

5 Aplicação ao Mercado Financeiro

Neste capítulo aplica-se a metodologia do STAR-Tree heterocedástico, apresentada no Capítulo (4), a ações do mercado americano. Compara-se a abordagem proposta com 4 estratégias habituais, o modelo Média, o método Naive, os modelos ARX e as Redes Neurais.

Medidas estatísticas e financeiras são utilizadas para comparar o desempenho dos modelos. Para avaliar os resultados financeiros dos modelos na prática, após a previsão fora da amostra (*out-of-sample*) um passo a frente, é realizada uma estratégia de negociação, com e sem alavancagem de capital.

Neste trabalho, não são considerados os custos de transação.

5.1. Descrição dos Dados Utilizados

Foram utilizados dados diários de alta frequência de 23 ações do índice Dow Jones Industrial Average (DJIA). A base de dados foi obtida da base da NYSE TAQ (Trade and Quote) e utilizada por Hillebrand e Medeiros (2007). O período amostral começa em 3 de janeiro de 1995 e termina em 30 de dezembro de 2005. A seleção de 23 ações do conjunto das 30 ações do índice é motivada pela disponibilidade de dados, essas são as que cobriam todo o período amostral.

A base de dados nos fornece o número de transações, a variância realizada e o retorno diários das 23 ações.

É importante notar que as séries de retorno utilizadas podem apresentar o “efeito *split*”, que é a divisão de cada papel em duas ou mais partes, dividindo o preço da ação. Com isso, a série de retorno pode apresentar grandes quedas, provocadas por esse efeito. Isto pode dificultar a modelagem das séries de retorno, uma vez que essas quedas são provocadas e não naturais do mercado financeiro.

As ações estão listadas na Tabela (5.1). As duas primeiras colunas mostram as siglas e os nomes das ações utilizadas nos testes empíricos. A terceira coluna apresenta a média do número de transações por dia.

Sigla	Ação	trans/dia
AA	Alcoa Inc.	934
AIG	American International Group Inc.	1529
AXP	American Express Co.	1252
BA	Boeing Co.	1390
CAT	Caterpillar Inc.	1024
DD	Du Pont de Nemours & Co.	1261
DIS	Walt Disney Co.	1726
GE	General Eletrics Co.	3879
GM	General Motors Corp.	1347
HD	Home Depot Inc.	2322
HOM	Honeywell International Inc.	895
IBM	International Business Machines Corp.	2820
JNJ	Johnson & Johnson	1838
JPM	JPMorgan Chase & Co.	1663
KO	Coca-Cola Co.	1531
MCD	McDonald's Corp.	1209
MMM	3M Corp.	1118
MO	Altria Group Inc.	1947
MRK	Merck & Co. Inc.	2073
PFE	Pfizer Inc.	3315
PG	Procter and Gamble Co.	1510
UTX	United Technologies Corp.	949
WMT	Wal-Mart Stores Inc.	2281

Tabela 5.1: Descrição das Ações da Base de Dados

Para gerar as defasagens nas séries que compuseram o grupo de variáveis explicativas dos modelos, foi necessário reduzir o número total de observações utilizadas na especificação, resultando em um total de 2721 dias. Para a estimação dos modelos, ou treinamento, foram utilizados 80% das observações e os 20% restantes foram separados para a previsão fora da amostra (*out-of-sample*) e validação do modelo ajustado. Estes números estão mais detalhados na Tabela (5.2).

Período	Num de observações	Começo	Fim
Total	2721	15-Mar-95	30-Dec-05
Treinamento (in-sample)	2177	15-Mar-95	3-Nov-03
Validação (out-of-sample)	544	4-Nov-03	30-Dec-05

Tabela 5.2: Divisão dos Dados

5.1.1. Modelo para o Retorno

Para selecionar as variáveis explicativas do modelo para o retorno das ações, foram realizados diversos experimentos e pesquisa do que a literatura tem utilizado para a previsão de séries financeiras. Porém foi adotado o critério de usar somente variáveis internas da base (retorno, volume, volatilidade realizada) ou funções das mesmas. O conjunto selecionado contém as 39 seguintes variáveis:

- 10 primeiras defasagens do retorno (y_{t-1}, \dots, y_{t-10})
- 10 primeiras defasagens da volatilidade realizada ($h_{t-1}^{1/2}, \dots, h_{t-10}^{1/2}$)
- 10 primeiras defasagens da variação do volume de transações entre dois dias consecutivos (q_{t-1}, \dots, q_{t-10})
- primeira defasagem dos retornos acumulados de 2, 5 e 39 dias (r_2, r_5, r_{39})
- médias móveis exponenciais de 12, 26 e 50 dias (MME12, MME26 e MME50)
- indicadores técnicos de finanças (MACD e ind_MM)
- tempo

Retorno

O retorno das ações da base de dados utilizada neste trabalho é o retorno geométrico (log-retorno), que é o mais usado em finanças. O cálculo é feito através da equação (5.1), onde p_t é o preço de fechamento do dia t .

$$y_t = \ln \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} \right) \quad (5.1)$$

É importante lembrar que o objetivo é testar a metodologia para séries com heterocedasticidade apresentada no Capítulo (4). Portanto as séries de retornos heterocedásticas foram divididas pelas séries da volatilidade realizada, obtendo as séries de retornos homocedásticas:

$$y_t^* = \frac{y_t}{h_t^{1/2}}$$

Algumas estatísticas descritivas das séries de retornos estão apresentadas na Tabela (5.3). Todas as séries têm média próxima de zero, leve assimetria e excesso de curtose. O teste Jarque-Bera rejeitou a hipótese nula de normalidade das séries com um nível de significância de 1%.

Ação	Série	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
AA	y_t	0.04	4.85	0.24	5.81	919.62	0.00
	y_t^*	0.03	1.71	0.49	6.55	1538.08	0.00
AIG	y_t	0.00	5.41	-5.82	101.74	1119078.14	0.00
	y_t^*	0.02	2.72	-11.24	286.02	9124941.23	0.00
AXP	y_t	0.06	4.59	-0.12	6.67	1529.82	0.00
	y_t^*	0.05	1.58	-0.28	6.67	1561.41	0.00
BA	y_t	0.04	4.43	-0.66	11.15	7721.22	0.00
	y_t^*	0.05	1.48	0.00	3.13	1.76	0.42
CAT	y_t	0.06	4.27	-0.08	5.60	768.92	0.00
	y_t^*	0.05	1.60	0.05	3.09	2.19	0.33
DD	y_t	0.02	3.45	-0.02	6.15	1124.86	0.00
	y_t^*	0.03	1.32	0.13	3.11	8.71	0.01
DIS	y_t	0.01	4.53	-0.21	11.20	7628.75	0.00
	y_t^*	0.02	1.48	0.12	4.23	176.10	0.00
GE	y_t	0.05	3.26	0.09	6.42	1329.53	0.00
	y_t^*	0.07	1.34	0.26	3.20	35.76	0.00
GM	y_t	-0.03	4.54	-0.27	9.26	4462.93	0.00
	y_t^*	-0.01	1.74	-0.02	3.56	35.57	0.00
HD	y_t	0.02	6.37	-3.64	58.01	348513.58	0.00
	y_t^*	0.04	2.34	-8.35	205.13	4656950.07	0.00
HOM	y_t	0.02	5.29	-0.43	12.79	10934.28	0.00
	y_t^*	0.05	1.78	0.37	6.73	1632.07	0.00
IBM	y_t	0.05	4.61	-0.20	11.79	8761.32	0.00
	y_t^*	0.06	1.60	0.17	3.96	117.79	0.00
JNJ	y_t	0.05	2.41	-0.49	11.42	8134.61	0.00
	y_t^*	0.05	1.31	0.11	3.10	6.68	0.04
JPM	y_t	0.03	4.76	0.13	9.32	4530.05	0.00
	y_t^*	0.04	1.54	0.12	3.02	6.22	0.04
KO	y_t	0.01	2.74	-0.06	6.97	1784.91	0.00
	y_t^*	0.03	1.29	0.13	3.46	30.53	0.00
MCD	y_t	0.03	3.23	-0.08	7.36	2149.39	0.00
	y_t^*	0.04	1.22	0.15	3.51	40.06	0.00
MMM	y_t	0.04	2.53	0.17	6.19	1165.08	0.00
	y_t^*	0.02	1.37	-0.07	4.61	296.14	0.00
MO	y_t	0.05	4.14	-0.26	10.05	5661.79	0.00
	y_t^*	0.09	1.46	0.01	3.65	47.99	0.00
MRK	y_t	0.02	3.64	-1.69	31.48	93079.39	0.00
	y_t^*	0.05	1.46	-0.15	4.50	262.39	0.00
PFE	y_t	0.04	3.78	-0.16	5.23	572.05	0.00
	y_t^*	0.06	1.49	0.17	2.91	13.24	0.00
PG	y_t	0.04	3.06	-3.84	83.84	746384.94	0.00
	y_t^*	0.08	1.23	0.06	3.54	33.84	0.00
UTX	y_t	0.07	3.64	-1.84	34.39	113091.77	0.00
	y_t^*	0.07	1.43	0.20	5.91	975.51	0.00
WMT	y_t	0.05	3.86	0.12	5.60	767.66	0.00
	y_t^*	0.03	1.68	-3.04	64.07	426357.87	0.00

Tabela 5.3: Estatísticas Descritivas dos Retornos

Os dados sofreram um tratamento de *outlier*, e todos os valores espúrios foram substituídos pela média entre os dias anterior e posterior ao *outlier*. Foram considerados valores espúrios os retornos maiores do que 40% ao dia ou menores que -40% ao dia. Foi observado que esses retornos extremos, principalmente negativos, que aparecem uma ou duas vezes em cada série, não estavam acompanhados por uma alta volatilidade realizada, o que nos dá a indicação de que são erros ou quedas provocadas pelo “efeito *split*”.

Nota-se que os resíduos das séries y_t^* são NID(0,1), segundo a equação (4.12). Desta forma era esperado que a variância das séries y_t^* apresentada na Tabela (5.3) fosse aproximadamente 1. No entanto, notamos que a variância está muito acima de 1, o que pode ser atribuído aos valores extremos de retorno que não foram retirados no tratamento de *outlier*, como valores de retorno negativo de 38% ao dia por exemplo, ou a erros nos dados de volatilidade realizada. Para esses dados, o modelo homocedástico pode não ser o mais adequado, uma vez que as séries y_t^* não apresentaram variância 1. O estudo desta divergência na variância das séries fica para trabalhos futuros. Estes valores muito negativos podem estar gerando também a alta curtose em algumas das séries.

Volatilidade Realizada

A volatilidade realizada das séries é obtida através da raiz quadrada da variância realizada disponível na base de dados, que é obtida através da equação (4.1).

Variação do Volume de Transações

A variação do volume é expressa pela equação (5.2).

$$q_t = \frac{t_t}{t_{t-1}} \quad (5.2)$$

onde t_t é o número de transações no dia t .

Retorno Acumulado

O retorno acumulado de N dias do dia t é dado por

$$r_{t,N} = y_t + \dots + y_{t-N+1} \quad (5.3)$$

onde y_t é o retorno do dia t .

Médias Móveis

A média móvel utilizada neste trabalho foi a exponencial por ser a média móvel mais utilizada para determinação dos indicadores técnicos.

Ao contrário da média móvel simples, na exponencial os dados mais novos possuem uma importância superior. Além disso, os valores mais antigos não são diretamente descartados quando passam a constar fora da janela de cálculo. Eles mantêm uma participação no valor da média que vai ficando cada vez menor com o tempo.

A média móvel exponencial de N dias do dia t é calculada pela equação (5.4), onde p_t é o preço de fechamento do dia t e K é uma variável dependente do período N , como pode ser visto.

$$\begin{aligned} \text{MME}_{t,N} &= p_t K + \text{MME}_{t-1,N} * (1 - K) \\ K &= \frac{2}{N + 1} \end{aligned} \quad (5.4)$$

Indicadores Técnicos

A análise técnica é a análise das cotações históricas tendo em vista prever as evoluções futuras das cotações de um título.

Neste trabalho utilizamos 2 indicadores técnicos como variáveis explicativas:

1. Média Móvel (ind_MM)

Esse é um dos indicadores de tendência mais antigos utilizados na análise técnica. Tipicamente, numa análise de médio prazo, traça-se o gráfico das cotações juntamente com o gráfico da média móvel exponencial de 50 dias. Sempre que a MME cruze a linha de cotações para um valor superior, é acionado um sinal de compra. Sempre que a MME cruze a linha das cotações para um valor inferior, está dado um sinal de venda.

Para usar este índice como variável explicativa, definimos o índice como:

$$\text{ind_MM}_t = \frac{p_t - \text{MME}_{t,50}}{p_t} \quad (5.5)$$

onde p_t é o preço de fechamento do dia t e $\text{MME}_{t,50}$ é a média móvel exponencial de 50 dias do dia t .

2. Média Móvel Convergente/Divergente (MACD)

O MACD é um indicador que mostra a relação entre duas médias móveis. É calculado subtraindo a média móvel exponencial de 26 dias a média móvel exponencial de 12 dias:

$$\text{MACD}_t = \text{MME}_{t,12} - \text{MME}_{t,26}$$

Quando o valor do MACD aumenta, é provável que a cotação do título esteja sobreendido (*oversold*). Como consequência, poderá haver uma queda na sua cotação pelo que é dado um sinal de venda.

Tempo

Coloca-se a variável tempo no conjunto de variáveis explicativas para capturar possíveis efeitos de quebra estrutural nas séries.

5.1.2. Modelo para a Volatilidade Realizada

Para selecionar as variáveis explicativas do modelo para a volatilidade realizada, seguiram-se as especificações apresentadas por Scharth, M. e Medeiros, M. (2006). Os autores propuseram três especificações do STAR-Tree para modelar o logaritmo da volatilidade realizada, cujas variáveis dos vetores x_t e z_t da equação (4.4) variam.

De maneira geral, foram especificados modelos com o conjunto de variáveis candidatas as variáveis de transição para três casos: quebra estrutural (o tempo é a única variável de transição), efeitos assimétricos (defasagens do retorno e defasagens do retorno acumulado de 2 a 120 dias), e a combinação de quebra estrutural e efeitos assimétricos. Para este trabalho utilizou-se a terceira especificação.

Desta forma o conjunto de variáveis de transição contém

- 10 primeiras defasagens do retorno (y_{t-1}, \dots, y_{t-10})
- primeira defasagem dos retornos acumulados de 2, 5 e 39 dias (r_2, r_5, r_{39})
- tempo

Para modelar a volatilidade realizada os autores também utilizaram um vetor de regressores lineares (w_t) definido na equação (4.4). Este vetor contém as seguintes variáveis:

- 10 primeiras defasagens do log da volatilidade realizada ($\log(h_{t-1}^{1/2}), \dots, \log(h_{t-10}^{1/2})$)
- 4 variáveis dummies macroeconômicas (FOMC, EMP, CPI, PPI) indicando as datas do Federal Open Market Committee, Employment Situation, CPI e PPI.

As estatísticas descritivas das séries do logaritmo da volatilidade realizada estão apresentadas na Tabela 5.4.

Série	Ação	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
$\log(h_t^{1/2})$	AA	0.38	0.20	-0.57	5.36	779.79	0.00
	AIG	0.25	0.19	-0.01	3.43	20.81	0.00
	AXP	0.30	0.30	-0.15	3.26	17.23	0.00
	BA	0.34	0.19	-0.13	3.65	55.45	0.00
	CAT	0.35	0.17	-0.18	3.93	111.68	0.00
	DD	0.30	0.21	-0.42	6.17	1222.57	0.00
	DIS	0.34	0.22	-0.09	3.71	60.44	0.00
	GE	0.27	0.19	0.08	3.30	13.41	0.00
	GM	0.29	0.16	0.08	3.44	24.81	0.00
	HD	0.40	0.19	0.10	3.59	43.56	0.00
	HOM	0.34	0.27	-0.52	4.88	523.28	0.00
	IBM	0.28	0.20	0.09	2.98	3.93	0.14
	JNJ	0.13	0.18	-0.06	3.31	12.30	0.00
	JPM	0.28	0.30	-0.06	3.13	3.65	0.16
	KO	0.19	0.16	0.09	3.08	4.23	0.12
	MCD	0.33	0.15	-0.03	3.59	40.29	0.00
	MMM	0.15	0.19	-0.06	3.62	44.38	0.00
	MO	0.22	0.21	0.20	3.61	59.02	0.00
	MRK	0.26	0.14	0.18	4.76	363.81	0.00
	PFE	0.32	0.16	-0.01	3.71	57.49	0.00
PG	0.16	0.20	0.15	3.24	16.70	0.00	
UTX	0.24	0.26	-0.66	5.23	762.22	0.00	
WMT	0.35	0.24	-0.25	4.69	349.59	0.00	

Tabela 5.4: Estatísticas Descritivas do Log da Volatilidade Realizada

Todas as séries têm média próxima de zero, leve assimetria e excesso de curtose. O teste Jarque-Bera rejeitou com 1% de significância a hipótese nula de normalidade das séries, com exceção das séries da IBM, JPM e KO.

5.2. Estimação do Retorno

Para estimar o retorno das séries financeiras, é feita uma comparação entre 5 modelos, o Média, o Naive, o ARX, Redes Neurais e o STAR-Tree. É importante ressaltar que o ARX e o STAR-Tree foram estimados utilizando a série de retorno dividida pela volatilidade realizada como foi explicado na Seção (5.1.1).

O desempenho dos modelos foi avaliado através de medidas estatísticas e financeiras de modo *in-sample* e *out-of-sample*, com a previsão 1 passo a frente.

5.2.1. Modelo Média

Este modelo é baseado no conceito de que a melhor previsão para o dia seguinte é a média da série observada até o dia atual. Este método é um benchmark em previsão de retornos.

A previsão Média para o dia t é feita da seguinte forma:

$$\hat{y}_t = \frac{1}{t-1} \sum_{i=1}^{t-1} y_{t-i} \quad (5.6)$$

5.2.2. Método Naive

O método Naive representa uma prática usual para a previsão de séries financeiras. O método se baseia no conceito de que a melhor previsão para o dia seguinte é o valor observado no dia atual. Ou seja, se o ativo estiver em uma tendência alta a previsão é que continue em alta e vice-versa.

A previsão Naive para o dia t é feita da seguinte forma:

$$\hat{y}_t = y_{t-1} \quad (5.7)$$

5.2.3. Redes Neurais

As redes neurais formam uma classe de modelos não-lineares utilizados principalmente para reconhecimento e classificação de padrões de séries temporais e aproximação de funções. Essa técnica tenta simular o comportamento biológico dos neurônios. Do ponto de vista matemático, são funções polinomiais.

Mais detalhes podem ser encontrados em Rosenblat (1962).

Na equação (5.8) temos uma rede neural com uma camada escondida.

$$y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j F(\gamma_j' x_t - c_j) \quad (5.8)$$

onde x_t é um vetor de dimensão $k \times 1$ que contém k variáveis de entrada, que são combinadas linearmente através dos pesos que constituem o vetor $\gamma_j = (\gamma_{1j}, \dots, \gamma_{kj})$, de mesma dimensão.

A equação (5.7) representa uma rede neural com k neurônios na camada de entrada e m neurônios na camada escondida. A camada de saída apresenta apenas um neurônio. A função $F(\cdot)$ é chamada de função de ativação. O parâmetro $c_j, j = 1, \dots, m$ determina o limiar da ativação do j -ésimo neurônio da camada escondida, cujas saídas serão combinadas linearmente utilizando os pesos β_1, \dots, β_m .

É fácil notar que o modelo STAR-Tree é um caso particular de uma rede neural com uma única camada escondida, como demonstrado em Hornik, Stinchombe e White (1989). Com essa motivação neste trabalho utilizamos uma rede neural com 1 camada escondida.

A rede foi criada usando o algoritmo de *backpropagation feed-forward* com função de ativação hiperbólica. O número de neurônios usados na camada escondida foi 6. Esse número foi obtido a partir de simulações de redes com camada escondida de diversos tamanhos. O critério usado na escolha foi a minimização do RMSE (definido na Seção (5.3.1)), que fornece uma medida para a dispersão dos erros da estimação no treinamento.

Nesta aplicação optou-se por colocar todas as 39 variáveis do conjunto de variáveis de transição do STAR-Tree, apresentadas na Seção (5.1.1), como variáveis de entrada na rede neural.

Como os valores iniciais dos pesos da rede neural são gerados aleatoriamente, na estimação de uma rede, com os mesmos parâmetros, foram encontrados diferentes resultados. Para resolver este problema, cada rede neural foi rodada 10 vezes e foi escolhida a melhor rede de acordo com o RMSE. Quanto menor o RMSE, melhor é o ajuste do modelo aos dados.

As estatísticas dos resíduos das redes neurais estimadas nas fases de treinamento e teste estão apresentadas na Tabela (A1.1) no Anexo (1). Em todos os casos, os resíduos apresentaram média e variância muito alta. A hipótese de normalidade dos resíduos foi rejeitada com nível de significância de 1%.

5.2.4. Modelo ARX

Os modelos lineares ARX (Autoregressive with Exogenous Inputs) são uma extensão dos modelos AR, pois consideram a possibilidade de inclusão de variáveis exógenas como regressores.

Os modelos ARX(p, N_x) apresentam a forma:

$$y_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{k=1}^{N_x} \beta_k X_{t,k} + \varepsilon_t \quad (5.9)$$

Onde c é uma constante, X é uma matriz ($t \times N_x$) de variáveis exógenas na qual cada coluna é uma série temporal e ε_t é a componente aleatória do modelo, com $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.

Inicialmente a estimação do modelo ARX foi feita com todas as variáveis da Seção (5.1.1), que incluem 10 variáveis auto-regressivas e 28 exógenas e suas defasagens, excluindo o tempo. As 38 variáveis utilizadas são estacionárias. Testou-se a significância estatística dos coeficientes estimados, através da estatística t , e as variáveis que não apresentaram significância estatística com nível de significância de 10% foram retiradas para a estimação do modelo final.

As variáveis explicativas utilizadas nos modelos ARX para cada série de retorno estão na Tabela (5.5). Na tabela, as siglas que representam as defasagens das volatilidades realizadas foram simplificadas para uma maior clareza. Na coluna da esquerda, as siglas h_{t-i} , na verdade são as $h_{t-i}^{1/2}$.

