

4. Modelagem e análise de dados

Este capítulo trata da modelagem e da análise dos dados. Definem-se as variáveis usadas e realiza-se a análise estatística destas, tendo como objetivo proposto a descoberta de uma função que ofereça, com alguma precisão, a possibilidade de previsão dos fretes futuros.

4.1. Obtenção dos dados

A obtenção de informações de fretes marítimos não é fácil nos meios de informação de acesso geral. Portanto, limitou-se o estudo às fontes de informação específicas do mercado, ou seja, nos *shipbrokers* que acompanham o mercado apresentando cargas para fretadores e navios para afretadores.

Por ter um sistema mais estruturado on-line e não depender de requisições sob demanda, podendo assim extrair quase que instantaneamente quaisquer informações necessárias, optou-se por concentrar nossa fonte de informações no sistema de informações do *shipbroker* Clarksons, com sede em Londres. Não se achando a informação desejada, outra fonte era procurada.

Cabe também colocar que, ao contrário de mercados 100% transparentes, como é o caso da Bolsa de Valores onde todas as negociações são publicamente conhecidas com valor também informado (BOVESPA, por exemplo), no caso do mercado de fretes marítimos isso nem sempre é verdade. Muitas negociações são feitas em caráter sigiloso, e muitas informações que começam a ser disseminadas partem de boatos.

Além disso, o mercado de fretes marítimos tem suas nuances de posicionamento de navios, docagens, tamanhos distintos, idades das embarcações, reputação dos responsáveis técnicos dos navios, entre outros, que podem fazer com que um afretador que acabou de fechar um negócio a WS 80 esteja fechando um melhor negócio que outro que fechou a WS 75, por exemplo.

Foi obtido, assim, os seguintes conjuntos de dados mensais, afim de selecionar dentre estes, alguns que farão parte do presente estudo:

Dados	Período	Fonte
Frete mercado Spot de VLCC na rota AG-Chiba	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Frete mercado Spot de Suezmax na rota WAF-USG	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Fretes de VLCC para Time Charter 1 ano	Jan/92 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Fretes de VLCC para Time Charter 3 anos	Jan/92 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Número de VLCC's na frota mundial	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Preço de um VLCC "newbuilding"	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Preço de um VLCC usado (5 anos de idade)	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Número de VLCC's encomendados (carteira)	Jan/96 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Transações de compra e venda de VLCC's usados	Jan/95 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Preço de venda do VLCC para sucata	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Fechamentos spot VLCC a partir do AG	Jan/98 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Fechamentos spot VLCC no mundo	Jan/98 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Navios VLCC's ociosos aguardando no AG	Jan/91 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Navios potencialmente no AG em 8 semanas	Jan/91 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Navios potencialmente no AG em 4 semanas	Out/94 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Estoques Petróleo EUA (excluindo reserva estratégica)	Jan/90 a Set/07	EIA ⁽²⁾
Estoques de Petróleo e derivados EUA	Jan/90 a Set/07	EIA ⁽²⁾
Importações Petróleo Japão	Jan/91 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Importações Petróleo EUA	Jan/91 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Preço do Petróleo Árabe Leve	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Preço do Petróleo Brent	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Produção OPEC	Jan/91 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Produção de Petróleo Mundial;	Jan/91 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
<i>Bunker</i> de navios (combustível)	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Câmbio US\$ Americano / Libra Esterlina	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Câmbio US\$ Americano / Iene	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Crescimento da Produção Industrial EUA	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾
Temperatura do mês	Jan/90 a Set/07	Clarksons ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Shipping Intelligence Network (SIN) – *Shipbroker* Clarksons <www.clarksons.net>, acesso em 19 agosto 2007

⁽²⁾ Energy Information Administration (EIA) <www.eia.doe.gov>, acesso em 01 dezembro 2007

Tabela 3 – variáveis analisadas nesse trabalho

4.2. Seleção de dados

Visando focar o estudo e concentrar apenas nas variáveis com mais chances de sucesso, eliminou-se as variáveis que tinham histórico mais limitado, ou seja, com menor número de dados, e também as que resultaram numa correlação muito fraca. Algumas também foram descartadas por serem de difícil obtenção, e que portanto gerariam uma equação de pouca utilidade prática.

Feita essa análise, em todas as variáveis anteriormente citadas, o resultado foi o seguinte, destacando-se as variáveis que serão estudadas com maior detalhe deste ponto em diante nesse trabalho:

Dados	# dados	Correlação	Observação
Frete mercado Spot de VLCC na rota AG-Chiba	213	N/A	Variável dependente
Frete mercado Spot de Suezmax na rota WAF-USG	213	0,91	A correlação é alta, entretanto não há relação de causalidade entre as variáveis.
Fretes de VLCC para Time Charter 1 ano	189	0,78	Bom número de dados e alta correlação
Fretes de VLCC para Time Charter 3 anos	189	0,55	Bom número de dados e alta correlação
Número de VLCC's na frota mundial	213	0,12	Correlação muito baixa
Preço de um VLCC "newbuilding"	213	0,18	Correlação muito baixa
Preço de um VLCC usado (5 anos de idade)	213	0,48	Correlação relativamente baixa, informação com pouca liquidez.
Número de VLCC's encomendados (carteira)	141	0,12	Correlação muito baixa e amostra reduzida
Transações de compra e venda de VLCC's usados	153	0,36	Correlação muito baixa e amostra reduzida, além de pouca liquidez
Preço de venda do VLCC para sucata	213	0,48	Correlação mediana e histórico amplo
Fechamentos spot VLCC a partir do AG	117	0,01	Correlação muito baixa
Fechamentos spot VLCC no mundo	117	-0,04	Correlação muito baixa
Navios VLCC's ociosos aguardando no AG	201	-0,63	"Navios potencialmente no AG em 4 e 8 semanas" já considera essa informação.
Navios potencialmente no AG em 8 semanas	201	-0,19	Correlação muito baixa
Navios potencialmente no AG em 4 semanas	156	-0,63	Boa correlação, variável importante pois indica a oferta de navios.
Estoques Petróleo EUA (excluindo reserva estratégica)	213	-0,41	Boa correlação, entendido como indicador de demanda de transporte.
Estoques de Petróleo e derivados EUA	213	0,00	Correlação muito baixa
Importações Petróleo Japão	201	-0,18	Correlação muito baixa
Importações Petróleo EUA	201	0,50	Embora tenha boa correlação e amostra ampla, a informação é de difícil obtenção.
Preço do Petróleo Árabe Leve	213	0,43	Correlação mediana, por ser o preço do insumo principal optou-se por incluir na análise..
Preço do Petróleo Brent	213	0,44	Excluído, forte correlação com o Petróleo Árabe Leve.
Produção OPEC	201	0,60	Indica demanda por transporte, boa correlação e amostra ampla.
Produção de Petróleo	201	0,57	Produção da OPEC é mais representativa.

