

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

RENATO SARKIS KECHICHIAN

**APLICAÇÃO DO MODELO DE BAKSHI-CHEN NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO:  
UM MODELO DINÂMICO DE PRECIFICAÇÃO DE AÇÕES**

**SÃO PAULO  
2014**

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

RENATO SARKIS KECHICHIAN

**APLICAÇÃO DO MODELO DE BAKSHI-CHEN NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO:  
UM MODELO DINÂMICO DE PRECIFICAÇÃO DE AÇÕES**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração:  
Finanças

Orientador:  
Prof. Dr. Juan Carlos Ruilova Terán

**SÃO PAULO  
2014**

Kechichian, Renato Sarkis.

Aplicação Do Modelo De Bakshi-Chen No Mercado Acionário Brasileiro: Um Modelo Dinâmico De Precificação De Ações / Renato Sarkis Kechichian. - 2014.

41 f.

Orientador: Juan Carlos Ruilova Terán.

Dissertação (MPFE) - Escola de Economia de São Paulo.

1. Ações (Finanças). 2. Ações (Finanças) - Preços. 3. Bolsa de Valores de São Paulo. 4. Taxa de juros. 5. Processo estocástico. I. Teran, Juan Ruilova. II. Dissertação (MPFE) - Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 336.761

RENATO SARKIS KECHICHIAN

**APLICAÇÃO DO MODELO DE BAKSHI-CHEN NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO:  
UM MODELO DINÂMICO DE PRECIFICAÇÃO DE AÇÕES**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração:  
Finanças

**Data da aprovação:**  
**08/08/2014**

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Juan Carlos Ruilova Terán (Orientador)  
EESP - FGV

---

Prof. Dr. Alessandro Marques  
EAESP - FGV

---

Prof. Dr. Efrem Bonfiglioli

## RESUMO

É vasta a literatura em finanças quantitativas sobre o apreçamento de derivativos, porém é bem reduzida em se tratando de ações. Nessa dissertação, procuramos aplicar o modelo de Bakshi-Chen na avaliação de ações listadas na Bovespa. Os *inputs* do modelo são o lucro por ação, LPA, dos últimos doze meses, a expectativa de crescimento de lucro para os doze meses seguintes, e a taxa de juros. Vamos mostrar o ganho de precisão em relação ao modelo de Gordon e avaliar o modelo na prática realizando um *backtest* para descobrir se o modelo consegue estimar o valor das ações melhor do que os investidores.

Palavras-chave: Modelo de Bakshi-Chen, Precificação de Ações, Modelo de Gordon, Precificação Quantitativa

## **ABSTRACT**

There are many works in quantitative finance on the pricing of derivatives, but very little regarding the valuation of underlying stocks. In this dissertation, we will apply the Bakshi-Chen model on the valuation of Brazilian Equities. The parameters of the model are the 12-month trailing EPS, expected earnings growth, and interest rate. We will show the gain of accuracy in pricing stocks relative to the Gordon model and back test the model in order to find out if investors or the model are better in trying to estimate the value of stocks

Keywords: Bakshi-Chen Model, Stock Valuation, Gordon Model, Quantitative Stock Valuation

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família pelo apoio, confiança e amor. Em especial aos meus pais que me deram a mais importante de todas as educações.

Ao meu amigo Eric Endo e colega de turma na faculdade pela força nas horas de aperto antes das provas.

Ao meu amigo Renato De Vita por ter me contratado no banco Itaú e por ter me ajudado a entrar no mestrado.

Ao Prof. Efrem Bonfiglioli, membro da banca, que me ajudou muito.

À todos os meus outros amigos que compreenderam que eu estava muito ocupado com o mestrado e muitas vezes não pude sair.

Um agradecimento especial ao professor orientador e amigo, Prof. Dr. Juan Carlos Ruilova Teran.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da função objetivo em cada estágio da simulação e para cada ação .....	14
Tabela 2 – Períodos de Calibração .....	15
Tabela 3 - Erro Médio, Erro Absoluto Médio e Desvio Padrão do Erro Para Cada Ação .....	16
Tabela 4 - Erros de precificação do modelo BC e Gordon .....	19
Tabela 5 - Rentabilidade de cada estratégia .....	21
Tabela 6 - Retorno ajustado pelo risco de cada estratégia .....	23
Tabela 7 - Estratégia 4%-4% .....	23
Tabela 8 - Estratégia 18%-28% .....	24
Tabela 9 - Estratégia 22%-36% .....	25
Tabela 10 - Estratégia 24%-48% .....	25
Tabela 11 - Estratégia 2%-2% .....	26



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da soma dos preços reais (P) e a soma dos preços do modelo (P').....	16
Figura 2 - Gráfico do preço real, preço do modelo e Erro de Precificação da GGBR4 .....	17
Figura 3 - Gráfico do preço real, preço do modelo e Erro de Precificação da CIEL3.....	17
Figura 4 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 4% - 4%.....	24
Figura 5 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 18% - 28%.....	24
Figura 6 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 22% - 36%.....	25
Figura 7 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 24% - 48%.....	26
Figura 8 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 2% - 2%.....	26

## Sumário

1.	Introdução.....	1
2.	O Modelo de Gordon (1962).....	4
3.	O Modelo BC.....	5
4.	Descrição dos dados .....	9
5.	Implementação .....	11
6.	Resultados .....	13
6.1.	Precisão do modelo.....	15
6.2.	Estratégia de Trading .....	19
7.	Conclusões .....	28
	REFERÊNCIAS.....	30

## 1. Introdução

O mercado de capitais tem se tornado cada vez mais importante no mundo globalizado. Empresas ao redor do mundo precisam buscar sócios para expandir seus negócios, ou um investidor detentor de uma grande parte de uma companhia pode querer desinvestir. Em ambos os casos, uma saída é abrir o capital da empresa através de um *IPO* (sigla em inglês para *initial public offering*) vendendo ações da empresa a quaisquer investidores. No primeiro caso, a emissão de ações seria uma emissão primária (quando há dinheiro novo entrando na empresa) e no segundo uma emissão secundária (não há a captação de recursos pela empresa, somente o desinvestimento de um dos sócios).

Seja qual for o caso, os investidores gostariam de saber o quanto pagar ou por quanto vender as ações. Usualmente as empresas que queiram vir a público contratam diversos bancos de investimento que farão a avaliação do ativo e sua colocação no mercado. Depois do *IPO*, as ações das empresas são negociadas em bolsa e podem ser adquiridas por qualquer investidor. A capacidade de empresas virem a público para captar recursos permite sua expansão e desenvolvimento junto à economia do país, gerando empregos e valor para os acionistas e sociedade. Os trabalhos de Goldsmith (1969), McKinnon (1973) e de Shaw (1973) mostraram uma correlação positiva entre o desenvolvimento do mercado financeiro e o crescimento econômico e King e Levine (1993) mostraram que um sistema financeiro mais desenvolvido melhora a chance de sucesso de projetos inovadores e acelera o crescimento econômico.

Saber o preço de mercado de uma ação na Bolsa de Valores é um tanto simples, basta acessar algum serviço de informação tais como Broadcast, Bloomberg, Economática ou até mesmo a Internet. A preocupação é saber o valor das ações. Essa é uma questão de central importância. É importante que nesse momento façamos a distinção entre valor e preço. Preço é o número que iguala a oferta à demanda, é por quanto um ativo está sendo negociado num determinado momento. Se a procura por um bem aumenta, seu preço também

vai aumentar e vice-versa. Já valor é igual ao valor presente dos benefícios que um bem traz ao seu detentor.

Ações são pequenas fatias de uma empresa que dão ao seu detentor o direito de receber uma parte dos lucros que a empresa distribuir como dividendos, e em alguns casos direito também a voto nas assembleias de acionistas. Portanto, comprar uma ação de uma empresa é trocar um poder de compra presente e certo, pelos fluxos de caixa incertos que a empresa proporcionará no futuro. O argumento padrão em finanças é que o valor de um ativo é o fluxo de caixa proporcionado pelo ativo descontado pela taxa de retorno.

Investidores em geral vão querer comprar uma ação quando enxergarem que seu preço apresenta um desconto atrativo em relação ao seu valor e vender no caso inverso.

Existem basicamente três categorias de precificação de ativos: a fundamentalista, a gráfica e quantitativa. Nessa dissertação, vamos explorar o modelo de Bakshi-Chen (1998) (doravante BC), estendido por Dong (1998) (de agora em diante BCD) aplicado ao mercado acionário brasileiro. O modelo BC tem como base a análise fundamentalista, mas sua implementação é quantitativa.

Trabalhos como o de Black-Scholes (1973), Black-Derman-Toy (1990) e Vasicek (1977), que tratam do apreçamento de derivativos, trouxeram grande contribuição para o estudo de finanças e mudaram a tratamento e gestão de risco de carteiras. Por outro lado o estudo de técnicas quantitativas aplicadas ao mercado de ações não evoluiu na mesma velocidade. Como é difícil modelar matematicamente as variáveis envolvidas no apreçamento de uma empresa, os investidores preferem uma modelagem mais qualitativa e menos quantitativa.

Numa análise fundamentalista, um analista tentará achar o valor justo de uma empresa usando os dados dos balanços passados e as suas projeções para diversas variáveis (preço de alguma *commodity*, taxa de câmbio, juros,

vendas da empresa, margem de lucro etc). A partir desses dados, uma das alternativas é projetar o fluxo de caixa para o acionista, ou em inglês *free cash flow*, para os próximos anos (por exemplo, cinco ou dez anos), e calcular o valor presente desses fluxos usando, dependendo do caso, o custo de capital<sup>1</sup>, ou pelo custo médio ponderado de capital<sup>2</sup>, somado com o valor da firma na perpetuidade, que é o valor que a empresa vai gerar depois do último ano projetado pelo analista (esse valor é calculado com o modelo de Gordon).

