

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

Instituto Superior de Economia e Gestão

Mestrado em Decisão Económica e Empresarial

*Estratégias de “momentum” baseadas em optimizações
do retorno em função do risco*

Hugo Miguel Abrantes Soares

Orientação:

Prof. Doutora Leonor Almeida Leite Santiago Pinto

Júri:

Presidente:

Prof. Doutora Maria Cândida Vergueiro Monteiro Cidade Mourão

Vogais:

Prof. Doutora Leonor Almeida Leite Santiago Pinto

Mestre Pedro Nuno Rino Carreira Vieira

Março / 2012

i. Abstract

O presente trabalho pretendeu estender o conceito de *momentum* - usualmente definido considerando apenas rentabilidades - para a inclusão do factor risco, e testar estratégias que utilizassem este conceito na determinação da composição de uma carteira de investimento . Definiu-se como carteira “vencedora” (carteira com *momentum*) a que optimizasse a relação risco-retorno segundo a formulação original de Markowitz (Markowitz, Portfolio Selection, 1952); e as estratégias em estudo consistem em investir por determinado período de tempo futuro numa carteira identificada como “vencedora” para determinado período de tempo passado. Foram considerados diferentes horizontes temporais, tanto para a optimização, como para a manutenção do investimento, e foram considerados diferentes perfis de risco para as optimizações. Como objecto de estudo foi seleccionado um conjunto de índices diverso, cujo comportamento pudesse ser facilmente replicável por fundos de investimento e/ou ETFs (*exchange traded funds*).

Palavras-chave: *momentum*; optimização risco-retorno; Markowitz; *asset allocation*.

This study aimed to extend the concept of *momentum* - usually defined exclusively considering data on returns - to include the concept of risk; and it aimed to test investment strategies that made use of this concept in the determination of a portfolio composition. A “winning portfolio” (or the portfolio with momentum) was defined as the portfolio that maximized the return considering the risk, according to the original Markowitz formulation (Markowitz, Portfolio Selection, 1952); and the strategies to test consist on investing for a determined subsequent period in a portfolio equal to the “winning portfolio” identified for a determined past period. Different time horizons were considered for both optimization and investment maintenance, and different risk aversion profiles were considered for the optimizations. The study focused on a diverse set of indices, assessable for investment through mutual funds and/or ETFs (*exchange traded funds*).

Keywords: momentum; risk-return optimization; Markowitz; asset allocation.

ii. Índice

1	Introdução	1
2	Conceitos básicos sobre Teoria Moderna de Gestão de Carteiras	3
3	Estratégias de <i>momentum</i>	6
4	Descrição da metodologia de investimento.....	7
5	Realização do Estudo.....	9
5.1	A escolha dos activos	9
5.2	Dados utilizados, cálculo de rentabilidades, variâncias e correlações	11
5.3	Concretização do estudo.....	13
5.4	Perfis de risco	17
5.5	Aplicabilidade, custos diversos e impostos.....	19
6	Resultados.....	21
7	Conclusões	30
8	Crítica e desenvolvimentos futuros	33
9	Referências	36

iii. Lista de Tabelas

Tabela A.1 – Métricas relevantes para cada um dos activos considerados, individualmente	Error! Bookmark not defined.
Tabela A.2 – Métricas relevantes para as carteiras de Buy & Hold	Error! Bookmark not defined.
Tabela 1.1 – Resultados obtidos considerando uma TER de 0 bps	Error! Bookmark not defined.
Tabela 1.2 – Resultados obtidos considerando uma TER de 50 bps	Error! Bookmark not defined.
Tabela 2 – Rentabilidades anualizadas	Error! Bookmark not defined.
Tabela 3 – Volatilidades anuais.....	26
Tabela 4 – Rácios de Sharpe	28
Tabela 5 – Maximum drawdown	29

iii. Lista de Figuras

Gráfico 1 – Evolução das melhores estratégias por perfil e das carteiras B&H....**Error! Bookmark not defined.**

1 Introdução

Jegadeesh e Titman (Jegadeesh & Titman, 1993) demonstraram que estratégias que comprem acções com performance passada positiva e que vendam acções com performance passada negativa geram ganhos consistentes em períodos subsequentes de manutenção do investimento (considerando, quer para a monitorização da performance passada quer para a manutenção do investimento, períodos entre 3 e 12 meses). Estas estratégias denominam-se de “força relativa” ou de “momentum”, uma vez que o que fazem é apostar nos activos que demonstram estar mais “fortes” no momento de selecção.

Este tipo de estratégias é hoje em dia cada vez mais utilizado em gestão de carteiras (Luxemberg, 2011).

Por outro lado, desde que Harry Markowitz apresentou ao mundo a sua teoria de gestão de carteiras (Markowitz, Portfolio Selection, 1952), inúmeros estudos têm sido realizados incidindo sobre o seu trabalho, e enorme tem sido a influência desta teoria na indústria financeira.

O presente estudo pretendeu no fundo conciliar ambas as ideias: estendeu-se o conceito de *momentum* para considerar também o risco como critério de selecção em vez de apenas rentabilidades, e pretendeu-se encontrar uma carteira “vencedora”, em vez de se identificarem activos “vencedores” para constar dessa carteira.

O critério de selecção definido foi portanto a optimização de Markowitz da relação risco-retorno.

Cada estratégia a estudar consiste em identificar a carteira óptima segundo Markowitz (carteira “vencedora”) para um determinado período de tempo passado, e em investir numa carteira de idêntica composição num período subsequente.

Foi utilizado um histórico global de dados de cerca de 10 anos (01-01-1999 a 18-02-2011) e foram utilizados períodos de 1, 3, 6 e 12 meses desse histórico tanto como

input para a selecção de uma carteira “vencedora” como para a monitorização da performance em períodos subsequentes. Obtiveram-se portanto resultados para 16 procedimentos diferentes (correspondentes à conjugação de 4 períodos de optimização com 4 períodos de manutenção do investimento).

Uma vez que o estudo foi realizado com índices, para ter uma melhor noção da rentabilidade real das estratégias propostas, foi posteriormente considerado um custo adicional, relativo aos possíveis custos de transacção e gestão, que seriam potencialmente incorridos na execução efectiva de uma estratégia deste tipo.

Optou-se por não se considerar o custo associado a impostos uma vez que tal introduziria complexidade ao problema sem o correspondente benefício numa primeira abordagem.

É ainda relevante notar que se pretendeu apenas utilizar instrumentos financeiros simples, acessíveis e compreensíveis por investidores menos sofisticados.

Os resultados obtidos foram francamente positivos, tendo sido possível obter, por praticamente todas as estratégias testadas, rentabilidades superiores quer às de seis dos sete activos considerados, quer às de uma carteira balanceada, com pesos iguais para todos os activos e em que não se faça uma gestão activa - carteira *Buy&Hold*. Mais ainda, esta comparação positiva verificou-se igualmente para outras métricas consideradas, como a volatilidade dos retornos, o índice de Sharpe ou o *maximum drawdown*. Verificou-se que nenhuma estratégia pode ser considerada óptima, uma vez que os melhores resultados dependem do perfil de risco admitido; mas uma vez que existem várias estratégias por perfil com bons resultados poder-se-ia escolher como metodologia de investimento uma combinação de várias destas estratégias, aproximando o resultado final da rentabilidade média de cada perfil.

Referir por fim que todo o estudo foi realizado com recurso a programação em excel-VBA, de forma a que fosse possível obter facilmente carteiras de investimento e resultados para as diversas estratégias, por alteração dos parâmetros necessários à

optimização e à monitorização de desempenho. A programação realizada facilitará também uma eventual implementação futura destas estratégias.

O resto deste trabalho está organizado da seguinte forma: o ponto 2 revê alguns conceitos básicos sobre o trabalho de Markowitz, enquanto o ponto 3 faz uma revisão idêntica relativa às estratégias de *momentum*. O ponto 4 descreve a metodologia de investimento que se vai estudar e o ponto 5 descreve a realização do estudo. No ponto 6 são apresentados os resultados alcançados e no ponto 7 as principais conclusões. O ponto 8 refere algumas potenciais melhorias ao estudo e às estratégias aqui desenvolvidas como possibilidades de investigação futura.

2 Conceitos básicos sobre Teoria Moderna de Gestão de Carteiras

A teoria moderna de gestão de carteiras (no original: Modern Portfolio Theory - MPT) teve a sua origem no trabalho inovador de Harry Markowitz, primeiramente exposto num artigo no *Journal of Finance* (Markowitz, Portfolio Selection, 1952) e posteriormente desenvolvido em livro (Markowitz, Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments, 1959). Os trabalhos de Harry Markowitz garantiram-lhe a atribuição do prémio Nobel em ciências económicas, em 1990.

A MPT é fundamentalmente a formalização matemática da aplicação do conceito de diversificação às decisões de investimento. Assume-se que pelo facto de os diversos activos financeiros não serem todos perfeita e positivamente correlacionados, é possível encontrar combinações de investimento que minimizem a exposição ao risco, mantendo um determinado nível esperado de retorno.

O que esta teoria pretendeu foi portanto construir uma metodologia que permitisse determinar a composição de uma carteira para que o seu risco global fosse menor que o de cada um dos activos que a constituem, mantendo um determinado retorno esperado. Implícito está o conceito de que ao construir uma carteira não se devem escolher os activos de uma forma desconexa (cada um pelos seus méritos individuais), mas antes olhar sempre para a carteira como um todo, e escolher os activos que a compõem pela contribuição destes para a relação risco-retorno da carteira.