Mundial;

<i>Bunker</i> de navios (combustível)	213	0,39	Correlação mediana, ampla amostra, maior custo operacional do armador.
Câmbio US\$ Americano / Libra Esterlina	213	0,28	Correlação muito baixa
Câmbio US\$ Americano / Iene	213	-0,13	Correlação muito baixa
Crescimento da Produção Industrial EUA	213	0,20	Correlação muito baixa
Temperatura do mês	213	0,02	Correlação muito baixa

Tabela 4 – Análise preliminar das variáveis selecionadas.

Em suma, os índices que foram selecionados foram:

Fretes de VLCC para contratos de Time Charter de 1 ano: Faz sentido o valor dos contratos Time Charter influenciarem diretamente os fretes no mercado spot, pois acabam sendo a opção alternativa dos proprietários das embarcações.

Fretes de VLCC para contratos de Time Charter de 3 anos: Idem anterior

Preço de venda do VLCC para sucata: Os proprietários de embarcações, até pelo fato de terem feito investimento de elevado montante, tentam sempre maximizar a taxa interna de retorno. O final do ciclo do investimento é quando o navio é vendido para sucata. Logo, é de se esperar que a venda do navio para sucata, principalmente dos navios mais antigos, passa também a ser opção considerada pelos proprietários de navios, sendo que esse valor muito provavelmente é correlacionado com o valor do frete.

Navios VLCC potencialmente no Golfo Pérsico nas próximas 4 semanas: Esse item diz respeito diretamente com a oferta de navios. Quanto maior a disponibilidade de navios no curto prazo, o frete tende a diminuir e vice versa, em consonância com a lei de oferta e da demanda.

Estoques de Petróleo nos EUA: Considerando-se que os EUA são importadores de petróleo de grande vulto no mercado internacional, é de se esperar que os estoques nesse país possam influenciar a demanda. Um período de baixos níveis de estoque pode induzir a uma maior demanda pelo produto, ao

passo que níveis elevados do produto em estoque podem significar uma baixa demanda no curto prazo.

Preço do Petróleo Árabe Leve: Estuda-se aqui o valor do frete do VLCC, navio este que transporta quase que somente petróleo. É razoável imaginar que o preço da commodity, no caso o preço do petróleo Árabe Leve (com origem no Golfo Pérsico, região na qual o presente estudo se concentra) deva influenciar em algum grau o preço dos respectivos fretes.

Produção da OPEC: Um aumento na produção dos países membros da OPEC induz automaticamente numa maior necessidade de transporte de petróleo no mundo, logo, a introdução dessa variável pareceu fazer sentido.

Bunker de navios: O *bunker* é o insumo de maior representatividade nos custos dos armadores. Portanto, cabe uma análise do preço do mesmo em relação ao frete do mercado spot.

4.3. Análise dos dados

Para dar suporte à análise dos dados, foi inicialmente utilizado o software Microsoft Office Excel, que foi utilizado basicamente para centralizar os dados coletados e também para a análise preliminar, que avaliou as correlações entre as diversas variáveis coletadas e a variável dependente “Frete no mercado spot”.

Depois, para uma análise mais minuciosa, utilizou-se o software Eviews, que possibilitará uma análise mais detalhada e acurada das séries de dados.

Serão feitas 3 análises principais: a primeira, estudando-se exclusivamente a série de dados dependente (modelo em série temporal), a segunda, considerando-se a variável de frete como variável dependente e estudando as variáveis eleitas na seleção de dados como variáveis independentes, e por último a análise com a metodologia VAR (Vetor Autoregressivo), que considera todas as variáveis como endógenas e que todas atuam sobre as demais como num sistema integrado.

Ao final, será avaliada qual delas oferece uma previsão com maior aderência com a realidade, e esta fornecerá uma equação que auxiliará no estudo de previsões de fretes de VLCC com origem no AG em curto prazo.

4.3.1. Análise com modelo em série temporal

Embora a variável de fretes de VLCC dependa de inúmeros outros fatores, pode-se fazer uma análise do comportamento dessa variável isoladamente, e possivelmente obtendo um resultado satisfatório.

Tem-se uma série histórica de fretes de VLCC mensal de janeiro de 1990 a julho de 2007, totalizando 211 dados. Será feita análise baseada nos primeiros 200 dados, que será considerada nossa janela de estimação, e depois será verificado se o modelo ajustado explicará satisfatoriamente os 11 dados seguintes (aproximadamente 1 ano), já a priori conhecidos. Esses pontos obtidos e analisados estão apresentados no Apêndice I.