Há diversos problemas com esse método tais como as projeções podem estar erradas, o analista pode já ter uma opinião sobre a empresa de modo que sua modelagem é viesada, a aplicação do modelo de Gordon no último passo pode gerar muita imprecisão, as projeções para os dados operacionais das empresas geralmente são dadas pela própria empresa através de *guidance*<sup>3</sup>, e as empresas naturalmente tendem a ser otimistas com seu próprio futuro, além de eventualmente ocultarem informações cujo conhecimento público traria um desalinhamento dos interesses dos acionistas minoritários com os dos controladores e/ou executivos etc. Dado isso, é relevante a procura por um método de avaliação de ações que fosse puramente quantitativo e sem o risco os riscos mencionados.

Num modelo em finanças, identifica-se as variáveis importantes e tenta-se modelá-las usando um ferramental matemático de uma maneira que faça sentido na prática e que seja tratável. No caso do BC, essas variáveis são três: o lucro por ação, a projeção do crescimento do lucro e a taxa de juros.

---

<sup>1</sup> Custo de capital é o retorno implicitamente demandada pelos investidores

<sup>2</sup> As empresas se financiam basicamente através de capital de terceiros e dívida. O custo de capital ponderado é uma média ponderada entre o custo de capital e o custo de dívida.

<sup>3</sup> Informação que uma empresa fornece aos investidores com uma indicação ou estimativa dos lucros, receitas e margens no futuro

## 2. O Modelo de Gordon (1962)

Pelo modelo de Gordon, uma ação deve valer o valor presente dos dividendos que ela proporciona ao seu detentor, i.e:

$$\frac{D_1}{1+r} + \frac{D_2}{(1+r)^2} + \frac{D_3}{(1+r)^3} + \frac{D_4}{(1+r)^4} + \frac{D_5}{(1+r)^5} + \dots \quad (1)$$

onde:

(caso contrário, as parcelas sendo somadas em (1) seriam cada vez maiores e a soma não convergiria)

é o preço da ação;

é o dividendo pago no primeiro ano

é o crescimento de crescimento de dividendos;

é a taxa de retorno exigida pelo mercado.

O modelo de Gordon ganhou muita popularidade por sua simplicidade e fácil implementação. Porém, há vários problemas com esse modelo:

1. A hipótese nem sempre é verdadeira. Nesse caso o resultado seria um preço negativo;
2. Na prática, as taxas e não são constantes, e assim, é muito difícil de serem estimadas;
3. Algumas empresas passam anos sem pagar dividendos;
4. O resultado final é muito sensível ao crescimento e a taxa de desconto. Se os valores de e forem muito próximos, será próximo de zero e portanto será muito grande. Em outras palavras,

### 3. O Modelo BC

O modelo BC deriva o preço da ação diretamente do lucro da empresa, e não do dividendo, uma vez que é o lucro que verdadeiramente faz a companhia ter valor. Além disso, o pagamento de dividendos é uma decisão da mesma, de forma que o lucro contém mais informação que o dividendo (Pennan sougiannis (1999))

Seja  $S_t$  os preços dos ativos que compõe o mercado no instante  $t$ , e seja  $P_t$  o *payoff* do ativo no instante  $t$ . Então um fator estocástico de desconto (FED), ou *pricing kernel* é uma variável aleatória  $M_t$  tal que  $M_t = E_t[M_{t+1} P_{t+1} / P_t]$ , onde  $E_t$  é o operador esperança condicional condicionado as informações do instante  $t$ .

As hipóteses do modelo são:

- i) A remuneração do acionista é uma fração fixa do lucro mais um ruído;
- ii) O FED da economia é consistente com estrutura a termo da taxa de juros de Vasicek;
- iii) O crescimento de lucro esperado segue um processo estocástico com reversão à média.

O argumento principal do modelo também é, em linhas gerais, como no modelo de Gordon: somar o valor presente dos fluxos de caixa proporcionados pela ação para chegar no preço da ação, mas diferentemente de Gordon, o fator de desconto dos fluxos futuros é baseado numa estrutura a termo estocástica de taxa de juros, e o crescimento do LPA segue um processo estocástico, enquanto que Gordon assume uma curva constante da taxa de desconto, e crescimento também constante.

Nessa seção faremos um resumo rápido do modelo com os principais passos e o resultado. Os detalhes completos estão em Bakshi-Chen (1998).

Considere um ativo com preço  $S_t$  que provê ao seu detentor um fluxo contínuo e infinito de dividendos  $D_t$ . Como o FED é aplicável para todos os ativos, temos pelo argumento padrão que:

$$S_t = \frac{D_t}{r} \quad (2)$$

A partir dessa equação, precisamos modelar os processos  $S_t$  e  $D_t$ , substituí-los na equação e resolver a integral.

Como em Constantinides (1992), assumiremos (hipótese ii) que segue um processo de Itô satisfazendo:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dz_t \quad (3)$$

Com  $r$  constante e onde a taxa de juros instantânea,  $r_t$ , segue processo de reversão à média de Ornstein-Uhlenbeck:

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \eta dz_{rt} \quad (4)$$

Com  $\kappa$  e  $\theta$  constantes.

Assumimos (hipótese i) que as empresas têm uma razão dividendo/lucros (*dividend payout*) que é constante mais um ruído, ou seja,

$$D_t = \alpha S_t + \beta dz_t \quad (5)$$

Onde  $\alpha$  é o LPA em  $\%$ , e  $\beta$  é um ruído branco e é independente de  $S_t$ ,  $r_t$  e  $dz_t$  (os dois últimos serão introduzidos nas duas próximas equações). Do ponto de vista econômico,  $\alpha$  deve ter média igual a zero, porque caso contrário, a equação (5) implicaria que a empresa paga dividendos





(9)

onde

(10)

e

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(11)

\_\_\_\_\_

(12)

\_\_\_\_\_

(13)

Sujeito a condição de contorno:

\_\_\_\_\_

(14)

## 4. Descrição dos dados

Os dados usados nesse estudo foram obtidos através do terminal Bloomberg<sup>4</sup> usando os campos LAST\_PRICE para os preços, TRAIL\_12M\_EPS para o LPA e BEST\_EPS para a projeção de lucro. A partir do lucro projetado e do lucro corrente, extraímos expectativa de crescimento de lucros fazendo 
$$g = \frac{L - L_0}{L_0}$$
, onde  $L$  é a expectativa de crescimento de lucros,  $L_0$  é o lucro projetado e  $L$  é lucro corrente. É importante notar que atualmente o mercado brasileiro é aparentemente carente de um serviço melhor e mais confiável de banco de dados de previsões de analistas. Enquanto que o mercado americano conta com o *Institutional Brokers' Estimate System – IBES*, ainda não há no mercado brasileiro algo parecido.

O IBES é um serviço de banco de dados criado pela corretora Lynch, Jones & Ryan and Technimetrics, Inc. que começou a coletar dados em 1976. Já o Bloomberg não traz um histórico longo dos dados. Pesquisadores que pretendem realizar estudos (como este por exemplo) que dependem de dados de mercado do passado provavelmente encontrarão dificuldades na obtenção e validação dos dados.

No modelo, o lucro segue um movimento browniano geométrico. Sabemos que a solução para (6), dado um valor inicial arbitrário  $L_0$  é:

—

Ou seja, se  $L_0 < 0$ , então  $L_t < 0$ . Analogamente, se  $L_0 > 0$ , então  $L_t > 0$ , e nesse caso estaríamos olhando para um empresa que sempre tem lucro negativo e obviamente não estamos interessados nesse caso. Por isso só podemos aplicar o modelo com empresas que não tenham tido nenhum resultado trimestral negativo. Inicialmente foram selecionadas as ações que

---

<sup>4</sup> O terminal Bloomberg é um serviço de informação e acesso ao mercado provido pela Bloomberg.

compunham o índice IBrX100<sup>5</sup> da Bovespa no segundo trimestre de 2014. Depois filtramos aquelas que não apresentaram nenhum lucro trimestral negativo dentro do período analisado.

As observações são mensais realizadas no último dia útil de cada mês começando em janeiro de 2006 e terminando em maio de 2014. A variável mais importante e a mais difícil de ser obtida é o lucro projetado para os 12 meses seguintes a certo período. Uma vez de posse dos dados, excluimos também as séries que tem o histórico incompleto, uma vez que entendemos que uma série de dados só é suficientemente confiável se ela existe por completo e que a ausência de algumas observações compromete a credibilidade nos dados existentes. Adicionamos ao estudo também as ações da Arteris por considerarmos interessante comparar a avaliação desta empresa com as outras empresas do mesmo setor, que são Ecorodovias (ECOR3) e CCR (CCRO3).

As empresas que atenderam aos critérios de inclusão foram: ABEV3, ARTR3, BBAS3, BBDC3, BBDC4, BRSR6, BVMF3, CCRO3, CIEL3, CMIG4, CPFE3, CPLE6, CSMG3, CTIP3, CYRE3, DTEX3, ECOR3, EMBR3, EQTL3, ESTC3, EVEN3, EZTC3, GGBR4, GOAU4, IGTA3, ITSA4, ITUB4, LAME4, LREN3, MDIA3, MILS3, MPLU3, MRVE3, MULT3, NATU3, ODPV3, PCAR4, PETR3, PETR4, POMO4, PSSA3, RAPT4, RENT3, SULA11, TBLE3, TOTS3, UGPA3, VIVT4, VLID3, WEGE3.

O modelo original utiliza a Treasury<sup>6</sup> com vencimento em 30 anos, porém não existe no Brasil títulos com vencimento tão longo, então usaremos a taxa de sete anos como uma aproximação. A taxa foi obtida através do campo PRDI2520<sup>7</sup> INDEX no Bloomberg. A modelagem da taxa de juros foi feita na equação 4 e é utilizada na equação 10.

---

<sup>5</sup> O IBrX - Índice Brasil é um índice de preços que mede o retorno de uma carteira teórica composta por 100 ações selecionadas entre as mais negociadas na BOVESPA, em termos de número de negócios e volume financeiro. Essas ações são ponderadas na carteira do índice pelo seu respectivo número de ações disponíveis à negociação no mercado.

<sup>6</sup> Títulos da dívida do governo norte americano.