A MPT está naturalmente assente na hipótese de que os investidores são avessos ao risco e que portanto, entre duas carteiras com o mesmo retorno esperado preferirão a de menor risco associado (ou equivalentemente, que entre duas carteiras com o mesmo risco associado preferirão a de maior retorno esperado).

O trabalho de Markowitz consistiu não só em formalizar matematicamente este conceito, como também no desenvolvimento de metodologias para a sua resolução¹.

Esta formalização está assente na hipótese de que os retornos dos activos financeiros assumem uma distribuição normal, definindo-se como risco o desvio padrão dessa distribuição. Assume-se ainda que o retorno da carteira é a média ponderada dos retornos dos activos que a constituem, e que tem uma distribuição normal. É sob estes pressupostos que vem a formulação:

$$\min \sum_{k \in A} \sum_{l \in A} x^k x^l \sigma^k \sigma^l \rho^{k,l}$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{k \in A} x^k R^k > R_{\text{mínimo}}$$

ou

$$\max \sum_{k \in A} x^k R^k$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{k \in A} \sum_{l \in A} x^k x^l \sigma^k \sigma^l \rho^{k,l} < \sigma^2_{\text{limite}}$$

Onde:

¹ Não será objectivo deste estudo aprofundar questões relacionadas com a resolução de problemas de optimização. Para mais informações sobre o tema consultar por exemplo (Nocedal & Wright, 2006) ou (Winston, 1994).

x^k são as variáveis a determinar e representam o peso do activo k na carteira;

R^k é a rentabilidade esperada do activo k;

σ^k é o desvio padrão da rentabilidade do activo k;

$\rho^{k,l}$ é o coeficiente de correlação dos retornos dos activos k e l;

σ_{limite} é o valor limite para o desvio padrão que se considera aceitável; e

$R_{\text{mínimo}}$ é a rentabilidade mínima exigida.

A é o conjunto dos activos elegíveis para a optimização.

Neste estudo será utilizada a segunda forma, uma vez que ao gerir carteiras de clientes é normalmente mais simples atribuir-lhes um perfil de risco (mapeável para um limite máximo de volatilidade que se considere aceitável) e a partir daí tentar oferecer a maior rentabilidade possível, do que definir *a priori* um limite mínimo para a rentabilidade e minimizar o risco.

É também de salientar que ao contrário da formulação original, não se pretendeu associar às rentabilidades das diferentes classes de activos utilizadas uma distribuição de probabilidade, nem estimar valores prováveis de retorno e volatilidade futuros. Estes aspectos têm sido vastamente apontados ao longo dos anos como fragilidades do modelo de Markowitz, quer porque os activos financeiros não apresentam uma distribuição normal como originalmente assumido por Markowitz, quer porque retornos e volatilidades passados podem não ser bons estimadores para os valores esperados futuros (Gestaltu - Butler; Philbrick; Gordillo & Assosiates, 2011). O que se pretendeu, foi simplesmente identificar a carteira óptima para determinado período anterior (a carteira “vencedora”), e “apostar” nessa carteira para determinado período seguinte. A estratégia testada não carece portanto de qualquer modelação estatística dos activos financeiros utilizados, uma vez que se pretendeu apenas identificar retornos e volatilidades passados.

A MPT compreende ainda conceitos muito mais vastos, como os de fronteira eficiente, *capital allocation line*, *capital asset pricing model*, etc., que não serão necessários para este estudo, razão pela qual não serão aqui desenvolvidos².

3 Estratégias de *momentum*

As estratégias de *momentum* consistem basicamente em comprar os activos com melhores performances nos meses anteriores e vender os activos com piores performances no mesmo período (normalmente consideram-se períodos de 1 a 12 meses). O *momentum* pode pois ser percebido como uma “tendência positiva” ou “força relativa” de determinados activos.

A génese deste tipo de estratégias não pode ser objectivamente definida, uma vez que conceitos semelhantes terão sido aplicados em estratégias de negociação de activos desde sempre, sem uma formalização concreta. No entanto, é consensualmente atribuída a Richard Driehaus alguma responsabilidade pela propagação destas estratégias (Schwager, 1992). O gestor de fundos norte-americano, fundador e presidente da Driehaus Capital Management, terá afirmado, contrariando a famosa máxima dos mercados financeiros de que se faz dinheiro comprando barato e vendendo caro, que “se faz muito mais dinheiro comprando caro e vendendo ainda mais caro”³, o que de certa forma resume a ideia das estratégias de *momentum*.

Foi no entanto o trabalho de Narasimhan Jegadeesh e Sheridan Titman (Jegadeesh & Titman, 1993), que consolidou academicamente e popularizou este tipo de estratégias, ao mostrar empiricamente que acções com boas performances passadas têm, em períodos subsequentes inferiores a 12 meses, um retorno mensal aproximadamente 1% superior às acções com más performances passadas.

Estas estratégias contrariam de certa forma a hipótese de eficiência dos mercados financeiros (Fama, *Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work*, 1970), até na sua forma fraca, uma vez que nenhuma estratégia do conhecimento

² O artigo “The Treynor Capital Asset Pricing Model” (French, 2003), faz um resumo da história da evolução do CAPM, remetendo para diversas outras fontes.

³ Tradução livre de (Trader: Driehaus, 2011)

público deveria conseguir consistentemente obter resultados superiores ao mercado - o que tem sido complicado de conciliar pela teoria financeira. No entanto, hoje em dia, são das estratégias mais comuns e mais usadas por fundos de investimento, havendo inúmeras formas e variações diferentes.

O presente estudo pretende estender o conceito de *momentum* em dois sentidos. Por um lado, pretender-se-á considerar também o risco como critério de selecção em vez de apenas a rentabilidade. Por outro lado, não se identificarão activos com *momentum*, mas sim carteiras (como um todo) com *momentum*. Essas carteiras (“vencedoras”) serão as “apostas” para investimento para períodos subsequentes, e serão identificadas através da optimização como Markowitz da relação risco-retorno.

Os períodos de tempo utilizados neste trabalho, quer para os dados a considerar para a identificação da carteira com *momentum*, quer para a manutenção do investimento, seguiram o trabalho de Jegadeesh e Titman - 3 a 12 meses - tendo-se incluindo adicionalmente o período de 1 mês. Não só Jegadeesh e Titman verificaram, no mesmo trabalho, que o *momentum* parece não funcionar para períodos de tempo superiores, como também De Bondt e Thaler (Bondt & Thaler, 1985) verificaram comportamentos contrários ao considerarem períodos entre 3 e 5 anos.

4 Descrição da metodologia de investimento

Como mencionado anteriormente, pretendeu-se com este estudo avaliar o retorno de uma carteira de investimento em que seja aplicada uma estratégia do tipo *momentum*, em que a composição da carteira não seja determinada apenas pelas performances passadas dos activos a considerar, mas de acordo com optimizações segundo Markowitz desse conjunto pré-definido de activos - ou seja, incorporando também o factor risco. Cada estratégia a testar funciona da seguinte forma: 1) em cada momento de ajustamento da carteira escolhe-se um período de tempo para o qual serão considerados os desempenhos passados dos activos em estudo (foram considerados os períodos de 1, 3, 6 ou 12 meses); 2) é então identificada a carteira que maximiza o retorno para um nível de risco pretendido (foram inicialmente testados 3 níveis de risco diferentes, que se consideraram corresponder a perfis de investimento mais

conservadores, moderados ou mais agressivos, tendo-se posteriormente adicionado um quarto perfil - o ultra-conservador); 3) supõe-se depois que se investe na carteira obtida desta forma, e monitoriza-se a sua performance num determinado período de tempo subsequente (consideraram-se aqui também como hipóteses os períodos de 1, 3, 6 e 12 meses).

Da combinação de 4 períodos diferentes para a optimização (ponto 1)) com 4 períodos diferentes para manutenção da carteira de investimento obtida, antes de novo ajustamento (ponto 3)), resultam 16 estratégias diferentes possíveis. Pretende-se apurar os resultados que cada uma proporcionaria, aplicada sucessivamente durante o horizonte temporal para o qual se trabalharam os dados, e por fim comparar estes resultados com as performances individuais de cada um dos activos considerados, e com uma carteira balanceada composta por estes mesmos activos em partes iguais.

Como referido na secção anterior, as estratégias de investimento de *momentum* mais amplamente divulgadas centram-se normalmente exclusivamente na rentabilidade passada dos activos como forma de selecção, não havendo na grande maioria dos casos qualquer ponderação pelo risco. A estratégia em estudo, ao identificar a carteira de investimento que maximiza o retorno ponderado pela volatilidade, pretende precisamente incorporar este factor.

No fundo, pode-se dizer que as estratégias de *momentum* tradicionais assumem que activos com boas rentabilidades passadas terão uma boa rentabilidade futura, e que portanto são boas escolhas para investimento. As estratégias aqui em estudo pretendem aferir se será expectável que carteiras de activos com boa relações risco-retorno passadas apresentem bons desempenhos futuros, quando comparadas com os índices considerados *per se* ou com a carteira balanceada. Este desempenho foi medido primeiramente apenas pela rentabilidade, uma vez que é esse o *output* mais relevante para a maioria dos investidores (Hendricks, Patel, & Zeckhauser, 1994); (Fant, 1999) e (Warther, 1995), mas consideraram-se também outras medidas que incluem o risco como factor de avaliação. Escolheu-se apresentar o índice de Sharpe (Sharpe, 1994) observado, a volatilidade dos retornos e o *maximum drawdown*.