Pode-se observar que as variáveis que são usadas por mais séries são: y_{t-10} (9 ações), h_{t-7}, q_{t-4} (7 ações), $y_{t-7}, h_{t-1}, q_{t-5}, q_{t-6}, q_{t-8}$ e q_{t-10} (5 ações). Ou seja, a variação do volume de transações é uma variável importante para prever o retorno, a volatilidade realizada um pouco menos e menos ainda as defasagens do retorno.

Variável	AA	AIG	AXP	BA	CAT	DD	DIS	GE	GM	HD	HOM	IBM	JNJ	JPM	KO	MCD	MMM	MO	MRK	PFE	PG	UTX	WMT	Total	
yt-1																								0	
yt-2																									0
yt-3																									0
yt-4																									0
yt-5																									0
yt-6																				X					1
yt-7	X		X								X					X							X	5	
yt-8											X									X			X	3	
yt-9				X														X					X	3	
yt-10	X			X				X			X		X		X		X		X		X	X		9	
ht-1	X						X		X								X						X	5	
ht-2								X									X			X				3	
ht-3	X		X															X				X		4	
ht-4				X					X		X													3	
ht-5								X					X										X	3	
ht-6								X			X					X				X				4	
ht-7					X			X			X		X		X				X				X	7	
ht-8					X														X					2	
ht-9				X	X				X														X	4	
ht-10		X									X	X				X								4	
qt-1	X															X					X			3	
qt-2	X			X	X			X																4	
qt-3			X	X																				2	
qt-4			X	X				X	X		X						X					X		7	
qt-5	X		X	X							X												X	5	
qt-6	X									X						X	X			X				5	
qt-7			X					X			X									X				4	
qt-8			X			X					X								X			X		5	
qt-9				X															X			X		3	
qt-10		X									X	X			X								X	5	
MME12																								0	
MME26																								0	
MACD																								0	
MME50																				X		X	X	3	
ind_MM												X	X							X		X		4	
r2																								0	
r5																								0	
r39											X												X	2	
Total	8	2	7	5	7	2	1	8	4	1	13	3	2	2	2	5	6	4	2	9	3	6	10		

Tabela 5.5: Variáveis Explicativas Usadas nos Modelos ARX

Algumas estatísticas dos resíduos padronizados (divididos pela volatilidade realizada) dos modelos ARX *in-sample* e *out-of-sample* estimados estão apresentadas na Tabela (5.6).

No período de treinamento, observa-se que a média dos erros das séries é aproximadamente zero. Há um leve excesso de curtose e na assimetria em

algumas séries. No período *in-sample* o teste de Jarque-Bera não rejeitou a hipótese de normalidade com nível de significância de 1% em 9 séries.

No período de previsão fora da amostra (*out-of-sample*), o teste apresentou indícios mais fortes de normalidade do que no período de treinamento na maioria das séries testadas. As estatísticas dos resíduos no período *out-of-sample* são muito sensíveis aos dados. Nota-se que nas séries de retorno da UTX e WMT a média dos resíduos é muito maior que zero, o que é um indício de mau ajuste do modelo aos dados.

Ação	Período	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
AA	<i>in-sample</i>	0.00	1.69	0.10	2.76	9.32	0.01
	<i>out-of-sample</i>	-0.11	1.36	0.15	3.08	2.18	0.34
AIG	<i>in-sample</i>	-0.03	3.06	-11.31	268.60	6433569.86	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.11	1.18	0.18	3.03	2.98	0.23
AXP	<i>in-sample</i>	0.00	1.50	0.19	2.77	17.37	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.95	1.81	-1.35	18.61	5641.55	0.00
BA	<i>in-sample</i>	-0.01	1.46	0.00	3.01	0.01	1.00
	<i>out-of-sample</i>	-0.06	1.39	0.17	2.65	5.44	0.07
CAT	<i>in-sample</i>	0.01	1.58	0.11	2.94	4.51	0.10
	<i>out-of-sample</i>	-0.16	1.55	-0.05	3.06	0.24	0.89
DD	<i>in-sample</i>	0.00	1.35	0.14	3.13	9.03	0.01
	<i>out-of-sample</i>	0.52	1.13	0.08	3.01	0.60	0.74
DIS	<i>in-sample</i>	0.00	1.50	0.02	3.67	40.43	0.00
	<i>out-of-sample</i>	-0.16	1.31	0.74	6.94	396.77	0.00
GE	<i>in-sample</i>	-0.04	1.30	0.24	3.10	21.79	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.00	1.33	0.19	3.17	3.75	0.15
GM	<i>in-sample</i>	0.01	1.76	-0.01	3.32	9.05	0.01
	<i>out-of-sample</i>	-0.10	1.53	-0.16	4.12	30.13	0.00
HD	<i>in-sample</i>	-0.04	2.59	-8.80	203.79	3678261.71	0.00
	<i>out-of-sample</i>	-0.38	1.19	0.27	3.02	6.65	0.04
HOM	<i>in-sample</i>	-0.02	1.81	0.16	4.20	137.95	0.00
	<i>out-of-sample</i>	-0.47	1.14	0.09	2.85	1.32	0.52
IBM	<i>in-sample</i>	-0.03	1.66	0.15	4.03	102.64	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.02	1.24	0.20	2.92	3.71	0.16
JNJ	<i>in-sample</i>	0.00	1.28	0.05	3.06	1.21	0.55
	<i>out-of-sample</i>	0.09	1.29	0.21	3.22	4.87	0.09
JPM	<i>in-sample</i>	0.01	1.61	0.13	2.95	6.51	0.04
	<i>out-of-sample</i>	0.04	1.14	0.14	2.98	1.69	0.43
KO	<i>in-sample</i>	-0.01	1.34	0.10	3.37	15.71	0.00
	<i>out-of-sample</i>	-0.27	0.99	0.06	3.76	12.91	0.00
MCD	<i>in-sample</i>	0.00	1.18	0.14	3.63	42.04	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.51	1.27	0.10	2.69	3.17	0.20
MMM	<i>in-sample</i>	0.01	1.35	0.06	3.80	58.86	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.04	1.26	0.19	3.27	4.63	0.10
MO	<i>in-sample</i>	-0.02	1.53	0.03	3.63	35.44	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.08	1.05	-0.15	3.34	4.33	0.11
MRK	<i>in-sample</i>	-0.03	1.44	0.04	3.29	8.08	0.02
	<i>out-of-sample</i>	-0.02	1.49	-0.85	9.38	978.37	0.00
PFE	<i>in-sample</i>	-0.02	1.45	0.11	2.81	7.44	0.02
	<i>out-of-sample</i>	7.14	8.84	1.43	11.39	1764.21	0.00
PG	<i>in-sample</i>	-0.03	1.24	0.03	3.67	40.52	0.00
	<i>out-of-sample</i>	0.23	1.12	0.09	2.81	1.68	0.43
UTX	<i>in-sample</i>	-0.01	1.42	-0.05	4.20	131.05	0.00
	<i>out-of-sample</i>	20.01	32.58	0.83	4.39	105.89	0.00
WMT	<i>in-sample</i>	0.02	1.45	0.10	3.28	10.81	0.00
	<i>out-of-sample</i>	11.85	10.55	1.00	5.32	209.58	0.00

Tabela 5.6: Estatísticas dos Resíduos Padronizados dos Modelos ARX

5.2.5. Modelo STAR-Tree

Para estimar os modelos STAR-Tree da equação (4.6) para o retorno, foram utilizadas as 39 variáveis listadas na Seção (5.1.1) como o conjunto de candidatas às variáveis de transição (x_t), e para o vetor \tilde{z}_t^* , utilizou-se somente as variáveis que foram consideradas estatisticamente significantes nos modelos ARX, marcadas com X na Tabela (5.5). Desta forma fica claro o ganho do modelo não linear em relação ao linear, uma vez que só haverá uma divisão no nó raiz se houver um ganho nisto. Ou seja, só fará sentido estimar o modelo não linear se houver a formação da árvore. É importante ressaltar que essas variáveis do vetor \tilde{z}_t^* são divididas pela volatilidade realizada no tempo t . Por exemplo, as variáveis autoregressivas são $\left(\frac{y_{t-1}}{h_t^{1/2}}, \dots, \frac{y_{t-10}}{h_t^{1/2}}\right)$.

As 23 séries formaram árvore, ou seja, o modelo não linear apresentou um ganho no ajuste dos dados em relação ao linear ARX em todas as séries estudadas.

Para limitar a complexidade da árvore e o tempo computacional, foi usado um critério de parada de divisões de nós que limitava a árvore a ter no máximo 11 regimes (nós terminais), ou seja, 10 variáveis de transição. Árvores maiores poderiam apresentar um ajuste um pouco melhor, mas devido às limitações operacionais foi fixado esse limite.

Na Tabela (5.7) são apresentadas as variáveis de transição escolhidas para cada modelo. A última linha apresenta a quantidade de regimes de cada modelo estimado.

As variáveis que são usadas por mais séries como variáveis de transição são: y_{t-2} (9 ações), o tempo (7 ações), $q_{t-1}, q_{t-6}, r5$ (5 ações). Ou seja, o retorno de dois dias antes do dia da previsão é uma variável importante na determinação dos múltiplos regimes, assim como a variável tempo, o que dá indícios da presença de efeitos de quebra estrutural nas séries.

Nota-se também que as médias móveis e os indicadores técnicos de finanças foram usados como variáveis de transição em algumas séries, confirmando a sua significância na estimação dos modelos não-lineares para séries financeiras.

Em 10 das 23 séries, o número máximo de regimes foi atingido, mostrando a forte não linearidade das séries estimadas.

Variável	AA	AIG	AXP	BA	CAT	DD	DIS	GE	GM	HD	HOM	IBM	JNJ	JPM	KO	MCD	MMM	MO	MRK	PFE	PG	UTX	WMT	Total
yt-1								X						X					X			X		4
yt-2		X			X			X			X	X		X	X	X						X		9
yt-3																					X			1
yt-4	X														X									2
yt-5											X					X								2
yt-6					X		X					X	X		X				X		X			7
yt-7					X			X																2
yt-8			X						X															2
yt-9																X	X							2
yt-10							X		X															2
ht-1								X				X												2
ht-2		X								X									X		X			4
ht-3		X															X							2
ht-4		X						X				X											X	4
ht-5			X		X				X								X							4
ht-6																				X				1
ht-7															X							X		2
ht-8			X																					1
ht-9								X														X		2
ht-10		X	X							X													X	4
qt-1							X				X								X		X	X		5
qt-2			X								X													2
qt-3				X															X			X		3
qt-4		X				X																		2
qt-5					X									X										2
qt-6				X	X						X						X					X		5
qt-7							X																	1
qt-8		X			X																	X	X	4
qt-9																X	X							2
qt-10	X			X			X																	3
MME12	X				X					X												X		4
MME26														X										1
MACD										X					X	X								3
MME50							X					X			X									3
ind_MM			X	X											X									3
r2						X					X													2
r5											X	X					X	X					X	5
r39					X		X							X						X				4
tempo	X	X			X						X				X				X				X	7
Regimes	5	11	8	5	11	4	11	9	5	11	11	11	2	6	11	11	9	4	11	4	5	11	8	

Tabela 5.7: Variáveis de Transição e N^o de Regimes de cada Árvore

Depois de estimados os modelos, 3 tipos de previsão foram realizadas para as fases de treinamento (*in-sample*) e teste (*out-of-sample*): Combinação de Regimes (RC), Máxima Pertinência (MM) e Combinação Adaptativa de Regimes (ARC), descritas na Seção (3.7).

As estatísticas dos resíduos padronizados na fase de treinamento e na fase de teste, para os 3 tipos de previsão, estão apresentadas na Tabela (5.8). Na maioria das séries, os modelos STAR-Tree-RC apresentam melhores estatísticas dos resíduos do que os outros 2 tipos, porém com leve excesso de assimetria e curtose. O teste de Jarque-Bera aceita a hipótese de normalidade dos resíduos com nível de significância de 1% em algumas séries, principalmente para o período *out-of-sample*, exceto para o modelo ARC.

Ação	sample	STAR-Tree	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
AA	in	RC	0.01	1.65	0.10	2.78	7.98	0.02
		MM	-0.03	1.75	0.07	2.97	2.10	0.35
		ARC	-0.34	171.49	-37.63	1560.13	1.94E+08	0.00
	out	RC	-0.04	1.39	0.20	3.18	4.36	0.11
		MM	-0.01	1.39	0.16	3.16	2.81	0.24
		ARC	-0.06	1.51	0.18	3.02	3.00	0.22
AIG	in	RC	-0.01	1.54	-1.19	22.51	3.50E+04	0.00
		MM	-0.08	13.84	-38.33	1675.91	2.54E+08	0.00
		ARC	52.45	2.19E+06	35.24	1343.10	1.44E+08	0.00
	out	RC	-0.03	1.20	0.25	3.14	6.16	0.05
		MM	-0.03	1.19	0.26	3.16	6.82	0.03
		ARC	-0.15	5.25E+04	0.53	271.36	1.62E+06	0.00
AXP	in	RC	-0.01	1.43	0.20	2.80	18.69	0.00
		MM	-0.04	1.53	0.54	6.42	1162.35	0.00
		ARC	-73.04	2.42E+07	-11.53	639.35	3.24E+07	0.00
	out	RC	-0.03	2.05	-1.11	14.47	3066.89	0.00
		MM	-0.06	2.11	-1.02	13.93	2777.42	0.00
		ARC	458.52	7.38E+07	21.70	490.38	5.39E+06	0.00
BA	in	RC	-0.02	1.44	0.04	3.00	0.55	0.76
		MM	1197.08	3.06E+08	11.16	196.25	3.43E+06	0.00
		ARC	-0.08	5.72	-17.30	555.17	2.45E+07	0.00
	out	RC	0.06	1.43	0.21	3.00	3.98	0.14
		MM	1026.48	3.29E+08	10.05	134.09	3.96E+05	0.00
		ARC	0.04	2.95	5.43	71.78	1.09E+05	0.00
CAT	in	RC	0.01	1.47	0.15	2.96	8.49	0.01
		MM	0.06	1.73	-0.32	5.65	669.87	0.00
		ARC	-12.44	4.62E+05	11.57	599.81	2.85E+07	0.00
	out	RC	-0.06	1.55	-0.05	3.01	0.21	0.90
		MM	0.07	1.65	0.03	3.09	0.25	0.88
		ARC	-0.04	1.63	-0.14	3.16	2.33	0.31
DD	in	RC	0.01	1.35	0.12	3.15	7.31	0.03
		MM	0.01	1.35	0.12	3.14	6.95	0.03
		ARC	-0.96	2.73E+04	-17.55	724.76	4.18E+07	0.00
	out	RC	0.05	1.14	0.12	2.90	1.54	0.46
		MM	0.05	1.14	0.12	2.90	1.60	0.45
		ARC	-2.14	4060.23	-9.17	196.86	8.53E+05	0.00
DIS	in	RC	-0.01	1.47	-0.02	3.64	36.40	0.00
		MM	1.57	12.84	-1.43	15.98	1.60E+04	0.00
		ARC	-75.39	1.13E+07	-43.79	1919.63	2.94E+08	0.00
	out	RC	-0.03	1.33	0.72	6.69	351.71	0.00
		MM	0.24	5.01	0.12	3.43	5.18	0.08
		ARC	-0.03	1.42	0.69	6.28	282.95	0.00
GE	in	RC	-0.04	1.23	0.21	3.13	16.87	0.00
		MM	-0.02	1.37	0.28	3.94	108.45	0.00
		ARC	2.61	1.29E+06	15.34	681.16	3.69E+07	0.00
	out	RC	-0.30	1.51	0.10	3.22	1.90	0.39
		MM	-0.34	1.66	0.06	3.37	3.14	0.21
		ARC	0.26	121.77	20.58	469.41	4.93E+06	0.00
GM	in	RC	0.01	1.72	-0.01	3.33	9.74	0.01
		MM	0.01	1.74	-0.01	3.35	10.91	0.00
		ARC	0.52	332.19	11.36	316.10	7.88E+06	0.00
	out	RC	-0.09	1.58	-0.13	4.09	27.65	0.00
		MM	-0.08	1.60	-0.12	4.05	25.48	0.00
		ARC	0.72	665.07	3.28	148.44	4.77E+05	0.00

continua na próxima página

Tabela 5.8: Estatísticas dos Resíduos Padronizados dos Modelos STAR-Tree

Ação	sample	STAR-Tree	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
HD	in	RC	-0.03	1.73	-0.76	14.73	1.27E+04	0.00
		MM	-16.41	6.96E+04	3.28	37.40	1.11E+05	0.00
		ARC	7.77	6.70E+04	38.72	1581.76	2.00E+08	0.00
	out	RC	-0.25	191.36	-10.73	305.37	2.07E+06	0.00
		MM	-35.66	8.77E+04	3.47	34.68	2.37E+04	0.00
		ARC	0.28	20.96	15.95	307.17	2.10E+06	0.00
HOM	in	RC	-0.02	1.56	0.03	3.35	11.15	0.00
		MM	-0.01	1.66	0.07	3.45	19.91	0.00
		ARC	5.54	1.15E+06	1.59	323.91	8.24E+06	0.00
	out	RC	0.05	1.16	0.04	2.95	0.19	0.91
		MM	0.05	1.20	-0.07	3.57	7.58	0.02
		ARC	21.75	6.35E+05	4.19	113.82	2.78E+05	0.00
IBM	in	RC	-0.02	1.59	0.13	3.57	35.85	0.00
		MM	-0.05	1.64	0.07	3.71	47.32	0.00
		ARC	142.47	8.22E+07	26.46	1249.61	1.25E+08	0.00
	out	RC	-0.09	1.22	0.22	3.09	4.63	0.10
		MM	-0.09	1.22	0.22	3.09	4.60	0.10
		ARC	37.99	3.99E+05	19.83	422.40	3.99E+06	0.00
JNJ	in	RC	0.00	1.32	0.06	3.06	1.44	0.49
		MM	0.00	1.32	0.05	3.04	1.18	0.55
		ARC	-0.02	1.31	0.04	3.05	0.67	0.72
	out	RC	-0.13	1.27	0.25	3.35	8.26	0.02
		MM	-0.14	1.29	0.24	3.36	7.74	0.02
		ARC	0.02	1.28	0.29	3.43	11.84	0.00
JPM	in	RC	0.01	1.61	0.13	2.95	6.52	0.04
		MM	-0.05	1.65	0.10	3.01	3.68	0.16
		ARC	0.76	1136.41	43.73	1916.09	2.93E+08	0.00
	out	RC	0.00	1.15	0.12	3.00	1.35	0.51
		MM	-0.05	1.14	0.13	3.01	1.43	0.49
		ARC	-0.07	1.35	0.35	4.43	56.39	0.00
KO	in	RC	-0.01	1.27	0.10	3.27	10.60	0.01
		MM	-0.03	1.37	0.14	3.46	26.22	0.00
		ARC	3.16	2.34E+05	26.70	1162.44	1.08E+08	0.00
	out	RC	-0.15	1.02	0.01	3.70	10.61	0.00
		MM	-0.14	1.06	-0.22	4.79	75.73	0.00
		ARC	-0.05	1.10	-0.01	3.66	9.38	0.01
MCD	in	RC	0.00	1.14	0.18	3.67	51.39	0.00
		MM	0.07	14.75	-0.26	33.42	8.38E+04	0.00
		ARC	-0.26	2774.98	-22.11	932.55	6.93E+07	0.00
	out	RC	0.03	1.29	0.23	2.94	4.72	0.09
		MM	-0.63	18.64	0.89	23.71	9713.26	0.00
		ARC	-1.37	2532.67	-19.53	451.68	4.56E+06	0.00
MMM	in	RC	0.01	1.27	0.11	3.46	23.80	0.00
		MM	0.01	1.41	-0.09	4.26	145.31	0.00
		ARC	30.79	5.43E+05	28.88	955.66	7.29E+07	0.00
	out	RC	0.01	1.48	-0.11	4.56	54.68	0.00
		MM	0.05	1.59	0.44	3.85	33.46	0.00
		ARC	-1.20	598.29	-11.99	226.88	1.14E+06	0.00
MO	in	RC	-0.03	1.51	0.06	3.62	35.49	0.00
		MM	-0.07	1.54	0.07	3.54	28.37	0.00
		ARC	-0.02	2.53	1.08	38.43	1.01E+05	0.00
	out	RC	0.06	1.06	-0.16	3.35	5.08	0.08
		MM	0.06	1.06	-0.16	3.35	5.08	0.08
		ARC	-0.03	1.07	-0.14	3.52	7.58	0.02

continua na próxima página

Tabela 5.8: Continuação da Página Anterior

Ação	sample	STAR-Tree	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
MRK	in	RC	-0.02	1.43	0.03	3.23	5.22	0.07
		MM	-0.09	3.20	0.39	39.84	1.23E+05	0.00
		ARC	29.06	1.58E+06	40.98	1764.33	2.49E+08	0.00
	out	RC	0.00	1.91	-1.14	10.37	1335.93	0.00
		MM	0.04	24.72	-6.72	144.48	4.54E+05	0.00
		ARC	-12.44	8.12E+04	-23.25	541.55	6.57E+06	0.00
PFE	in	RC	-0.02	1.43	0.12	2.79	9.12	0.01
		MM	-0.02	1.45	0.13	2.80	9.41	0.01
		ARC	0.00	3.00	0.87	15.02	1.18E+04	0.00
	out	RC	-0.10	1.61	-0.07	4.19	31.48	0.00
		MM	-0.12	1.75	-0.29	4.71	72.10	0.00
		ARC	-32.60	7.65E+06	-7.51	268.79	1.59E+06	0.00
PG	in	RC	0.00	1.23	0.04	3.61	33.47	0.00
		MM	-0.01	1.24	0.04	3.58	30.91	0.00
		ARC	-0.01	1.43	-0.01	3.90	63.93	0.00
	out	RC	-0.12	1.09	0.10	2.89	1.21	0.55
		MM	-0.13	1.12	0.11	2.85	1.61	0.45
		ARC	0.03	2.80	4.01	57.53	68341.02	0.00
UTX	in	RC	0.00	1.28	0.02	3.01	0.11	0.95
		MM	0.00	1.39	0.29	4.65	274.71	0.00
		ARC	0.12	41.75	12.99	369.82	1.08E+07	0.00
	out	RC	-0.11	1.13	0.07	2.65	3.39	0.18
		MM	-0.05	1.14	0.04	3.13	0.52	0.77
		ARC	2.33	3807.19	22.55	521.56	6.10E+06	0.00
WMT	in	RC	-0.02	1.32	0.18	3.21	16.06	0.00
		MM	-0.02	1.38	0.14	3.31	15.61	0.00
		ARC	39.86	3.87E+06	37.81	1565.91	1.96E+08	0.00
	out	RC	-0.02	1.21	-0.05	3.69	10.52	0.01
		MM	-0.02	1.21	-0.05	3.70	10.91	0.00
		ARC	-0.09	1.33	-0.03	3.58	7.44	0.02

Tabela 5.8: Continuação da Página Anterior

Os altíssimos valores de algumas estatísticas dos resíduos dos modelos STAR-Tree-MM e STAR-Tree-ARC, podem ser decorrentes da própria metodologia de previsão dos modelos ou de *outliers* que não foram retirados no tratamento dos dados.