<sup>7</sup> O número 2520 corresponde à quantidade de dias em 7 anos, adotando como convenção que um ano tem 360 dias.

## 5. Implementação

Em casos como esse em que precisamos calibrar o modelo, a princípio, podemos aplicar ferramentas econométricas como o método da máxima verossimilhança ou método dos momentos generalizado para obter os parâmetros. Alternativamente, podemos estimar os parâmetros a partir dos dados históricos. Esse método de estimação apresenta considerável ganho de precisão no apreçamento de ativos quando comparado com os métodos econométricos acima mencionados (Bodurtha and Courtadon 1987). Para efeitos de simplificação de implementação, como em Bakshi-Chen (1998), vamos assumir  $\sigma = 1$  e  $\rho = 0$ . Temos, portanto agora 10 parâmetros ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \theta, \kappa, \lambda, \mu, \nu$ ) para estimar.

Seja  $\hat{P}_t$  onde  $P_t$  é o preço estimado pelo modelo e  $P_t^o$  o preço real observado. Para obter  $\alpha$  vamos resolver:

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \sum_{t=1}^T (\hat{P}_t - P_t^o)^2 = 0 \quad (15)$$

Sujeito à condição de transversalidade em (14). Esse método procura minimizar a soma da diferença entre o preço do modelo e o preço real. Aqui estamos seguindo Dong (1998) e fazendo  $\alpha$  como a diferença dos preços em vez de fazer a diferença entre os  $P/E$ <sup>8</sup> das ações.

A otimização para obtenção dos parâmetros foi feita no Matlab e a análise dos dados na sua maioria foi feita no Excel.

É importante notar que as equações (9) e (15) representam etapas que, computacionalmente, são bastante complexas. Não há solução analítica para a integral em (9), então a resposta terá que ser estimada numericamente. A função *integral* do Matlab calcula numericamente as integrais utilizando o

<sup>8</sup> P/E (sigla em inglês para *price to earnings* é a razão entre o preço da ação e o lucro por ação

método de *adaptive quadrature*. A função tenta satisfazer  $\int_a^b f(x) dx = I$ , onde  $I$  denota o valor exato da integral e  $f(x)$  é o resultado da função (ou seja, o resultado aproximado).  $\epsilon$  geralmente determina a precisão do cálculo, porém se  $\epsilon$  for suficientemente pequeno, então  $\epsilon$  é que determinará a precisão. Os valores *default* para  $\epsilon$  e  $n$  são respectivamente  $10^{-6}$  e  $100$ . Uma documentação completa sobre os métodos de integração pode ser encontrada no Matlab e uma revisão sobre *adaptive quadrature* em Gander e Gautschi (2000).

No artigo original, Bakshi e Chen sugerem que este método de obtenção dos parâmetros não leva em conta a correlação serial entre os erros de precificação. Para resolver este problema, eles re-estimam os parâmetros assumindo que o erro é um processo auto regressivo de primeira ordem. Essa abordagem não gerou resultados muito melhores, então fizemos a opção pela abordagem mais simples.

Também rodamos o modelo fazendo  $\sigma = 0$  ao invés de  $\sigma = 1$ . Nesse caso alternativo, o modelo gerou resultados semelhantes ao primeiro caso (boa precisão na precificação das ações e retorno positivo na estratégia de *trading* (ver capítulo 6 – resultados)), porém os resultados com  $\sigma = 0$  foram superiores, por isso analisaremos somente o primeiro caso. Chang (1999) também se depara com uma escolha semelhante e opta por usar  $\sigma = 1$ .

## 6. Resultados

Vamos analisar os resultados segundo dois critérios. Primeiramente vamos analisar a precisão do modelo em precificar as ações comparando com o preço obtido através do modelo de Gordon e calculando o erro médio, erro médio absoluto e o desvio padrão do “erro de precificação”, que é a diferença percentual entre o preço do modelo e o preço observado, ou seja,

$$\text{---} \quad (16)$$

Onde  $e$  é o erro de precificação,  $P_m$  é o preço do modelo e  $P_r$  é o preço real.  $e$  é o quanto o modelo está apontando de sobre ou subvalorização da ação. Idealmente gostaríamos que  $e$  tivesse média zero e a menor variância possível.

Em seguida vamos analisar os resultados, em termos de retorno absoluto e retorno ajustado pelo risco, de uma estratégia simples de *trading*: compra/vender quando o prêmio/desconto indicado pelo modelo for maior que um certo parâmetro e dobrar a posição quando o prêmio/desconto for maior que um segundo parâmetro.

Usaremos sempre 24 meses para calibrar o modelo (resolver (15) e achar  $\alpha$ ). Uma vez calibrado, usaremos os parâmetros encontrados para achar o preço do modelo das ações pelos 12 meses seguintes, ao final dos quais, usaremos novamente os 24 meses anteriores para a obtenção de novos parâmetros. Então o primeiro período de calibração é de Janeiro de 2006 até Dezembro de 2007. Obtidos os parâmetros, vamos utiliza-los para precificar as ações ao longo de 2008. Ao final desse ano, obteremos novos parâmetros com os dados de Janeiro de 2007 até Dezembro de 2008. Esses novos parâmetros serão usados para precificar as ações de 2009, e assim por diante. Dessa forma todas as análises são feitas “fora da amostra”. Cada decisão de compra e venda é feita somente com informações disponíveis no momento.

É importante observar também que os valores da função objetivo da minimização em (15) foram quase sempre baixos, o que mostra que uma boa calibração do modelo. A tabela 1 mostra o valor da função objetivo para cada minimização. A quantidade de vezes que vamos calibrar o modelo para cada ação depende do tamanho da amostra. Para ações que tem o histórico do período inteiro, faremos sete calibrações.

Período de Calibração	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
A	0.48	-	1.74	1.56	1.79	-	-	0.62	-	0.42
B	0.74	4.94	2.91	2.75	2.76	-	-	0.89	-	0.81
C	1.01	1.17	4.64	3.39	4.10	1.95	-	1.67	-	1.00
D	1.20	1.35	3.76	2.50	3.82	2.80	1.89	2.19	-	0.90
E	0.92	1.13	2.62	1.83	2.47	1.61	1.69	0.97	1.82	0.99
F	0.86	2.88	2.42	2.92	2.50	2.09	1.37	1.40	3.24	4.68
G	2.66	3.02	3.33	6.18	2.81	1.94	1.76	1.77	3.84	5.83
	CPFE3	CPL6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
A	1.75	24.82	-	-	-	-	-	3.29	-	-
B	2.96	4.94	6.54	-	-	-	-	4.75	1,153.55	-
C	2.03	4.28	23.79	-	6.04	-	-	4.56	576.78	-
D	1.48	4.11	14.55	-	6.56	6.02	-	2.76	2.51	288.41
E	2.82	3.47	2.23	4.39	4.94	1.82	865.17	3.20	1.98	1.23
F	2.00	5.57	5.37	8.91	2.67	1.41	1.26	3.47	1.40	1.54
G	4.79	5.20	4.75	3.97	2.27	1.06	0.91	3.82	9.39	2.13
	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
A	-	-	-	7.80	-	1.06	1.42	-	2.92	-
B	-	-	7.55	10.67	-	1.09	2.71	3.44	7.71	-
C	4.57	1.91	7.85	17.36	3.19	1.23	4.10	2.45	10.17	15.59
D	1.77	1.71	8.85	19.89	4.08	1.04	3.28	1.32	8.30	23.89
E	1.65	1.65	5.38	10.96	3.43	1.20	3.73	1.75	8.12	15.30
F	1.18	2.23	2.34	4.02	3.31	0.62	3.43	1.05	7.47	3.84
G	0.72	2.72	3.35	3.29	3.08	0.78	3.14	1.26	7.44	11.47
	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
A	-	-	-	-	2.99	-	5.90	10.18	7.72	0.25
B	-	-	-	-	2.53	1.70	6.00	14.39	10.95	0.27
C	-	-	3.97	7.15	2.78	1.13	9.99	10.23	7.97	0.32
D	-	-	2.86	5.66	6.94	1.92	8.09	5.57	4.19	0.41
E	-	-	3.20	4.64	8.12	0.91	9.87	4.00	3.30	0.34
F	1.92	7.18	2.07	3.58	6.90	1.24	15.77	3.19	2.77	0.62
G	4.43	7.10	1.57	4.64	5.74	0.73	16.46	2.83	2.46	0.87
	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VUID3	WEGE3
A	1.19	1.98	1.98	-	2.36	-	-	19.10	-	9.03
B	1.71	2.06	5.20	-	2.12	9.00	2.18	3.38	2.50	6.98
C	2.98	2.46	4.77	-	1.69	2.53	2.26	1.43	1.75	3.35
D	3.09	2.56	3.94	8.87	3.05	3.48	3.29	1.88	4.37	3.36
E	2.51	2.59	3.20	5.70	2.55	3.37	2.53	8.79	2.00	2.22
F	2.61	1.94	2.92	1.56	1.79	4.91	4.84	5.06	2.70	2.11
G	3.69	2.40	2.35	1.89	3.06	3.66	6.01	7.21	6.95	2.30

Tabela 1 - Valores da função objetivo em cada estágio da simulação e para cada ação



	Período de Calibração
A	De 31/01/2006 até 28/12/2007
B	De 31/01/2007 até 30/12/2008
C	De 31/01/2008 até 30/12/2009
D	De 30/01/2009 até 30/12/2010
E	De 29/01/2010 até 29/12/2011
F	De 31/01/2011 até 28/12/2012
G	De 31/01/2012 até 30/12/2013

*Tabela 2 – Períodos de Calibração*

Chama a atenção os altos valores da função objetivo nas primeiras calibrações de ECOR3, EQTL3 e ESTC3. Há duas possíveis explicações para tais resultados. Ou os dados estavam errados e isso fez com que o modelo se comportasse de uma maneira inesperada (conforme antecipei no capítulo 4, os dados não são muito bons) ou os dados estavam corretos e o modelo simplesmente não é robusto o suficiente para lidar com alguns tipos de séries de dados. No caso da EQTL3 por exemplo, a série de crescimento é muito volátil indo de aproximadamente -30% para aproximadamente 200% em poucos meses. Provavelmente o algoritmo de minimização teve dificuldades para realizar a calibração e não conseguiu ajustar muito bem os preços do modelo nos preços reais

### 6.1. Precisão do modelo

O modelo se mostrou bastante preciso na avaliação de várias ações. A tabela 3 mostra os resultados para todas as ações no universo de análise.