Considerando que métodos quantitativos de *momentum* são cada vez mais usados em mercados financeiros, quer numa óptica de auxílio aos gestores de carteiras, quer numa

óptica de definição concreta de uma estratégia de investimento, e tendo em conta a importância histórica da optimização de Markowitz no desenvolvimento da teoria financeira, pareceria relevante construir e testar uma estratégia que conjugasse as duas áreas. O presente estudo resulta desta ideia.

5 Realização do Estudo

5.1 A escolha dos activos

Os mercados financeiros disponibilizam uma quantidade infindável de instrumentos em que é possível investir. O aparecimento de produtos derivados em particular trouxe (e traz constantemente) todo um conjunto de novas opções para os investidores mais sofisticados. No entanto, pode-se admitir que a grande maioria de investidores não envolvidos directamente em actividades financeiras, terão a maior parte dos seus investimentos concentrados em 3 classes de activos - acções, obrigações e liquidez - por estes serem os instrumentos mais simples de compreender, e também aqueles a que mais facilmente se tem acesso.

Para efeitos deste estudo decidiu-se assumir os activos classificados como liquidez (que geralmente incluem depósitos a prazo e dívida de curto prazo) como sendo activos sem risco, e excluí-los portanto do processo de optimização.

Convém ressaltar que o conceito de “activo sem risco”, apesar de amplamente utilizado em teoria financeira, é algo que não existe de facto - por mais pequeno que seja, qualquer activo tem algum risco associado (recorde-se por exemplo que até os *treasuries* americanos, um activo considerado dos mais seguros do mundo, viram o seu risco consideravelmente aumentado no final de 2011, aquando do impasse político relativo ao limite de dívida dos Estados Unidos). No entanto, esta é uma discussão que sai um pouco do âmbito deste trabalho, e optou-se por considerar que a maioria dos investidores assumirá os instrumentos de liquidez como os seus activos sem risco.

Decidiu-se, por outro lado, incluir uma outra classe de activos, não tão visada pelos investidores (nomeadamente os particulares), mas relativamente acessível também, e que ao longo do tempo sempre foi (e provavelmente sempre será) uma classe relevante: matérias-primas (ou *commodities*).

Assim, procurou-se então definir um conjunto de índices que fossem representativos das classes escolhidas, e utilizá-los como referência para a optimização. É de salientar que não é possível investir directamente em índices, pelo que, como referido, a aplicabilidade da estratégia em estudo teria de passar pelo investimento em fundos de investimento ou ETFs que oferecessem acesso aos mercados representados por estes índices, ou directamente nos activos que os compõem, sendo que esta última opção é praticamente inexecutável para investidores individuais - pela dificuldade de acesso a alguns mercados, pelos custos de transacção, e pelo esforço e tempo necessários inerentes a esta tarefa.

Na escolha destes índices procurou-se simplesmente identificar os mais representativos e/ou mais usuais dentro da classe de investimento pretendida, para que a sua replicação por fundos ou ETFs fosse o mais provável possível. Identificaram-se então os seguintes:

Acções

Eurostoxx 600 Total Return - Índice representativo do mercado de acções europeu. *Ticker* Bloomberg: SXXR Índice.

S&P 500 Total Return - Índice representativo do mercado de acções norte-americano. *Ticker* Bloomberg: SPXT Índice.

MSCI Emerging Markets - Índice representativo de mercados emergentes globais. *Ticker* Bloomberg: MXEF Índice.

Obrigações

Citigroup High Yield - Índice representativo de obrigações de alto risco. *Ticker* Bloomberg: SBHYMI Índice.

EFFAS Bond Índice Euro Government All - Índice representativo de obrigações de soberanos europeus, com maturidades superiores a 1 ano. *Ticker* Bloomberg: EUGATR Índice.

Iboxx Euro Corporates Overall - Índice representativo de obrigações de empresas “investment grade” (Com ratings iguais ou superiores a BBB-). *Ticker* Bloomberg: QW5A Index.

Commodities

DBLCI-MR Total Return - Índice representativo do mercado global de matérias primas. *Ticker* Bloomberg: DBMRR110 Index.

5.2 Dados utilizados, cálculo de rentabilidades, variâncias e correlações

Dados

Para os índices referidos na secção anterior, recolheram-se então cotações semanais para o período compreendido entre 1 de Janeiro de 1999 e 18 de Fevereiro de 2011. Foram estes os dados trabalhados.

Utilizaram-se cotações semanais uma vez que cotações diárias confeririam algumas distorções aos dados, enquanto que cotações mensais não permitiriam um número suficiente de observações para algumas das optimizações pretendidas.

Utilizando dados diários, a volatilidade diária típica dos mercados financeiros poderia prejudicar a identificação do que é realmente relevante - a tendência de movimento da cotação dos diversos activos e respectivas correlações. Adicionalmente, e mais relevante, os valores apurados para as correlações seriam distorcidos pelo facto dos diversos mercados fecharem a horas diferentes - a incorporação de informação diferente ao longo do dia afecta consideravelmente os dados diários, sendo este efeito naturalmente suavizado quando se consideram períodos de tempo mais alargados.

Por outro lado, a utilização de dados mensais impossibilitaria a aplicação de uma estratégia de optimização da carteira de activos para o mês anterior (com 1 só observação não se poderia calcular a volatilidade mensal). Mesmo utilizando dados semanais, podem-se considerar poucas as observações para a optimização a um mês,

mas como o que se pretende é testar estratégias, decidiu-se não excluir esta hipótese, deixando que fosse o resultado final a aferir a adequabilidade deste procedimento.

O período em estudo acaba a 18 de Fevereiro de 2011 por essa ser a data mais actual para a qual havia dados disponíveis aquando do início do estudo.

Não se optou por um horizonte temporal superior por se ter considerado que a constante evolução do mundo, quer em termos dos activos financeiros disponíveis quer da própria realidade económica, torna períodos de tempo muito distantes demasiado diferentes para que se tenha uma confiança razoável de que estratégias de investimento que tenham funcionado num passado mais distante possam funcionar hoje em dia.

Pensou-se portanto num período de cerca de 10 anos, que foi ligeiramente alargado de forma a compreender a crise das “dot.com”⁴, testando assim a estratégia num período mais negativo.

Os dados foram recolhidos num terminal Bloomberg®.

Cálculo de Rentabilidades, variâncias e correlações

Seja:

P_i^a - a cotação do índice a no final da semana i ;

$R_{o,i}^a$ - a rentabilidade do índice a nas o semanas anteriores à semana i (usa-se o índice o por associação a semanas de optimização);

$R_{1,i}^a$ - a rentabilidade do índice a na semana anterior à semana i ;

$V_{o,i}^a$ - a variância do índice a nas o semanas anteriores à semana i ;

$C_{o,i}^{a;b}$ - correlação entre as rentabilidades dos activos a e b nas o semanas anteriores à semana i ;

⁴ Bolha das empresas tecnológicas e do índice Nasdaq nos EUA.

$\text{VAR}(x_1, x_2, \dots, x_k)$ - a variância amostral das observações x_1, x_2, \dots, x_k ; e

$\text{CORREL}(x_1, \dots, x_k; y_1, \dots, y_k)$ - a correlação amostral das observações emparelhadas $(x_1, y_1), \dots, (x_k, y_k)$.

Onde

$o \in \{4, 13, 26, 52\}$, e

$i < 633$ (nº total de semanas para as quais existem dados)

Então:

$$R_{o,i}^a = (P_i^a / P_{(i-o)}^a)$$

e

$$V_{o,i}^a = \text{VAR} (R_{1,(i-o+1)}^a; R_{1,(i-o+2)}^a; \dots; R_{1,(i-1)}^a; R_{1,i}^a)$$

e

$$C_{o,i}^{a;b} = \text{CORREL}(R_{1,(i-o+1)}^a \dots R_{1,i}^a; R_{1,(i-o+1)}^b \dots R_{1,i}^b)$$

5.3 Concretização do estudo

Estratégias possíveis

Recolhida a informação, foi possível formular 16 estratégias diferentes, sendo que a designação de estratégia se refere apenas à aplicação sucessiva de um de 16 procedimentos possíveis.

Estes procedimentos resultam da combinação dos 4 casos possíveis para utilização de informação passada com os 4 casos possíveis de monitorização da performance futura.

Exemplos de procedimentos:

Utilizar 4 semanas de histórico de informação para a optimização e monitorizar a performance do portfolio obtido nas 4 semanas seguintes;

Utilizar 4 semanas de histórico de informação para a optimização e monitorizar a performance do portfolio obtido nas 13 semanas seguintes;

...

Utilizar 52 semanas de histórico de informação para a optimização e monitorizar a performance do portfolio obtido nas 4 semanas seguintes;

...

Utilizar 52 semanas de histórico de informação para a optimização e monitorizar a performance do portfolio obtido nas 52 semanas seguintes.

Seja:

$P_{o,m}$ - o procedimento que utiliza para a o optimização o histórico das últimas o semanas e cujo tempo de m manutenção o investimento corresponde às m semanas seguintes.

$E_{o,m}$ - a estratégia que aplica sucessivamente procedimentos $P_{o,m}$.

As estratégias consideradas são portanto expressas por $E_{o,m}$ tal que $o \in \{4, 13, 26, 52\}$ e $m \in \{4, 13, 26, 52\}$.

Optimização

Em cada momento de ajustamento da carteira (de m em m semanas), é então necessário identificar o portfolio óptimo para o período de tempo relevante (as o semanas anteriores).

Seja:

x^k - o peso do índice k no portfolio.