5.3. Comparação dos Modelos do Retorno

Para comparar os modelos estimados, foram avaliadas as medidas estatísticas e financeiras da fase de treinamento e de teste de cada modelo, além de ser realizado um teste de igualdade de precisão preditiva, para comparar a previsão dos modelos STAR-Tree em relação a modelos de referência.

Deve ser dada uma maior importância aos resultados financeiros, pois é a partir deles que se visualiza o desempenho do modelo no caso da aplicação no mercado financeiro.

5.3.1. Resultados Estatísticos

As medidas estatísticas utilizadas neste trabalho estão definidas na Tabela (5.9).

Medidas	Definição
Erro Absoluto Médio	$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \tilde{y}_t - y_t $
Erro Percentual Absoluto Médio	$MAPE = \frac{100}{T} \sum_{t=1}^T \left \frac{\tilde{y}_t - y_t}{y_t} \right $
Raiz do Erro Quadrático Médio	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\tilde{y}_t - y_t)^2}$
Coefficiente de Desigualdade de Theil 1	$U1 = \frac{RMSE}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \tilde{y}_t^2 + \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t^2}}}$
Coefficiente de Desigualdade de Theil 2	$U2 = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^{T-1} \left(\frac{\tilde{y}_{t+1} - y_{t+1}}{y_t} \right)^2}}{\sqrt{\sum_{t=1}^{T-1} \left(\frac{y_{t+1} - y_t}{y_t} \right)^2}}$
Mudanças Corretas de Direção	$CDC = \frac{100}{T} \sum_{t=1}^T D_t$ $D_t = 1$ se $\tilde{y}_t \times y_t > 0$; c. c. $D_t = 0$
Razão entre Variâncias	$Rvar = \frac{VAR[\tilde{y}_t - y_t]}{VAR[y_t]}$

Tabela 5.9: Medidas Estatísticas

O U de Theil 1 é um número entre 0 e 1, e quanto menor o seu valor, mais precisa é a previsão. O U de Theil 2 é uma comparação com o método Naive, valores menores que 1 indicam que a previsão é melhor do que a do Naive. O CDC pode ser também considerado uma medida financeira, uma vez que mostra a capacidade do modelo de acompanhar rapidamente as mudanças no mercado.

Os resultados estatísticos obtidos para os 7 modelos são mostrados na Tabela (5.10), onde RN são as redes neurais e RC, MM e ARC são as 3 metodologias de previsão do STAR-Tree. Os valores estão dispostos por ação e por fase, *in-sample* e *out-of-sample*.

A coluna da direita representa o melhor modelo em cada estatística, ou seja, o modelo com o menor MAE, MAPE, RMSE, U1, U2 e Rvar, e com maior CDC.

Ação	sample	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor	
AA	in	MAE	1.74	2.45	56.12	1.72	1.70	1.74	2.57	RC
		MAPE	101.40	268.08	7896.09	107.83	103.06	106.06	245.28	Média
		RMSE	2.33	3.27	87.45	2.32	2.29	2.33	8.52	RC
		CDC	47.68	48.00	48.74	52.37	52.09	48.55	48.60	ARX
		U1	0.94	0.70	0.97	0.86	0.86	0.88	0.80	Naive
		U2	0.99	1.00	4.46	0.97	0.96	0.99	4.47	RC
		Rvar	1.00	1.98	869.92	1.00	0.98	1.01	13.03	RC
	out	MAE	1.24	1.73	13.18	1.26	1.24	1.25	1.30	Média
		MAPE	100.64	344.96	3095.88	119.50	113.70	107.12	139.47	Média
		RMSE	1.63	2.25	17.57	1.65	1.63	1.64	1.69	RC
		CDC	49.45	54.23	51.84	50.18	51.84	51.29	48.71	Naive
		U1	0.97	0.69	0.91	0.88	0.88	0.90	0.80	Naive
		U2	0.99	1.00	37.08	0.97	0.99	0.99	1.01	ARX
		Rvar	1.00	1.90	105.21	1.01	1.00	1.01	1.07	RC
AIG	in	MAE	1.51	2.14	70.04	1.51	1.44	1.57	84.23	RC
		MAPE	101.14	323.41	14972.94	112.82	106.10	107.40	11537.25	Média
		RMSE	2.51	3.47	83.26	2.49	2.00	5.50	2517.67	RC
		CDC	48.87	50.90	48.37	51.77	51.22	50.48	49.27	ARX
		U1	0.98	0.69	0.97	0.89	0.50	0.79	1.00	RC
		U2	1.00	1.00	42.02	1.01	0.97	1.06	200.31	RC
		Rvar	1.00	1.92	334.27	0.99	0.64	4.81	1.05E+06	RC
	out	MAE	0.95	1.40	63.40	0.96	0.97	0.96	21.00	Média
		MAPE	100.00	312.26	18708.40	106.76	107.51	107.16	1155.50	Média
		RMSE	1.39	1.95	83.66	1.41	1.42	1.41	317.92	Média
		CDC	45.59	48.35	50.00	49.45	46.32	47.43	50.18	ARC
		U1	1.00	0.70	0.98	0.93	0.89	0.89	1.00	Naive
		U2	0.99	1.00	30.65	1.02	1.00	1.01	130.91	Média
		Rvar	1.00	1.97	1629.28	1.02	1.04	1.04	52426.72	Média
AXP	in	MAE	1.74	2.46	47.57	1.73	1.70	1.71	344.53	RC
		MAPE	102.33	296.32	7058.93	110.95	108.50	114.61	37718.17	Média
		RMSE	2.33	3.29	71.19	2.34	2.31	2.32	5990.97	RC
		CDC	49.06	47.40	48.51	52.60	55.49	54.20	49.22	RC
		U1	0.95	0.71	0.97	0.84	0.84	0.83	1.00	Naive
		U2	0.99	1.00	2397.81	0.96	0.97	0.99	1157.12	ARX
		Rvar	1.00	2.00	794.91	1.01	0.98	0.99	6.15E+06	RC
	out	MAE	0.75	1.08	31.42	0.97	0.82	0.83	390.48	Média
		MAPE	105.13	300.69	13653.35	294.43	174.16	183.33	37735.75	Média
		RMSE	1.12	1.55	34.09	1.32	1.20	1.21	5771.21	Média
		CDC	49.26	48.16	50.37	49.82	48.90	48.16	49.26	RN
		U1	0.95	0.69	0.97	0.73	0.77	0.76	1.00	Naive
		U2	0.99	1.00	26.83	1.17	1.02	1.03	2954.41	Média
		Rvar	1.00	1.92	805.07	1.02	1.15	1.16	2.65E+07	Média
BA	in	MAE	1.63	2.32	68.54	1.61	1.61	2499.21	1.97	RC
		MAPE	101.76	280.55	10980.78	106.57	104.66	400120.66	171.43	Média
		RMSE	2.27	3.17	86.93	2.26	2.25	19747.12	4.36	RC
		CDC	49.38	47.86	49.43	51.95	51.54	50.39	46.26	ARX
		U1	0.92	0.70	0.97	0.89	0.88	1.00	0.73	Naive
		U2	1.00	1.00	42.86	1.03	1.02	3952.23	1.13	Média
		Rvar	1.00	1.97	730.34	1.00	0.99	7.61E+07	3.49	RC
	out	MAE	1.05	1.61	31.36	1.06	1.06	1916.15	1.17	Média
		MAPE	101.76	364.19	11331.17	126.71	114.02	372154.20	160.19	Média
		RMSE	1.31	2.01	38.57	1.32	1.34	16970.70	1.82	Média
		CDC	51.47	41.54	51.29	50.18	49.63	50.37	49.63	Média
		U1	0.97	0.77	0.97	0.87	0.87	1.00	0.73	ARC
		U2	1.01	1.00	6.68	1.05	1.03	11941.53	1.08	Naive
		Rvar	1.00	2.37	696.31	1.02	1.04	1.68E+08	1.94	Média

continua na próxima página

Tabela 5.10: Resultados Estatísticos - Retorno

Ação	sample	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
CAT	MAE	1.64	2.31	63.77	1.63	1.58	1.64	127.46	RC
	MAPE	101.90	277.56	9619.78	103.98	104.78	110.62	20705.85	Média
	RMSE	2.18	3.09	91.45	2.18	2.13	2.19	2150.49	RC
	in CDC	47.59	48.09	46.95	50.07	54.07	50.34	48.86	RC
	U1	0.94	0.71	0.98	0.90	0.79	0.82	1.00	Naive
	U2	0.98	1.00	67.30	1.00	0.95	0.99	395.75	RC
	Rvar	1.00	2.02	1002.81	1.00	0.95	1.00	961559.04	RC
	MAE	1.14	1.61	140.34	1.15	1.15	1.18	1.18	Média
	MAPE	103.74	468.77	49080.43	164.13	141.55	144.01	164.26	Média
	RMSE	1.52	2.10	176.63	1.55	1.53	1.56	1.57	Média
	out CDC	54.04	50.18	52.94	53.49	54.78	50.92	52.39	RC
	U1	0.97	0.69	0.99	0.84	0.84	0.85	0.79	Naive
	U2	1.00	1.00	40.45	1.06	1.07	1.01	1.01	Naive
	Rvar	1.00	1.90	4985.08	1.02	1.01	1.05	1.06	Média
DD	MAE	1.50	2.11	59.65	1.48	1.48	1.48	17.25	MM
	MAPE	100.81	261.42	10274.17	100.93	101.60	101.46	1683.02	Média
	RMSE	2.00	2.81	89.92	1.99	1.98	1.98	306.32	MM
	in CDC	47.13	47.73	47.63	52.87	52.37	52.41	50.16	ARX
	U1	0.94	0.70	0.98	0.90	0.89	0.88	0.99	Naive
	U2	0.98	1.00	353.72	1.00	0.98	0.98	51.18	MM
	Rvar	1.00	1.97	1181.66	0.99	0.98	0.98	21960.30	MM
	MAE	0.83	1.19	53.56	0.90	0.84	0.84	5.76	Média
	MAPE	100.35	282.21	22611.14	186.27	121.78	121.78	1631.28	Média
	RMSE	1.09	1.54	76.09	1.18	1.11	1.11	66.91	Média
	out CDC	49.45	48.35	49.82	49.45	48.53	48.16	47.24	RN
	U1	0.98	0.71	0.99	0.77	0.87	0.87	0.98	Naive
	U2	0.99	1.00	13.01	0.97	1.00	1.00	48.57	ARX
	Rvar	1.00	2.00	2668.64	1.00	1.04	1.04	3754.84	ARX
DIS	MAE	1.64	2.33	51.36	1.63	1.62	5.45	83.25	RC
	MAPE	100.24	262.17	7749.10	104.19	101.53	674.47	2420.94	Média
	RMSE	2.28	3.21	64.70	2.27	2.24	7.61	3238.15	RC
	in CDC	47.59	47.36	48.32	51.26	50.99	49.43	50.26	ARX
	U1	0.98	0.70	0.97	0.90	0.83	0.79	1.00	Naive
	U2	0.99	1.00	29.44	0.95	0.95	4.06	263.03	ARX
	Rvar	1.00	1.99	385.67	0.99	0.96	9.02	1.85E+06	RC
	MAE	0.95	1.36	21.88	0.96	0.96	1.82	0.99	Média
	MAPE	100.01	315.05	6444.93	119.44	107.75	451.70	138.48	Média
	RMSE	1.35	1.91	30.61	1.36	1.35	2.45	1.39	Média
	out CDC	48.35	47.98	46.51	48.35	46.51	45.77	47.24	Média
	U1	0.99	0.71	0.96	0.88	0.92	0.72	0.81	Naive
	U2	0.99	1.00	0.46	1.03	1.00	1.76	1.06	RN
	Rvar	1.00	1.99	428.83	1.00	1.00	3.21	1.06	ARX
GE	MAE	1.46	2.07	52.99	1.45	1.40	1.48	106.50	RC
	MAPE	101.90	276.18	8912.05	114.37	118.97	134.76	27365.56	Média
	RMSE	1.97	2.78	89.77	1.95	1.90	2.07	1354.71	RC
	in CDC	48.60	48.46	49.01	52.78	54.66	54.25	50.57	RC
	U1	0.94	0.71	0.98	0.83	0.72	0.67	1.00	MM
	U2	0.99	1.00	19.72	0.94	0.88	1.00	1583.48	RC
	Rvar	1.00	2.00	1554.78	0.98	0.93	1.10	438732.65	RC
	MAE	0.74	1.04	19.59	0.76	0.82	0.85	1.38	Média
	MAPE	108.71	341.95	8478.95	136.65	184.81	212.32	252.38	Média
	RMSE	0.95	1.32	24.21	0.97	1.04	1.08	7.88	Média
	out CDC	47.06	49.26	51.29	49.26	47.06	49.26	43.57	RN
	U1	0.95	0.69	0.96	0.86	0.77	0.74	0.90	Naive
	U2	1.03	1.00	31.34	1.04	1.17	1.27	1.70	Naive
	Rvar	1.00	1.93	614.26	1.04	1.13	1.22	68.98	Média

continua na próxima página

Tabela 5.10: Continuação da Página Anterior

Ação	sample	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
GM	MAE	1.59	2.31	75.35	1.56	1.55	1.56	4.24	RC
	MAPE	100.55	284.93	11679.26	106.01	108.94	108.83	379.80	Média
	RMSE	2.15	3.12	98.66	2.13	2.10	2.12	33.11	RC
	in CDC	47.31	46.03	47.04	52.96	54.02	54.16	50.36	MM
	U1	0.97	0.73	0.98	0.89	0.82	0.82	0.94	Naive
	U2	0.99	1.00	74.67	0.96	0.98	0.98	3.51	ARX
	Rvar	1.00	2.12	893.95	0.99	0.96	0.97	225.99	RC
	MAE	1.34	1.91	77.54	1.36	1.38	1.39	4.86	Média
	MAPE	100.74	516.72	23973.03	126.38	129.09	131.17	388.92	Média
	RMSE	2.07	2.86	110.90	2.09	2.16	2.18	36.42	Média
	out CDC	53.68	50.18	45.22	50.55	49.45	49.08	50.37	Média
	U1	0.99	0.69	0.98	0.90	0.83	0.82	0.95	Naive
	U2	1.00	1.00	595.27	1.06	1.09	1.09	1.23	Média
	Rvar	1.00	1.91	1474.13	1.01	1.09	1.11	309.40	Média
HD	MAE	1.81	2.52	66.48	1.80	1.79	185.01	13.84	RC
	MAPE	100.64	260.44	2.34E+16	106.90	123.36	29417.42	1215.89	Média
	RMSE	2.76	3.81	80.41	2.74	2.56	328.90	331.01	RC
	in CDC	48.28	48.14	50.16	52.18	50.34	48.09	48.23	ARX
	U1	0.98	0.69	0.97	0.88	0.68	0.99	0.99	RC
	U2	1.00	1.00	81.37	0.98	0.76	56.62	111.58	RC
	Rvar	1.00	1.91	402.67	0.99	0.86	14206.01	13428.46	RC
	MAE	0.95	1.38	32.46	1.02	1.80	170.11	1.37	Média
	MAPE	99.87	292.38	7.41E+15	165.01	306.30	52909.06	224.21	Média
	RMSE	1.22	1.74	47.43	1.30	10.12	297.94	3.76	Média
	out CDC	50.37	43.93	51.29	50.37	50.00	52.94	50.18	MM
	U1	0.98	0.71	0.97	0.78	0.90	1.00	0.78	Naive
	U2	0.99	1.00	119.85	1.10	2.55	216.82	1.13	Média
	Rvar	1.00	2.03	1265.91	1.01	68.38	58420.11	9.38	Média
HOM	MAE	1.75	2.47	55.13	1.75	1.67	1.69	199.63	RC
	MAPE	99.98	264.70	3.90E+16	108.90	107.09	107.78	27363.47	Média
	RMSE	2.49	3.45	79.04	2.50	2.39	2.42	2234.07	RC
	in CDC	48.74	46.39	49.89	51.17	54.98	54.34	48.91	RC
	U1	0.96	0.69	0.97	0.86	0.73	0.74	1.00	Naive
	U2	0.98	1.00	278.42	0.97	0.93	0.94	473.44	RC
	Rvar	1.00	1.92	689.59	1.01	0.92	0.95	7.51E+05	RC
	MAE	0.99	1.42	25.75	1.12	1.03	1.04	134.78	Média
	MAPE	99.20	324.35	1.07E+15	208.06	128.49	127.46	26605.61	Média
	RMSE	1.30	1.85	32.93	1.42	1.35	1.36	970.07	Média
	out CDC	50.18	48.35	49.26	49.82	47.06	46.51	45.22	Média
	U1	0.98	0.71	0.96	0.75	0.84	0.83	1.00	Naive
	U2	0.99	1.00	17.11	1.13	1.04	1.05	233.84	Média
	Rvar	1.00	2.03	640.83	1.04	1.08	1.10	557651.34	Média
IBM	MAE	1.66	2.43	51.96	1.64	1.60	1.64	886.91	RC
	MAPE	105.69	346.28	9704.23	114.44	116.95	119.95	32264.46	Média
	RMSE	2.35	3.39	81.74	2.33	2.22	2.30	24442.30	RC
	in CDC	49.98	47.08	50.34	53.01	53.97	53.24	52.44	RC
	U1	0.95	0.72	0.97	0.86	0.71	0.76	1.00	RC
	U2	1.01	1.00	584.16	1.01	1.00	1.01	2010.65	Naive
	Rvar	1.00	2.09	844.69	0.98	0.90	0.96	1.03E+08	RC
	MAE	0.75	1.06	24.08	0.76	0.76	0.76	30.31	Média
	MAPE	112.08	407.97	12584.42	144.06	120.63	120.71	3209.95	Média
	RMSE	1.02	1.41	38.49	1.03	1.03	1.03	458.95	Média
	out CDC	48.16	48.71	50.37	50.00	48.16	48.35	50.37	RN
	U1	0.95	0.69	0.97	0.84	0.90	0.90	1.00	Naive
	U2	1.00	1.00	35.83	1.11	1.02	1.02	110.33	Média
	Rvar	1.00	1.91	1371.17	1.02	1.01	1.01	202206.94	Média

continua na próxima página

Tabela 5.10: Continuação da Página Anterior

Ação	sample	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
JNJ	MAE	1.25	1.74	77.10	1.22	1.24	1.24	1.28	ARX
	MAPE	102.21	280.48	17467.56	108.92	104.45	106.01	112.32	Média
	RMSE	1.68	2.33	88.14	1.65	1.67	1.67	1.73	ARX
	in CDC	50.30	47.73	50.30	53.65	52.09	51.45	49.74	ARX
	U1	0.94	0.69	0.98	0.84	0.91	0.91	0.86	Naive
	U2	1.00	1.00	32.98	0.97	0.98	0.98	1.02	ARX
	Rvar	1.00	1.93	648.60	0.97	1.00	1.00	1.01	ARX
	MAE	0.67	0.98	98.07	0.68	0.68	0.68	0.67	Média
	MAPE	106.32	312.66	45056.44	127.42	117.77	122.25	118.31	Média
	RMSE	0.90	1.29	112.99	0.91	0.91	0.91	0.91	Média
	out CDC	47.06	46.14	47.06	51.10	47.43	48.16	49.82	ARX
	U1	0.94	0.72	0.99	0.85	0.88	0.87	0.86	Naive
	U2	0.98	1.00	812.39	1.03	1.00	1.00	1.01	Média
	Rvar	1.00	2.05	3864.36	1.02	1.00	1.01	1.01	Média
JPM	MAE	1.71	2.49	47.58	1.70	1.70	1.72	4.12	ARX
	MAPE	101.58	341.16	7859.56	110.10	113.00	125.21	633.68	Média
	RMSE	2.39	3.44	81.39	2.39	2.39	2.40	97.82	RC
	in CDC	48.60	46.12	47.40	52.18	51.63	50.71	50.62	ARX
	U1	0.96	0.72	0.97	0.89	0.89	0.86	0.98	Naive
	U2	1.00	1.00	11.41	0.99	1.01	1.04	3.64	ARX
	Rvar	1.00	2.06	945.14	1.00	1.00	1.01	1526.29	RC
	MAE	0.74	1.04	31.35	0.74	0.75	0.75	0.80	ARX
	MAPE	101.42	252.16	10257.72	100.78	105.61	108.01	135.19	ARX
	RMSE	0.96	1.34	36.30	0.96	0.97	0.97	1.04	ARX
	out CDC	48.71	49.63	48.35	49.08	48.53	49.26	50.18	ARC
	U1	0.96	0.70	0.98	0.95	0.91	0.89	0.78	Naive
	U2	0.98	1.00	154.67	0.99	0.99	0.97	0.99	MM
	Rvar	1.00	1.95	1427.82	1.00	1.01	1.01	1.15	ARX
KO	MAE	1.33	1.87	49.56	1.31	1.28	1.33	31.38	RC
	MAPE	100.53	274.61	8845.43	104.27	110.67	121.14	3599.65	Média
	RMSE	1.79	2.49	86.00	1.77	1.73	1.80	616.55	RC
	in CDC	48.00	46.26	47.31	52.23	53.47	52.18	48.91	RC
	U1	0.95	0.69	0.98	0.89	0.77	0.75	1.00	Naive
	U2	0.99	1.00	35.12	0.99	1.06	1.13	69.04	Média
	Rvar	1.00	1.93	1711.66	0.98	0.93	1.01	1.10E+05	RC
	MAE	0.65	0.94	18.24	0.68	0.67	0.67	0.69	Média
	MAPE	100.61	330.01	8535.64	147.03	135.63	132.25	136.07	Média
	RMSE	0.93	1.28	22.79	0.95	0.94	0.95	0.97	Média
	out CDC	48.16	48.90	49.82	48.16	49.26	48.16	44.30	RN
	U1	0.98	0.69	0.96	0.84	0.85	0.83	0.82	Naive
	U2	0.99	1.00	65.44	1.05	1.05	1.03	1.01	Média
	Rvar	1.00	1.92	606.83	1.00	1.02	1.04	1.09	ARX
MCD	MAE	1.38	1.94	55.47	1.36	1.33	2.93	7.48	RC
	MAPE	100.78	262.59	9873.42	105.93	107.19	421.73	827.76	Média
	RMSE	1.90	2.65	91.40	1.89	1.86	5.29	119.58	RC
	in CDC	47.68	45.43	47.59	51.81	54.48	51.13	47.82	RC
	U1	0.95	0.70	0.98	0.87	0.81	0.77	0.98	Naive
	U2	0.98	1.00	10.96	0.98	0.95	2.53	18.92	RC
	Rvar	1.00	1.96	1499.93	0.99	0.96	7.79	3774.52	RC
	MAE	1.02	1.49	24.80	1.11	1.04	2.39	4.77	Média
	MAPE	99.49	349.09	8723.14	183.87	117.70	616.55	423.06	Média
	RMSE	1.35	1.97	40.99	1.44	1.38	4.27	60.59	Média
	out CDC	51.65	48.53	49.08	47.24	50.55	49.82	49.82	Média
	U1	0.98	0.73	0.97	0.79	0.86	0.79	0.98	Naive
	U2	0.99	1.00	36.92	1.20	1.01	3.53	8.33	Média
	Rvar	1.00	2.12	719.99	1.00	1.05	9.79	2013.72	ARX