Vamos calcular o erro médio (  $\bar{e}$  ), o erro absoluto médio (  $\overline{|e|}$  ) e o desvio padrão do erro (  $\sigma_e$  ).

Na tabela, um erro médio positivo significa que em média o modelo superestima o preço da ação, e um erro médio negativo, o contrário.

A média dos erros médios nessa amostra foi de apenas 3%

Ação	<b>ABEV3</b>	<b>ARTR3</b>	<b>BBAS3</b>	<b>BBDC3</b>	<b>BBDC4</b>	<b>BRSR6</b>	<b>BVMF3</b>	<b>CCRO3</b>	<b>CIEL3</b>	<b>CMIG4</b>
Erro Médio	3.8%	-1.5%	8.5%	1.5%	4.1%	-8.4%	10.7%	-2.5%	-7.5%	0.6%
Erro Absoluto Médio	18.1%	32.4%	16.7%	13.9%	11.8%	13.8%	11.9%	18.2%	5.7%	16.5%
Des. Pad do Erro	29.5%	42.1%	20.7%	18.4%	14.8%	22.8%	23.6%	23.6%	15.9%	22.7%
# obs	77	72	77	77	77	54	42	77	30	77
Ação	<b>CPFE3</b>	<b>CPL6</b>	<b>CSMG3</b>	<b>CTIP3</b>	<b>CYRE3</b>	<b>DTEX3</b>	<b>ECOR3</b>	<b>EMBR3</b>	<b>EQTL3</b>	<b>ESTC3</b>
Erro Médio	-21.3%	-1.1%	-3.1%	34.2%	20.5%	4.6%	10.3%	31.6%	-12.6%	-8.4%
Erro Absoluto Médio	21.8%	12.8%	17.0%	13.6%	18.1%	6.4%	5.9%	56.4%	33.1%	16.6%
Des. Pad do Erro	12.4%	15.6%	25.9%	28.4%	27.8%	15.1%	11.8%	72.7%	49.8%	29.3%
# obs	77	77	66	30	60	42	36	77	66	48
Ação	<b>EVEN3</b>	<b>EZTC3</b>	<b>GGBR4</b>	<b>GOAU4</b>	<b>IGTA3</b>	<b>ITSA4</b>	<b>ITUB4</b>	<b>LAME4</b>	<b>LREN3</b>	<b>MDIA3</b>
Erro Médio	9.4%	-12.6%	0.6%	-12.3%	-0.3%	-3.4%	4.5%	16.1%	34.1%	1.8%
Erro Absoluto Médio	12.9%	11.2%	20.3%	30.5%	11.9%	15.5%	12.8%	17.2%	45.0%	19.1%
Des. Pad do Erro	24.4%	15.2%	28.3%	37.5%	19.6%	19.4%	15.6%	20.7%	103.8%	29.9%
# obs	54	51	69	77	54	77	77	66	77	60
Ação	<b>MILS3</b>	<b>MPLU3</b>	<b>MRVE3</b>	<b>MULT3</b>	<b>NATU3</b>	<b>ODPV3</b>	<b>PCAR4</b>	<b>PETR3</b>	<b>PETR4</b>	<b>POMO4</b>
Erro Médio	-2.2%	12.3%	17.6%	-3.4%	1.5%	-3.7%	9.7%	7.5%	1.5%	-7.1%
Erro Absoluto Médio	2.5%	3.7%	16.1%	7.6%	17.1%	23.8%	15.6%	22.1%	20.0%	19.8%
Des. Pad do Erro	12.8%	24.6%	27.0%	13.7%	21.1%	38.5%	18.5%	28.6%	25.8%	25.4%
# obs	18	18	54	54	77	63	77	77	77	77
Ação	<b>PSSA3</b>	<b>RAPT4</b>	<b>RENT3</b>	<b>SULA11</b>	<b>TBLE3</b>	<b>TOTS3</b>	<b>UGPA3</b>	<b>VIVT4</b>	<b>VLID3</b>	<b>WEGE3</b>
Erro Médio	-2.7%	18.4%	9.7%	-2.3%	-7.1%	10.9%	-3.4%	-3.2%	-9.1%	3.6%
Erro Absoluto Médio	13.9%	34.4%	28.5%	4.7%	11.2%	17.0%	13.8%	20.1%	18.2%	17.9%
Des. Pad do Erro	16.5%	54.9%	49.3%	12.4%	12.5%	32.8%	19.2%	27.2%	27.0%	25.6%
# obs	77	77	75	42	77	66	69	77	66	77

Tabela 3 - Erro Médio, Erro Absoluto Médio e Desvio Padrão do Erro Para Cada Ação

Considere um índice de ações formado pelas 50 ações do nosso universo de análise, cada uma com o mesmo peso na composição do índice. A Figura 1 mostra o preço real (S) e o preço do modelo desse índice (S'). Notamos claramente que as séries se movimentam juntas. Vale ressaltar que ao longo do tempo a composição do índice mudou (pois novas ações foram sendo adicionadas), mas mesmo quando analisamos as séries de preços de ações individuais, notamos uma dinâmica semelhante.

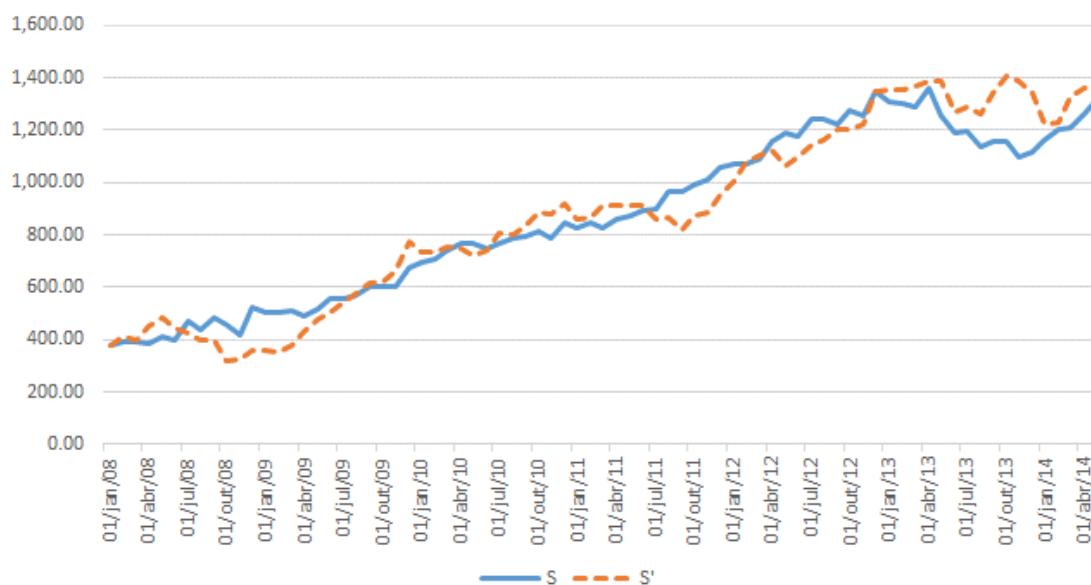


Figura 1 - Evolução do índice com preços reais (S) e o índice com preços do modelo (S')

De acordo com os critérios de menor erro médio e menor erro médio absoluto, as ações que foram mais bem precificadas pelo modelo são GGBR4 (menor erro médio) e CIEL3 (menor erro absoluto).

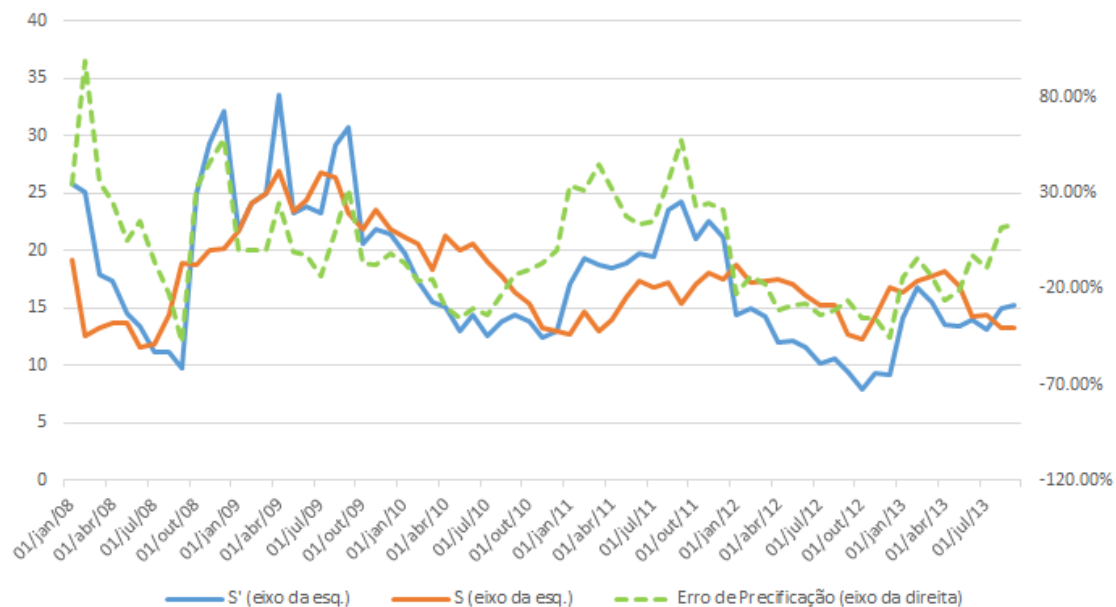


Figura 2 - Gráfico do preço real, preço do modelo e Erro de Precificação da GGBR4