V_{limite} - a variância máxima que se pretende tolerar para a carteira na optimização.

A - o conjunto dos índices elegíveis para a optimização.

Sejam os restantes parâmetros como definidos anteriormente.

A formulação é a seguinte:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{k \in A} x^k R_{o,i}^k \\ & \text{sujeito a } \sum_{k \in A} \sum_{l \in A} x^k x^l \sqrt{V_{o,i}^k} \sqrt{V_{o,i}^l} C^{k,l} < V_{limite} \end{aligned}$$

A cada momento no tempo corresponderá uma optimização distinta, sendo esta passível de ser realizada para qualquer momento no tempo, ainda que só algumas venham efectivamente a ser utilizadas (os casos em que i é múltiplo de algum dos m).

Considerando o seguinte exemplo:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{k \in A} x^k R_{4,100}^k \\ & \text{sujeito a } \sum_{k \in A} \sum_{l \in A} x^k x^l \sqrt{V_{4,100}^k} \sqrt{V_{4,100}^l} C^{k,l}_{4,100} < V_{limite} \end{aligned}$$

Está-se a identificar, para a centésima semana, qual a carteira “vencedora” no período de 4 semanas anterior.

Esta formulação supõe originalmente a utilização dos valores esperados dos retornos dos activos considerados, bem como para as respectivas variâncias e correlações.

Estes valores esperados eram obtidos por estimação estatística, com base em dados históricos, e usualmente assumindo como normal a distribuição dos retornos.

Como referido anteriormente, todo este processo de estimação sempre foi bastante criticado, quer pelo facto de não ser realista assumir que os retornos dos activos

financeiros tenham uma distribuição normal ((Mandelbrot, 1963); (Fama, The behaviour of Stock Market Prices, 1965); (Officer, 1972); (Egan, 2007); (Covel, 2008)), quer pelo facto de performances passadas de activos financeiros não poderem ser usadas como estimadores de performances futuras.

Neste trabalho, ultrapassa-se esta dificuldade simplesmente por não se procurar estimar valores esperados para as variáveis referidas. Não se pretende fazer uma estimação do que será o portfolio óptimo para um tempo futuro, mas antes identificar aquele que foi objectivamente o portfolio óptimo num dado período no passado - qual foi a carteira “vencedora” (carteira com *momentum*) - e assumir que se investe numa carteira de composição igual, por um determinado período de tempo subsequente.

Por facilidade do processo de implementação efectuaram-se em primeiro lugar todas as optimizações possíveis para cada uma das semanas para as quais se dispõe de dados, considerando como *inputs* as rentabilidades, variâncias e correlações das *o* semanas anteriores (tendo-se utilizado para *o* os valores de 4, 13, 26 e 52), bem como os quatro valores diferentes para o parâmetro V_{limite} , simbolizando os diferentes perfis de risco.

Estas optimizações, correspondentes à aplicação da formulação de Markowitz expressa anteriormente, são resolvidas através do “Solver” do Excel, e resultam, a cada semana, numa carteira “vencedora”.

Para cada carteira encontrada foi depois aferida a sua rentabilidade nas semanas subsequentes (igualmente 4, 13, 26 ou 52).

Testar cada estratégia

Para testar cada uma das estratégias para o período total assumiu-se que o investimento começaria assim que houvesse histórico suficiente para pôr em prática qualquer uma das estratégias em estudo, para que os resultados finais pudessem ser comparáveis. Começou-se pois exactamente um ano depois do início dos dados.

Supôs-se um capital inicial de 100, assumiram-se rebalanceamentos de m em m semanas resultantes da optimização relativa aos dados das *o* semanas anteriores a cada

ponto de rebalanceamento, e considerou-se, para cada período de m semanas seguinte, a capitalização correspondente à carteira identificada como “vencedora”.

Na última data para a qual se dispõe de dados, obtém-se um valor final para o investimento, de acordo com cada estratégia. Este será o valor que permitirá comparar as diferentes estratégias, dentro de um mesmo perfil de risco, e é apresentado também em termos anualizados.

Adicionalmente, apresentar-se-ão também os valores de volatilidade das rentabilidades de cada estratégia, os respectivos índices de Sharpe e a perda máxima (*maximum drawdown*) sofrida por cada estratégia ao longo de todo o período de estudo.

Operacionalização

A realização concreta de todo o processo de cálculo necessário a este estudo foi suportada em programação VBA⁵. Foram definidos procedimentos para:

1. Realizar a optimização de acordo com os dados de rentabilidades, volatilidades e correlações introduzidos, associados aos diversos activos considerados;
2. Efectuar todas as optimizações, para todas as semanas para as quais se dispõe de dados, considerando as 4 opções de dados passados definidas;
3. Aferir a rentabilidade de cada estratégia, fazendo variar a periodicidade de reajuste da carteira.

Depois de construído o programa, o utilizador define a estratégia que pretende avaliar, o perfil de risco (ver ponto 5.4) e os custos que pretende associar à implementação da estratégia (ver ponto 5.5) e obtém automaticamente o resultado.

5.4 Perfis de risco

Para além das 16 estratégias possíveis foram ainda testados quatro diferentes níveis de tolerância ao risco.

⁵ Linguagem de programação associada ao Microsoft Office.

Como diferentes clientes têm diferentes perfis de risco, na restrição da optimização testaram-se diferentes valores para a variância máxima tolerada.

Inicialmente entendeu-se utilizar três níveis, já que é usual pensar-se em clientes mais conservadores, clientes moderados e clientes com perfil mais agressivo, tendo-se adicionado um quarto perfil *a posteriori* - o de ultra-conservador - por se ter verificado que os perfis considerados inicialmente resultavam demasiadas vezes em carteiras pouco diversificadas, e obtinham resultados em média demasiado próximos entre si.

De salientar que a única característica que irá diferenciar os perfis será o nível máximo de variância tolerado, podendo no entanto ocorrer, ainda que com probabilidade mais reduzida, que mesmo para o perfil de risco mais conservador, em determinado momento, a optimização resulte numa carteira 100% investida em acções (o que não é normalmente considerado muito conservador).

A escolha dos valores a utilizar para os níveis de variância tolerados por cada um dos três perfis de risco inicialmente definidos foi efectuada da seguinte forma:

Dos sete activos previamente seleccionados identificaram-se os de maior e menor variância:

Activo de maior variância (max_var): MSCI Emerging Markets.

Activo de menor variância (min_var): Iboxx Euro Corporates Overall.

Definiu-se então inicialmente:

Nível mais baixo de variância tolerado = $0.75 * \text{min_var} + 0.25 * \text{max_var}$

Nível médio de variância tolerado = $0.5 * \text{min_var} + 0.5 * \text{max_var}$

Nível mais alto de variância tolerado = $0.25 * \text{min_var} + 0.75 * \text{max_var}$

Entendeu-se que definir o nível mais baixo de variância tolerado como sendo igual ao do activo de menor variância poderia resultar em optimizações sem soluções admissíveis, pelo que se optou por escolher um valor dentro da combinação linear entre mínimo e máximo mais próximo do mínimo.

O perfil ultra-conservador, definido *a posteriori*, veio posicionar-se precisamente nesta fronteira, e tal como esperado, implicou em alguns casos (poucos) a inexistência de soluções admissíveis. Para estes casos, aceitaram-se carteiras com um nível de risco superior ao limite definido.

Efectuaram-se estudos separados para cada perfil.

5.5 Aplicabilidade, custos diversos e impostos

Na realização deste estudo usaram-se performances de índices, e não de activos financeiros reais, uma vez que se pretendeu apenas testar estratégias que identificassem os mercados em que investir, e não o como investir nesses mercados.

Ao passar da teoria para a prática, e querendo implementar alguma destas estratégias, o facto de não se poder investir directamente em índices faz com que as estratégias testadas neste estudo não sejam passíveis de ser executadas exactamente.

Os mercados financeiros disponibilizam diversos instrumentos que permitem seguir muito aproximadamente a performance de índices, sendo os mais importantes os Futuros, os ETFs e os Fundos Índice.

A implementação das estratégias estudadas, requer uma selecção do tipo de instrumento a utilizar para seguir a performance dos índices seleccionados, sendo essa uma actividade com as suas especificidades próprias, que não será abordada neste estudo.

É no entanto relevante considerar que a utilização de tais instrumentos financeiros, pelo facto de se tratar de instrumentos criados e comercializados por instituições financeiras que têm naturalmente o seu lucro, acarreta naturalmente um custo. Este custo, implica naturalmente que a replicação/aplicação de uma determinada estratégia produza uma rentabilidade impactada negativamente por este custo.

A medida mais comum usada para avaliar o custo de um fundo ou ETF é a TER (*Total Expense Ratio*) que é uma taxa anual, expressa em percentagem, representativa de

todos os custos em que esse fundo incorre (comissões de gestão, comissões de resgate, custos de transacção, etc.)⁶.

As TER dos fundos variam bastante, consoante o mercado, a sociedade gestora, o fundo, etc., pelo que é bastante complicado definir a TER a considerar.

No entanto, consultada alguma documentação de Bancos de Investimento internacionais (por exemplo (Amundi, 2012)) concluiu-se que a TER média associada ao tipo de índices utilizados se situará entre os 30 e os 40 *basis points* (bps)⁷. Para se ser conservador, ao apurar resultados, utilizou-se uma TER de 50 bps. A secção de resultados mostra os resultados com e sem aplicação desta TER exógena.

Por fim, importa ainda referir a temática dos impostos, incontornável quando se pensa em investimentos financeiros.