continua na próxima página

Tabela 5.10: Continuação da Página Anterior

Ação	sample	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
MMM	MAE	1.24	1.82	63.16	1.23	1.21	1.25	47.35	RC
	MAPE	101.97	328.03	15366.08	118.83	111.83	135.22	5158.81	Média
	RMSE	1.69	2.40	88.95	1.68	1.67	1.71	912.59	RC
	in CDC	47.96	45.98	48.19	52.92	55.03	52.37	49.74	RC
	U1	0.95	0.71	0.98	0.86	0.83	0.77	1.00	Naive
	U2	0.99	1.00	90.07	1.03	1.00	1.02	2604.48	Média
	Rvar	1.01	2.03	1382.74	0.99	0.98	1.03	2.79E+05	RC
	MAE	0.82	1.21	93.08	0.83	0.87	0.91	3.40	Média
	MAPE	103.78	344.83	35204.17	116.24	155.21	216.91	1000.10	Média
	RMSE	1.14	1.63	115.82	1.15	1.21	1.24	21.97	Média
	out CDC	50.37	47.43	50.37	47.24	47.61	47.79	46.69	Média
	U1	0.96	0.72	0.99	0.91	0.82	0.78	0.95	Naive
	U2	0.99	1.00	14.72	1.02	1.08	1.30	18.26	Média
	Rvar	1.00	2.07	3694.64	1.02	1.14	1.19	374.25	Média
MO	MAE	1.52	2.19	37.76	1.51	1.50	1.52	1.79	RC
	MAPE	101.48	281.64	7182.27	108.64	111.31	112.88	147.29	Média
	RMSE	2.19	3.09	52.62	2.18	2.16	2.18	2.80	RC
	in CDC	50.53	47.82	51.03	52.64	54.16	52.37	51.92	RC
	U1	0.95	0.71	0.96	0.88	0.85	0.84	0.70	ARC
	U2	1.01	1.00	62.00	0.96	1.04	1.05	1.13	ARX
	Rvar	1.00	2.00	353.36	0.99	0.97	0.99	1.51	RC
	MAE	0.83	1.17	17.72	0.84	0.84	0.84	0.84	Média
	MAPE	102.51	360.07	8540.01	117.85	119.55	119.55	124.88	Média
	RMSE	1.26	1.74	21.42	1.27	1.27	1.27	1.28	Média
	out CDC	53.68	50.74	50.18	52.02	51.10	51.10	51.47	Média
	U1	0.97	0.69	0.95	0.91	0.89	0.89	0.88	Naive
	U2	1.01	1.00	59.67	0.95	0.97	0.97	1.01	ARX
	Rvar	1.00	1.91	242.58	1.01	1.01	1.01	1.02	Média
MRK	MAE	1.41	1.95	50.74	1.39	1.40	1.61	66.83	ARX
	MAPE	102.07	266.07	9326.15	106.91	105.75	166.18	4913.07	Média
	RMSE	1.87	2.57	80.05	1.85	1.85	2.31	1957.25	ARX
	in CDC	49.56	49.33	50.99	55.35	52.78	51.77	50.94	ARX
	U1	0.93	0.69	0.98	0.86	0.88	0.70	1.00	Naive
	U2	0.99	1.00	162.10	0.99	1.00	2.06	1198.76	ARX
	Rvar	1.00	1.89	1728.67	0.98	0.99	1.53	1.04E+06	ARX
	MAE	1.06	1.56	34.42	1.09	1.16	1.94	11.54	Média
	MAPE	101.64	343.54	11428.19	105.95	148.01	401.93	1198.30	Média
	RMSE	2.06	2.92	42.02	2.09	2.17	4.49	230.91	Média
	out CDC	49.63	47.43	48.90	47.79	48.35	48.71	48.71	Média
	U1	0.99	0.71	0.95	0.91	0.80	0.73	0.99	Naive
	U2	1.00	1.00	11.09	1.00	1.03	1.44	14.83	Naive
	Rvar	1.00	2.01	320.19	1.03	1.11	4.73	12525.83	Média
PFE	MAE	1.57	2.20	70.12	1.54	1.53	1.53	1.98	RC
	MAPE	104.15	275.99	10982.28	108.35	110.53	112.17	189.44	Média
	RMSE	2.05	2.85	92.29	2.02	2.00	2.01	3.16	RC
	in CDC	49.84	48.23	50.62	55.08	55.44	54.98	52.39	RC
	U1	0.93	0.69	0.98	0.83	0.80	0.79	0.71	Naive
	U2	1.00	1.00	51.89	1.01	1.03	1.03	1.18	Média
	Rvar	1.00	1.93	942.55	0.97	0.95	0.96	2.24	RC
	MAE	1.00	1.38	29.12	6.74	1.04	1.07	240.05	Média
	MAPE	103.56	355.26	12123.70	2186.20	142.99	170.10	2.89E+05	Média
	RMSE	1.44	1.90	44.00	6.97	1.50	1.54	3090.96	Média
	out CDC	45.77	50.74	47.43	53.31	48.53	47.79	50.92	ARX
	U1	0.96	0.66	0.97	0.84	0.76	0.74	1.00	Naive
	U2	1.04	1.00	31.74	9.21	0.86	0.84	8056.16	MM
	Rvar	1.00	1.75	678.33	1.75	1.08	1.14	4.63E+06	Média

continua na próxima página

Tabela 5.10: Continuação da Página Anterior

Ação	sample	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
PG	MAE	1.28	1.83	61.04	1.26	1.26	1.26	1.39	RC
	MAPE	103.67	326.13	15277.91	113.10	115.36	117.32	148.34	Média
	RMSE	1.91	2.71	70.96	1.89	1.88	1.88	2.08	RC
	in CDC	50.25	47.68	50.85	53.79	52.18	52.37	50.78	ARX
	U1	0.95	0.71	0.97	0.87	0.87	0.86	0.76	Naive
	U2	1.00	1.00	59.73	1.02	1.00	1.03	1.06	Média
	Rvar	1.00	2.03	379.52	0.98	0.98	0.98	1.11	RC
	MAE	0.68	1.00	40.95	0.71	0.69	0.70	0.81	Média
	MAPE	102.34	326.02	18789.62	129.80	139.13	143.08	184.73	Média
	RMSE	0.88	1.29	43.58	0.91	0.89	0.90	1.43	Média
	out CDC	51.29	46.51	51.29	47.43	54.41	53.13	51.10	RC
	U1	0.95	0.73	0.98	0.87	0.81	0.82	0.71	ARC
	U2	0.99	1.00	57.75	1.05	0.90	0.91	1.00	RC
	Rvar	1.00	2.12	834.68	1.03	1.00	1.02	2.63	RC
UTX	MAE	1.47	2.09	51.63	1.46	1.44	1.45	2.84	RC
	MAPE	104.42	285.87	2.27E+16	113.05	109.02	109.47	233.20	Média
	RMSE	2.07	2.96	70.29	2.07	2.04	2.05	23.35	RC
	in CDC	49.98	46.62	50.76	51.86	54.07	52.69	49.27	RC
	U1	0.94	0.72	0.97	0.85	0.84	0.83	0.91	Naive
	U2	0.97	1.00	33.80	0.99	1.00	1.00	4.44	Média
	Rvar	1.00	2.05	828.59	1.00	0.97	0.98	117.39	RC
	MAE	0.82	1.18	29.35	17.88	0.83	0.83	4.34	Média
	MAPE	109.90	386.03	3.28E+15	7434.39	148.91	131.92	1316.99	Média
	RMSE	1.05	1.49	36.74	17.95	1.06	1.07	62.39	Média
	out CDC	50.74	48.16	48.53	48.90	51.47	51.47	50.55	RC
	U1	0.93	0.71	0.97	0.95	0.80	0.78	0.98	Naive
	U2	1.02	1.00	907.86	13.92	1.03	1.03	4.68	Naive
	Rvar	1.00	2.03	1214.00	2.47	1.03	1.04	3548.69	Média
WMT	MAE	1.60	2.30	60.32	1.60	1.56	1.58	91.80	RC
	MAPE	102.12	281.61	10393.02	114.75	105.21	105.88	10986.08	Média
	RMSE	2.14	3.01	88.71	2.14	2.11	2.12	2322.13	RC
	in CDC	47.91	43.18	47.63	50.99	51.95	51.49	49.43	RC
	U1	0.96	0.70	0.98	0.84	0.81	0.81	1.00	Naive
	U2	0.99	1.00	2731.10	1.04	1.02	1.02	2072.71	Média
	Rvar	1.00	1.99	983.54	1.00	0.97	0.98	1.13E+06	RC
	MAE	0.78	1.08	44.68	10.18	0.80	0.80	0.84	Média
	MAPE	103.97	300.67	17173.89	3872.48	135.98	136.44	150.83	Média
	RMSE	1.02	1.39	55.06	10.25	1.04	1.04	1.09	Média
	out CDC	47.43	48.71	47.43	51.84	52.57	53.31	46.69	MM
	U1	0.95	0.69	0.98	0.91	0.81	0.81	0.80	Naive
	U2	1.02	1.00	1.85	11.22	1.01	1.01	1.12	Naive
	Rvar	1.00	1.89	1015.40	1.40	1.05	1.05	1.14	Média

Tabela 5.10: Continuação da Página Anterior

Para os resultados *in-sample*, na maioria das medidas o STAR-Tree-RC apresentou melhores resultados em 19 séries, e o STAR-Tree-MM em 1 série. O ARX foi o melhor modelo em 3 séries. No desempenho fora da amostra, o modelo Média leva vantagem em 18 séries, o STAR-Tree-RC em 4 séries e o ARX em 1 série. Nota-se que, nos 2 períodos da tabela, o modelo Média apresenta o menor MAPE em praticamente todas as séries.

Apesar desses resultados *in-sample* darem uma indicação da precisão do modelo proposto nesta dissertação, a diferença entre os resultados estatísticos dos modelos testados é muito pequena na maioria dos casos. Além disso, apesar da

importância na avaliação de modelos estatísticos, essas medidas desempenham um papel secundário na modelagem de dados financeiros. O principal interesse nesse caso são os resultados financeiros do modelo, que são avaliados através das estratégias de negociação com base na previsão.

5.3.2. Resultados Financeiros

As medidas financeiras utilizadas neste trabalho estão definidas na Tabela (5.11).

Medidas	Definição
Retorno Médio	$\bar{R} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^{NT} R_i$ NT: n° de transação
Retorno Anualizado	$R^A = 252 \times \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{NT} R_i$
Retorno Acumulado	$R^C = \sum_{i=1}^{NT} R_i$
Volatilidade Anualizada	$\sigma^A = \sqrt{252} \times \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{i=1}^{NT} (R_i - \bar{R})^2}$
Índice Sharpe	$SR = \frac{R^A}{\sigma^A}$
% Negociações Vencedoras	$WT = \frac{\sum_{i=1}^{NT} PF_i}{NT}$ $PF_i = 1 \text{ se } R_i > 0; \text{ c. c. } PF_i = 0$

Tabela 5.11: Medidas Financeiras

Os resultados financeiros *in-sample* e *out-of-sample* obtidos para os 7 modelos são mostrados na Tabela (5.12). Os valores da tabela são os valores percentuais das medidas.

A coluna da direita representa o melhor modelo em cada estatística, ou seja, o modelo com o maior retorno médio, retorno anualizado, retorno acumulado, índice Sharpe, número de negociações (NT) e percentual de negociações vencedoras (WT), e a menor volatilidade anualizada.

As medidas da Tabela (5.12) são obtidas a partir de uma regra de decisão de negociação (compra e venda), que foi definida a partir do sinal do valor previsto

do retorno. Se a previsão do retorno for positiva, assume-se a posição comprada, caso contrário, permanece-se fora do mercado ou vende-se o ativo em posse. Ou seja, o melhor modelo é aquele que acerta o sinal da previsão do retorno nos dias de grandes quedas ou de grandes altas.

As medidas de maior interesse da Tabela (5.11) são o retorno anualizado e acumulado, e a volatilidade anualizada, que indica o grau de risco ao qual o investidor ficou exposto durante um ano. Desta forma, o índice Sharpe, que representa a relação entre o retorno percentual obtido por unidade percentual de volatilidade é a medida mais importante no julgamento dos modelos.

Seguindo esse critério de julgamento, na fase de treinamento, o modelo STAR-Tree-RC apresentou o melhor desempenho em 15 ações, o ARX em 7 e o STAR-Tree-MM em 1 ação. Na fase de teste, os resultados foram mais heterogêneos: o modelo STAR-Tree-RC e o modelo Média tiveram os melhores desempenhos em 7 séries, o STAR-Tree-ARC em 4 séries, o modelo Naive em 3 séries, o STAR-Tree-MM em 2 séries e as Redes Neurais apresentaram melhores resultados em 1 série.

Uma abordagem interessante é avaliar os modelos olhando para todas as 23 ações. Na Figura (5.1) temos a média dos retornos anualizado e acumulado das ações no período *out-of-sample* (544 dias).

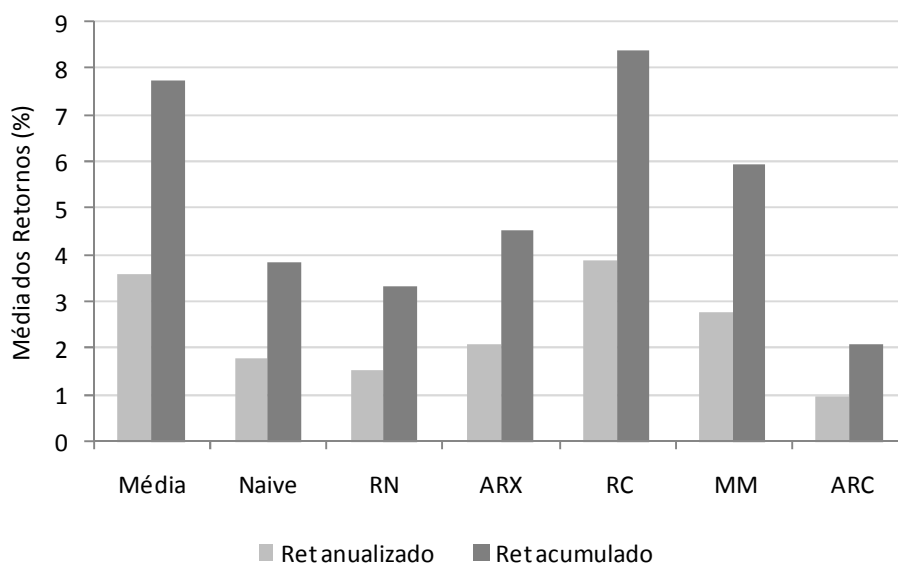


Figura 5.1: Média dos Retornos das 23 Ações

Ação	sample (%)	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
AA	Retmed	37.41	0.12	0.78	0.58	0.59	0.21	0.17	Média
	Retanual	12.99	7.67	18.81	29.21	33.38	8.46	10.18	RC
	Retacum	112.22	66.28	162.54	252.35	288.36	73.08	77.70	RC
	in volatanual	32.69	24.58	31.86	26.61	27.39	29.45	27.86	Naive
	sr	0.40	0.31	0.59	1.10	1.22	0.29	0.37	RC
	NT	3.00	542.00	209.00	437.00	491.00	356.00	459.00	Naive
	WT	0.33	0.35	0.51	0.54	0.57	0.51	0.50	RC
	Retmed	-7.62	0.39	0.11	-0.22	0.26	0.10	-0.16	Naive
	Retanual	-3.53	21.89	8.28	-5.07	13.44	5.53	-9.34	Naive
	Retacum	-7.62	47.26	17.88	-10.95	29.02	11.95	-20.17	Naive
out volatanual	0.00	18.83	19.71	24.13	22.34	19.96	20.88	Média	
sr	-Inf	1.16	0.42	-0.21	0.60	0.28	-0.45	Naive	
NT	1.00	121.00	160.00	50.00	113.00	116.00	125.00	RN	
WT	0.00	0.45	0.53	0.50	0.52	0.56	0.46	MM	
AIG	Retmed	-3.67	0.27	-0.58	0.50	0.76	0.58	0.13	RC
	Retanual	-8.50	16.27	-4.20	18.41	23.96	16.37	5.79	RC
	Retacum	-73.47	140.52	-36.26	159.08	207.01	141.40	44.20	RC
	in volatanual	10.76	24.80	24.08	23.22	25.68	29.91	31.73	Média
	sr	-0.79	0.66	-0.17	0.79	0.93	0.55	0.18	RC
	NT	20.00	519.00	62.00	320.00	272.00	243.00	347.00	Naive
	WT	0.00	0.39	0.48	0.61	0.61	0.60	0.51	ARX
	Retmed	-1.80	0.10	0.25	-0.29	-0.13	-0.08	0.43	ARC
	Retanual	-10.87	6.34	5.07	-7.71	-3.27	-1.51	23.17	ARC
	Retacum	-23.46	13.68	10.94	-16.65	-7.05	-3.25	50.01	ARC
out volatanual	2.57	12.70	21.91	11.55	21.81	24.39	14.09	Média	
sr	-4.23	0.50	0.23	-0.67	-0.15	-0.06	1.64	ARC	
NT	13.00	138.00	44.00	57.00	53.00	39.00	115.00	Naive	
WT	0.00	0.34	0.59	0.46	0.55	0.59	0.60	ARC	
AXP	Retmed	46.21	0.19	0.22	0.59	1.17	1.15	0.11	Média
	Retanual	16.05	12.01	13.07	19.63	36.55	32.51	6.04	RC
	Retacum	138.64	103.77	112.91	169.57	315.72	280.88	46.12	RC
	in volatanual	39.63	23.82	25.58	24.64	26.47	25.77	28.97	Naive
	sr	0.40	0.50	0.51	0.80	1.38	1.26	0.21	RC
	NT	3.00	545.00	509.00	288.00	271.00	245.00	428.00	Naive
	WT	0.33	0.37	0.52	0.65	0.69	0.67	0.52	RC
	Retmed	8.09	0.01	0.00	0.87	0.10	0.06	0.03	Média
	Retanual	3.75	0.78	-0.01	0.81	5.79	3.51	2.14	RC
	Retacum	8.09	1.68	-0.02	1.75	12.50	7.57	4.61	RC
out volatanual	0.00	10.93	10.97	1.98	14.83	14.77	10.58	Média	
sr	Inf	0.07	0.00	0.41	0.39	0.24	0.20	ARX	
NT	1.00	136.00	101.00	2.00	122.00	117.00	137.00	ARC	
WT	1.00	0.32	0.52	0.50	0.57	0.56	0.52	Média	
BA	Retmed	48.00	0.12	0.28	0.31	0.42	0.37	-0.24	Média
	Retanual	5.56	7.66	10.78	15.31	15.35	11.20	-13.31	RC
	Retacum	48.00	66.22	93.14	132.29	132.62	96.75	-101.59	RC
	in volatanual	0.00	22.65	37.40	29.29	31.78	31.25	27.43	Média
	sr	Inf	0.34	0.29	0.52	0.48	0.36	-0.49	ARX
	NT	1.00	536.00	336.00	430.00	316.00	263.00	418.00	Naive
	WT	1.00	0.38	0.49	0.60	0.57	0.55	0.49	Média
	Retmed	60.91	-0.13	0.40	1.84	0.43	0.48	0.31	Média
	Retanual	28.21	-9.26	20.32	23.06	20.05	19.19	16.16	Média
	Retacum	60.91	-19.99	43.87	49.79	43.29	41.42	34.88	Média
out volatanual	0.00	14.55	14.91	22.42	17.46	18.92	15.54	Média	
sr	Inf	-0.64	1.36	1.03	1.15	1.01	1.04	RN	
NT	1.00	158.00	109.00	27.00	101.00	87.00	114.00	Naive	
WT	1.00	0.31	0.54	0.56	0.53	0.52	0.55	Média	

