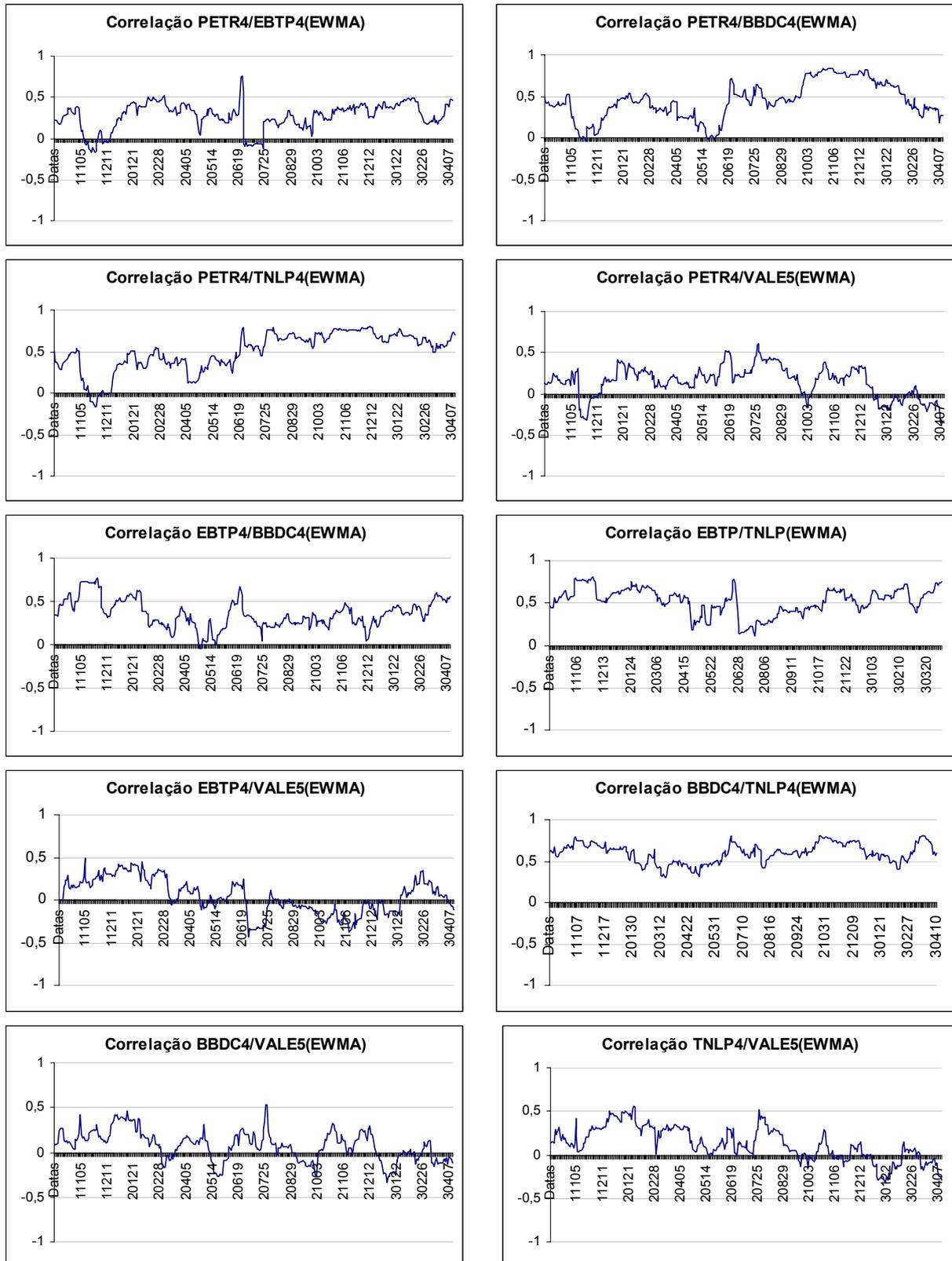


Figura 5- correlações diárias de Petrobrás (PETR4), Embratel (EBTP4), Bradesco (BBDC4), Telemar (TNLP4) e Vale do Rio Doce (VALE5). As correlações foram estimadas pela metodologia EWMA. A amostra cobre o período de 01/10/01 a 11/04/03.