Os benefícios fiscais associados a certo tipo de produtos podem torná-los extraordinariamente mais rentáveis que produtos semelhantes sem benefícios equivalentes (pense-se por exemplo em PPRs e PPEs (planos de poupança reforma e educação, respectivamente)); classes de activos sujeitas a tratamento fiscal diferente são de difícil comparação (tome-se como o exemplo o investimento em imobiliário); e mesmo quando se investe numa mesma classe de activos é importante compreender a dinâmica fiscal que diferencia investimentos em países diversos, sujeitos a legislação diferente (por exemplo os dividendos pagos em acções detidas em Portugal serão sujeitos a uma tributação e os pagos por acções detidas fora do país a outra).

Por outro lado, importará também referir que a implementação das estratégias propostas através de fundos de investimento não permitiria a um investidor individual fazer o *netting* de ganhos e perdas (ou seja, pagaria impostos aquando da venda de fundos em que tivesse ganhos que não seriam reembolsados aquando da venda de fundos em que tivesse perdas), algo que um fundo de fundos já poderia fazer - o que torna naturalmente preferível a adopção destas estratégias por fundos de fundos do que por investidores particulares, tornando muitas vezes preferível ao investidor particular pagar as comissões de gestão destes fundos.

⁶ Os ETFs têm custos relativos à diferença entre o valor possível de compra e o valor possível de venda (*bid-ask spread*) que não são comuns aos fundos de investimento, mas considerou-se que a TER final seria equiparável uma vez que os fundos têm em média comissões de gestão superiores. Estratégias com futuros teriam uma implementação mais complicada, pelo que não se contemplará esse caso.

⁷ 1 bps = 0,01%

Considerando todas estas especificidades, o custo associado a impostos seria sempre um factor bastante relevante na selecção da forma de implementação do modelo testado, que requereria uma análise mais aprofundada, e que sobretudo estaria dependente do regime fiscal aplicável à entidade interessada em implementar estas estratégias; pelo que se considerou sair do âmbito do presente estudo.

Decidiu-se por isso não afectar as rentabilidades das estratégias estudadas pela fiscalidade vigente, o que implica que as rentabilidades mostradas não seriam nunca as efectivas finais.

6 Resultados

Os resultados compilados para todas as estratégias, resultam de um investimento de 1999-12-31 a 2011-02-18. Apesar de dispormos de dados desde 1999-01-01, como um conjunto de estratégias necessita de 1 ano de observações, para que todas as estratégias fossem comparáveis, utilizou-se o mesmo período de investimento para todas.

Abrangendo todas as possibilidades referidas anteriormente, obtiveram-se resultados considerando:

- Perfil agressivo, moderado, conservador ou ultra-conservador (este último acrescentado *a posteriori*);
- Diferentes períodos para a optimização (4, 13, 26 ou 52 semanas);
- Diferentes períodos de manutenção do investimento (4, 13, 26 ou 52 semanas).

O que corresponde a 64 estratégias diferentes.

As estratégias serão identificadas pelos valores de o (período usado na optimização) e de m (período considerado para a manutenção do investimento) como definidos anteriormente (estratégias $E_{o,m}$).

As métricas apresentadas serão a rentabilidade (em termos absolutos e na forma de taxa anual), a volatilidade dos retornos (valor anual), o índice de Sharpe e o *maximum drawdown* (Max DD), que é a perda percentual máxima entre quaisquer dois momentos.

Para comparação, são apresentados na tabela A.1 os resultados individuais de cada um dos activos considerados, e na tabela A.2 os de duas carteiras balanceadas hipotéticas, em que cada um dos activos tem o mesmo peso: *Buy&Hold* simples (carteira em que cada um dos 7 activos pesa inicialmente 1/7 e em que não se faz qualquer operação até ao final do período) e *Buy&Hold* rebalanceado (carteira em que no final de todos os anos se reajustam os pesos de todos os activos para que pesem novamente 1/7 cada). Estes valores servirão como *benchmark* para as estratégias estudadas.

	Eurostoxx TR	S&P TR	MSCI Emerging	Commodities	High yield	EFFAS	Iboxx
Retorno	0,1%	-1,7%	4,8%	10,9%	4,6%	4,9%	5,0%
Volatilidade	20,5%	20,9%	23,1%	20,3%	12,5%	3,7%	3,4%
Sharpe	-0,11	-0,20	0,10	0,42	0,18	0,68	0,77
Max DD	-58,2%	-63,6%	-59,1%	-63,5%	-35,7%	-5,1%	-8,6%

Tabela A.1 - Métricas relevantes para cada um dos activos considerados, individualmente

	B&H Simples	B&H com rebalanceamento anual
Retorno	4,8%	5,2%
Volatilidade	9,3%	9,7%
Sharpe	0,26	0,29
Max DD	-37,3%	-32,9%

Tabela A.2 - Métricas relevantes para as carteiras de Buy & Hold

Verifica-se que o índice com a maior rentabilidade foi o de *commodities*, que registou um retorno equivalente a uma taxa anual de 10,9%, apresentando no entanto um Max DD bastante elevado - em determinado período, um investidor que estivesse 100% investido em *commodities* teria perdido 63,5% do seu património.

Referir ainda que o período com que se trabalhou (provavelmente fruto das diversas crises atravessadas) foi anormalmente bom para a rentabilidade das obrigações quando comparadas com as acções (face ao histórico dos últimos 50 ou 60 anos). Como em termos de volatilidade as acções apresentam sempre valores superiores, acabou por se verificar que os índices de obrigações bateram os de acções em todas as métricas consideradas⁸.

Quanto às carteiras *B&H*, por serem balanceadas, acabam por comparar favoravelmente com os índices de acções mas negativamente com os de obrigações. De referir que é preferível fazer rebalanceamentos anuais a não fazer qualquer rebalanceamento.

⁸ É precisamente porque isto é algo incomum, e porque é impossível prever o comportamento futuro dos mercados financeiros, que é importante desenvolver estratégias adaptativas, e que ofereçam carteiras de investimento balanceadas

Rentabilidade

A rentabilidade das estratégias em estudo foi calculada em termos absolutos e sob a forma de taxa anual. As tabelas 1.1 e 1.2 apresentam, por estratégia, o valor final que se obteria investindo inicialmente 100€.

ULTRA CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	197,1	256,6	217,0	236,7	226,9
o = 13	199,1	227,1	230,8	232,6	222,4
o = 26	213,5	215,1	222,6	236,0	221,8
o = 52	212,9	199,1	195,0	182,7	197,4
Média	205,7	224,5	216,3	222,0	217,1

CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	248,1	379,8	285,1	298,7	302,9
o = 13	292,3	370,2	263,9	198,2	281,2
o = 26	449,9	292,9	399,5	335,6	369,5
o = 52	306,7	239,9	260,3	136,8	235,9
Média	324,3	320,7	302,2	242,3	297,4

MODERADO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	244,3	399,7	259,3	293,1	299,1
o = 13	368,1	366,9	268,9	158,2	290,5
o = 26	574,4	282,2	329,8	311,3	374,4
o = 52	281,9	203,3	246,2	126,5	214,5
Média	367,2	313,0	276,0	222,3	294,6

AGRESSIVO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	255,3	436,2	257,8	297,0	311,6
o = 13	423,9	383,2	273,4	156,7	309,3
o = 26	616,0	289,7	279,2	317,3	375,6
o = 52	257,4	170,9	230,6	119,8	194,7
Média	388,2	320,0	260,3	222,7	297,8

Tabela 1.1 - Resultados obtidos considerando uma TER de 0 bps

ULTRA CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	186,4	242,7	205,2	223,8	214,5
o = 13	188,2	214,7	218,2	220,0	210,3
o = 26	201,9	203,4	210,5	223,2	209,7
o = 52	201,4	188,3	184,4	172,8	186,7
Média	194,5	212,3	204,6	210,0	205,3

CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	234,7	359,2	269,6	282,5	286,5
o = 13	276,4	350,1	249,5	187,4	265,9
o = 26	425,5	277,0	377,8	317,3	349,4
o = 52	290,0	226,9	246,1	129,3	223,1
Média	306,6	303,3	285,8	229,1	281,2

MODERADO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	231,0	378,0	245,2	277,2	282,9
o = 13	348,1	346,9	254,3	149,6	274,7
o = 26	543,2	266,9	311,8	294,4	354,1
o = 52	266,6	192,3	232,8	119,6	202,8
Média	347,2	296,0	261,0	210,2	278,6

AGRESSIVO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	241,4	412,5	243,8	280,9	294,7
o = 13	400,9	362,4	258,5	148,2	292,5
o = 26	582,6	273,9	264,1	300,1	355,2
o = 52	243,4	161,7	218,1	113,3	184,1
Média	367,1	302,6	246,1	210,6	281,6

Tabela 1.2 - Resultados obtidos considerando uma TER de 50 bps

A tabela 1.1 não considera quaisquer custos; a tabela 1.2 considera uma TER de 50 *basis points*. Verifica-se entre os valores das duas tabelas uma diferença média de cerca de 5,5%, correspondendo esta diferença ao impacto dos 50 bps ao longo do período de investimento.

A tabela 2 apresenta a taxa de retorno anual correspondente às rentabilidades absolutas da tabela 1.1.