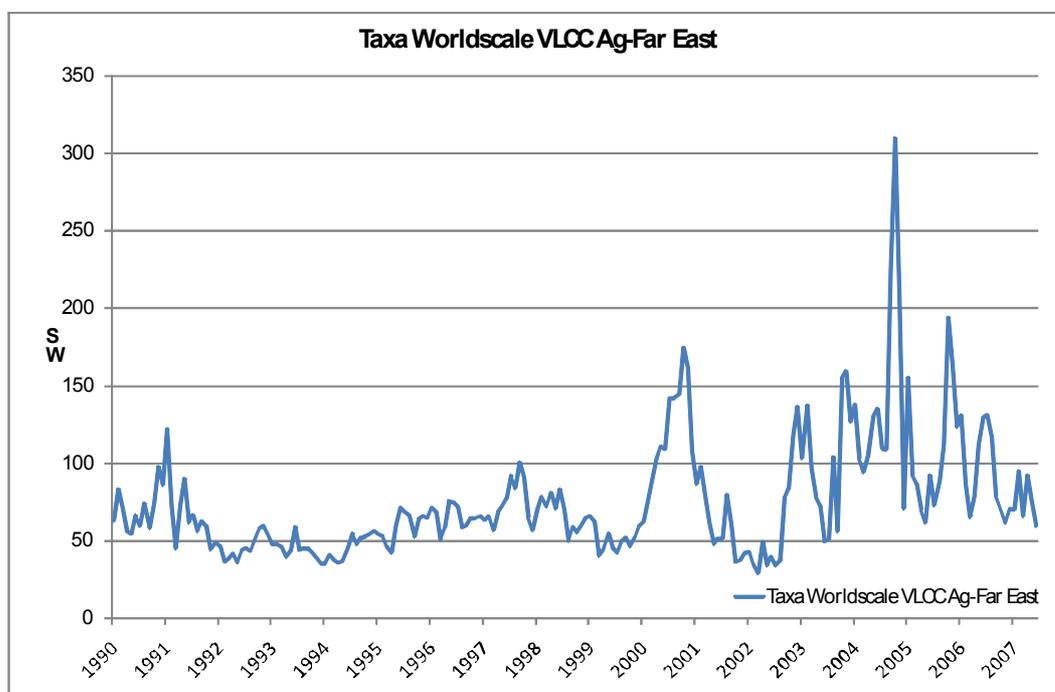


Figura 7 – Gráfico da evolução dos fretes ao longo do tempo

De posse desses dados (em realidade ignorando-se os 11 últimos deles para que sirvam de controle e verificação), determina-se a equação de regressão que melhor se adequa aos dados apresentados.

Construindo-se o histograma da curva dos primeiros 200 dados, obtém-se:

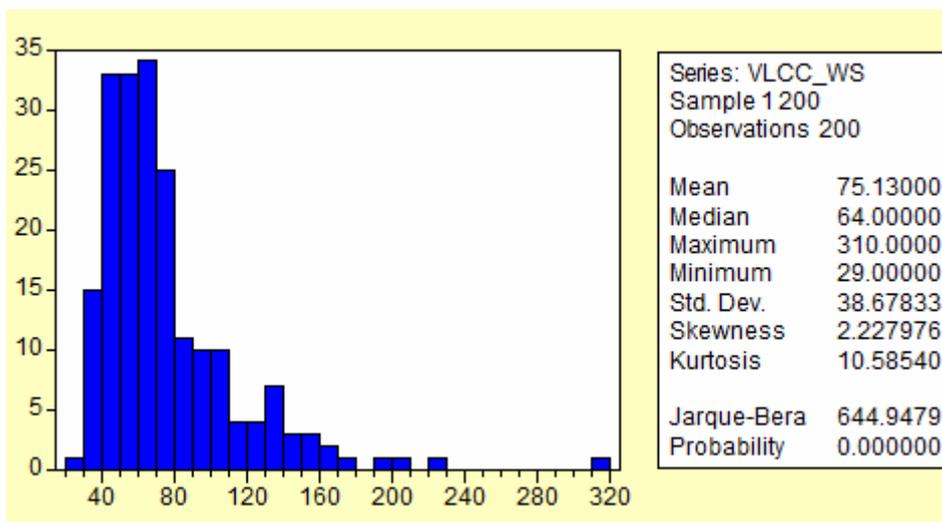


Figura 8 – Histograma da análise do modelo de séries temporais

A aparência assimétrica da curva já indica que não se trata de uma distribuição normal, já que não apresenta uma forma de sino simétrica. Além disso, a média é distinta da mediana e da moda, mais um indicador da não-normalidade da série de dados.

A estatística Jarque-Bera confirmou a indicação acima, rejeitando H_0 , apresentando valor nulo.

Também foi feita a análise do teste ADF (“*Augmented Dickey-Fuller*”), e considerando-se um nível de significância de 5%, o teste indicou que a série é estacionária (Apêndice II).

Diversas simulações de equações de regressão foram feitas, pelo método de mínimos quadrados, sempre observando o nível de significância das variáveis envolvidas e sempre buscando minimizar os critérios de Akaike e Schwarz. Foi utilizada uma variável *dummy* no mês de outubro de 2004, que apresentou um pico atípico devido ao furacão Ivan, que atingiu o nível máximo (categoria 5) em setembro de 2004, segundo National Weather Service (2008).

Feitas inúmeras tentativas com diversas combinações, chegou-se à conclusão que mantendo-se como parâmetros os *lags* 1 e 3, obtém-se o valor mínimo dos critérios de Akaike e Schwarz (9,09 e 9,15 respectivamente), tendo como resultado o seguinte modelo ajustado:

$$WS_t = 17,1165 + 0,6452.WS_{t-1} + 0,1215.WS_{t-3} + 134,47.dummy$$

(4,399)
(11,939)
(2,320)
(5,662)

Os números entre parênteses apresentam a estatística-t, e essa nomenclatura será adotada ao longo deste trabalho. O resumo do resultado dessa análise encontra-se ilustrado no Apêndice III. Os valores entre parênteses são os valores das estatísticas t.