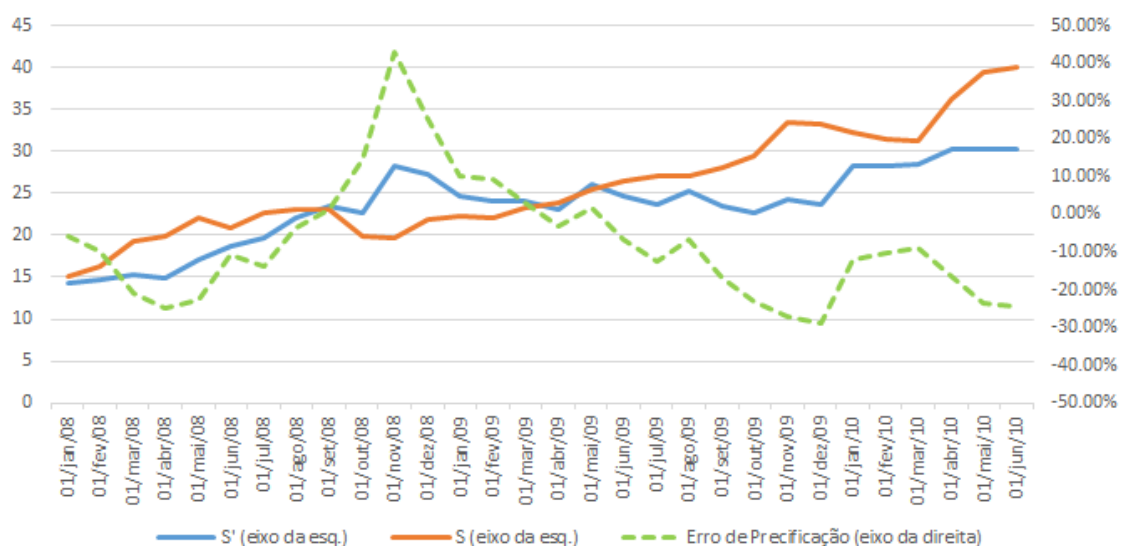


Figura 3 - Gráfico do preço real, preço do modelo e Erro de Precificação da CIEL3

Para comparar o modelo BC com o modelo de Gordon, precisamos das estimativas de dividendos futuros das empresas e o custo de capital. Esses

dados foram obtidos respectivamente pelos campos BEST\_DPS e WACC\_COST\_EQUITY no Bloomberg. Na fórmula do modelo de Gordon,  $\frac{D_{2016}}{D_{2015}}$  será a estimativa de dividendos para 2015,  $r$  será custo de capital da função WACC\_COST\_EQUITY e  $g$  será ou a taxa de crescimento entre a estimativa dividendo de 2016 e a estimativa dividendo de 2015, ou a taxa média de crescimento entre os dividendos de 2015 e os dividendos dos três anos seguintes. A taxa escolhida será aquela que precificar a ação com menor erro de precificação absoluto. Ou seja,

$$\frac{D_{2016}}{D_{2015}} = \frac{P}{D_{2015}} \times (1 + r) \quad (17)$$

ou

$$\frac{D_{2016}}{D_{2015}} = \frac{P}{D_{2015}} \times (1 + g) \quad (18)$$

Para algumas empresas temos que  $\frac{D_{2016}}{D_{2015}} < 1$ , o que resulta num preço negativo. Nesses casos fica óbvio uma das falhas do modelo (como descrito na seção em que discutimos o modelo de Gordon). É importante notar que estamos usando os dados exatamente como eles estão disponíveis, isso é, não estamos fazendo nenhum tratamento nos dados (como por exemplo suavizar as séries, excluir *outliers*, etc...).

A tabela 4 a seguir traz o erro de precificação para os modelos BC e Gordon em relação ao preço real de fechamento de 30/05/2014 (data da última coleta de dados). Ficam claras a superioridade do modelo BC e as falhas do modelo de Gordon. Numa análise fundamentalista, geralmente o último passo no *valuation* de uma empresa é feito através da aplicação direta do modelo de Gordon.

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Erro BC	1.1%	-13.5%	2.2%	-3.2%	-1.4%	13.2%	-0.9%	-10.7%	-24.2%	0.9%
Erro Gordon	-13.5%	n.a	-10.7%	18.7%	33.7%	670.7%	n.a	n.a	n.a	-16.7%
Ação	CPFE3	CPLE6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Erro BC	-36.2%	25.9%	-19.6%	-2.5%	32.8%	8.5%	12.6%	21.7%	-58.0%	-34.4%
Erro Gordon	n.a	-28.6%	n.a	n.a	-74.6%	155.3%	-67.2%	-89.5%	n.a	n.a
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Erro BC	11.3%	25.7%	14.1%	35.8%	16.8%	14.0%	-6.7%	-0.9%	31.8%	-31.6%
Erro Gordon	-82.1%	n.a	35.8%	n.a	n.a	n.a	140.1%	n.a	n.a	n.a
Ação	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
Erro BC	5.3%	6.1%	74.1%	-7.4%	-1.7%	14.3%	0.1%	-2.8%	-11.3%	11.8%
Erro Gordon	n.a	n.a	-53.4%	n.a	90.6%	n.a	n.a	n.a	5.9%	143.5%
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLID3	WEGE3
Erro BC	4.9%	42.3%	-5.6%	-10.1%	8.2%	-6.6%	-11.4%	-30.9%	-25.4%	-10.2%
Erro Gordon	45.2%	64.3%	n.a	162.1%	54.1%	n.a	n.a	-32.2%	n.a	n.a

Tabela 4 - Erros de precificação do modelo BC e Gordon

Nos casos em que o custo de capital era menor que o crescimento, i.e., o modelo de Gordon não pode ser aplicado. Nesse caso não faremos a comparação entre os dois modelos. Chama a atenção as ações BRSR6, DTEX3 e POMO4 (entre outras), que foram avaliadas pelo modelo de Gordon com erros altíssimo. Isso acontece porque  $\frac{1}{1 - g}$  é um número muito pequeno. Logo dividir  $\frac{1}{1 - g}$  por  $\frac{1}{1 - g}$  dá um número grande.

## 6.2. Estratégia de Trading

Para testar a utilidade do modelo, vamos implementar um *backtest* seguindo uma estratégia simples de *trading*: comprar/vender quando o prêmio/desconto do preço real em relação ao preço do modelo estiver entre um parâmetro1 e um parâmetro2 e dobrar a posição quando o prêmio/desconto do preço real em relação ao preço do modelo for maior que o parâmetro2. Ou seja, nessa estratégia, vamos receber cinco sinais diferentes do modelo: +1, +2, -1, -2 e 0, que são respectivamente compra, compra agressiva, venda, venda agressiva e não fazer nada. A cada mês o novo sinal é gerado e as operações indicadas são executadas. Com a variação dos preços das ações uma posição ganhadora fica cada vez maior e uma posição perdedora, cada vez menor. Isso é, uma posição comprada numa ação que sobe se torna uma posição maior. Nesses casos, quando o preço de uma ação variar de um mês

para o outro e o sinal permanecer o mesmo, vamos fazer o ajuste da posição de modo que a exposição volte a ser aquela recomendada pelo sinal do modelo. Por exemplo, se o modelo dá sinal +1, e, no mês seguinte a ação sobe 10%, mas o sinal continua +1, vamos vender o suficiente para reajustar a posição em R\$ 10.000. Nessa simulação, vamos simular o que teria acontecido com um fundo de investimento *long and short* com PL inicial de R\$ 600.000,00, que faz *trades* de tamanho R\$ 10.000,00 (ou seja R\$ 10.000,00 com sinal +1 ou -1 e R\$ 20.000,0 com sinal +2 ou -2)<sup>9</sup> e que aplica no CDI o dinheiro que não está em ações e o dinheiro obtido pela venda a descoberto de ações. Vamos fazer o *backtest* para várias combinações de parâmetro1 e parâmetro2. Para facilitar as referências futuras, chamaremos a estratégia de montar posição quando o prêmio/desconto for maior que X e dobrar quando o prêmio/desconto for maior que Y de estratégia X-Y.<sup>10</sup>

A tabela 5 mostra o retorno anualizado sobre o PL inicial da estratégia que monta a posição quando o prêmio/desconto é maior que os números da coluna da esquerda e dobra quando o prêmio/desconto é maior que os números da primeira linha. A linha da diagonal na prática representa o resultado de uma estratégia agressiva que compra/vende R\$ 20.000,00. A estratégia mais lucrativa é montar uma posição agressiva quando o prêmio/desconto for de apenas 4%. Nessa simulação, o primeiro período de calibração do modelo começou em janeiro de 2006 e terminou em dezembro de 2007. Assim, os primeiros *trades* teriam sido feitos em 31 de janeiro de 2008, e o final da simulação seria em 31 de maio de 2014 (data até a qual foram coletados dados). Por isso, faz sentido a comparação da rentabilidade dos *trades* sugeridos pelo modelo com o CDI acumulado no período. De acordo com o site de CETIP, o CDI acumulado entre as duas datas foi de 82,85%, o que é equivalente uma taxa de 9,998%. A escolha de comparar o retorno teórico do fundo com o CDI se justifica pelo fato de essa taxa ser considerada o

---

<sup>9</sup> Na prática quase sempre será impossível de comprar exatamente R\$ 10.000 reais de uma ação há não ser que 10.000 seja divisível pelo preço da ação. A simulação é feita levando em conta o preço da ação na época e simulando um compra/venda somente de quantidades múltiplas de ações múltiplas de 100

<sup>10</sup> Os valores do PL e do tamanho dos *trades* foram escolhidos de maneira completamente arbitrária e a simulação pode ser feita com quaisquer valores. A única condição que deve ser respeitada é que o PL seja maior do que o número de ações vezes o tamanho da posição montada com o sinal 2. Isso porque caso o modelo indique compra agressiva para todas as ações, o PL deve ser suficientemente grande para comportar todas as posições

*risk-free* brasileiro e é comumente utilizado como *benchmark* de fundos deste tipo.