ULTRA CONSERVADOR	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	6.3%	8.8%	7.2%	8.0%	7.6%
OPÇÃO 2	6.4%	7.6%	7.8%	7.9%	7.4%
OPÇÃO 3	7.0%	7.1%	7.4%	8.0%	7.4%
OPÇÃO 4	7.0%	6.4%	6.2%	5.6%	6.3%
Média	6.7%	7.5%	7.2%	7.4%	7.2%

CONSERVADOR	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	8.5%	12.7%	9.9%	10.3%	10.3%
OPÇÃO 2	10.1%	12.5%	9.1%	6.3%	9.5%
OPÇÃO 3	14.4%	10.1%	13.2%	11.5%	12.3%
OPÇÃO 4	10.6%	8.2%	9.0%	2.9%	7.6%
Média	10.9%	10.9%	10.3%	7.7%	10.0%

MODERADO	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	8.3%	13.2%	8.9%	10.1%	10.2%
OPÇÃO 2	12.4%	12.4%	9.3%	4.2%	9.6%
OPÇÃO 3	17.0%	9.8%	11.3%	10.7%	12.2%
OPÇÃO 4	9.7%	6.6%	8.4%	2.1%	6.7%
Média	11.9%	10.5%	9.5%	6.8%	9.7%

AGRESSIVO	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	8.8%	14.1%	8.9%	10.3%	10.5%
OPÇÃO 2	13.8%	12.8%	9.4%	4.1%	10.1%
OPÇÃO 3	17.7%	10.0%	9.7%	10.9%	12.1%
OPÇÃO 4	8.9%	4.9%	7.8%	1.6%	5.8%
Média	12.3%	10.5%	8.9%	6.7%	9.6%

Tabela 2 - Rentabilidades anualizadas

Referir desde logo que nenhuma estratégia apresenta um valor negativo.

Os 3 perfis mais agressivos apresentam rentabilidades médias relativamente próximas, correspondentes à triplicação do valor inicialmente investido (valores médios da tabela 1.1) - o que equivale a uma taxa média anual de cerca de 10% (tabela 1.2). O perfil ultra-conservador apresenta uma rentabilidade média relativamente mais baixa.

De notar que apesar de em média não se notar grande diferença entre os perfis de risco, este faz-se sentir mais acentuadamente quanto à dispersão de resultados - o perfil agressivo apresenta tanto a rentabilidade mais alta (17,7% ao ano na estratégia $E_{o=26,m=4}$) como a mais baixa (1,6% ao ano na estratégia $E_{o=52,m=52}$), e verifica-se que quanto mais conservador o perfil menor a diferença entre a melhor e a pior estratégia. Verifica-se também que em média, a rentabilidade é decrescente com o período de manutenção do investimento (excepto no perfil ultra-conservador), o que sugere que há valor numa gestão mais activa.

Comparando com os valores registados pelos índices utilizados, apenas o de *commodities* teve melhor performance que a média de qualquer dos perfis, e mesmo

avaliando cada estratégia individualmente, apenas as 6 estratégias com piores resultados ficam atrás da carteira de *B&H* rebalanceada.

Volatilidade

A metodologia de investimento definida impunha limites para a volatilidade aceite na optimização, de acordo com o perfil de risco; mas nada garantia que *a posteriori* a volatilidade observada fosse concordante com o perfil de risco definido.

No entanto, verificou-se que de certa forma as optimizações definidas resultam efectivamente em carteiras cuja performance *a posteriori* tem um comportamento ajustado ao perfil de risco. O valor da volatilidade de qualquer estratégia é crescente com o risco associado ao perfil - ou seja, para uma qualquer estratégia $E_{o,m}$ a volatilidade observada é mais baixa no perfil ultra-conservador, e aumenta sempre que se considera um perfil mais arriscado. Os valores observados são mostrados na tabela 3.

ULTRA CONSERVADOR	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	7,0%	7,4%	7,5%	8,2%	7,5%
OPÇÃO 2	4,9%	5,0%	4,7%	4,8%	4,8%
OPÇÃO 3	4,4%	4,5%	4,5%	4,6%	4,5%
OPÇÃO 4	4,2%	4,2%	4,3%	4,2%	4,2%
Média	5,1%	5,3%	5,2%	5,4%	5,3%

CONSERVADOR	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	13,5%	15,2%	15,0%	17,3%	15,3%
OPÇÃO 2	13,0%	14,2%	14,6%	13,6%	13,8%
OPÇÃO 3	12,4%	13,4%	13,4%	13,4%	13,2%
OPÇÃO 4	12,2%	13,0%	13,1%	13,5%	12,9%
Média	12,8%	14,0%	14,0%	14,5%	13,8%

MODERADO	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	15,0%	16,6%	16,9%	18,6%	16,8%
OPÇÃO 2	15,3%	17,2%	17,6%	16,2%	16,6%
OPÇÃO 3	15,1%	16,4%	17,2%	16,2%	16,2%
OPÇÃO 4	14,8%	16,2%	16,3%	16,2%	15,9%
Média	15,1%	16,6%	17,0%	16,8%	16,4%

AGRESSIVO	Período de Monitorização				Média
	4 semanas	13 semanas	26 semanas	52 semanas	
OPÇÃO 1	15,7%	17,2%	17,6%	18,9%	17,3%
OPÇÃO 2	16,3%	18,8%	19,1%	17,3%	17,9%
OPÇÃO 3	15,8%	17,1%	18,5%	16,6%	17,0%
OPÇÃO 4	15,8%	17,7%	17,4%	17,0%	17,0%
Média	15,9%	17,7%	18,1%	17,5%	17,3%

Tabela 3 - Volatilidades anuais

É ainda interessante o facto de todas as estratégias do perfil ultra-conservador apresentarem uma volatilidade inferior a qualquer estratégia do perfil conservador; e de estas apresentarem quase todas volatilidades inferiores às de qualquer estratégia do perfil moderado.

Comparando com os índices utilizados, apenas o EFFAS e o Iboxx apresentam volatilidades inferiores à globalidade das estratégias em análise. O índice de High Yield e as carteiras balanceadas apresentam volatilidades inferiores às dos 3 perfis mais agressivos mas superiores às do ultra-conservador.

Índice de Sharpe

A tabela 4 mostra o índice de Sharpe verificado pelas estratégias propostas⁹. Este quociente é uma medida que relaciona a rentabilidade com o risco, e é aqui calculado da seguinte forma:

$$I_{Sharpe} = \frac{r_p - r_f}{\sigma_p}$$

Onde:

r_p - é a rentabilidade anualizada da carteira em estudo;

r_f - é a rentabilidade do activo sem risco¹⁰;

σ_p - é a volatilidade dos retornos da carteira em estudo.

Sendo que neste caso, cada carteira corresponde a uma estratégia.

⁹ Academicamente, o índice de Sharpe é definido para valores esperados de rentabilidades e volatilidades, não para valores verificados (Sharpe, 1994), mas entendeu-se aqui que a aplicação do conceito a dados observados poderia ser uma boa medida de avaliação da performance passada, pelo que é o que se apresenta.

¹⁰ Como activo sem risco foram utilizados bilhetes do tesouro alemão, e a sua rentabilidade média ao longo do período em estudo foi de 2,40%.

ULTRA CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	0,55	0,87	0,64	0,69	0,69
o = 13	0,82	1,06	1,15	1,15	1,04
o = 26	1,05	1,06	1,12	1,23	1,11
o = 52	1,10	0,94	0,88	0,74	0,92
Média	0,88	0,98	0,95	0,95	0,94

CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	0,45	0,68	0,50	0,46	0,52
o = 13	0,59	0,71	0,46	0,29	0,51
o = 26	0,97	0,58	0,81	0,68	0,76
o = 52	0,67	0,44	0,50	0,03	0,41
Média	0,67	0,60	0,57	0,36	0,55

MODERADO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	0,40	0,65	0,39	0,42	0,46
o = 13	0,65	0,58	0,39	0,11	0,43
o = 26	0,97	0,45	0,52	0,51	0,61
o = 52	0,50	0,26	0,37	(0,02)	0,28
Média	0,63	0,49	0,42	0,26	0,45

AGRESSIVO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	0,40	0,68	0,37	0,42	0,47
o = 13	0,70	0,56	0,37	0,10	0,43
o = 26	0,97	0,45	0,39	0,51	0,58
o = 52	0,41	0,14	0,31	(0,05)	0,20
Média	0,62	0,46	0,36	0,25	0,42

Tabela 4 - Rácios de Sharpe

Esta medida serve para comparar carteiras ponderando simultaneamente as duas métricas anteriores (rentabilidade e risco).

É de salientar que em períodos em que o activo sem risco tem uma rentabilidade baixa (o que foi o caso no período em estudo), saem beneficiados investimentos (ou estratégias) menos arriscadas, tendo-se verificado efectivamente um decréscimo no valor médio à medida que se consideraram perfis mais agressivos.

Dos índices considerados, o EFFAS e o Iboxx (precisamente os de menor volatilidade) conseguem valores bastante elevados, sendo batidos apenas pelo perfil ultra-conservador. Por outro lado, as carteiras *B&H* apresentam valores mais baixos que a média de qualquer perfil.

Maximum Drawdown

Tal como no caso da volatilidade, não havia *a priori* qualquer garantia de que o critério utilizado para definir os perfis de risco implicaria que a perda máxima observada fosse menor nos perfis mais conservadores. No entanto, tal acabou efectivamente por suceder - qualquer que seja a estratégia $E_{o,m}$ considerada o *maximum drawdown* é crescente com o risco associado ao perfil.

Expectável, era que esta medida fosse tanto melhor quanto mais curto o período de manutenção do investimento (já que isto implicaria uma mais rápida reacção a acontecimentos adversos), o que se verificou efectivamente para todos os perfis e para todas as opções de optimização.