Plotando-se o gráfico de resíduos com os valores de WS, obtém-se:

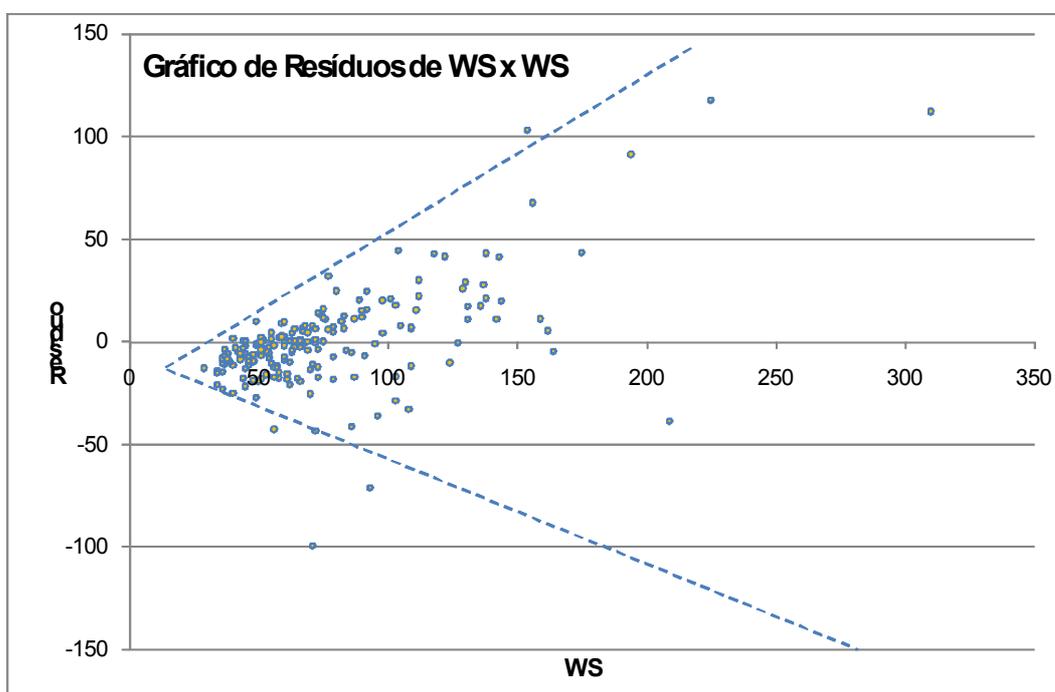


Figura 9, Gráfico de Resíduos de WS x WS, modelo de séries temporais

Parece bastante razoável assumir que a variabilidade dos resíduos cresce à medida que os valores de WS tornam-se maiores, como pode se observar no gráfico acima. Logo, conclui-se que se trata de uma série heterocedástica.

Os resultados da análise dos dados residuais comprovam a análise gráfica. Pelo menos um dos coeficientes é significativo, conseqüentemente existe efeito ARCH na série de resíduos, conseqüentemente trata-se de uma série heterocedástica (Apêndice IV).

Com isso, e também sabendo que o modelo ARCH/GARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity e Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) se ajusta bem a séries onde a volatilidade varia, ou seja, períodos de relativa estabilidade seguidos de períodos de brusca movimentação, testou-se também criar uma equação por esse método.

O resultado foi positivo, tendo sido obtidos critérios Akaike e Schwarz ainda inferiores que o melhor índice obtido pelo método dos mínimos quadrados (8,44 e 8,56 respectivamente). O resumo desse resultado encontra-se ilustrado no Apêndice V.

O modelo ajustado resulta em:

$$WS_t = 8,6096 + 0,7278 \cdot WS_{t-1} + 0,1237 \cdot WS_{t-3} + 124,1440 \cdot du + \varepsilon_t$$

(2,857) (11,444) (1,719) (0,001)

O modelo ajustado de variância do efeito ARCH/GARCH é:

$$h_t = 1,447 + 0,235 \cdot \beta_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + 0,819 \cdot \beta_2 \cdot h_{t-1}$$

(0,643) (4,232) (29,857)

Aplicando-se o teste de resíduos na série, é rejeitada a hipótese nula de que a série não é heterocedástica, ou seja, eliminou-se satisfatoriamente o efeito heterocedástico (Apêndice VI)

Com esse modelo, pode-se então estimar valores de fretes futuros. Considerando-se nossa série de 200 pontos, obtém-se a partir dessa fórmula a estimativa para os próximos 11 pontos, como demonstrado no Apêndice VII.

O gráfico que representa os valores reais, em comparação com os valores obtidos nessa estimativa pode ser observado a seguir:

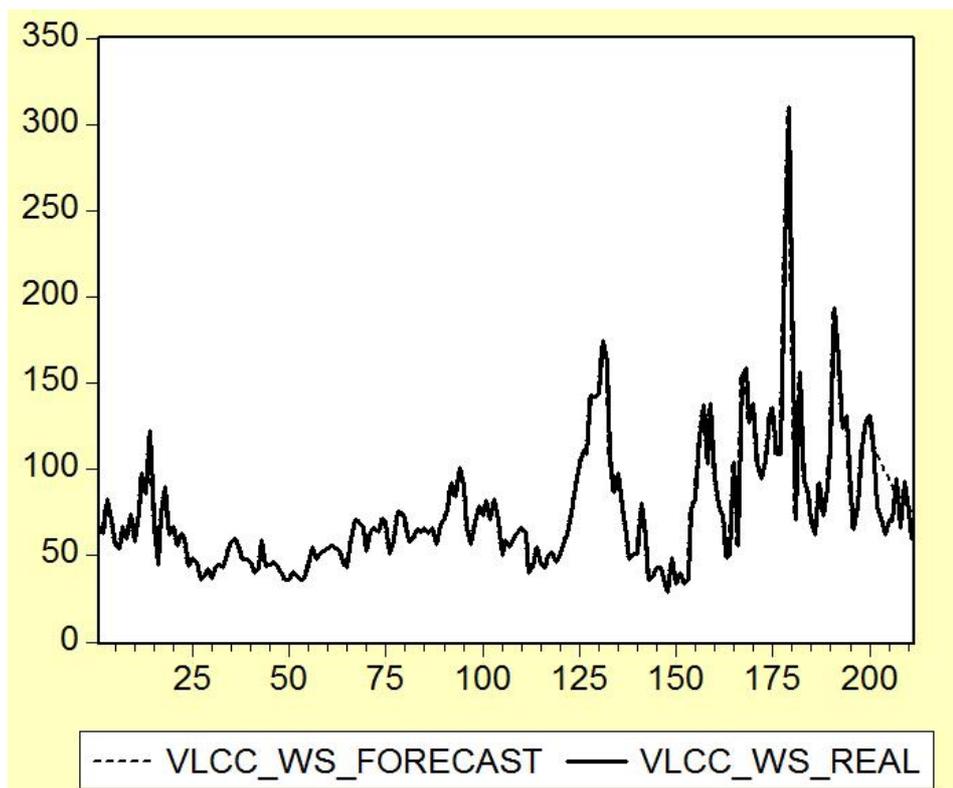


Figura 10, comparação VLCC WS Real com Estimativa do modelo de séries temporais

Notar que a linha que representa a estimativa, pontilhada, está bastante coerente com a linha real, sólida, que indica que a equação encontrada parece estar aderente ao modelo.