continua na próxima página

Tabela 5.12: Resultados Financeiros

Ação	sample (%)	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
CAT	Retmed	110.35	0.16	0.14	0.28	0.60	0.34	0.13	Média
	Retanual	12.77	9.74	6.04	17.07	35.20	20.06	7.41	RC
	Retacum	110.35	84.10	52.22	147.44	304.05	173.29	56.59	RC
	in volatanual	0.00	24.96	29.68	25.30	24.48	18.89	24.15	Média
	sr	Inf	0.39	0.20	0.67	1.44	1.06	0.31	RC
	NT	1.00	531.00	368.00	524.00	510.00	508.00	438.00	Naive
	WT	1.00	0.35	0.52	0.52	0.56	0.52	0.50	Média
	Retmed	41.67	0.29	3.39	1.71	0.67	0.11	0.30	Média
	Retanual	19.30	17.78	17.26	15.88	24.38	8.24	14.49	RC
	Retacum	41.67	38.38	37.26	34.29	52.63	17.79	31.27	RC
	out volatanual	0.00	18.78	19.11	19.30	19.18	16.75	17.76	Média
	sr	Inf	0.95	0.90	0.82	1.27	0.49	0.82	RC
	NT	1.00	134.00	11.00	20.00	79.00	155.00	106.00	MM
	WT	1.00	0.43	0.64	0.80	0.58	0.52	0.57	Média
DD	Retmed	35.87	0.11	0.12	0.33	0.32	0.33	0.06	Média
	Retanual	4.15	7.17	2.63	17.49	19.98	20.37	2.88	MM
	Retacum	35.87	61.95	22.74	151.05	172.63	175.99	21.95	MM
	in volatanual	0.00	19.23	28.23	23.39	22.70	22.63	23.01	Média
	sr	Inf	0.37	0.09	0.75	0.88	0.90	0.12	MM
	NT	1.00	540.00	195.00	456.00	535.00	530.00	341.00	Naive
	WT	1.00	0.38	0.46	0.58	0.52	0.52	0.49	Média
	Retmed	7.48	-0.03	0.04	0.05	0.00	-0.01	-0.11	Média
	Retanual	3.47	-2.12	1.51	2.84	0.26	-0.81	-5.39	Média
	Retacum	7.48	-4.57	3.26	6.13	0.56	-1.75	-11.63	Média
	out volatanual	0.00	12.58	19.96	11.51	14.40	14.30	13.33	Média
	sr	Inf	-0.17	0.08	0.25	0.02	-0.06	-0.40	ARX
	NT	1.00	138.00	83.00	124.00	156.00	154.00	103.00	RC
	WT	1.00	0.30	0.45	0.50	0.47	0.46	0.46	Média
DIS	Retmed	-1.30	0.14	0.04	0.43	0.57	0.23	0.17	RC
	Retanual	-3.30	8.47	1.77	25.25	19.77	8.29	8.96	ARX
	Retacum	-28.51	73.20	15.29	218.16	170.83	71.60	68.42	ARX
	in volatanual	8.46	22.64	31.03	26.26	28.99	15.83	24.85	Média
	sr	-0.39	0.37	0.06	0.96	0.68	0.52	0.36	ARX
	NT	22.00	531.00	346.00	507.00	302.00	317.00	412.00	Naive
	WT	0.05	0.37	0.47	0.54	0.58	0.52	0.53	RC
	Retmed	6.05	0.02	-0.02	0.07	0.10	-0.15	0.01	Média
	Retanual	2.80	1.47	-0.82	4.00	3.59	-7.04	0.77	ARX
	Retacum	6.05	3.17	-1.77	8.63	7.75	-15.20	1.67	ARX
	out volatanual	0.00	16.71	20.20	18.64	16.50	11.46	17.95	Média
	sr	Inf	0.09	-0.04	0.21	0.22	-0.61	0.04	RC
	NT	1.00	135.00	109.00	122.00	79.00	102.00	115.00	Naive
	WT	1.00	0.30	0.45	0.47	0.51	0.47	0.50	Média
GE	Retmed	15.44	0.20	0.38	0.68	0.71	0.61	0.14	Média
	Retanual	12.51	12.24	16.23	31.35	39.16	36.74	9.14	RC
	Retacum	108.06	105.75	140.20	270.85	338.27	317.36	69.78	RC
	in volatanual	36.15	21.29	24.59	23.83	27.70	25.64	23.83	Naive
	sr	0.35	0.57	0.66	1.32	1.41	1.43	0.38	MM
	NT	7.00	537.00	368.00	400.00	474.00	524.00	484.00	Naive
	WT	0.14	0.37	0.49	0.62	0.60	0.59	0.51	ARX
	Retmed	20.73	0.08	0.07	0.07	0.28	0.22	-0.20	Média
	Retanual	9.60	5.03	6.60	3.86	6.66	8.26	-11.54	Média
	Retacum	20.73	10.87	14.25	8.33	14.38	17.83	-24.91	Média
	out volatanual	0.00	9.46	10.73	11.57	12.21	12.41	11.07	Média
	sr	Inf	0.53	0.62	0.33	0.55	0.67	-1.04	MM
	NT	1.00	136.00	197.00	117.00	52.00	82.00	125.00	RN
	WT	1.00	0.33	0.49	0.49	0.56	0.50	0.40	Média

continua na próxima página

Tabela 5.12: Continuação da Página Anterior

Ação	sample (%)	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor	
GM	Retmed	-2.92	-0.01	-0.09	0.34	0.42	0.40	0.05	RC	
	Retanual	-4.40	-0.42	-0.52	21.41	25.85	24.90	3.19	RC	
	Retacum	-37.98	-3.65	-4.45	184.95	223.31	215.11	24.33	RC	
	in	volatanual	2.62	20.60	17.22	22.85	24.42	24.47	25.02	Média
	sr	-1.68	-0.02	-0.03	0.94	1.06	1.02	0.13	RC	
	NT	13.00	558.00	48.00	540.00	528.00	541.00	449.00	Naive	
	WT	0.08	0.35	0.56	0.56	0.57	0.57	0.51	MM	
	Retmed	-1.59	-0.05	-11.95	-0.22	-0.31	-0.32	-0.31	Naive	
	Retanual	-3.68	-3.23	-38.77	-10.44	-19.11	-20.14	-15.15	Naive	
	Retacum	-7.94	-6.97	-83.68	-22.55	-41.24	-43.48	-32.71	Naive	
	out	volatanual	0.91	17.81	38.39	21.71	18.31	18.45	21.72	Média
	sr	-4.04	-0.18	-1.01	-0.48	-1.04	-1.09	-0.70	Naive	
	NT	5.00	135.00	7.00	104.00	132.00	136.00	106.00	MM	
	WT	0.00	0.29	0.43	0.48	0.42	0.40	0.46	ARX	
HD	Retmed	-0.14	0.25	0.13	0.76	1.27	0.11	0.09	RC	
	Retanual	-0.21	15.23	6.72	31.01	18.25	5.36	3.00	ARX	
	Retacum	-1.85	131.58	58.02	267.92	157.68	46.29	22.89	ARX	
	in	volatanual	15.04	29.18	39.77	30.39	35.58	35.46	36.43	Média
	sr	-0.01	0.52	0.17	1.02	0.51	0.15	0.08	ARX	
	NT	13.00	535.00	434.00	353.00	124.00	435.00	253.00	Naive	
	WT	0.08	0.38	0.55	0.55	0.58	0.51	0.53	RC	
	Retmed	8.85	-0.10	0.10	0.11	0.30	0.18	-0.10	Média	
	Retanual	4.10	-7.08	5.13	5.76	6.97	9.45	-3.46	MM	
	Retacum	8.85	-15.28	11.07	12.44	15.05	20.41	-7.47	MM	
	out	volatanual	0.00	14.52	14.69	15.68	13.97	14.97	13.87	Média
	sr	Inf	-0.49	0.35	0.37	0.50	0.63	-0.25	MM	
	NT	1.00	149.00	110.00	109.00	50.00	113.00	78.00	Naive	
	WT	1.00	0.31	0.49	0.59	0.52	0.55	0.49	Média	
HOM	Retmed	9.86	0.19	0.09	0.37	0.64	0.64	0.11	Média	
	Retanual	4.57	12.31	4.89	18.55	38.52	37.74	7.31	RC	
	Retacum	39.44	106.32	42.29	160.26	332.77	326.04	55.79	RC	
	in	volatanual	12.56	27.11	29.70	32.62	35.02	34.51	28.91	Média
	sr	0.36	0.45	0.16	0.57	1.10	1.09	0.25	RC	
	NT	4.00	546.00	466.00	434.00	520.00	513.00	487.00	Naive	
	WT	0.25	0.34	0.51	0.56	0.59	0.58	0.51	RC	
	Retmed	20.29	0.00	-0.02	5.70	-0.12	-0.14	0.00	Média	
	Retanual	9.40	0.18	-0.84	7.92	-7.43	-8.72	0.14	Média	
	Retacum	20.29	0.39	-1.81	17.11	-16.05	-18.83	0.30	Média	
	out	volatanual	0.00	14.62	9.27	2.00	13.02	13.19	16.21	Média
	sr	Inf	0.01	-0.09	3.97	-0.57	-0.66	0.01	ARX	
	NT	1.00	138.00	112.00	3.00	138.00	139.00	139.00	MM	
	WT	1.00	0.33	0.48	1.00	0.47	0.45	0.47	Média	
IBM	Retmed	48.84	0.09	0.40	0.95	1.37	1.28	0.58	Média	
	Retanual	16.96	5.55	18.96	29.92	44.49	36.12	24.50	RC	
	Retacum	146.53	47.95	163.75	258.48	384.33	312.06	187.07	RC	
	in	volatanual	42.42	26.43	27.87	28.90	31.95	33.04	30.56	Naive
	sr	0.40	0.21	0.68	1.04	1.39	1.09	0.80	RC	
	NT	3.00	564.00	405.00	272.00	280.00	244.00	323.00	Naive	
	WT	0.33	0.35	0.51	0.61	0.55	0.56	0.54	ARX	
	Retmed	-7.71	0.03	0.00	0.11	-0.16	-0.07	0.07	ARX	
	Retanual	-3.57	1.85	-0.05	1.90	-1.81	-0.82	2.07	ARC	
	Retacum	-7.71	4.00	-0.11	4.10	-3.91	-1.77	4.46	ARC	
	out	volatanual	0.00	11.63	7.10	8.32	14.27	14.77	11.26	Média
	sr	Inf	0.16	-0.01	0.23	-0.13	-0.06	0.18	ARX	
	NT	1.00	139.00	111.00	38.00	25.00	24.00	65.00	Naive	
	WT	0.00	0.31	0.49	0.32	0.44	0.46	0.52	ARC	

continua na próxima página

Tabela 5.12: Continuação da Página Anterior

Ação	sample (%)	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
JNJ	Retmed	58.60	0.15	60.70	0.57	0.37	0.33	0.21	RN
	Retanual	13.57	9.52	14.05	31.77	19.82	19.86	8.65	ARX
	Retacum	117.20	82.25	121.40	274.46	171.25	171.59	66.05	ARX
	in volatanual	29.29	18.24	19.57	18.95	18.93	17.87	18.71	MM
	sr	0.46	0.52	0.72	1.68	1.05	1.11	0.46	ARX
	NT	2.00	547.00	2.00	478.00	457.00	519.00	317.00	Naive
	WT	0.50	0.36	1.00	0.55	0.58	0.58	0.55	RN
	Retmed	20.32	-0.04	20.32	0.55	0.41	0.22	0.16	Média
	Retanual	9.41	-2.56	9.41	8.22	10.94	9.72	6.88	RC
	Retacum	20.32	-5.53	20.32	17.74	23.62	20.98	14.86	RC
out volatanual	0.00	8.63	0.00	7.14	13.17	11.84	8.16	Média	
sr	Inf	-0.30	Inf	1.15	0.83	0.82	0.84	ARX	
NT	1.00	144.00	1.00	32.00	58.00	97.00	94.00	Naive	
WT	1.00	0.34	1.00	0.63	0.53	0.52	0.51	Média	
JPM	Retmed	14.19	0.14	0.13	0.51	0.44	0.63	0.15	Média
	Retanual	8.21	9.26	10.76	23.21	18.46	17.04	7.64	ARX
	Retacum	70.95	80.02	93.00	200.53	159.43	147.24	58.36	ARX
	in volatanual	25.51	23.47	29.49	26.38	34.55	36.76	30.47	Naive
	sr	0.32	0.39	0.37	0.88	0.53	0.46	0.25	ARX
	NT	5.00	556.00	714.00	391.00	363.00	232.00	381.00	RN
	WT	0.20	0.36	0.48	0.61	0.62	0.60	0.54	RC
	Retmed	8.70	0.02	0.02	0.00	0.01	0.06	0.14	Média
	Retanual	4.03	1.50	1.52	0.10	0.40	1.52	5.36	ARC
	Retacum	8.70	3.24	3.29	0.22	0.86	3.27	11.57	ARC
out volatanual	0.00	10.52	9.78	12.97	14.12	14.05	13.10	Média	
sr	Inf	0.14	0.16	0.01	0.03	0.11	0.41	ARC	
NT	1.00	132.00	210.00	119.00	84.00	59.00	85.00	RN	
WT	1.00	0.38	0.49	0.53	0.55	0.54	0.54	Média	
KO	Retmed	48.04	0.07	-0.04	0.40	0.65	0.66	0.06	Média
	Retanual	5.56	4.23	-2.32	21.59	30.00	25.18	3.65	RC
	Retacum	48.04	36.57	-20.08	186.51	259.15	217.51	27.85	RC
	in volatanual	0.00	18.00	23.74	22.72	22.62	23.09	21.98	Média
	sr	Inf	0.24	-0.10	0.95	1.33	1.09	0.17	RC
	NT	1.00	559.00	556.00	469.00	397.00	329.00	437.00	Naive
	WT	1.00	0.34	0.49	0.55	0.57	0.56	0.49	Média
	Retmed	-14.43	-0.07	-0.05	-0.24	0.12	-0.93	-0.32	RC
	Retanual	-6.68	-4.32	-3.94	-7.26	3.28	-6.02	-13.37	RC
	Retacum	-14.43	-9.32	-8.51	-15.68	7.08	-12.99	-28.85	RC
out volatanual	0.00	9.07	10.53	11.57	11.17	13.89	13.73	Média	
sr	-Inf	-0.48	-0.37	-0.63	0.29	-0.43	-0.97	RC	
NT	1.00	134.00	186.00	65.00	58.00	14.00	91.00	RN	
WT	0.00	0.36	0.47	0.48	0.52	0.43	0.44	RC	
MCD	Retmed	5.10	0.09	0.19	0.27	0.46	0.22	-0.09	Média
	Retanual	2.95	5.95	4.07	14.48	29.59	13.97	-5.56	RC
	Retacum	25.51	51.39	35.15	125.12	255.59	120.68	-42.47	RC
	in volatanual	12.91	21.75	26.12	22.98	22.11	20.50	21.62	Média
	sr	0.23	0.27	0.16	0.63	1.34	0.68	-0.26	RC
	NT	5.00	548.00	189.00	459.00	555.00	557.00	478.00	MM
	WT	0.20	0.34	0.52	0.52	0.56	0.52	0.45	RC
	Retmed	26.86	-0.01	0.07	0.04	0.13	0.06	0.06	Média
	Retanual	12.44	-0.52	5.87	2.39	6.88	3.25	3.70	Média
	Retacum	26.86	-1.13	12.67	5.16	14.86	7.02	7.98	Média
out volatanual	0.00	15.38	15.34	10.95	17.33	16.25	14.99	Média	
sr	Inf	-0.03	0.38	0.22	0.40	0.20	0.25	RC	
NT	1.00	138.00	170.00	120.00	111.00	112.00	129.00	RN	
WT	1.00	0.38	0.52	0.50	0.51	0.52	0.55	Média	

continua na próxima página

Tabela 5.12: Continuação da Página Anterior

Ação	sample (%)	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
MMM	Retmed	19.66	0.10	5.02	0.39	0.56	0.43	0.11	Média
	Retanual	11.38	6.17	12.20	21.22	31.29	19.93	6.67	RC
	Retacum	98.28	53.27	105.43	183.29	270.34	172.21	50.90	RC
	in volatanual	32.39	18.51	17.59	16.91	17.26	18.02	19.73	ARX
	sr	0.35	0.33	0.69	1.25	1.81	1.11	0.34	RC
	NT	5.00	554.00	21.00	476.00	482.00	400.00	450.00	Naive
	WT	0.20	0.34	0.67	0.62	0.62	0.64	0.52	ARX
MMM	Retmed	-1.55	-0.11	-1.55	-0.07	-0.10	-0.11	-0.14	Média
	Retanual	-0.72	-7.37	-0.72	-4.84	-4.49	-4.19	-9.44	Média
	Retacum	-1.55	-15.91	-1.55	-10.44	-9.69	-9.05	-20.38	Média
	out volatanual	0.00	11.42	0.00	12.08	13.01	10.53	13.48	Média
	sr	-Inf	-0.65	-Inf	-0.40	-0.35	-0.40	-0.70	RC
	NT	1.00	143.00	1.00	152.00	99.00	86.00	142.00	ARX
	WT	0.00	0.31	0.00	0.49	0.55	0.57	0.49	MM
MO	Retmed	15.96	0.09	0.36	0.56	1.03	0.89	0.49	Média
	Retanual	7.39	5.87	14.87	23.90	36.08	26.03	23.08	RC
	Retacum	63.83	50.71	128.50	206.49	311.70	224.88	176.20	RC
	in volatanual	23.15	23.43	32.10	27.67	26.32	29.81	27.89	Média
	sr	0.32	0.25	0.46	0.86	1.37	0.87	0.83	RC
	NT	4.00	541.00	353.00	366.00	302.00	254.00	361.00	Naive
	WT	0.25	0.39	0.54	0.61	0.63	0.61	0.54	RC
MO	Retmed	47.90	0.34	0.20	0.54	0.46	0.46	0.88	Média
	Retanual	22.19	20.42	10.44	26.39	22.57	22.57	15.98	ARX
	Retacum	47.90	44.07	22.53	56.97	48.72	48.72	34.49	ARX
	out volatanual	0.00	15.21	18.29	16.28	17.29	17.29	21.65	Média
	sr	Inf	1.34	0.57	1.62	1.31	1.31	0.74	ARX
	NT	1.00	131.00	114.00	106.00	105.00	105.00	39.00	Naive
	WT	1.00	0.44	0.57	0.60	0.53	0.53	0.72	Média
MRK	Retmed	24.58	0.20	0.16	0.63	0.77	0.79	0.27	Média
	Retanual	8.54	12.47	11.17	31.12	20.21	18.52	9.31	ARX
	Retacum	73.75	107.71	96.47	268.84	174.55	160.02	71.10	ARX
	in volatanual	21.97	19.92	17.86	21.41	27.02	26.53	25.81	RN
	sr	0.39	0.63	0.63	1.45	0.75	0.70	0.36	ARX
	NT	3.00	530.00	586.00	428.00	228.00	202.00	266.00	RN
	WT	0.33	0.39	0.55	0.56	0.57	0.57	0.53	RC
MRK	Retmed	-30.43	-0.15	0.05	-0.46	-0.36	0.00	0.01	RN
	Retanual	-14.09	-9.44	2.38	-21.64	-20.17	-0.21	0.54	RN
	Retacum	-30.43	-20.37	5.13	-46.72	-43.53	-0.45	1.17	RN
	out volatanual	0.00	25.02	12.00	33.39	28.56	20.42	18.56	Média
	sr	-Inf	-0.38	0.20	-0.65	-0.71	-0.01	0.03	RN
	NT	1.00	138.00	96.00	101.00	121.00	119.00	117.00	Naive
	WT	0.00	0.35	0.49	0.51	0.50	0.55	0.50	MM
PFE	Retmed	48.08	0.21	0.63	0.94	0.97	0.94	0.52	Média
	Retanual	16.70	12.97	19.78	43.06	47.41	47.20	26.40	RC
	Retacum	144.23	112.05	170.91	372.01	409.55	407.72	201.54	RC
	in volatanual	41.71	22.49	44.04	22.42	23.34	23.38	25.98	ARX
	sr	0.40	0.58	0.45	1.92	2.03	2.02	1.02	RC
	NT	3.00	536.00	273.00	395.00	421.00	433.00	389.00	Naive
	WT	0.33	0.38	0.49	0.62	0.60	0.58	0.54	ARX
PFE	Retmed	-29.21	0.10	-0.11	-0.05	-0.14	-0.03	-0.18	Naive
	Retanual	-13.53	6.21	-5.75	-2.55	-6.59	-1.76	-10.12	Naive
	Retacum	-29.21	13.42	-12.42	-5.51	-14.23	-3.79	-21.84	Naive
	out volatanual	0.00	14.90	18.28	21.11	16.00	17.15	15.79	Média
	sr	-Inf	0.42	-0.31	-0.12	-0.41	-0.10	-0.64	Naive
	NT	1.00	131.00	109.00	108.00	99.00	111.00	120.00	Naive
	WT	0.00	0.28	0.43	0.45	0.48	0.48	0.43	RC

continua na próxima página

Tabela 5.12: Continuação da Página Anterior

Ação	sample (%)	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
PG	Retmed	17.19	0.09	1.05	0.73	0.68	0.66	0.35	Média
	Retanual	11.94	5.69	13.24	26.37	25.63	25.69	17.00	ARX
	Retacum	103.17	49.15	114.35	227.78	221.39	221.97	129.81	ARX
	in volatanual	33.99	17.49	41.25	25.15	23.37	23.29	25.32	Naive
	sr	0.35	0.33	0.32	1.05	1.10	1.10	0.67	MM
	NT	6.00	547.00	109.00	310.00	327.00	334.00	371.00	Naive
	WT	0.17	0.36	0.56	0.66	0.59	0.60	0.58	ARX
	Retmed	17.84	-0.09	0.09	0.00	0.68	0.53	0.16	Média
	Retanual	8.26	-6.22	4.38	0.04	11.95	8.81	7.07	RC
	Retacum	17.84	-13.43	9.46	0.08	25.80	19.03	15.26	RC
	out volatanual	0.00	9.04	10.71	2.30	9.68	9.87	11.40	Média
	sr	Inf	-0.69	0.41	0.02	1.23	0.89	0.62	RC
	NT	1.00	144.00	108.00	23.00	38.00	36.00	96.00	Naive
	WT	1.00	0.31	0.54	0.43	0.63	0.58	0.53	Média
UTX	Retmed	164.72	0.11	0.12	0.48	1.07	1.27	0.28	Média
	Retanual	19.07	6.85	5.57	19.66	34.75	32.85	10.96	RC
	Retacum	164.72	59.14	48.12	169.88	300.23	283.77	83.69	RC
	in volatanual	0.00	23.58	25.43	24.62	26.24	28.69	26.65	Média
	sr	Inf	0.29	0.22	0.80	1.32	1.14	0.41	RC
	NT	1.00	558.00	414.00	356.00	280.00	224.00	300.00	Naive
	WT	1.00	0.38	0.53	0.65	0.65	0.65	0.55	Média
	Retmed	26.36	0.11	-0.03	0.18	0.85	0.45	0.35	Média
	Retanual	12.21	7.11	-1.56	5.87	11.46	9.98	12.84	ARX
	Retacum	26.36	15.34	-3.38	12.67	24.74	21.54	27.73	ARC
	out volatanual	0.00	10.31	8.34	8.10	9.30	9.86	11.46	Média
	sr	Inf	0.69	-0.19	0.72	1.23	1.01	1.12	RC
	NT	1.00	141.00	106.00	70.00	29.00	48.00	80.00	Naive
	WT	1.00	0.34	0.53	0.50	0.62	0.65	0.54	Média
WMT	Retmed	7.51	0.08	0.48	0.47	0.73	0.70	0.52	Média
	Retanual	13.91	5.07	13.03	27.85	33.34	31.69	23.48	RC
	Retacum	120.18	43.79	112.58	240.56	288.01	273.79	179.23	RC
	in volatanual	49.62	21.84	26.67	23.89	26.99	26.94	25.22	Naive
	sr	0.28	0.23	0.49	1.17	1.24	1.18	0.93	RC
	NT	16.00	564.00	236.00	507.00	392.00	393.00	348.00	Naive
	WT	0.06	0.33	0.52	0.58	0.56	0.56	0.54	ARX
	Retmed	-21.21	0.04	-1.36	-0.02	0.06	0.08	-0.21	MM
	Retanual	-9.83	2.72	-10.08	-1.14	3.53	4.77	-11.03	MM
	Retacum	-21.21	5.87	-21.75	-2.47	7.63	10.31	-23.80	MM
	out volatanual	0.00	10.00	12.55	11.77	11.74	11.74	12.49	Média
	sr	-Inf	0.27	-0.80	-0.10	0.30	0.41	-0.88	MM
	NT	1.00	137.00	16.00	116.00	134.00	132.00	116.00	Naive
	WT	0.00	0.39	0.44	0.57	0.51	0.52	0.42	ARX

Tabela 5.12: Continuação da Página Anterior

A Tabela (5.13) mostra em quantas séries cada modelo apresentou melhor desempenho nas medidas retorno anualizado e índice Sharpe no *out-of-sample*.