ULTRA CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	-17,0%	-21,4%	-22,7%	-30,6%	-22,9%
o = 13	-7,2%	-6,6%	-7,9%	-10,3%	-8,0%
o = 26	-7,4%	-8,2%	-10,0%	-10,5%	-9,0%
o = 52	-5,8%	-7,8%	-10,7%	-14,3%	-9,6%
Média	-9,4%	-11,0%	-12,8%	-16,4%	-12,4%

CONSERVADOR	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	-19,0%	-43,4%	-53,1%	-41,4%	-39,2%
o = 13	-20,9%	-29,1%	-48,3%	-47,2%	-36,4%
o = 26	-22,0%	-36,2%	-36,4%	-48,7%	-35,8%
o = 52	-27,9%	-34,4%	-37,9%	-51,1%	-37,8%
Média	-22,5%	-35,8%	-43,9%	-47,1%	-37,3%

MODERADO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	-23,6%	-45,4%	-59,6%	-42,8%	-42,9%
o = 13	-29,3%	-40,8%	-55,8%	-57,5%	-45,9%
o = 26	-28,3%	-42,5%	-49,9%	-58,6%	-44,8%
o = 52	-38,6%	-48,1%	-54,5%	-58,6%	-49,9%
Média	-30,0%	-44,2%	-54,9%	-54,4%	-45,9%

AGRESSIVO	Período de Manutenção				Média
	m = 4	m = 13	m = 26	m = 52	
o = 4	-24,5%	-46,4%	-62,0%	-43,2%	-44,0%
o = 13	-33,2%	-45,4%	-58,6%	-58,6%	-49,0%
o = 26	-30,8%	-44,9%	-58,6%	-58,6%	-48,2%
o = 52	-44,8%	-55,7%	-58,6%	-58,6%	-54,4%
Média	-33,3%	-48,1%	-59,5%	-54,8%	-48,9%

Tabela 5 - Maximum Drawdown

É de realçar a performance bastante positiva do perfil ultra-conservador que consegue um *maximum drawdown* médio de -12,4%, quando 5 dos 7 activos considerados e ambas as carteiras *B&H* apresentam um *maximum drawdown* superior (em termos absolutos) a 30%.

Análise gráfica

Para finalizar, apresenta-se um gráfico que mostra a evolução que teriam as melhores estratégias (em termos de rentabilidade) de cada perfil bem como as carteiras de *B&H*.

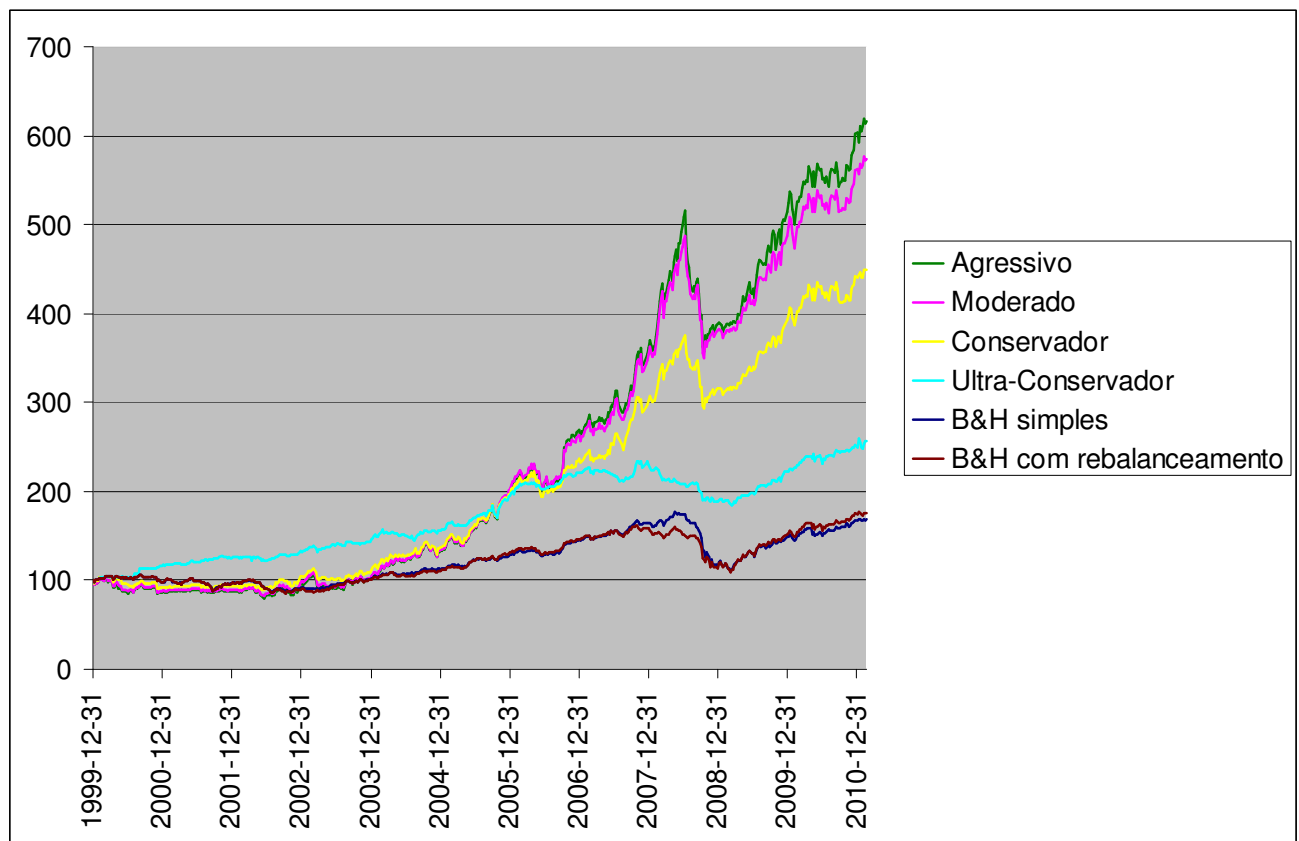


Gráfico 1 - Evolução das melhores estratégias por perfil e das carteiras B&H

São observáveis a maioria das características expostas nas métricas anteriores - a relação directa entre rentabilidade, volatilidade e perda máxima e o perfil de risco de cada estratégia, bem como a vantagem da adopção de qualquer das estratégias propostas face às estratégias de *Buy&Hold*.

7 Conclusões

Relativamente às tabelas 1.1 e 1.2, note-se, como já referido, que os valores de ambas as tabelas diferem em média em cerca de 5,5%, sendo portanto este o impacto de 50 *basis points* ao longo de cerca de 10 anos de investimento.

Concluiu-se depois que, em média, os três perfis mais arriscados têm praticamente a mesma rentabilidade, pelo que a restrição considerada como definição destes perfis poderia não ter sido suficientemente selectiva, razão pela qual se decidiu *a posteriori* considerar um quarto perfil - o ultra-conservador. Obtidos os resultados, verificou-se

efectivamente, face aos restantes perfis, uma redução considerável tanto da rentabilidade como do risco.

Ainda em média, verifica-se que a rentabilidade é decrescente com o período de monitorização, o que sugere que estratégias de gestão mais activas são preferíveis a estratégias mais passivas, o que valoriza as funções da gestão. Parece particularmente notório, que deixar a carteira inalterada durante 1 ano produz resultados consideravelmente piores.

A utilização do histórico de 26 semanas para a optimização produz quase sempre os melhores resultados, mas não se pode afirmar que isto se verificará no futuro, pelo que parece uma mera observação factual.

Relativamente à tabela 2, importa referir que rentabilidades anuais médias de cerca de 10% não são muito comuns em mercados financeiros, e são estes os valores que encontramos para os 3 perfis mais arriscados.

Quanto à tabela 3, referir que apesar de não muito evidente, está patente alguma diferenciação entre perfis, o que há partida nem seria obrigatório (uma vez que a restrição é aplicada a dados passados, não implicando que comportamento semelhante tenha de se verificar no futuro). Pode-se portanto concluir que, de certa forma, as restrições estão de facto a implicar uma menor exposição a risco, o que era o seu objectivo. Salientar ainda que esta diferença entre perfis é particularmente visível entre o ultra-conservador e os restantes - a restrição mais rigorosa deste perfil implicou que esta estratégia apresentasse carteiras muito mais diversificadas do que as restantes, o que contribuiu para o seu nível de risco bastante mais baixo.

Quanto aos valores para os índices de Sharpe observados, apresentados na tabela 4, cabe salientar a melhor performance dos perfis mais conservadores, em particular dos excelentes valores verificados pelo perfil ultra-conservador. Isto poderá dever-se a dois factores:

1) a baixa taxa de retorno associada ao activo sem risco (2.4% é um valor historicamente baixo)¹¹; e

2) o facto do período com que se trabalhou ter sido anormalmente positivo para os activos de menor risco (não existem muito períodos de 10 anos na história em que as obrigações tenham tido uma performance tão positiva quando comparadas com as acções).

Relativamente aos valores de *maximum drawdown*, constantes da tabela 5, referir que, tal como nos valores de volatilidade, está patente alguma distinção entre perfis, sendo esta particularmente relevante para o perfil ultra-conservador. Um *maximum drawdown* médio de 12,4%, para um período de 10 anos, e para uma carteira dinâmica, composta em vários momentos maioritariamente por activos de maior risco, e que teve uma rentabilidade média superior a 7%, é consideravelmente baixo, e provavelmente aceitável por grande parte dos investidores em carteiras balanceadas.