4.3.2. Análise de Regressão Múltipla

Agora, ao contrário do item anterior, considera-se as demais variáveis atuando sobre a nossa variável dependente frete de VLCC. Serão tratadas como variáveis independentes as que foram selecionadas no item 4.2, onde foram destacadas as de maior influência numa análise preliminar. A apresentação completa das variáveis encontra-se no Apêndice VIII.

Aqui, embora de posse de um farto histórico da variável dependente, deparou-se com uma variável de suma importância que tem uma base de dados mais limitada. A variável “Navios VLCC potencialmente no AG nas próximas 4 semanas” só tem séries, nas fontes pesquisadas, a partir de outubro de 1994. Assim sendo, essa análise será restrita a um período inferior, de outubro de 1994 a julho de 2007, resultando em 154 pontos. Analogamente à metodologia anterior,

será feita a análise baseada em 143 pontos, e validando o modelo ajustado nos 11 pontos seguintes.

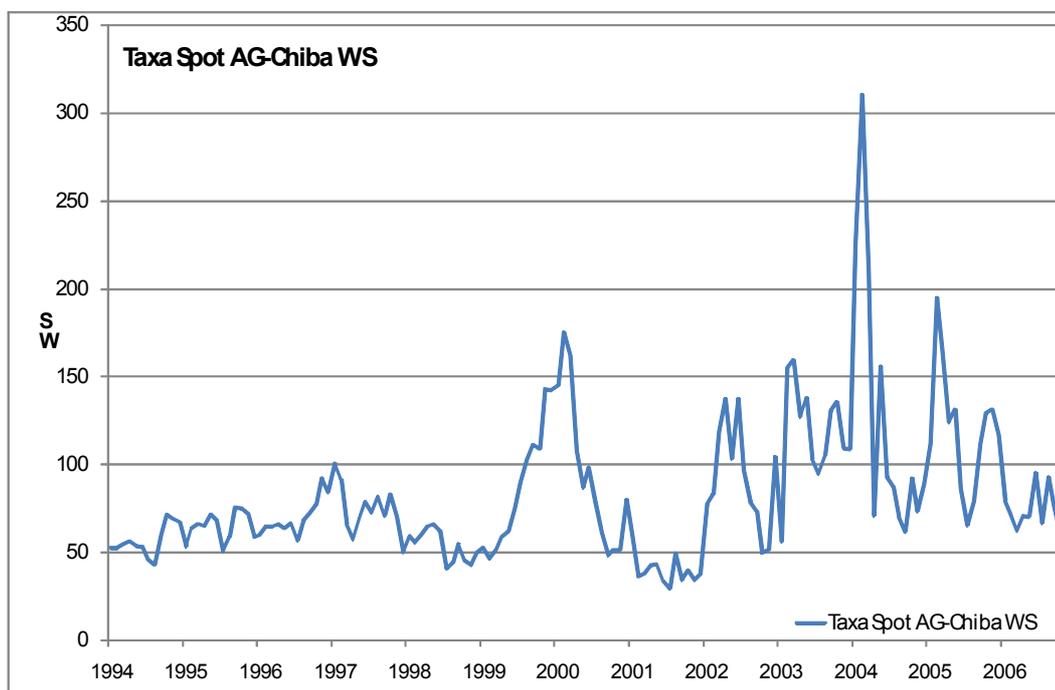


Figura 11 – Gráfico dos 143 pontos a serem analisados na regressão múltipla

Será novamente construído o histograma da curva dos primeiros 143 pontos, obtendo assim:

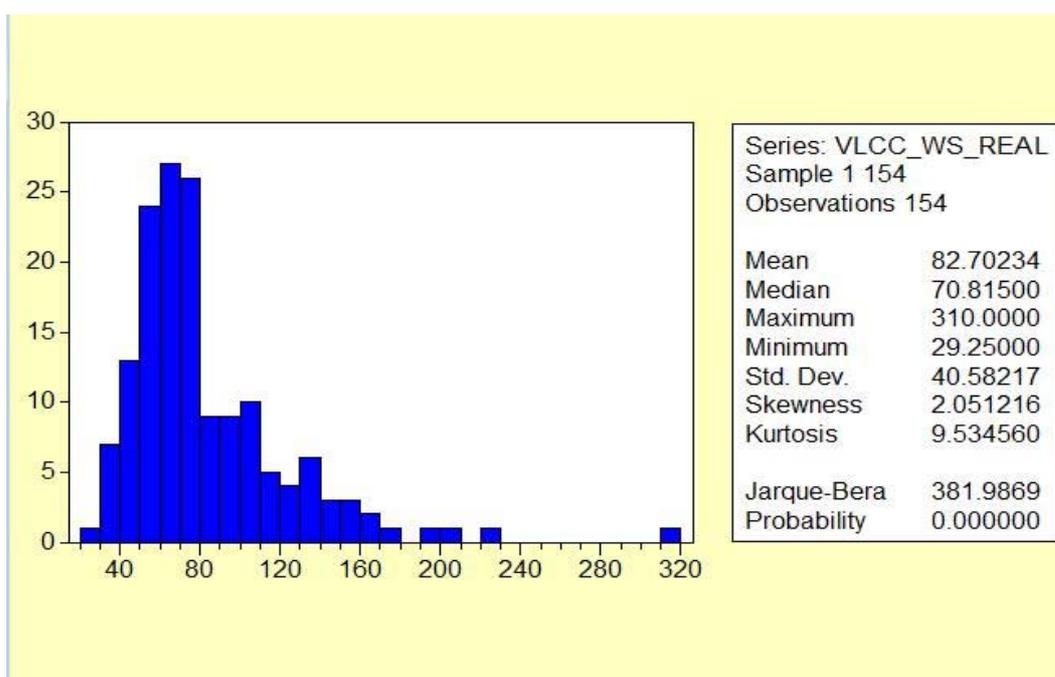


Figura 12 – Histograma da análise de regressão múltipla

O histograma obtido está semelhante ao obtido anteriormente. Da mesma forma, a aparência assimétrica da curva indica que não se trata de uma distribuição normal, dado que não apresenta uma forma de sino simétrica. Também observa-se que a média é distinta da mediana e da moda, que reforça a teoria de não-normalidade dessa série de dados.