	Retanual	Sharpe
Média	5	14
Naive	3	2
RN	2	3
ARX	2	1
RC	5	1
MM	2	1
ARC	4	1
total	23	23

Tabela 5.13: Quantidade de Ações em que o Modelo Ganha

Nas Tabelas (5.12) e (5.13), com exceção do índice Sharpe, o STAR-Tree-RC e o modelo Média foram os modelos com melhor desempenho, seguido do STAR-Tree-ARC. No índice Sharpe a Média apresentou melhores resultados em 14 séries. Isso se deve ao alto número de séries (21) com apenas uma transação para este modelo no período *out-of-sample*, o que resultou em uma volatilidade anualizada igual a zero, e um índice Sharpe alto.

Observando a Figura (5.1), nota-se que o STAR-Tree-RC apresentou a média dos retornos anualizado e acumulado mais alta, seguido do modelo Média e do STAR-Tree-MM. Ou seja, mesmo que o STAR-Tree-RC não apresente bons resultados em algumas ações, na média, é o que apresenta os maiores retornos.

5.3.3. Teste de Igualdade de Precisão Preditiva

É muito comum, ao testar novas metodologias de previsão, compará-las com previsões já existentes. Nesta dissertação foi utilizado o teste de Harvey, Leybourne e Newbold (1997), que é uma modificação do teste de Diebold e Mariano (1995) de igualdade de precisão preditiva³. Este teste é mais robusto que o original. Os modelos STAR-Tree, nas suas 3 versões (RC, MM e ARC), foram comparados com os modelos Média, Naive e ARX. As Redes Neurais não foram usadas como referência, devido ao seu fraco desempenho na previsão dessas ações. A comparação foi feita em relação ao erro absoluto, erro quadrático e retorno acumulado das previsões no período *out-of-sample*.

Na Tabela (5.14), estão apresentados os valores das estatísticas do teste para as 3 funções testadas. Os modelos STAR-Tree (RC, MM e ARC), que estão nas linhas, foram comparados com os modelos de referência (Média, Naive e ARX), que estão nas colunas. O valor crítico para um nível de 5% é 1.65 (grandes amostras), ou seja, rejeita-se a hipótese de igualdade dos erros, ou dos retornos acumulados, em favor da hipótese alternativa (erros do STAR-Tree menores que os de referência, ou retorno acumulado do STAR-Tree maior que o de referência) se a estatística for maior que este valor crítico. As séries onde a hipótese nula foi rejeitada estão com seus valores em negrito.

³ O detalhamento do teste de Harvey, Leybourne e Newbold (1997) está apresentado no Apêndice A

Ação		erro absoluto			erro quadrático			Retacum		
		RC	MM	ARC	RC	MM	ARC	RC	MM	ARC
AA	Média	-0.19	-0.52	-3.26	0.01	-0.65	-2.48	1.92	0.91	-0.52
	Naive	8.79	8.70	7.73	7.91	7.84	7.27	-0.69	-1.27	-2.75
	ARX	1.11	1.16	-2.32	1.26	1.44	-1.64	1.71	1.12	-0.37
AIG	Média	-2.34	-1.69	-1.47	-2.51	-2.19	-1.42	0.61	0.73	3.72
	Naive	9.04	9.16	-1.44	4.73	4.77	-1.42	-0.78	-0.65	1.90
	ARX	-1.02	-0.52	-1.47	-1.12	-0.79	-1.42	0.38	0.51	2.68
AXP	Média	-4.10	-4.34	-1.58	-3.18	-3.19	-1.13	0.35	-0.04	-0.17
	Naive	6.69	6.38	-1.58	3.76	3.65	-1.13	0.53	0.29	0.18
	ARX	4.94	4.51	-1.58	3.29	2.88	-1.13	0.47	0.25	0.17
BA	Média	-2.01	-2.65	-2.50	-1.61	-1.78	-1.35	-1.20	-1.51	-1.47
	Naive	11.99	-2.65	6.94	9.95	-1.78	0.63	3.01	2.98	2.58
	ARX	-0.70	-2.65	-2.31	-1.11	-1.78	-1.33	-0.46	-0.66	-0.83
CAT	Média	-1.43	-3.46	-2.81	-0.90	-3.15	-2.78	0.66	-0.95	-0.61
	Naive	8.49	8.05	7.68	5.54	5.38	5.11	0.62	-0.81	-0.28
	ARX	0.15	-1.43	-1.63	1.28	-0.67	-1.40	1.09	-0.65	-0.18
DD	Média	-1.46	-1.50	-1.72	-2.54	-2.59	-1.62	-0.47	-0.63	-1.49
	Naive	9.45	9.44	-1.60	6.93	6.93	-1.62	0.28	0.15	-0.38
	ARX	3.40	3.38	-1.70	3.36	3.34	-1.62	0.03	-0.08	-0.53
DIS	Média	-1.70	-13.90	-3.23	-0.08	-9.03	-2.01	0.14	-0.81	-0.27
	Naive	8.71	-6.48	7.64	4.96	-4.58	4.58	0.22	-0.78	-0.07
	ARX	0.67	-13.32	-2.18	1.16	-8.83	-1.52	0.14	-0.81	-0.27
GE	Média	-5.60	-6.03	-1.91	-4.94	-5.31	-1.28	-0.84	-0.30	-3.08
	Naive	6.39	5.31	-1.00	6.16	5.12	-1.26	0.22	0.43	-2.36
	ARX	-4.00	-4.87	-1.86	-3.68	-4.48	-1.28	0.47	0.80	-2.02
GM	Média	-1.98	-2.25	-2.28	-1.81	-2.01	-1.88	-1.14	-1.22	-0.79
	Naive	6.45	6.29	-1.91	3.04	2.97	-1.87	-0.95	-1.01	-0.91
	ARX	-1.16	-1.46	-2.27	-1.57	-1.77	-1.88	-0.64	-0.72	-0.30
HD	Média	-2.00	-16.11	-2.85	-1.37	-4.27	-1.51	0.70	0.86	-1.10
	Naive	-0.98	-16.07	0.07	-1.35	-4.27	-1.32	1.53	1.67	0.37
	ARX	-1.84	-16.11	-2.41	-1.37	-4.27	-1.49	0.70	0.86	-1.10
HOM	Média	-3.68	-3.64	-3.25	-3.35	-2.99	-2.10	-1.58	-1.71	-1.05
	Naive	8.72	8.48	-3.23	8.09	7.70	-2.10	-0.77	-0.89	0.00
	ARX	3.54	3.19	-3.24	2.65	1.87	-2.10	-1.45	-1.58	-0.89
IBM	Média	-2.11	-1.91	-1.50	-1.08	-1.06	-1.16	0.30	0.47	0.77
	Naive	8.53	8.55	-1.49	4.78	4.78	-1.16	-0.53	-0.39	0.03
	ARX	0.85	0.91	-1.50	0.07	0.08	-1.16	-0.51	-0.37	0.02
JNJ	Média	-1.84	-2.40	-0.45	-0.46	-1.13	-0.96	0.69	0.07	-0.34
	Naive	9.67	9.50	9.82	7.83	7.77	7.84	1.83	1.65	1.40
	ARX	-0.04	-0.52	0.47	1.08	0.54	0.58	0.38	0.20	-0.19
JPM	Média	-1.12	-0.81	-3.93	-1.40	-1.20	-2.30	-0.86	-0.71	0.24
	Naive	8.70	8.79	6.88	8.98	8.99	6.22	-0.15	0.00	0.55
	ARX	-1.58	-1.08	-3.96	-1.50	-1.24	-2.30	0.05	0.26	0.82
KO	Média	-2.66	-2.27	-3.70	-2.20	-1.99	-3.17	1.89	0.44	-1.15
	Naive	8.55	8.40	7.88	6.13	5.89	5.60	1.06	-0.22	-1.17
	ARX	1.09	0.71	-0.70	1.35	0.16	-1.19	1.89	0.44	-1.15
MCD	Média	-1.96	-9.16	-1.45	-2.10	-5.40	-1.07	-0.70	-1.08	-1.02
	Naive	9.41	-5.96	-1.27	6.90	-4.76	-1.07	0.69	0.36	0.42
	ARX	2.96	-8.60	-1.42	2.14	-5.32	-1.07	0.57	0.28	0.32
MMM	Média	-3.65	-5.01	-2.77	-3.16	-4.55	-1.53	-0.55	-0.44	-1.11
	Naive	7.78	6.56	-2.35	4.97	4.64	-1.52	0.28	0.33	-0.24
	ARX	-2.87	-4.49	-2.76	-2.72	-4.33	-1.53	0.05	0.07	-0.59

continua na próxima página

Tabela 5.14: Estatísticas do teste de Harvey, Leybourne e Newbold (1997)

Ação		erro absoluto			erro quadrático			Retacum		
		RC	MM	ARC	RC	MM	ARC	RC	MM	ARC
MO	Média	-1.39	-1.39	-1.29	-0.88	-0.88	-1.78	0.05	0.05	-1.48
	Naive	7.15	7.15	7.20	3.63	3.63	3.64	0.23	0.23	-0.48
	ARX	-0.71	-0.71	-0.43	-0.06	-0.06	-0.78	-0.72	-0.72	-1.41
MRK	Média	-4.08	-5.45	-1.06	-3.39	-2.23	-1.00	-0.68	0.81	0.80
	Naive	4.86	-2.15	-1.01	1.95	-1.57	-1.00	-0.81	0.47	0.52
	ARX	-3.28	-5.39	-1.06	-2.53	-2.21	-1.00	0.13	1.09	1.25
PFE	Média	-2.74	-3.61	-1.81	-2.53	-2.46	-1.49	0.63	1.10	0.33
	Naive	7.43	6.78	-1.80	5.04	4.73	-1.49	-1.10	-0.69	-1.45
	ARX	62.57	61.49	-1.76	42.74	42.24	-1.49	-0.60	-0.16	-0.87
PG	Média	-1.46	-2.79	-2.96	-0.73	-2.23	-2.17	1.33	0.19	-0.27
	Naive	9.82	9.54	3.28	8.98	8.82	-0.67	2.67	2.20	2.02
	ARX	1.12	0.30	-2.35	1.74	0.92	-2.08	1.32	0.98	0.84
UTX	Média	-1.55	-0.59	-1.32	-1.52	-1.09	-1.01	-0.25	-0.58	0.09
	Naive	9.64	9.71	-1.18	8.36	8.23	-1.01	0.53	0.35	0.66
	ARX	217.81	219.86	5.06	127.62	127.72	-0.93	1.05	0.94	1.48
WMT	Média	-1.63	-1.60	-4.70	-1.08	-1.06	-3.20	1.65	1.79	-0.16
	Naive	8.34	8.35	6.71	7.16	7.15	6.17	0.10	0.26	-1.81
	ARX	157.63	157.88	154.24	98.49	98.51	98.27	0.48	0.65	-1.37

Tabela 5.14: Continuação da Página Anterior

Com relação aos erros de previsão, de uma forma geral, os modelos STAR-Tree apresentaram melhor desempenho do que o método Naive. No entanto, ao serem comparados com o modelo Média, a hipótese nula de igualdade dos erros não foi rejeitada em nenhuma das séries testadas. Em 8 ações, os erros do STAR-Tree são significativamente menores que os do modelo linear ARX. Com relação aos retornos financeiros do modelo, os STAR-Tree apresentam resultados significativamente melhores do que o Naive em 5 séries (AIG, BA, HD, JNJ e PG), melhores do que a Média em 4 séries (AA, AIG, KO e WMT) e melhores do que o ARX em 3 séries (AA, AIG e KO).

Na Tabela (5.15) mostra-se o número total de séries em que os modelos STAR-Tree (RC, MM e ARC) rejeitaram a hipótese nula de igualdade dos erros e dos retornos, para cada modelo de referência testado (Média, Naive e ARX).

	erro absoluto			erro quadrático			Retacum		
	RC	MM	ARC	RC	MM	ARC	RC	MM	ARC
Média	0	0	0	0	0	0	2	1	1
Naive	22	18	10	22	18	8	3	3	3
ARX	7	6	2	8	6	1	2	0	1

Tabela 5.15: Número de Séries em que o STAR-Tree Superou a Referência

Fica claro que das 3 versões do modelo STAR-Tree, a que apresenta maior precisão preditiva é a RC. Observando as Tabelas (5.10) à Tabela (5.15) e a

Figura (5.1) temos fortes evidências para considerar a Média como um modelo bastante competitivo pelo seu desempenho fora da amostra.

5.3.4. Buy & Hold

Para ter uma idéia mais realista do ganho do uso dos modelos em negociação automática, foi feita uma análise de *Buy & Hold* (B&H), que é a situação em que o investidor assume a posição comprada no início do período de teste dos modelos (*out-of-sample*), permanecendo comprada até o final do período. Ou seja, é o retorno natural do mercado.

Na Tabela (5.16) foi feita uma comparação dos retornos acumulados dos modelos e da situação *Buy & Hold*. Em 21 das 23 ações o retorno acumulado do modelo Média é igual ao da situação *Buy & Hold*. Isto ocorre porque a previsão da Média foi positiva para todo o período testado, logo a posição assumida para todo o período foi a posição comprada, o que é igual à situação do *Buy & Hold*.

Ação	B&H	Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC	Melhor
AA	-7.62	-7.62	47.26	17.88	-10.95	29.02	11.95	-20.17	Naive
AIG	12.05	-23.46	13.68	10.94	-16.65	-7.05	-3.25	50.01	ARC
AXP	8.09	8.09	1.68	-0.02	1.75	12.50	7.57	4.61	RC
BA	60.91	60.91	-19.99	43.87	49.79	43.29	41.42	34.88	B&H
CAT	41.67	41.67	38.38	37.26	34.29	52.63	17.79	31.27	RC
DD	7.48	7.48	-4.57	3.26	6.13	0.56	-1.75	-11.63	B&H
DIS	6.05	6.05	3.17	-1.77	8.63	7.75	-15.20	1.67	ARX
GE	20.73	20.73	10.87	14.25	8.33	14.38	17.83	-24.91	B&H
GM	-81.38	-7.94	-6.97	-83.68	-22.55	-41.24	-43.48	-32.71	Naive
HD	8.85	8.85	-15.28	11.07	12.44	15.05	20.41	-7.47	MM
HOM	20.29	20.29	0.39	-1.81	17.11	-16.05	-18.83	0.30	B&H
IBM	-7.71	-7.71	4.00	-0.11	4.10	-3.91	-1.77	4.46	ARC
JNJ	20.32	20.32	-5.53	20.32	17.74	23.62	20.98	14.86	RC
JPM	8.70	8.70	3.24	3.29	0.22	0.86	3.27	11.57	ARC
KO	-14.43	-14.43	-9.32	-8.51	-15.68	7.08	-12.99	-28.85	RC
MCD	26.86	26.86	-1.13	12.67	5.16	14.86	7.02	7.98	B&H
MMM	-1.55	-1.55	-15.91	-1.55	-10.44	-9.69	-9.05	-20.38	B&H
MO	47.90	47.90	44.07	22.53	56.97	48.72	48.72	34.49	ARX
MRK	-30.43	-30.43	-20.37	5.13	-46.72	-43.53	-0.45	1.17	RN
PFE	-29.21	-29.21	13.42	-12.42	-5.51	-14.23	-3.79	-21.84	Naive
PG	17.84	17.84	-13.43	9.46	0.08	25.80	19.03	15.26	RC
UTX	26.36	26.36	15.34	-3.38	12.67	24.74	21.54	27.73	ARC
WMT	-21.21	-21.21	5.87	-21.75	-2.47	7.63	10.31	-23.80	MM

Tabela 5.16: Retorno Acumulado (%)

A Tabela (5.17) mostra a soma dos postos de cada modelo e o número de séries em que cada modelo apresentou o maior retorno acumulado para o período testado.

Modelo	Soma dos Postos	# séries
B&H	76	6
RC	84	5
Média	97	0
MM	101	2
RN	114	1
ARX	115	2
Naive	116	3
ARC	125	4
total		23

Tabela 5.17: Soma dos Postos e a Quantidade de Séries em que o Modelo Ganha

Para obter os postos, foi feito um ranque dos modelos para cada série, de acordo com o retorno acumulado. O modelo que apresentou o maior retorno na série ganhou o posto 1. O segundo maior, o posto 2, e assim sucessivamente. O que apresentou o menor retorno ganhou o posto 8. A soma dos postos é a soma de todos os postos das 23 séries. O modelo com a menor soma dos postos é o que apresentou o melhor desempenho.

Nota-se que, na maioria das ações, o desempenho dos modelos não foi muito superior à do *Buy & Hold*. Isto pode ser um indício de que os modelos não conseguiram capturar grandes quedas ou grandes altas nos retornos das ações.

Na Figura (5.2) temos a média do retorno acumulado das ações no período *out-of-sample* (544 dias).

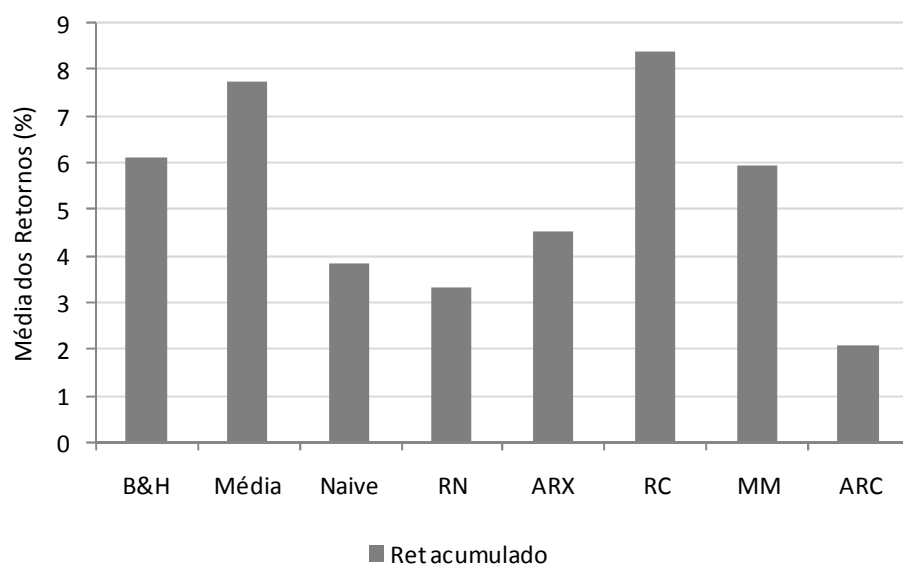


Figura 5.2: Média do Retorno Acumulado das 23 Ações

Mesmo, ganhando em menos ações do que o *Buy & Hold*, e estando em segundo lugar na soma dos postos, o STAR-Tree-RC gera um retorno acumulado mais alto na média do que a situação de *Buy & Hold*, ou seja, é preferível realizar negociação automática a permanecer comprada durante todo o período.

Para uma análise mais detalhada, foram plotados os gráficos dos retornos acumulados dos modelos e do *Buy & Hold* no período de teste. Os gráficos estão no Anexo (2).

5.4. Estimação da Volatilidade Realizada

Para realizar a análise de alavancagem do retorno, é necessário prever a volatilidade realizada para o período de teste. Com esta motivação, estimou-se um modelo STAR-Tree usando as especificações e variáveis explicativas descritas na Seção (5.1.2).