A tabela 6 permite comparar os resultados individuais dos índices considerados e das carteiras de Buy&Hold com os resultados apresentados em todas as tabelas anteriores, estando patente que grande parte das estratégias testadas batem a maioria dos activos e as carteiras de Buy&Hold em grande parte das métricas.

Mais importante ainda, mesmo seleccionando o activo com maior rentabilidade no período, as *commodities*, encontram-se várias estratégias com uma performance superior, e mesmo a média de todas as estratégias do perfil agressivo por exemplo não fica muito atrás em termos de rentabilidade, e apresentam um índice de Sharpe médio igual.

Se considerarmos que dificilmente algum investidor decidiria em 1999 colocar todas as suas poupanças em *commodities*, mas que seria bastante razoável que o fizesse num conjunto de estratégias de gestão dinâmica como as apresentadas, podemos de facto estar perante um conjunto de estratégias plausível de ser usada em gestão de activos.

Note-se que uma carteira de investimento não tem necessariamente de seguir apenas uma estratégia. Apesar de para estes dados históricos a estratégia $E_{0=26;m=4}$ produzir na

¹¹ Atentando na fórmula de cálculo utilizada verifica-se que um valor mais alto de R_f implica que rentabilidades maiores associadas a risco maior também comparem melhor com rentabilidades mais baixas associadas a um nível de risco mais baixo.

maioria dos casos os melhores resultados, não significa de forma alguma que para o futuro tal se repita, pelo que um gestor poderá preferir escolher 2, 3 ou mais estratégias diferentes, e atribuir apenas determinadas percentagens da sua carteira a cada uma. Eventualmente, poderá até escolher momentos diferentes para o ajustamento da carteira de acordo com cada uma das estratégias escolhidas, garantindo assim que a carteira não fica demasiado tempo sem, por exemplo, incorporar eventos catastróficos.

Quanto mais estratégias diferentes o gestor usasse, mais próxima seria a sua rentabilidade da média global do perfil; e é de referir que o resultado médio de todas as estratégias dos 3 perfis mais agressivos é bastante positivo (já se mostrou que o perfil ultra-conservador é de facto consideravelmente mais conservador e seria mais adequado a um investidor que procurasse um pouco mais de segurança e menos rentabilidade). O valor final atingido seria de 280, para um valor inicial de 100, no período de investimento de 1999-12-31 até 2011-02-18.

Tal corresponde a uma valorização total de 180% em 11 anos, equivalente a uma valorização anual contínua de cerca de 9.7%, atravessando-se a crise das “dot.com” em 2000, a crise financeira de 2008, e a crise de dívida soberana que teve início em 2010 e que ainda continua.

Por curiosidade, referir ainda que no mesmo período, a cotação da empresa Berkshire Hathaway, do lendário investidor Warren Buffett, valorizou 127% em dólares, o equivalente a cerca de “apenas” 70% em euros.

8 Crítica e desenvolvimentos futuros

Várias críticas podem naturalmente ser feitas a este estudo.

Desde logo, importa realçar que performances passadas nada dizem relativamente a performances futuras, como é comum referir em qualquer apresentação de uma estratégia ou prospecto de um fundo de investimento. Acreditar que a implementação de estratégias do tipo das apresentadas neste estudo possa resultar em performances positivas, é acreditar que de certa forma os mercados continuarão no futuro a apresentar alguns dos comportamentos que os caracterizaram nos últimos 10 anos.

Mas aparte deste inconveniente, incontornável em qualquer trabalho sobre mercados financeiros, o presente estudo apresenta de facto algumas limitações específicas, que convém salientar e eventualmente melhorar em estudos futuros.

As restrições relativas à variância máxima tolerada na optimização para os três perfis mais agressivos inicialmente considerados não eram suficientemente restritivas para que os diferentes perfis de risco assumissem o significado devido, razão pela qual não se encontrava uma diferença relevante entre os seus resultados médios. Foi para dar resposta a este problema que se introduziu o perfil “ultra-conservador”, que efectivamente obteve resultados consideravelmente diferentes, quer em termos de rentabilidade, quer em termos de risco (volatilidade e *maximum drawdown*), e que obteve também, de uma forma geral, carteiras muito mais diversificadas. De qualquer forma, importará num estudo futuro rever a forma de determinação destes perfis de modo a que a diferença entre eles seja mais clara. Eventualmente, os 3 perfis iniciais poderiam reduzir-se a um só, naquele que seria o perfil moderado, correspondendo por exemplo o perfil agressivo ao modelo de *momentum* puro (deixando-se simplesmente de considerar a volatilidade como restrição e tomando a rentabilidade como único critério de selecção).

Outro factor negativo a apontar aos resultados finais deste estudo é o facto de se ter deixado a possibilidade de ser escolhido apenas um índice (o que aconteceu com alguma frequência), o que comporta um risco de concentração significativo, que normalmente não é desejável. Qualquer que seja o horizonte temporal escolhido para a optimização (para os três perfis de risco iniciais), a carteira resultante da optimização é constituída por apenas um índice em mais de 50% dos casos, sendo o número particularmente elevado quando a optimização tem em conta apenas as 4 semanas anteriores. No perfil moderado por exemplo, esta opção resulta em carteiras de apenas um índice em 420 das 630 optimizações realizadas¹².

Uma possibilidade seria adicionar à optimização uma segunda restrição que impedisse que o peso de qualquer índice fosse superior a uma determinada percentagem (um valor entre 50% e 100%), o que garantiria que a carteira fosse sempre constituída por

¹² É de referir que na realidade apenas algumas destas optimizações serão utilizadas dependendo dos momentos de rebalanceamento da carteira, mas admite-se que a proporção nas optimizações consideradas será semelhante.

dois índices pelo menos. Outra possibilidade seria assumir que sempre que o resultado da optimização fosse um só índice, o investimento a realizar fosse de uma percentagem inferior a 100% no activo correspondente, deixando-se o resto investido num activo considerado sem risco (instrumentos de liquidez).

Mais uma vez, a introdução do perfil ultra-conservador, deu também desde logo alguma resposta a este problema, uma vez que neste perfil, os casos em que se escolhe apenas um índice variam entre apenas 6 (quando a optimização se baseia nos dados das últimas 52 semanas) e 31 (aquando da optimização a 4 semanas) - valores consideravelmente mais baixos que para os restantes perfis.

Por fim, importa salientar que um trabalho subsequente a este deveria então preocupar-se mais com as questões de implementação; tanto quanto aos custos diversos associados aos instrumentos financeiros utilizados para implementar as estratégias, como quanto à temática dos impostos - estas são questões realmente relevantes, e que podem perfeitamente retirar o valor acrescentado que se encontra em determinada estratégia, caso não se a consiga implementar eficientemente.

9 Referências

- Amundi. (2012). *amundiETF*. Obtido de amundi asset management: http://www.amundiETF.com/ETF_ot_inst/content/download/859/45646/file/Amundi_ETF_EN.pdf
- Bondt, W. D., & Thaler, R. (1985). Does the Stock Market Overreact? *Journal of Finance*, 40 (3), 793-805.
- Covel, M. (2008). *blackstar*. Obtido de michaelcovel: <http://www.michaelcovel.com/pdfs/blackstar-sell.pdf>
- Egan, W. J. (2007). *The Distribution of S&P 500 Index Returns*. Obtido de dailyspeculations: http://www.dailyspeculations.com/Egan_Dis.pdf
- Fama, E. (1970). Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, 25 (2), 383-.
- Fama, E. (1965). The behaviour of Stock Market Prices. *Journal of Business*, 38 (1), 34-105.
- Fant, L. F. (1999). Investment behavior of mutual fund shareholders: The evidence from aggregate fund flows. *Journal of Financial Markets*, 2 (4), 391-402.
- French, C. W. (2003). The Treynor Capital Asset Pricing Model. *Journal of Investment Management*, 1 (2), 60-72.
- Gestaltu - Butler; Philbrick; Gordillo & Associates. (2011). *estimating future returns*. Obtido de gestaltu.blogspot.com: <http://gestaltu.blogspot.com/2011/03/estimating-future-returns.html>
- Hendricks, D., Patel, J., & Zeckhauser, R. (1994). Investment Flows and Performance: Evidence from Mutual Funds, Cross-Border Investments, and New Issues. In R. Sato, *Japan, Europe, and International Financial Markets* (pp. 51-72).
- Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *Journal of finance*, 48 (1), 65-91.
- Luxemberg, S. (2011). *best quant funds 2011 revival*. Obtido de thestreet: <http://www.thestreet.com/story/11129614/1/best-quant-funds-2011-revival.html>
- Mandelbrot, B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *Journal of Business*, 36 (4), 394-419.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7 (1), 77-91.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. John Wiley & Sons.
- Nocedal, J., & Wright, S. J. (2006). *Numerical Optimization, 2nd Edition*. Springer-Verlag.

Officer, R. R. (1972). The Distribution of Stock Returns. *Journal of American Statistical Association* , 67 (340), 807-812.

Schwager, J. D. (1992). *The New Market Wizards: Conversations With America's Top Traders*. John Wiley and Sons.

Sharpe, W. F. (1994). The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management* , 21 (1), 49-58.

Trader: Driehaus. (2011). Obtido em 2011, de Turtle trader:
<http://www.turtletrader.com/trader-driehaus.html>

Warther, V. A. (1995). Aggregate mutual fund flows and security returns. *Journal of Financial Economics* , 39 (2-3), 209-235.

Winston, W. L. (1994). *Operations Research: Applications and Algorithms*. International Thomson Publishing.