Identificou-se novamente, o que seria esperado, que o teste Jarque-Bera confirma a observação anteriormente mencionada de que a série de dados não se comporta como uma normal.

Também foi feita a análise do teste ADF (“*Augmented Dickey-Fuller*”), e considerando-se um nível de significância de 5%, o teste indicou que a série é estacionária (Apêndice IX).

Foram feitas diversas simulações de equações de regressão, pelo método de mínimos quadrados, atentando sempre para o nível de significância das variáveis envolvidas e sempre buscando minimizar os critérios de Akaike e Schwarz. Ao contrário da análise do modelo em série temporal, não lançou-se mão, nessa análise, de variáveis *dummy*.

Após exaustivas tentativas com diversas combinações, chegou-se à conclusão que as variáveis que melhor explicam a variável dependente são: a própria variável dependente no mês anterior, a quantidade de navios VLCC potencialmente disponíveis no AG nas próximas 4 semanas e o valor praticado de contratos para *Time Charter* de 1 ano de VLCC. Nesse caso, os critérios de Akaike e Schwarz apresentaram valores de 8,85 e 8,93 respectivamente. (Apêndice X)

O modelo ajustado resulta em:

$$WS_t = 68,54 + 0,404 * WS_{t-1} - 1,114 .VLCC_{4sem} + 0,00126 .TCP_{1ano} + \varepsilon_t$$

(5,253) (6,554) (-7,571) (4,632)

onde:

WS: Taxa Worldscale

$VLCC_{4 \text{ sem}}$: quantidade de VLCC's disponíveis no AG nas próximas 4 semanas

$TCP_{1 \text{ ano}}$: valor praticado para contratos de 1 ano para navios VLCC

Plotando o gráfico de resíduos com os valores de WS, obtemos:

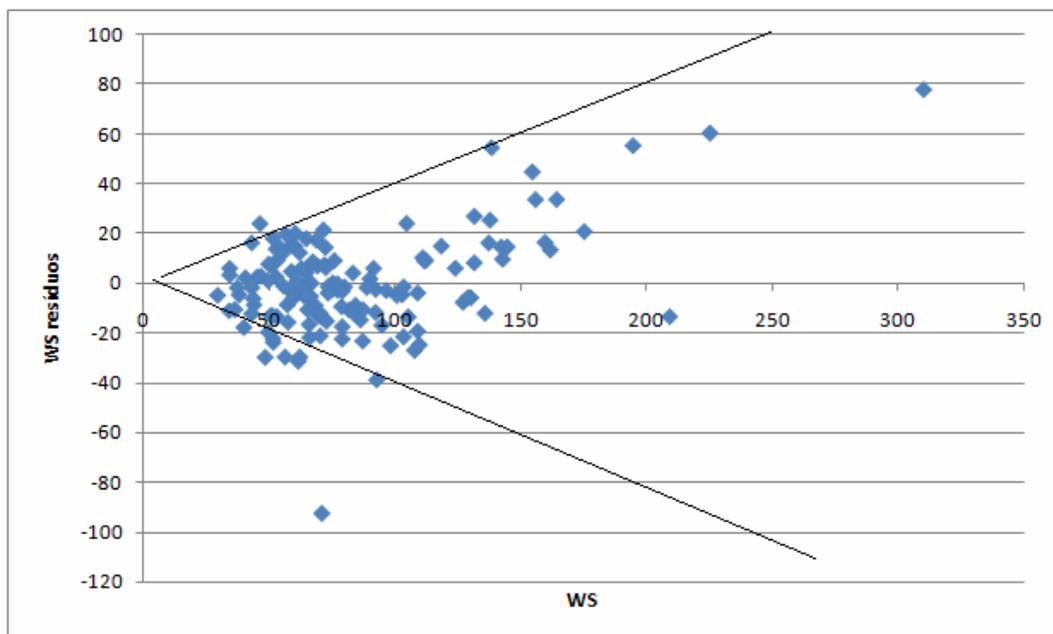


Figura 13, Gráfico de Resíduos de WS x WS, regressão múltipla

Novamente, parece razoável assumir que a variabilidade dos resíduos cresce à medida que os valores de WS tornam-se maiores, como se pode observar no gráfico acima. Conclui-se, portanto, que se trata de uma série heterocedástica, o que foi comprovado por avaliação analítica, conforme apresentado no Apêndice XI.

Com isso, e também sabendo que o modelo ARCH/GARCH se ajusta bem a séries onde a volatilidade varia, ou seja, períodos de relativa estabilidade seguidos de períodos de brusca movimentação, testou-se também criar uma equação por esse método.

Com isso, foram obtidos valores dos critérios Akaike e Schwarz ainda inferiores que o melhor índice obtido pelo método dos mínimos quadrados (8,29 e 8,44 respectivamente), o que pode ser observado no Apêndice XII.

Entretanto, a série TCP_{1ano} não demonstrou ser significativa. Por conta disso, foi rodado mais uma vez o modelo desta vez eliminando a variável TCP_{1ano} . O Akaike e Schwarz foi ligeiramente melhor, apresentando valores de 8,28 e 8,40 respectivamente. O resultado completo pode ser encontrado no Apêndice XIII.