Não levamos em conta o custo do aluguel das ações para vendê-las a descoberto, taxas de administração ou performance ou qualquer outra taxa dessa natureza, mas considerando os custos com corretagem e taxas da bolsa<sup>11</sup>. Também não estamos considerando o “*custo bid-ask*”. Na prática, executando as operações no *call* de fechamento é uma maneira de evitar este custo. Na verdade a estratégia que vamos simular assume que as operações são sempre feitas no *call* de fechamento do último dia do mês, uma vez que os preços que estamos usando são os preços de fechamento do último dia útil de cada mês<sup>12</sup>. Alternativamente poderíamos adicionar um centavo (ou mais) de custos para cada ação negociada. A estratégia que mais gerou operações foi a 2%-2% (comprar/vender R\$ 20.000,00 da ação quando o prêmio/desconto indicado pelo modelo for maior que 2%). Tendo seguido essa estratégia, teríamos negociado 1.850.000 ações no total, o que daria um custo de R\$ 18.500,00 considerando um centavo por ação de custo. Isso se compara aos R\$ 491.737 ganhos com as operações em ações (sem contar os ganhos com o excesso de caixa aplicado no CDI).

		Parâmetro 1															
Parâmetro 2		2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%	32%
	2%	18.5%	18.7%	18.7%	18.4%	18.2%	18.0%	17.7%	17.3%	17.0%	16.9%	16.9%	17.0%	16.7%	16.9%	16.6%	16.4%
	4%		18.9%	18.8%	18.6%	18.4%	18.2%	17.9%	17.4%	17.2%	17.0%	17.1%	17.2%	16.9%	17.0%	16.8%	16.6%
	6%			18.8%	18.5%	18.4%	18.2%	17.8%	17.4%	17.1%	17.0%	17.0%	17.1%	16.9%	17.0%	16.8%	16.6%
	8%				18.3%	18.2%	17.9%	17.6%	17.2%	16.9%	16.8%	16.8%	16.9%	16.6%	16.8%	16.5%	16.3%
	10%					18.0%	17.8%	17.5%	17.0%	16.8%	16.6%	16.6%	16.7%	16.5%	16.6%	16.4%	16.2%
	12%						17.6%	17.2%	16.8%	16.5%	16.4%	16.4%	16.5%	16.3%	16.4%	16.2%	15.9%
	14%							16.8%	16.4%	16.1%	16.0%	16.0%	16.1%	15.9%	16.0%	15.8%	15.5%
	16%								15.9%	15.7%	15.5%	15.5%	15.6%	15.4%	15.5%	15.3%	15.1%
	18%									15.4%	15.2%	15.3%	15.3%	15.1%	15.2%	15.0%	14.8%
	20%										15.1%	15.1%	15.2%	14.9%	15.1%	14.8%	14.6%
	22%											15.1%	15.2%	15.0%	15.1%	14.8%	14.6%
	24%												15.3%	15.0%	15.1%	14.9%	14.7%
	26%													14.8%	14.9%	14.7%	14.5%
	28%														15.1%	14.8%	14.6%
	30%															14.6%	14.4%
	32%																14.1%

Tabela 5 - Rentabilidade de cada estratégia

<sup>11</sup> Oficialmente, a taxa de corretagem no mercado brasileiro é 0,5% do valor da operação. Entretanto investidores institucionais tem grandes descontos na corretagem. Aqui estamos considerando um desconto de 97%, ou que resulta num custo efetivo de corretagem de 0.015%, e 0.025% de taxas da bolsa, o que resulta num custo total de 0.04% ou 4 bps.

<sup>12</sup> O preço de fechamento de uma ação é o preço em que ela é negociada no *call* de fechamento.

O retorno de cada estratégia é obtido através do cálculo da variação do PL. Por exemplo, a estratégia 2%-2% implementada de Janeiro de 2008 até Maio de 2014 resultou num PL de R\$ 1.768.686.98, o que em termos de retorno anualizado, depois de descontados os custos de transação, da 18.5%, conforme a tabela. Mais detalhadamente, a cálculo exato feito para se obter o retorno nesse caso é:

$$\frac{1.768.686,98}{9.326,33} - 1$$

O 76 no expoente corresponde aos 76 meses passados entre Janeiro de 2008 e Maio de 2014 e o 9.326,33 correspondem aos custos de transação.

Faz sentido também ponderarmos os retornos (ou excesso de retornos) pelo risco de cada estratégia. Isso é, faz sentido calcularmos o Índice Sharpe em cada caso. O Índice Sharpe (ou em inglês, *sharpe ratio*) é uma maneira de analisar ajustando a performance de um fundo ao risco. O índice é igual ao excesso de retorno dividido pelo desvio padrão dos retornos. Formalmente:

$$\frac{R - R_f}{\sigma_R} \quad (19)$$

onde  $R$  é o índice sharpe e

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - R_f)^2 \quad (20)$$

onde  $n$  é o número de observações,  $R$  é o retorno médio da cota e  $R_f$  é o retorno de cada mês.

A tabela 6 traz o Índice Sharpe de cada estratégia. Lembrando que quanto maior o índice de Sharpe, melhor.



		Parâmetro 1															
Parâmetro 2		2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%	32%
	2%	3.59	3.71	3.78	3.72	3.70	3.62	3.45	3.31	3.19	3.11	3.19	3.23	3.14	3.23	3.11	3.08
	4%		3.81	3.88	3.82	3.80	3.72	3.55	3.41	3.29	3.21	3.29	3.33	3.25	3.33	3.21	3.19
	6%			3.93	3.87	3.85	3.77	3.59	3.44	3.31	3.23	3.32	3.36	3.27	3.36	3.25	3.22
	8%				3.79	3.77	3.69	3.51	3.35	3.21	3.14	3.22	3.27	3.18	3.27	3.15	3.13
	10%					3.77	3.68	3.50	3.34	3.20	3.12	3.20	3.25	3.16	3.25	3.13	3.10
	12%						3.59	3.41	3.24	3.10	3.02	3.10	3.15	3.05	3.15	3.03	2.99
	14%							3.18	3.01	2.87	2.78	2.86	2.91	2.82	2.91	2.79	2.75
	16%								2.82	2.67	2.59	2.67	2.72	2.62	2.71	2.59	2.54
	18%									2.48	2.40	2.48	2.53	2.43	2.52	2.40	2.35
	20%										2.32	2.39	2.44	2.34	2.43	2.31	2.25
	22%											2.46	2.50	2.39	2.49	2.36	2.30
	24%												2.51	2.40	2.49	2.37	2.31
	26%													2.31	2.40	2.27	2.22
	28%														2.50	2.37	2.31
	30%															2.23	2.17
	32%																2.08

Tabela 6 - Retorno ajustado pelo risco de cada estratégia

Também analisamos a performance do modelo em cada ação individualmente. As tabelas 7 a 13 mostram o *performance attribution* para cada ação usando algumas estratégias, e as figuras, a evolução do PL contra o CDI.

A estratégia 4%-4% é a mais lucrativa, a estratégia 6%-6% é a que tem o melhor sharpe e as estratégias 18%-28%, 22%-36% e a 24%-48% são as que resultam no menor número de ações dando resultado negativo (apenas 4). A 2%-2% é a que resulta ao mesmo tempo no maior resultado positivo (com TOTS3) e no maior resultado negativo (com ESTC3).

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Resultado (R\$ mil)	-13.62	8.87	21.20	15.93	13.62	-4.95	14.52	13.13	-14.36	10.37
Ação	CPFE3	CPL6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Resultado (R\$ mil)	-5.04	20.27	21.14	5.62	18.08	3.88	10.61	-10.07	-5.56	-15.97
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Resultado (R\$ mil)	13.40	-9.26	3.11	29.78	13.28	12.74	10.95	32.54	11.14	9.23
Ação	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
Resultado (R\$ mil)	8.29	12.57	24.70	22.82	20.34	1.70	39.70	38.28	36.04	5.43
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLID3	WEGE3
Resultado (R\$ mil)	5.20	16.91	-0.25	11.64	-1.41	33.92	8.01	-4.72	-12.15	17.40

Tabela 7 - Estratégia 4%-4%

Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 4% - 4%

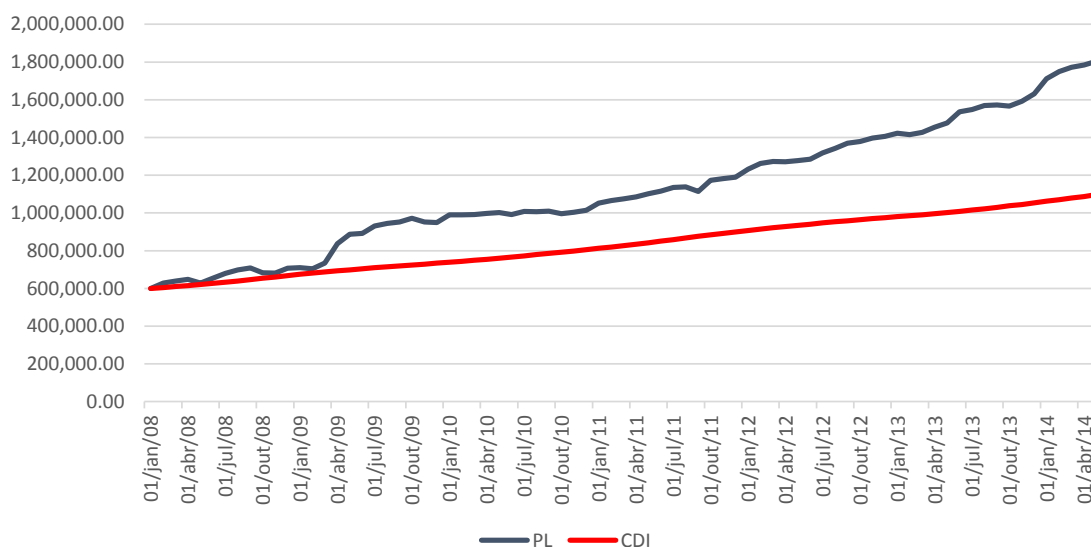


Figura 4 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 4% - 4%

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Resultado (R\$ mil)	3.20	11.95	10.92	6.92	8.74	3.39	7.93	1.70	0.85	4.11
Ação	CPFE3	CPL6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Resultado (R\$ mil)	2.30	4.22	6.52	1.90	7.48	-0.83	8.07	-3.75	2.11	-7.76
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Resultado (R\$ mil)	0.35	-2.83	6.63	9.15	4.08	5.01	4.75	20.53	6.62	17.42
Ação	MIL3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PET4	POMO4
Resultado (R\$ mil)	0.74	2.87	5.69	4.14	15.16	5.02	20.63	6.54	6.08	15.34
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLI3	WEGE3
Resultado (R\$ mil)	2.38	6.96	9.06	3.71	0.34	24.39	1.83	0.47	1.68	9.66