Na especificação usada por Scharth, M. e Medeiros, M. (2006), o vetor \tilde{z}_t não contém nenhuma variável, só a constante. Seguindo a especificação do artigo a variável dependente é o \ln da volatilidade realizada.

Para limitar a complexidade da árvore e o tempo computacional, foi usado um critério de parada de divisões de nós que limitava a árvore a ter no máximo 14 regimes (nós terminais), ou seja, 13 variáveis de transição.

Na Tabela (5.18) são apresentadas as variáveis de transição escolhidas para cada modelo. A última linha apresenta a quantidade de regimes de cada modelo estimado.

Variável	AA	AIG	AXP	BA	CAT	DD	DIS	GE	GM	HD	HOM	IBM	JNJ	JPM	KO	MCD	MMM	MO	MRK	PFE	PG	UTX	WMT	Total
yt-1		X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	19
yt-2						X						X												2
yt-3																								0
yt-4				X																		X		2
yt-5				X			X								X					X				4
yt-6				X																			X	2
yt-7				X		X				X										X				4
yt-8	X					X									X									3
yt-9																						X		1
yt-10																								0
r2				X		X	X	X			X									X		X		7
r5	X		X	X					X	X		X	X	X	X					X				10
r39	X		X		X	X	X		X		X					X						X		9
tempo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	21
Regimes	8	3	9	14	4	13	6	5	6	7	7	6	4	5	6	4	4	4	4	4	8	4	13	6

Tabela 5.18: Variáveis de Transição e N° de Regimes de cada Árvore

As variáveis que são mais vezes escolhidas como variáveis de transição são: o tempo (21 ações), y_{t-1} (19 ações), r_5 (10 ações) e r_{39} (9 ações). Ou seja, a variável tempo é selecionada em quase todas as séries como variável de transição, confirmando a forte presença de quebra estrutural na série. A primeira defasagem do retorno também aparece na maioria dos modelos, o que era esperado, já que a volatilidade realizada é calculada, por definição, com base no retorno da série.

Nota-se também que os retornos acumulados também são importantes variáveis de transição para a previsão da volatilidade realizada.

Os modelos resultantes apresentam mais regimes do que os modelos do retorno, confirmando uma presença maior de não-linearidade.

As estatísticas dos resíduos no *in-sample* e no *out-of-sample* para os 3 tipos de previsão, estão apresentadas na Tabela (5.19).

Na maioria das séries, a média e a variância dos resíduos são aproximadamente zero. De uma maneira geral, a metodologia RC apresenta melhores resultados, porém com excesso de assimetria e curtose. Em todos os casos *in-sample* a hipótese de normalidade dos resíduos foi rejeitada com nível de significância de 1%. No *out-of-sample*, o teste de Jarque-Bera aceitou a hipótese de normalidade dos resíduos no caso das ações BA, DD, GE, KO e WMT.

Não foi feita a comparação do modelo de volatilidade realizada STAR-Tree com outros modelos, pois estamos usando as especificações de Scharth, M e Medeiros, M. (2006), onde comparações com modelos tradicionais de volatilidade realizada foram feitas e o STAR-Tree apresentou bons resultados.

Para avaliar o ajuste dos modelos as séries, foram calculadas algumas medidas estatísticas da Tabela (5.9). Os resultados estão apresentados na Tabela (5.20).

Para a avaliação estatística dentro da amostra, observa-se que o modelo STAR-Tree-RC apresenta melhores resultados em todas as séries. Nota-se que em algumas séries a diferença entre os modelos é muito pequena.

Para a avaliação fora da amostra, a metodologia MM apresenta melhor desempenho em 11 ações, a RC em 8 e a ARC em apenas 2. As ações restantes têm resultados equivalentes para as 3 metodologias.

É importante notar que a modelagem STAR-Tree para a volatilidade realizada apresentou resultados estatísticos muito superiores à modelagem para o retorno.

Ação	sample	STAR-Tree	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
AA	in	RC	0.00	0.11	-0.83	8.41	2909.40	0.00
		MM	-32.40	1031.20	0.01	1.00	364.27	0.00
		ARC	-0.19	54.94	-41.18	1757.10	2.48E+08	0.00
	out	RC	-0.08	0.05	-0.20	3.60	11.73	0.00
		MM	-62.34	131.30	5.23	28.35	16975.00	0.00
		ARC	0.00	0.09	-0.24	4.59	61.40	0.00
AIG	in	RC	0.00	0.08	-0.51	5.96	889.54	0.00
		MM	0.02	0.08	-0.49	5.77	782.54	0.00
		ARC	0.01	0.13	-0.07	5.54	517.27	0.00
	out	RC	-0.07	0.06	0.86	8.38	717.45	0.00
		MM	-0.05	0.06	0.87	8.26	689.94	0.00
		ARC	0.00	0.10	0.26	6.29	248.40	0.00
AXP	in	RC	0.00	0.09	-0.39	7.47	1873.48	0.00
		MM	0.00	0.12	0.23	5.57	618.05	0.00
		ARC	0.02	0.23	5.67	135.82	1.43E+06	0.00
	out	RC	1.52	2.63	1.07	3.29	104.88	0.00
		MM	-0.34	0.06	0.08	6.28	241.44	0.00
		ARC	-0.01	0.17	-1.43	28.60	14976.81	0.00
BA	in	RC	0.00	0.10	-0.26	4.75	301.86	0.00
		MM	0.05	0.10	-0.26	4.58	252.84	0.00
		ARC	0.24	54.52	30.81	955.86	7.33E+07	0.00
	out	RC	-0.14	0.05	-0.07	3.23	1.55	0.46
		MM	-0.09	0.05	-0.15	3.44	6.15	0.05
		ARC	0.07	1.73	15.68	285.90	1.83E+06	0.00
CAT	in	RC	0.00	0.09	-0.49	5.43	623.95	0.00
		MM	0.02	0.09	-0.55	5.52	687.50	0.00
		ARC	-0.01	0.36	-17.76	563.85	2.54E+07	0.00
	out	RC	-0.13	0.05	0.19	4.11	30.68	0.00
		MM	-0.10	0.05	0.14	4.14	30.85	0.00
		ARC	-0.01	0.09	0.02	3.66	9.46	0.01
DD	in	RC	0.00	0.08	-0.07	4.93	338.30	0.00
		MM	0.02	0.09	-1.12	19.01	23745.45	0.00
		ARC	0.00	0.14	0.06	4.95	306.74	0.00
	out	RC	0.00	0.05	-0.18	3.17	3.51	0.17
		MM	0.03	0.05	-0.24	3.24	6.54	0.04
		ARC	-0.01	0.10	-0.30	4.02	31.08	0.00
DIS	in	RC	0.00	0.09	-0.11	4.95	349.34	0.00
		MM	0.01	0.09	-0.05	4.70	261.54	0.00
		ARC	0.00	0.14	0.09	4.15	107.30	0.00
	out	RC	-0.19	0.06	-0.23	4.68	67.56	0.00
		MM	-0.17	0.06	-0.24	4.71	70.35	0.00
		ARC	0.00	0.11	-0.27	5.54	150.44	0.00
GE	in	RC	0.00	0.06	-0.31	4.74	309.88	0.00
		MM	0.02	0.07	-0.26	4.18	151.62	0.00
		ARC	0.00	0.10	-0.06	4.15	106.96	0.00
	out	RC	-0.05	0.05	-0.21	3.10	4.16	0.13
		MM	-0.03	0.05	-0.16	3.05	2.40	0.30
		ARC	0.00	0.09	-0.04	3.26	1.59	0.45
GM	in	RC	0.00	0.09	-0.21	4.50	219.80	0.00
		MM	0.27	0.10	-0.39	4.24	195.49	0.00
		ARC	0.00	0.17	1.36	24.43	37511.91	0.00
	out	RC	-0.06	0.07	0.56	4.08	54.47	0.00
		MM	0.25	0.09	0.18	4.38	45.56	0.00
		ARC	-0.01	0.15	-0.37	7.03	378.22	0.00

continua na próxima página

Tabela 5.19: Estatística dos Resíduos – Volatilidade Realizada

Ação	sample	STAR-Tree	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
HD	in	RC	0.00	0.08	-0.52	6.13	990.36	0.00
		MM	0.05	0.09	-0.44	5.52	645.55	0.00
		ARC	0.01	0.15	0.92	16.46	14823.93	0.00
	out	RC	-0.11	0.05	0.05	4.08	26.21	0.00
		MM	-0.06	0.05	0.04	3.89	17.76	0.00
		ARC	0.00	0.12	-0.24	8.54	695.50	0.00
HOM	in	RC	0.00	0.16	-0.60	5.90	893.23	0.00
		MM	-1.22	6.75	1.38	3.07	692.41	0.00
		ARC	0.00	0.24	-0.07	5.77	616.76	0.00
	out	RC	0.90	0.66	0.61	2.51	39.78	0.00
		MM	-2.56	0.30	9.47	114.37	288183.35	0.00
		ARC	0.01	0.12	0.25	5.21	115.25	0.00
IBM	in	RC	0.00	0.06	-0.03	4.37	169.24	0.00
		MM	0.54	0.12	-0.21	3.08	16.10	0.00
		ARC	0.01	0.11	0.05	4.40	157.49	0.00
	out	RC	0.06	0.05	-0.46	3.97	39.49	0.00
		MM	0.78	0.13	-1.17	4.06	148.53	0.00
		ARC	0.00	0.09	-0.08	4.00	22.90	0.00
JNJ	in	RC	0.00	0.08	-0.25	4.56	243.90	0.00
		MM	0.08	0.08	-0.28	4.26	171.31	0.00
		ARC	0.00	0.13	0.00	3.88	61.93	0.00
	out	RC	-0.10	0.06	0.05	3.95	19.96	0.00
		MM	-0.01	0.06	0.00	4.05	24.43	0.00
		ARC	-0.01	0.11	-0.22	3.68	14.42	0.00
JPM	in	RC	0.00	0.09	-0.40	4.86	370.64	0.00
		MM	0.08	0.10	-0.36	4.49	248.39	0.00
		ARC	-0.01	0.15	-0.29	5.49	526.17	0.00
	out	RC	-0.18	0.06	-0.11	4.08	26.77	0.00
		MM	-0.10	0.06	-0.10	4.04	24.80	0.00
		ARC	-0.01	0.11	-0.15	4.14	30.89	0.00
KO	in	RC	0.00	0.06	-0.17	4.23	147.52	0.00
		MM	0.00	0.06	-0.24	4.42	205.64	0.00
		ARC	0.01	0.11	-0.03	4.55	192.63	0.00
	out	RC	-0.10	0.05	0.08	3.27	2.06	0.36
		MM	-0.09	0.05	0.08	3.28	2.17	0.34
		ARC	0.00	0.09	0.18	3.67	12.77	0.00
MCD	in	RC	0.00	0.09	-0.11	4.13	120.97	0.00
		MM	0.00	0.09	-0.12	4.14	123.42	0.00
		ARC	0.00	0.14	-0.30	5.47	517.85	0.00
	out	RC	-0.13	0.06	0.24	3.64	14.24	0.00
		MM	-0.13	0.06	0.26	3.62	14.35	0.00
		ARC	-0.01	0.10	0.09	4.38	43.23	0.00
MMM	in	RC	0.00	0.09	-0.39	5.06	440.81	0.00
		MM	0.00	0.10	-0.29	4.72	299.25	0.00
		ARC	0.00	0.14	0.20	4.55	206.13	0.00
	out	RC	0.06	0.05	0.02	4.12	27.89	0.00
		MM	0.11	0.05	0.07	4.22	33.42	0.00
		ARC	-0.01	0.11	-1.02	10.91	1502.52	0.00
MO	in	RC	0.00	0.11	0.23	4.61	254.60	0.00
		MM	0.18	0.12	0.16	4.12	122.85	0.00
		ARC	-0.01	0.19	0.01	5.13	364.56	0.00
	out	RC	-0.10	0.10	0.71	5.15	149.20	0.00
		MM	0.09	0.10	0.63	5.13	137.47	0.00
		ARC	-0.01	0.20	0.00	6.02	204.28	0.00

continua na próxima página

Tabela 5.19: Continuação da Página Anterior

Ação	sample	STAR-Tree	Média	Variância	Assimetria	Curtose	JB	p-valor
MRK	<i>in</i>	RC	0.00	0.07	-0.38	7.12	1590.50	0.00
		MM	0.02	0.08	-0.38	6.98	1488.53	0.00
		ARC	0.00	0.12	0.23	6.13	805.06	0.00
	<i>out</i>	RC	-0.06	0.09	1.25	9.34	1047.57	0.00
		MM	-0.03	0.09	1.22	9.19	997.31	0.00
		ARC	0.05	1.32	18.26	392.33	3.45E+06	0.00
PFE	<i>in</i>	RC	0.00	0.07	-0.17	4.68	266.47	0.00
		MM	0.01	0.08	-0.19	4.62	251.39	0.00
		ARC	0.00	0.29	0.75	135.71	1.42E+06	0.00
	<i>out</i>	RC	-0.09	0.08	0.91	7.80	592.71	0.00
		MM	-0.08	0.08	0.90	7.70	568.25	0.00
		ARC	0.01	0.18	-1.29	15.54	3697.01	0.00
PG	<i>in</i>	RC	0.00	0.07	-0.15	3.99	96.34	0.00
		MM	0.00	0.07	-0.08	3.89	74.45	0.00
		ARC	0.11	19.50	43.33	1895.57	2.88E+08	0.00
	<i>out</i>	RC	0.17	0.06	-0.27	4.68	69.71	0.00
		MM	0.25	0.08	-0.47	4.25	54.86	0.00
		ARC	0.00	0.12	-0.72	9.00	858.13	0.00
UTX	<i>in</i>	RC	0.00	0.10	-0.59	6.41	1185.33	0.00
		MM	24027.18	2.58E+08	-0.83	1.69	407.13	0.00
		ARC	0.00	0.17	0.08	9.08	2971.32	0.00
	<i>out</i>	RC	-0.13	0.05	-0.05	3.76	12.93	0.00
		MM	34633.21	4.42E+06	-16.43	271.00	1.65E+06	0.00
		ARC	-0.01	0.10	-0.38	4.89	92.33	0.00
WMT	<i>in</i>	RC	0.00	0.13	-1.09	14.89	13287.74	0.00
		MM	0.00	0.14	-0.87	13.32	9947.06	0.00
		ARC	0.01	0.19	-0.05	12.46	7181.77	0.00
	<i>out</i>	RC	0.30	0.07	0.02	3.11	0.25	0.88
		MM	0.43	0.19	-0.67	2.47	47.23	0.00
		ARC	0.00	0.08	0.01	3.40	3.49	0.17

Tabela 5.19: Continuação da Página Anterior

Ação		sample	RC	MM	ARC	Melhor
AA	in	MAE	0.24	32.54	0.53	RC
		MAPE	742.91	97695	960.07	RC
		RMSE	0.33	45.61	7.41	RC
		CDC	84.26	84.77	82.62	MM
		Rvar	0.47	4420.4	237.29	RC
	out	MAE	0.18	62.34	0.23	RC
		MAPE	426.48	90889	422.5	ARC
		RMSE	0.23	63.38	0.3	RC
		CDC	84.62	84.8	82.23	MM
		Rvar	0.76	2154.4	1.43	RC
AIG	in	MAE	0.22	0.22	0.27	RC
		MAPE	398.57	408.88	607.16	RC
		RMSE	0.28	0.28	0.35	RC
		CDC	82.94	82.57	82.62	RC
		Rvar	0.41	0.42	0.69	RC
	out	MAE	0.19	0.19	0.24	MM
		MAPE	239.01	226.12	334.87	MM
		RMSE	0.25	0.25	0.32	MM
		CDC	69.96	69.78	65.20	RC
		Rvar	0.56	0.57	0.98	RC
AXP	in	MAE	0.23	0.26	0.31	RC
		MAPE	186.40	278.66	206.55	RC
		RMSE	0.31	0.35	0.48	RC
		CDC	86.64	84.54	84.38	RC
		Rvar	0.38	0.48	1.08	RC
	out	MAE	1.56	0.36	0.27	ARC
		MAPE	7014.36	399.34	1163.45	MM
		RMSE	2.22	0.42	0.41	ARC
		CDC	83.15	49.82	80.59	RC
		Rvar	29.99	0.68	1.91	MM
BA	in	MAE	0.24	0.25	0.58	RC
		MAPE	263.06	248.06	472.76	MM
		RMSE	0.31	0.32	7.39	RC
		CDC	86.83	86.09	84.32	RC
		Rvar	0.48	0.51	303.81	RC
	out	MAE	0.21	0.19	0.33	MM
		MAPE	706.06	570.35	880.48	MM
		RMSE	0.26	0.24	1.32	MM
		CDC	63.55	65.20	61.90	MM
		Rvar	0.74	0.75	26.80	RC
CAT	in	MAE	0.22	0.23	0.29	RC
		MAPE	160.90	155.79	244.50	MM
		RMSE	0.30	0.30	0.60	RC
		CDC	86.78	86.83	86.50	MM
		Rvar	0.50	0.52	2.20	RC
	out	MAE	0.21	0.20	0.23	MM
		MAPE	388.83	340.43	314.97	ARC
		RMSE	0.27	0.25	0.30	MM
		CDC	67.77	69.60	59.52	MM
		Rvar	0.85	0.85	1.41	RC
continua na próxima página						

Tabela 5.20: Resultados Estatísticos – Volatilidade Realizada

<i>Ação</i>	<i>sample</i>	RC	MM	ARC	Melhor	
DD	<i>in</i>	MAE	0.21	0.22	0.28	RC
		MAPE	144.48	143.95	165.10	MM
		RMSE	0.28	0.29	0.37	RC
		CDC	87.88	87.24	87.17	RC
		Rvar	0.37	0.42	0.82	RC
	<i>out</i>	MAE	0.18	0.18	0.24	RC
		MAPE	257.82	236.23	391.74	MM
		RMSE	0.23	0.23	0.31	RC
		CDC	69.23	68.32	64.47	RC
		Rvar	0.75	0.76	1.42	RC
DIS	<i>in</i>	MAE	0.23	0.23	0.29	RC
		MAPE	243.93	280.72	446.47	RC
		RMSE	0.30	0.31	0.38	RC
		CDC	87.28	86.09	85.72	RC
		Rvar	0.39	0.41	0.76	RC
	<i>out</i>	MAE	0.24	0.23	0.25	MM
		MAPE	427.36	401.82	326.38	ARC
		RMSE	0.30	0.29	0.33	MM
		CDC	63.55	63.92	63.55	MM
		Rvar	0.73	0.74	1.43	RC
GE	<i>in</i>	MAE	0.19	0.20	0.24	RC
		MAPE	175.82	162.53	216.06	MM
		RMSE	0.25	0.26	0.32	RC
		CDC	87.33	86.14	86.70	RC
		Rvar	0.42	0.46	0.71	RC
	<i>out</i>	MAE	0.18	0.18	0.23	MM
		MAPE	248.54	265.54	435.22	RC
		RMSE	0.23	0.23	0.30	MM
		CDC	81.32	81.50	74.91	MM
		Rvar	0.69	0.70	1.16	RC
GM	<i>in</i>	MAE	0.22	0.35	0.30	RC
		MAPE	612.77	1257.82	1198.57	RC
		RMSE	0.29	0.42	0.41	RC
		CDC	79.37	64.04	78.58	RC
		Rvar	0.53	0.62	1.07	RC
	<i>out</i>	MAE	0.22	0.30	0.29	RC
		MAPE	237.67	243.91	217.10	ARC
		RMSE	0.28	0.38	0.39	RC
		CDC	71.25	60.62	67.40	RC
		Rvar	0.46	0.54	0.97	RC
HD	<i>in</i>	MAE	0.21	0.23	0.28	RC
		MAPE	192.51	178.17	220.92	MM
		RMSE	0.29	0.30	0.39	RC
		CDC	88.11	87.92	86.55	RC
		Rvar	0.45	0.48	0.86	RC
	<i>out</i>	MAE	0.20	0.19	0.26	MM
		MAPE	247.97	199.65	262.38	MM
		RMSE	0.25	0.24	0.34	MM
		CDC	69.41	68.68	58.97	RC
		Rvar	0.72	0.74	1.64	RC

continua na próxima página

Tabela 5.20: Continuação da Página Anterior

Ação <i>sample</i>		RC	MM	ARC	Melhor	
HOM	<i>in</i>	MAE	0.29	2.79	0.36	RC
		MAPE	144.56	2010.94	220.27	RC
		RMSE	0.40	2.87	0.49	RC
		CDC	81.34	67.43	78.38	RC
		Rvar	0.50	21.69	0.93	RC
	<i>out</i>	MAE	0.94	2.60	0.26	ARC
		MAPE	1534.84	5103.99	306.18	ARC
		RMSE	1.21	2.62	0.35	ARC
		CDC	44.51	71.25	64.10	MM
		Rvar	8.69	3.96	1.63	ARC
IBM	<i>in</i>	MAE	0.19	0.56	0.26	RC
		MAPE	195.88	596.34	296.73	RC
		RMSE	0.25	0.64	0.34	RC
		CDC	87.97	46.16	85.62	RC
		Rvar	0.43	0.80	0.78	RC
	<i>out</i>	MAE	0.18	0.79	0.23	RC
		MAPE	471.80	1744.02	320.25	ARC
		RMSE	0.23	0.86	0.30	RC
		CDC	83.52	81.50	77.66	RC
		Rvar	0.71	1.85	1.27	RC
JNJ	<i>in</i>	MAE	0.21	0.23	0.28	RC
		MAPE	441.94	338.17	373.42	MM
		RMSE	0.28	0.30	0.36	RC
		CDC	79.41	77.68	76.05	RC
		Rvar	0.54	0.58	1.01	RC
	<i>out</i>	MAE	0.20	0.19	0.26	MM
		MAPE	124.88	177.79	205.51	RC
		RMSE	0.26	0.25	0.33	MM
		CDC	85.90	88.83	79.49	MM
		Rvar	0.67	0.70	1.25	RC
JPM	<i>in</i>	MAE	0.23	0.25	0.29	RC
		MAPE	267.89	287.24	242.20	ARC
		RMSE	0.30	0.32	0.38	RC
		CDC	87.92	86.78	87.02	RC
		Rvar	0.30	0.33	0.57	RC
	<i>out</i>	MAE	0.24	0.20	0.26	MM
		MAPE	542.35	682.57	1197.90	RC
		RMSE	0.30	0.27	0.33	MM
		CDC	67.58	72.16	69.23	MM
		Rvar	0.67	0.70	1.23	RC
KO	<i>in</i>	MAE	0.19	0.19	0.25	RC
		MAPE	203.12	202.08	321.46	MM
		RMSE	0.25	0.25	0.33	RC
		CDC	83.81	83.85	79.26	MM
		Rvar	0.44	0.46	0.88	RC
	<i>out</i>	MAE	0.19	0.19	0.24	MM
		MAPE	161.54	161.03	283.23	MM
		RMSE	0.24	0.23	0.30	MM
		CDC	80.59	81.87	74.73	MM
		Rvar	0.77	0.77	1.53	MM