O modelo ajustado obtido foi:

$$WS_t = \underset{(10,57)}{67,39} + \underset{(18,32)}{0,703} * WS_{t-1} - \underset{(-10,42)}{0,781} . VLCC_{4sem} + \varepsilon_t$$

O modelo ajustado de variância do efeito ARCH/GARCH é:

$$h_t = \underset{(1,183)}{2,901} + \underset{(3,13)}{0,189} . \beta_1 . \varepsilon_{t-1}^2 + \underset{(23,26)}{0,845} . \beta_2 . h_{t-1}$$

Fazendo o teste de resíduos ARCH-LM, verificou-se que após rodar o ARCH/GARCH, o efeito da heterocedasticidade foi eliminado, conforme pode ser observado no Apêndice XIV.

Com esse modelo ajustado, pode-se então avaliar valores de fretes futuros. Considerando-se nossa série de 143 pontos, obtém-se a partir dessa fórmula a estimativa para os próximos 11 pontos, como demonstrado no APÊNDICE XV.

O gráfico que representa os valores reais, em comparação com os valores obtidos nessa estimativa pode ser observado a seguir:

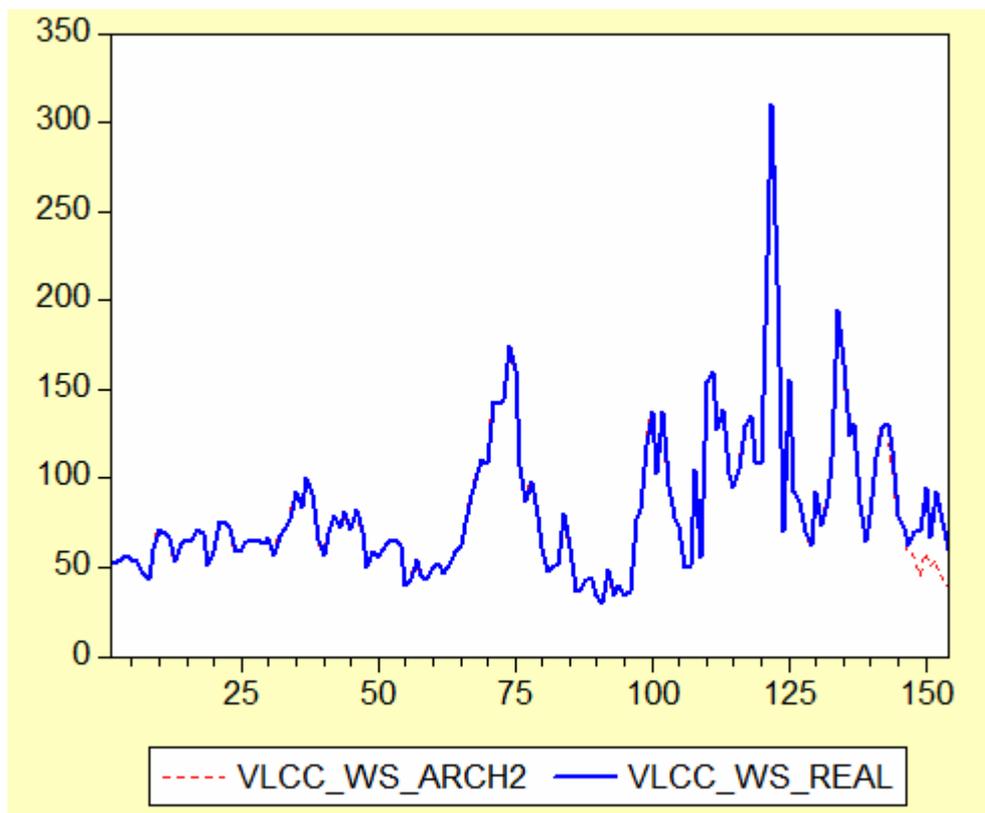


Figura 14, comparação VLCC WS Real com Estimativa da Regressão Múltipla

A linha pontilhada, que representa a nossa estimativa futura, está bastante aderente com a linha cheia, que representa o valor real. Isso é um bom indicador de que a equação aqui obtida representa de maneira satisfatória a realidade.

4.3.3. Análise VAR – Vetor Autoregressivo

Por último, será feita a análise das séries de dados segundo o método VAR – Vetor Autoregressivo. Nessa metodologia todas as variáveis são tratadas como endógenas, atuando uma sobre as outras. Serão utilizadas as mesmas variáveis já identificadas no item anterior, isto é, o próprio valor de WS, valor de contratos TCP de 1 ano e navios disponíveis no AG nas próximas 4 semanas.

Os pontos disponíveis compreendem-se entre os meses de outubro de 1994 e julho de 2007, resultando em 154 pontos. Analogamente à metodologia anterior, será feita a análise baseada em 143 pontos, e validando o modelo encontrada nos 11 pontos seguintes.

O histograma obtido será idêntico ao do item anterior, logo pode-se também imaginar que estamos novamente lidando com uma curva não-normal.

Foram feitas algumas simulações, com variados números de lags, buscando minimizar os critérios de Akaike e Schwarz. Chegou-se à conclusão de que analisando-se o lag (-1) o resultado era o melhor, com isso obteve-se nos critérios de Akaike e Schwarz os valores de 34,72 e 34,97 respectivamente.

Com isso, foi obtido o seguinte modelo:

$$WS_t = 63,02 + 0,511 * WS_{t-1} - 0,715 * VLCC_{4sem_{t-1}} + 0,0005 * TCP_{t-1} + \varepsilon_t$$

(3,471) (5,168) (-3,217) (1,461)

onde:

WS: Valor de Worlscale

VLCC_{4 sem}: quantidade de VLCC's disponíveis no AG nas próximas 4 semanas

TCP: valor praticado para contratos de 1 ano para navios VLCC.