Tabela 8 - Estratégia 18%-28%

Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 18% - 28%

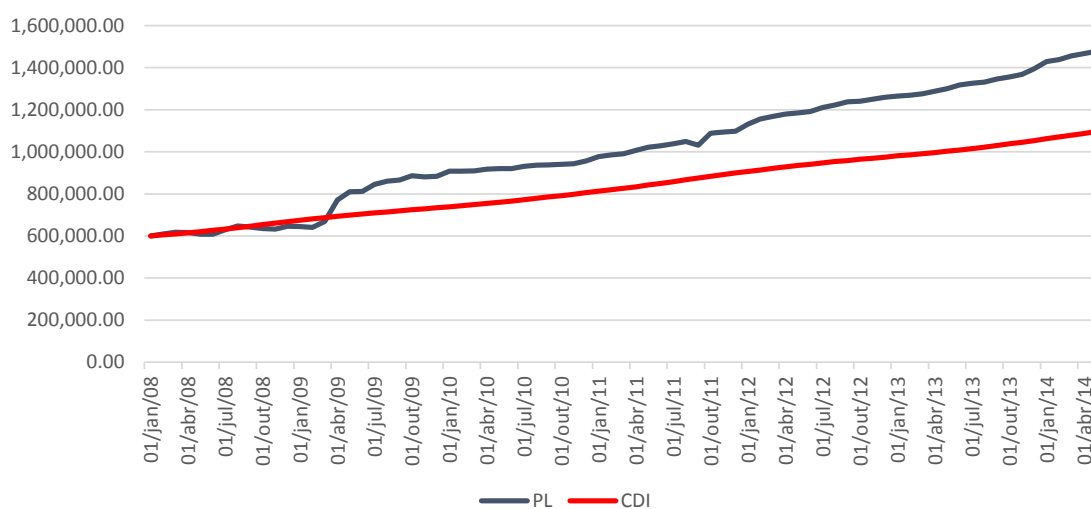


Figura 5 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 18% - 28%

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Resultado (R\$ mil)	5.04	16.61	11.17	4.94	7.14	5.09	5.48	2.95	0.82	3.43
Ação	CPFE3	CPL6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Resultado (R\$ mil)	1.35	6.02	7.04	-0.28	2.55	-1.25	2.10	-4.71	1.68	-6.05
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Resultado (R\$ mil)	0.87	0.53	3.75	4.71	4.88	1.26	4.93	17.26	3.30	16.55
Ação	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
Resultado (R\$ mil)	1.06	2.87	5.20	1.33	10.42	1.65	12.54	3.01	5.62	16.80
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLID3	WEGE3
Resultado (R\$ mil)	2.88	8.24	8.69	3.17	0.48	21.88	0.36	0.63	4.39	4.91

Tabela 9 - Estratégia 22%-36%

### Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 22% - 36%

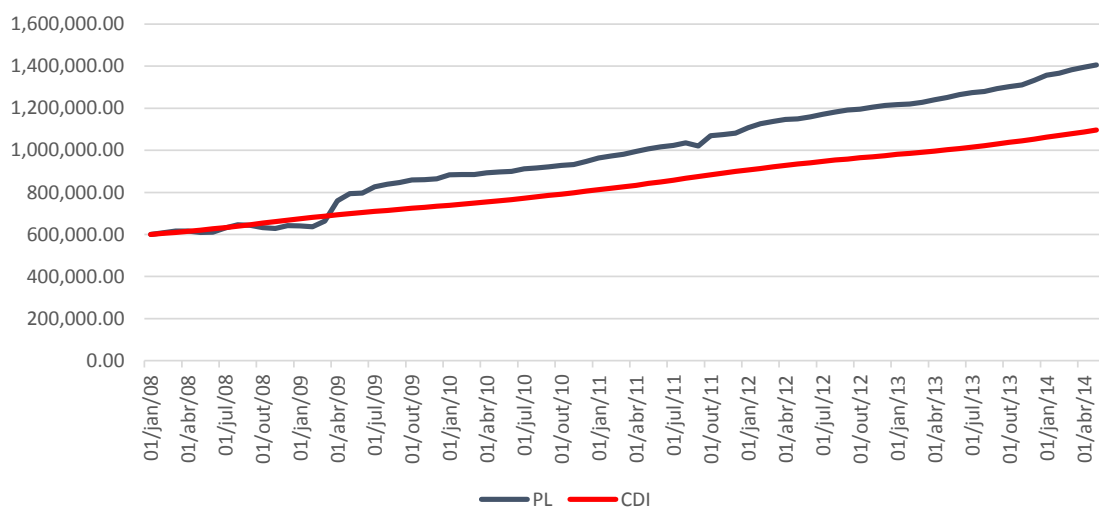


Figura 6 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 22% - 36%

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Resultado (R\$ mil)	3.32	15.99	8.83	3.35	5.28	1.75	7.79	3.74	0.59	3.52
Ação	CPFE3	CPL6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Resultado (R\$ mil)	2.11	3.06	8.51	1.10	1.44	-1.10	2.10	-3.53	5.43	0.02
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Resultado (R\$ mil)	0.60	-0.88	4.86	3.68	4.60	0.74	3.88	14.43	2.84	11.40
Ação	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
Resultado (R\$ mil)	1.06	2.87	3.85	1.11	5.48	0.88	9.79	2.84	3.90	16.38
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLID3	WEGE3
Resultado (R\$ mil)	2.38	11.01	5.35	2.29	-0.40	22.62	1.04	0.16	8.29	7.45

Tabela 10 - Estratégia 24%-48%

### Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 24% - 48%

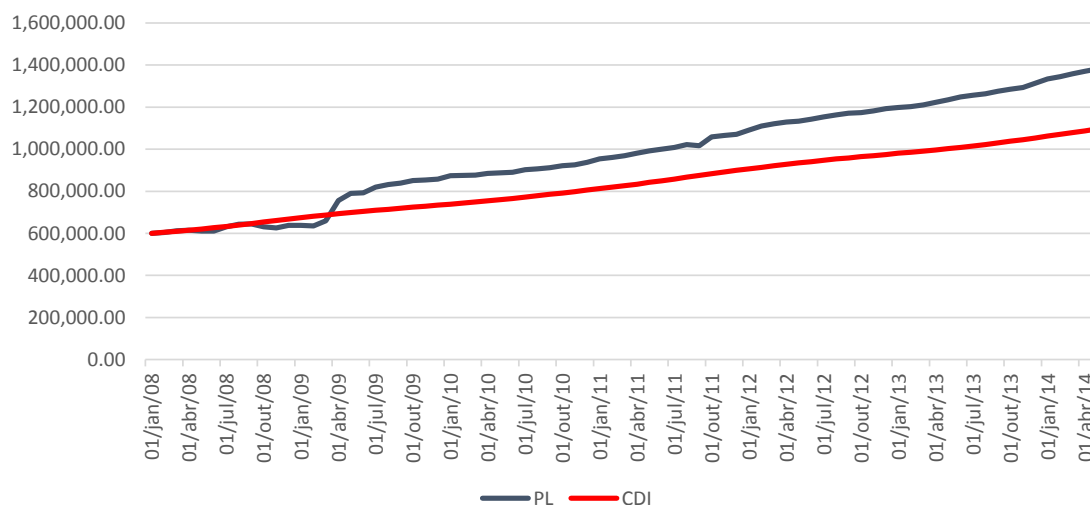


Figura 7 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 24% - 48%

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Resultado (R\$ mil)	-16.09	2.74	18.38	16.24	21.35	-3.62	14.52	16.01	-15.28	17.52
Ação	CPFE3	CPL6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Resultado (R\$ mil)	-4.42	26.69	10.12	5.62	19.59	4.06	10.53	-10.07	-5.56	-17.36
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Resultado (R\$ mil)	13.26	-7.42	0.55	27.75	11.79	8.39	11.39	28.58	15.69	13.12
Ação	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
Resultado (R\$ mil)	8.13	7.38	24.25	20.10	13.14	3.09	31.85	34.37	33.56	8.08
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLID3	WEGE3
Resultado (R\$ mil)	6.84	14.73	1.11	9.44	-1.47	45.03	1.97	-2.62	-14.71	13.40