continua na próxima página

Tabela 5.20: Continuação da Página Anterior

Ação <i>sample</i>		RC	MM	ARC	Melhor	
MCD	<i>in</i>	MAE	0.23	0.23	0.29	RC
		MAPE	225.56	224.89	279.58	MM
		RMSE	0.30	0.30	0.38	RC
		CDC	87.28	87.28	84.64	RC
		Rvar	0.60	0.60	0.99	RC
	<i>out</i>	MAE	0.23	0.23	0.24	MM
		MAPE	449.58	446.61	414.56	ARC
		RMSE	0.28	0.28	0.32	MM
		CDC	61.72	61.72	64.10	ARC
		Rvar	0.78	0.78	1.29	RC
MMM	<i>in</i>	MAE	0.23	0.24	0.29	RC
		MAPE	285.72	331.71	364.69	RC
		RMSE	0.31	0.31	0.38	RC
		CDC	78.23	77.13	74.86	RC
		Rvar	0.47	0.49	0.83	RC
	<i>out</i>	MAE	0.18	0.20	0.24	RC
		MAPE	344.77	390.65	425.89	RC
		RMSE	0.23	0.25	0.33	RC
		CDC	75.27	72.16	69.23	RC
		Rvar	0.76	0.76	1.62	RC
MO	<i>in</i>	MAE	0.25	0.31	0.33	RC
		MAPE	576.81	529.51	997.04	MM
		RMSE	0.33	0.39	0.43	RC
		CDC	81.98	76.08	79.62	RC
		Rvar	0.54	0.62	1.07	RC
	<i>out</i>	MAE	0.26	0.25	0.32	MM
		MAPE	559.86	961.28	1154.65	RC
		RMSE	0.33	0.33	0.44	RC
		CDC	66.67	69.60	63.00	MM
		Rvar	0.75	0.79	1.47	RC
MRK	<i>in</i>	MAE	0.20	0.21	0.26	RC
		MAPE	375.90	345.46	434.53	MM
		RMSE	0.27	0.28	0.35	RC
		CDC	83.99	83.85	81.58	RC
		Rvar	0.58	0.60	1.03	RC
	<i>out</i>	MAE	0.22	0.22	0.35	MM
		MAPE	216.54	197.77	535.55	MM
		RMSE	0.31	0.31	1.15	MM
		CDC	64.29	66.30	61.72	MM
		Rvar	0.80	0.80	11.15	RC
PFE	<i>in</i>	MAE	0.21	0.21	0.29	RC
		MAPE	207.33	205.13	268.87	MM
		RMSE	0.27	0.27	0.54	RC
		CDC	89.57	89.52	87.89	RC
		Rvar	0.52	0.53	2.28	RC
	<i>out</i>	MAE	0.23	0.23	0.29	MM
		MAPE	2503.83	2446.22	714.99	ARC
		RMSE	0.30	0.30	0.42	MM
		CDC	64.29	65.02	60.07	MM
		Rvar	0.83	0.83	1.76	RC

continua na próxima página

Tabela 5.20: Continuação da Página Anterior

Ação		sample	RC	MM	ARC	Melhor
PG	in	MAE	0.20	0.21	0.36	RC
		MAPE	328.78	312.78	231.36	ARC
		RMSE	0.26	0.27	4.42	RC
		CDC	84.63	84.26	81.53	RC
		Rvar	0.39	0.41	118.69	RC
	out	MAE	0.24	0.31	0.26	RC
		MAPE	653.22	946.55	636.24	ARC
		RMSE	0.30	0.38	0.34	RC
		CDC	81.32	80.95	76.74	RC
		Rvar	0.81	1.02	1.44	RC
UTX	in	MAE	0.24	2.40E+04	0.30	RC
		MAPE	341.74	1.82E+07	720.52	RC
		RMSE	0.32	2.89E+04	0.42	RC
		CDC	86.87	26.58	84.38	RC
		Rvar	0.38	9.26E+08	0.96	RC
	out	MAE	0.21	3.46E+04	0.24	RC
		MAPE	217.18	5.37E+07	391.06	RC
		RMSE	0.26	3.47E+04	0.32	RC
		CDC	63.37	59.89	63.55	ARC
		Rvar	0.78	6.44E+07	1.50	RC
WMT	in	MAE	0.25	0.26	0.31	RC
		MAPE	200.61	214.12	248.92	RC
		RMSE	0.36	0.37	0.44	RC
		CDC	88.29	87.01	85.51	RC
		Rvar	0.60	0.64	0.95	RC
	out	MAE	0.33	0.55	0.22	ARC
		MAPE	1308.52	1978.50	707.20	ARC
		RMSE	0.39	0.62	0.28	ARC
		CDC	71.79	68.50	64.65	RC
		Rvar	1.09	3.20	1.29	RC

Tabela 5.20: Continuação da Página Anterior

5.5. Alavancagem

A alavancagem é usada como forma de aumentar os ganhos financeiros. Nesta situação, o investidor pega dinheiro emprestado, com um custo pré-determinado, para investir juntamente com o seu capital já disponível.

O volume do empréstimo, ou nível de alavancagem, é determinado de acordo com o risco que o investidor está disposto a correr. Os cálculos do nível de alavancagem estão colocados a seguir.

Sabe-se que o retorno geométrico é determinado através da equação (5.10).

$$r_{G_t} = \ln\left(\frac{V_t}{V_{t-1}}\right) = \ln\left(\frac{V_{t-1}(1 + \alpha_t)e^{r_t} - (1 + i)\alpha_t V_{t-1}}{V_{t-1}}\right) \quad (5.10)$$

$$r_{G_t} = \ln((1 + \alpha_t)e^{r_t} - (1 + i)\alpha_t)$$

onde r_{G_t} representa o retorno geométrico no dia t com a presença de alavancagem de $\alpha_t\%$, V_t é o capital investido, i é a taxa de juros diária e r_t é o retorno geométrico observado no dia t .

Sendo λ o limite máximo de perda financeira, a probabilidade de r_{G_t} , calculado na equação (5.10), ser menor que λ com probabilidade p^* é dada por:

$$P(r_{G_t} \leq \lambda) \leq p^* = P(\ln((1 + \alpha_t)e^{r_t} - (1 + i)\alpha_t) \leq \lambda) \leq p^* \quad (5.11)$$

Depois de alguma álgebra, temos que

$$P\left(r_t \leq \frac{\ln(e^\lambda + \alpha_t(1 + i))}{1 + \alpha_t}\right) \leq p^* \quad (5.12)$$

Assume-se que os retornos são provenientes de uma distribuição normal $r_t \sim N(\hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_r)$, sendo $\hat{\sigma}_r$ o desvio padrão dos resíduos do modelo. Desta forma, a probabilidade definida na equação (5.12), é obtida através da padronização de r_t .

$$P\left(\frac{r_t - E(r_t|r_{t-1}, r_{t-2} \dots)}{\hat{\sigma}_r} \leq \frac{\frac{\ln(e^\lambda + \alpha_t(1 + i))}{1 + \alpha_t} - E(r_t|r_{t-1}, r_{t-2} \dots)}{\hat{\sigma}_r}\right) \leq p^*$$

$$\Phi\left(\frac{\frac{\ln(e^\lambda + \alpha_t(1 + i))}{1 + \alpha_t} - E(r_t|r_{t-1}, r_{t-2} \dots)}{\hat{\sigma}_r}\right) \leq p^* \quad (5.13)$$

Desta forma, o valor do inverso da Normal cumulativa com média $E(r_t|r_{t-1}, r_{t-2} \dots)$, desvio padrão $\hat{\sigma}_r$ e probabilidade p^* é representado por x_t definido na equação (5.14).

$$x_t = \frac{\ln(e^\lambda + \alpha_t(1 + i))}{1 + \alpha_t} \quad (5.14)$$

A partir da equação (5.14), obtém-se o nível de alavancagem α_t :

$$\alpha_t = \frac{e^\lambda - e^{x_t}}{e^{x_t} - i - 1} \quad (5.15)$$

No caso aqui estudado, temos que:

$$\hat{\sigma}_r = \hat{h}_t^{1/2} \quad (5.16)$$

onde $\hat{h}_t^{1/2}$, é o valor esperado da volatilidade realizada da série.

Ou seja, para realizar a análise de alavancagem do retorno, utiliza-se a previsão da volatilidade realizada, obtida usando a modelagem STAR-Tree na Seção (5.4).

Na aplicação prática foi usada a taxa de juros⁴ $i = 0,04\%$. Para cada ação, foi selecionada a previsão da volatilidade realizada, obtida através das metodologias RC, MM ou ARC, com melhores resultados estatísticos. Inicialmente foi considerada a perda máxima de $\lambda = -10\%$ para uma probabilidade de $p^* = 10\%$.

A Tabela (5.21) apresenta os retornos acumulados no período *out-of-sample* considerando a possibilidade de alavancagem, o retorno acumulado sem alavancagem, os retornos máximo e mínimo observados nas transações, o ganho com a alavancagem com a alavancagem, quando houver. Os ganhos positivos estão em negrito.

O modelo Média não apresentou ganhos de alavancagem em nenhuma das séries, já o método Naive apresentou ganhos positivos com a alavancagem de capital em todas as ações. O modelo STAR-Tree apresentou ganhos de alavancagem positivos em 13 séries. O número de séries em que cada modelo obteve ganhos positivos com a alavancagem de capital estão apresentados na Tabela (5.22). Em alguns casos, houve perda de capital com a alavancagem.

Como é possível observar na Tabela (5.22), dentre os modelos STAR-Tree, a versão adaptativa (ARC) apresentou os melhores resultados com a possibilidade de alavancagem de capital.

⁴ A taxa de juros diária foi calculada a partir de

$$i = (1 + t_j)^{1/252} - 1$$

Onde t_j é a taxa de juros SELIC, que na ocasião das simulações valia 12% ao ano.

Ação		Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC
AA	Ret Alavanc	-7.62	48.47	17.55	-10.95	29.02	11.95	-20.17
	Ret Acum	-7.62	47.26	17.88	-10.95	29.02	11.95	-20.17
	Max Ret	5.08	-7.74	5.08	4.28	5.08	5.08	5.08
	Min Ret	-7.74	0.00	-5.06	-7.74	-5.92	-7.74	-7.74
	ganho_alav	0.00	1.21	-0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
AIG	Ret Alavanc	-23.46	18.69	10.94	-16.65	-7.05	-3.25	51.60
	Ret Acum	-23.46	13.68	10.94	-16.65	-7.05	-3.25	50.01
	Max Ret	2.78	7.12	7.12	5.08	5.08	5.81	7.12
	Min Ret	-2.57	0.00	-10.87	-8.41	-10.87	-10.87	-3.30
	ganho_alav	0.00	5.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59
AXP	Ret Alavanc	8.09	2.65	-0.02	1.75	12.60	7.72	4.75
	Ret Acum	8.09	1.68	-0.02	1.75	12.50	7.57	4.61
	Max Ret	6.21	6.21	4.86	1.62	6.21	6.21	3.84
	Min Ret	-12.38	-3.30	-12.38	-1.41	-12.38	-12.38	-3.30
	ganho_alav	0.00	0.97	0.00	0.00	0.10	0.14	0.13
BA	Ret Alavanc	60.91	-18.71	43.87	49.79	43.29	41.42	34.88
	Ret Acum	60.91	-19.99	43.87	49.79	43.29	41.42	34.88
	Max Ret	6.98	-2.33	3.12	6.98	6.98	6.98	3.46
	Min Ret	-3.46	0.00	-3.46	-3.46	-3.46	-3.46	-3.46
	ganho_alav	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAT	Ret Alavanc	41.67	40.34	38.98	34.29	52.63	17.79	30.77
	Ret Acum	41.67	38.38	37.26	34.29	52.63	17.79	31.27
	Max Ret	4.87	4.87	-9.76	4.87	4.87	3.56	4.87
	Min Ret	-9.76	-5.24	0.00	-9.76	-5.70	-5.70	-9.76
	ganho_alav	0.00	1.96	1.71	0.00	0.00	0.00	-0.50
DD	Ret Alavanc	7.48	-4.03	3.53	6.13	0.56	-1.75	-11.63
	Ret Acum	7.48	-4.57	3.26	6.13	0.56	-1.75	-11.63
	Max Ret	3.63	4.41	3.63	3.63	3.63	3.63	3.08
	Min Ret	-6.78	0.00	-6.78	-3.21	-6.78	-6.78	-6.78
	ganho_alav	0.00	0.54	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
DIS	Ret Alavanc	6.05	7.99	-1.77	6.05	7.75	-15.27	1.67
	Ret Acum	6.05	3.17	-1.77	8.63	7.75	-15.20	1.67
	Max Ret	13.65	13.65	13.65	13.65	13.65	3.28	13.65
	Min Ret	-3.64	0.00	-3.38	-3.64	-3.64	-3.20	-3.64
	ganho_alav	0.00	4.82	0.00	-2.58	0.00	-0.06	0.00
GE	Ret Alavanc	20.73	13.85	14.84	8.33	7.69	26.55	-21.55
	Ret Acum	20.73	10.87	14.25	8.33	14.38	17.83	-24.91
	Max Ret	4.16	3.56	3.56	4.16	-5.06	4.16	3.00
	Min Ret	-3.13	0.00	-3.13	-3.13	0.00	0.00	0.00
	ganho_alav	0.00	2.98	0.59	0.00	-6.69	8.72	3.36
GM	Ret Alavanc	-7.94	0.04	-83.68	-22.55	-41.23	-43.46	-31.55
	Ret Acum	-7.94	-6.97	-83.68	-22.55	-41.24	-43.48	-32.71
	Max Ret	5.07	16.56	16.56	8.12	6.07	6.07	16.56
	Min Ret	-3.68	0.00	-15.08	-6.04	-10.53	-10.53	-6.99
	ganho_alav	0.00	7.01	0.00	0.00	0.02	0.02	1.16
HD	Ret Alavanc	8.85	-6.78	11.07	8.85	15.05	20.41	-7.47
	Ret Acum	8.85	-15.28	11.07	12.44	15.05	20.41	-7.47
	Max Ret	4.17	6.30	4.00	4.17	4.17	4.17	4.17
	Min Ret	-4.62	0.00	-4.62	-4.62	-4.62	-4.01	-4.01
	ganho_alav	0.00	8.49	0.00	-3.60	0.00	0.00	0.00
HOM	Ret Alavanc	20.29	4.84	-1.81	17.11	-14.90	-18.83	1.61
	Ret Acum	20.29	0.39	-1.81	17.11	-16.05	-18.83	0.30
	Max Ret	4.60	-4.60	3.55	4.60	4.30	4.30	-5.31
	Min Ret	-5.31	0.00	-4.60	-5.31	-5.31	-5.31	0.00
	ganho_alav	0.00	4.46	0.00	0.00	1.15	0.00	1.31

continua na próxima página

Tabela 5.21: Retorno Acumulado (%) - Alavancagem

Ação		Média	Naive	RN	ARX	RC	MM	ARC
IBM	Ret Alavanc	-7.71	6.93	1.75	4.10	-3.91	-1.77	5.02
	Ret Acum	-7.71	4.00	-0.11	4.10	-3.91	-1.77	4.46
	Max Ret	4.06	-6.94	0.52	2.43	4.06	4.06	4.06
	Min Ret	-8.74	0.00	0.00	-1.96	-2.69	-2.69	-2.69
	ganho_alav	0.00	2.93	1.85	0.00	0.00	0.00	0.56
JNJ	Ret Alavanc	20.32	-0.48	20.32	17.74	23.62	20.98	14.86
	Ret Acum	20.32	-5.53	20.32	17.74	23.62	20.98	14.86
	Max Ret	4.04	3.64	4.04	3.65	4.04	4.04	4.04
	Min Ret	-3.15	0.00	-3.15	-2.17	-3.15	-3.15	-3.15
	ganho_alav	0.00	5.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JPM	Ret Alavanc	8.70	11.82	3.29	0.22	0.86	3.27	11.57
	Ret Acum	8.70	3.24	3.29	0.22	0.86	3.27	11.57
	Max Ret	2.86	-1.23	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86
	Min Ret	-3.65	0.00	-2.81	-3.65	-3.65	-3.65	-3.06
	ganho_alav	0.00	8.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
KO	Ret Alavanc	-14.43	-6.51	-8.42	-14.43	7.08	-12.99	-28.85
	Ret Acum	-14.43	-9.32	-8.51	-15.68	7.08	-12.99	-28.85
	Max Ret	3.42	-4.87	2.69	3.42	3.42	3.42	2.71
	Min Ret	-8.08	0.00	-8.08	-8.08	-4.16	-8.08	-8.08
	ganho_alav	0.00	2.82	0.09	1.25	0.00	0.00	0.00
MCD	Ret Alavanc	26.86	4.32	11.90	5.16	14.86	7.02	10.08
	Ret Acum	26.86	-1.13	12.67	5.16	14.86	7.02	7.98
	Max Ret	5.85	5.85	5.15	3.52	5.85	5.85	5.85
	Min Ret	-4.90	0.00	0.00	-4.90	-4.45	-4.45	0.00
	ganho_alav	0.00	5.45	-0.77	0.00	0.00	0.00	2.10
MMM	Ret Alavanc	-1.55	-8.81	-1.55	-10.44	-9.69	-10.11	-20.28
	Ret Acum	-1.55	-15.91	-1.55	-10.44	-9.69	-9.05	-20.38
	Max Ret	5.06	-5.92	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06
	Min Ret	-6.33	0.00	-6.33	-5.92	-6.33	-6.33	-5.92
	ganho_alav	0.00	7.10	0.00	0.00	0.00	-1.06	0.10
MO	Ret Alavanc	47.90	46.51	22.53	56.97	48.72	48.72	34.49
	Ret Acum	47.90	44.07	22.53	56.97	48.72	48.72	34.49
	Max Ret	8.18	8.18	5.77	8.18	8.18	8.18	8.18
	Min Ret	-9.44	-9.44	-9.44	-9.44	-9.44	-9.44	-9.44
	ganho_alav	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MRK	Ret Alavanc	-30.43	-18.57	5.13	-46.72	-41.76	-0.45	3.26
	Ret Acum	-30.43	-20.37	5.13	-46.72	-43.53	-0.45	1.17
	Max Ret	11.82	7.33	7.33	11.82	-31.08	11.82	11.82
	Min Ret	-31.08	-31.08	-10.11	-31.08	0.00	-10.11	0.00
	ganho_alav	0.00	1.80	0.00	0.00	1.77	0.00	2.09
PFE	Ret Alavanc	-29.21	24.66	-12.42	-5.51	-14.41	-1.28	-11.14
	Ret Acum	-29.21	13.42	-12.42	-5.51	-14.23	-3.79	-21.84
	Max Ret	7.03	-11.50	7.03	7.03	-8.73	7.03	-11.50
	Min Ret	-11.50	0.00	-11.50	-8.73	0.00	-8.73	0.00
	ganho_alav	0.00	11.24	0.00	0.00	-0.18	2.51	10.70
PG	Ret Alavanc	17.84	-11.78	9.46	0.08	25.84	19.09	16.73
	Ret Acum	17.84	-13.43	9.46	0.08	25.80	19.03	15.26
	Max Ret	2.95	-3.45	2.95	1.67	2.95	2.95	-3.45
	Min Ret	-3.45	0.00	-3.45	-1.44	-3.45	-3.45	0.00
	ganho_alav	0.00	1.65	0.00	0.00	0.04	0.06	1.47
UTX	Ret Alavanc	26.36	16.99	-3.64	12.67	24.74	21.54	27.94
	Ret Acum	26.36	15.34	-3.38	12.67	24.74	21.54	27.73
	Max Ret	3.61	3.30	2.27	3.61	3.61	3.61	3.61
	Min Ret	-3.04	0.00	-3.04	-2.51	-3.04	-3.04	0.00
	ganho_alav	0.00	1.65	-0.26	0.00	0.00	0.00	0.21
WMT	Ret Alavanc	-21.21	6.35	-23.80	-2.35	7.74	10.42	-23.73
	Ret Acum	-21.21	5.87	-21.75	-2.47	7.63	10.31	-23.80
	Max Ret	3.92	-2.61	3.92	2.88	2.88	2.88	3.22
	Min Ret	-4.35	0.00	-4.50	-4.35	-4.35	-4.35	-4.35
	ganho_alav	0.00	0.47	-2.05	0.12	0.11	0.11	0.07

Tabela 5.21: Continuação da Página Anterior

Modelo	# Séries
Média	0
Naive	23
RN	4
ARX	2
RC	4
MM	5
ARC	13

Tabela 5.22: Número de Séries em que cada modelo apresentou ganho positivo

Foram feitos testes variando o risco, ou seja, o parâmetro de perda máxima (λ), apesar do número de dias em que ocorre alavancagem de capital variar com o λ , o retorno alavancado acumulado não sofre grandes alterações para os modelos STAR-Tree, ARX e Redes Neurais na maioria das séries. No entanto, o método Naive apresenta grandes alterações nos retornos alavancados com a variação do parâmetro λ .

Os gráficos do retorno alavancado acumulado e do número de dias em que ocorreu alavancagem para $\lambda = (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60)$, no período *out-of-sample* estão no Anexo (3).

Para facilitar a visualização dos gráficos, o modelo Média não foi plotado uma vez que os retornos acumulados alavancados para este modelo permanecem constantes em todas as séries.