Entretanto, nota-se que o índice TCP não é significativo, pois a estatística-t dele é inferior a 2. O modelo será então refeito, dessa vez sem considerar o TCP. O índice Akaike e Schwarz caiu abruptamente para 16,80 e 16,92. Segue o modelo ajustado encontrado (Apêndice XVI):

$$WS_t = 72,59 + 0,612 * WS_{t-1} - 0,716 * VLCC_{4sem_{t-1}} + \varepsilon_t$$

(4,270) (8,656) (-3,210)

Aplicando-se o modelo, obteve-se uma previsão para os próximos 11 meses conforme ilustrado no Apêndice XVII. O gráfico que representa os pontos reais e os obtidos por intermédio da presente metodologia pode ser observado a seguir:

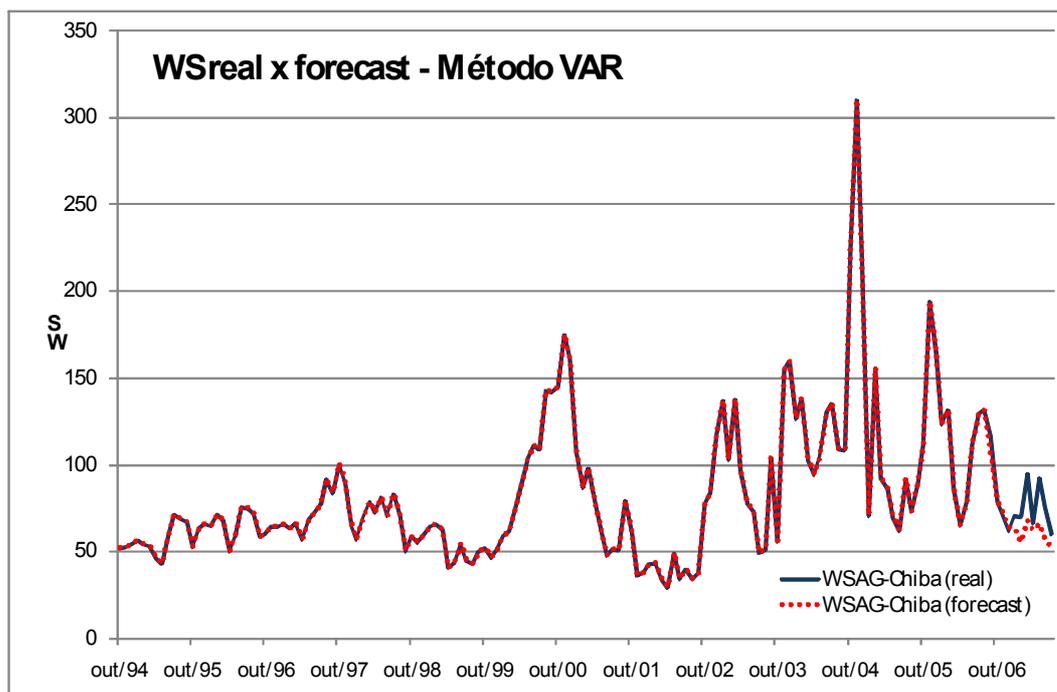


Figura 15, comparação VLCC WS Real com Estimativa do modelo VAR

Há uma aparente boa aderência dos dados reais, representados pela linha contínua, com os dados estimados, em pontilhado.

4.3.4. Comparação das 3 metodologias empregadas

Foi feita a análise das séries de dados e previsões por meio de 3 métodos distintos. Agora é possível avaliar os resultados de cada uma dessas metodologias, visando eleger a que apresentou menor erro em relação aos dados verdadeiros.

Visando fazer essa comparação, serão utilizadas a fórmula do MAPE (*Mean Absolute Percent Error*), do MAE (*Mean Absolute Error*) e do RMSE (*Root Mean Square Error*), que são definidos por:

$$MAPE = \frac{1}{N} * \sum_{t=1}^N \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| * 100$$

$$MAE = \frac{1}{N} * \sum_{t=1}^N |y_t - \hat{y}_t|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2}{N}}$$

onde:

N: representa o tamanho total da amostra

Antes de demonstrar os resultados, são apresentados graficamente os três modelos:

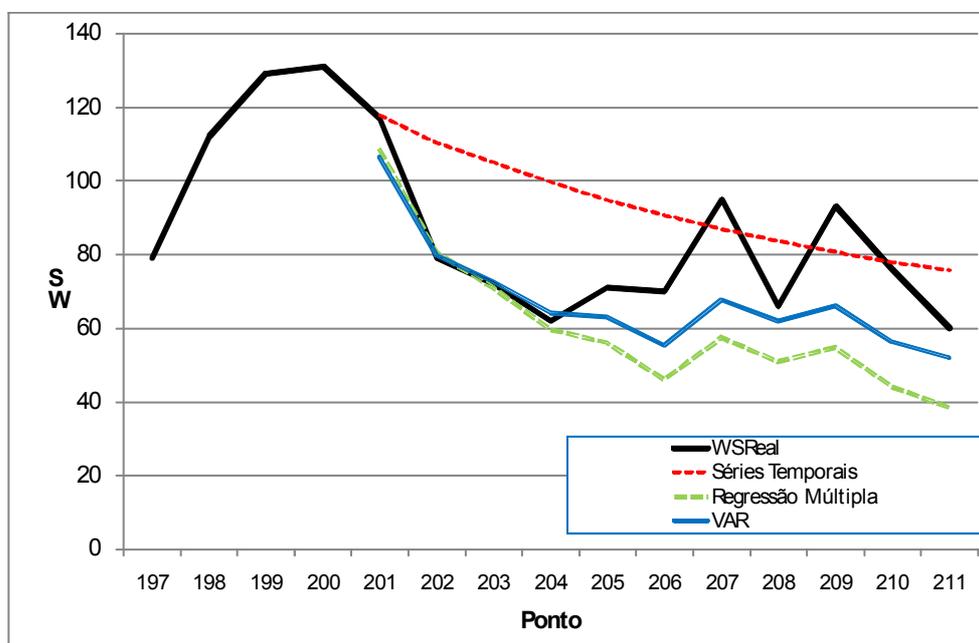


Figura 16 – Gráfico comparativo dos resultados dos 3 métodos

Logo, será aplicada essa fórmula para as estimativas anteriormente calculadas, obtendo-se os resultados abaixo (com detalhes nos Apêndices XVIII, XIX e XX):

	MAPE	MAE	RMSE
Séries Temporais	26.13	18.47	21.88
Regressão Múltipla	23.01	18.01	22.41
VAR	13.57	11.13	14.54

Tabela 5, resumo da comparação entre os 3 métodos aplicados.