Tabela 11 - Estratégia 2%-2%

### Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 2% - 2%

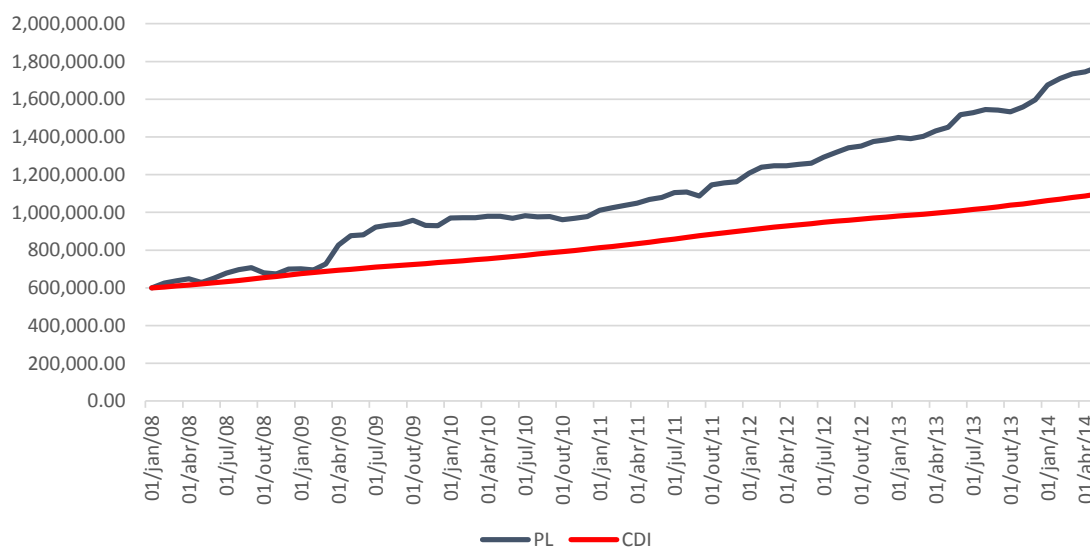


Figura 8 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 2% - 2%

Ação	ABEV3	ARTR3	BBAS3	BBDC3	BBDC4	BRSR6	BVMF3	CCRO3	CIEL3	CMIG4
Resultado (R\$ mil)	-9.79	6.93	21.78	12.04	12.79	0.64	11.94	19.37	-12.79	12.38
Ação	CPFE3	CPLE6	CSMG3	CTIP3	CYRE3	DTEX3	ECOR3	EMBR3	EQTL3	ESTC3
Resultado (R\$ mil)	-3.90	16.03	23.17	2.56	16.32	1.59	11.22	-9.24	-4.48	-15.97
Ação	EVEN3	EZTC3	GGBR4	GOAU4	IGTA3	ITSA4	ITUB4	LAME4	LREN3	MDIA3
Resultado (R\$ mil)	13.00	-6.55	10.72	23.13	10.67	8.19	19.47	31.31	12.31	9.89
Ação	MILS3	MPLU3	MRVE3	MULT3	NATU3	ODPV3	PCAR4	PETR3	PETR4	POMO4
Resultado (R\$ mil)	7.30	11.07	24.65	14.28	16.06	4.29	40.47	30.80	36.98	7.10
Ação	PSSA3	RAPT4	RENT3	SULA11	TBLE3	TOTS3	UGPA3	VIVT4	VLID3	WEGE3
Resultado (R\$ mil)	6.39	14.28	5.77	10.15	-4.93	33.23	5.13	-3.89	-8.34	13.32

Tabela 12 - Estratégia 6%-6%

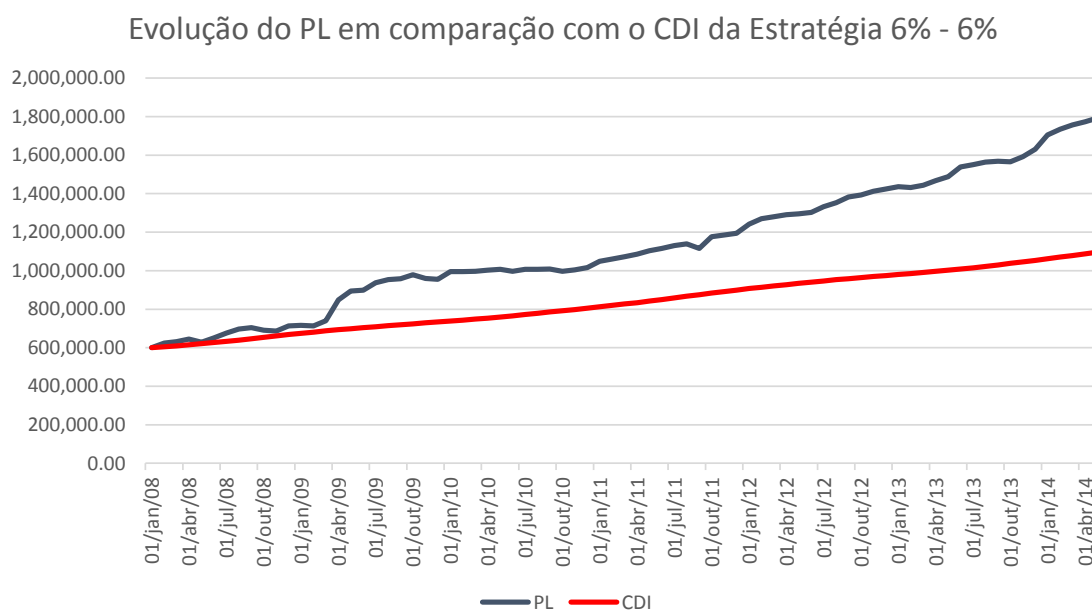


Figura 9 - Evolução do PL em comparação com o CDI da Estratégia 6% - 6%

Notamos que somando-se os resultados das 50 ações das tabelas acima e fazendo essa soma dividido pelo PL inicial, não chegaremos na rentabilidade da tabela 5. Isso por que há também a contribuição da aplicação do excesso de caixa no CDI.

## 7. Conclusões e recomendações

O objetivo desse trabalho era verificar se a aplicação do modelo BC no mercado brasileiro traria resultados semelhante àqueles obtidos em mercados de ações de outros países. O modelo se mostrou bastante eficaz, tanto na precisão da precificação quanto no nível de acerto nas recomendações de compra ou venda. O erro médio de precificação encontrado foi de 3% e a estratégia de *trading* foi em média ganhador e com risco limitado.

Como o modelo faz a análise de maneira puramente quantitativa, obviamente é impossível de antecipar eventos externos que prejudicam a previsão de crescimento de lucro, e por consequência, o preço da ação. Por exemplo, em 2012 o governo brasileiro aprovou a MP 579<sup>13</sup>, o que causou grande impacto negativo nas empresas do setor elétrico. Tal evento definitivamente não poderia ter sido antecipado pelo modelo. Há casos também em que as empresas manipulam e fraudam seus balanços e divulgam números que não correspondem com a realidade<sup>14</sup>. Nesses casos, o modelo provavelmente dará recomendações ruins, pois os dados fornecidos como parâmetros serão ruins.

Chang (1999) já havia colocado o modelo à prova, mas para o mercado dos Estados Unidos, Hong Kong e Taiwan. Esta é a primeira vez (até a redação desse artigo) que a aplicação desse modelo específico é explorada no Brasil

Enquanto que a abordagem de realizar o *valuation* a partir do lucro ao invés do dividendo se mostrou eficaz, seria interessante a utilização de outras métricas como por exemplo o *free cash flow*, já que é essa a métrica comumente utilizada pelo analista nos modelos de *valuation*. Ou ainda, modelar mais variáveis além das três  $Y$ ,  $G$ ,  $R$ , como por exemplo o *capex*,

---

<sup>13</sup> Através de um decreto o governo procurou limitar os ganhos das empresas elétricas na tentativa de reduzir o preço da energia elétrica, o que acabou provocando uma forte queda nos preços das ações de empresas do setor elétrico.

<sup>14</sup> No Brasil tivemos mais recentemente os casos dos bancos PanAmericano e Cruzeiro do Sul. Internacionalmente os casos mais notáveis foram Enron em 2001, Global Crossing em 2002 e Parmalat em 2003.

câmbio ou preços de *commodities*. Infelizmente não foi possível neste estudo analisar a aplicação do modelo nas ações da Vale (pois, de acordo com os dados coletados da Bloomberg, a empresa apresentou perdas nos últimos trimestres), mas esse é um caso em que seria interessante aliar uma modelagem do preço do minério de ferro e câmbio (para modelar as receitas) com a modelagem que fazemos normalmente no modelo.

Outra abordagem que pode ser interessante é combinar as recomendações do modelo com análises fundamentalistas. Dessa forma reduziríamos o risco de eventos externos ao modelo. Por exemplo em 2012 não seria prudente seguir uma recomendação de compra agressiva em empresas do setor elétrico em face da então situação e risco regulatório que o setor enfrentava. Numa situação como estas, uma boa análise fundamentalista provavelmente dará ao investidor uma melhor capacidade de tomar boas decisões de investimento em comparação com a análise quantitativa.

## REFERÊNCIAS

Bakshi, G. e Chen, Z. Stock Valuation in Dynamic Economies, *Journal of Financial Markets*, 8(2), p. 115–151, 1998.

Black, F. e Scholes, M., The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy*, n 81, p. 637-659, 1973.

Chang, C. An Application of the Bakshi-Chen-Dong Stock Valuation Model, 1999

Bodurtha, J. e Courtadon, G. Tests of an American Option Pricing Model on the Foreign Currency Options Market, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, n. 22, p. 153 – 168, 1987.

Constantinides, G. A theory of the nominal term structure of interest rates, *Review of Financial Studies*, n. 5, p. 531-552, 1992.

Dong, M. A general stock valuation model, 1998.

Gander, W. e Gautschi, W. Adaptive Quadrature—Revisited, *BIT Numerical Mathematics*, n. 40, p. 84-101, 2000

Goldsmith, W. Financial Structure and Development, 1969

Gordon, M., The investment, financing and valuation of the corporation, 1962.

King, G. e R. Levine, Finance, entrepreneurship, and growth *Jornal of Monetary Economics*, n. 32, p. 513-542, 1993

Lee, C., Myers, J.e Swaminathan, B. What is the intrinsic value of the Dow?, *Journal of Finance*, n. 54, p. 1693-1741, 1999.

McKinnon, I. Money and Capital in Economic Development, 1973



Penman, S., Sougiannis, T. A Comparison of Dividend, Cash Flow, and Earnings Approach to Equity Valuation. *Contemporary Accounting Research*, *Forthcoming*, 1999.

Shaw, S. Financial Deepening in Economic Development, 1973

Vasicek, O. An equilibrium characterization of the term structure, *Journal of Financial Economics* n. 5, p. 177-188, 1977.