



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

PAIRS TRADING

Potenciais melhorias à sua implementação

Levi Pedro Santos Leandro

Católica Porto Business School
2023



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

PAIRS TRADING

Potenciais melhorias à sua implementação

Trabalho Final na modalidade de Dissertação apresentado à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Finanças

por

Levi Pedro Santos Leandro

sob orientação de
Prof. Doutor Paulo Alves

Católica Porto Business School
maio de 2023

Agradecimentos

A concretização do trabalho que se apresenta nesta tese não seria possível sem o contributo de várias pessoas, às quais gostaria de expressar o meu reconhecimento, agradecendo:

A toda a minha família por acreditarem em mim. À minha tia Cila pelo suporte e conselhos disponibilizados, à minha avó Ilda que certamente ficaria muito contente por me ver concluir esta etapa e sobretudo à minha mãe pelo amor, paciência, compreensão e dedicação no período de elaboração da tese.

Aos meus amigos mais próximos que me acompanharam durante esta jornada, bem como aos amigos que fiz durante o mestrado, nomeadamente o Bernardo, o Paulo e em particular o Bruno, pelo seu espírito altruísta.

Por fim, ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Alves pela sua disponibilidade, espírito crítico, empenho e competência na orientação e enriquecimento da tese que foram, sem dúvida, fatores imprescindíveis para a realização deste trabalho.

A todos, um grande obrigado.

Resumo

Neste estudo são apresentadas potenciais melhorias à estratégia de *pairs trading* proposta por Gatev *et al.* (2006). Com a utilização de ações do índice S&P 500 durante o período compreendido entre 2012 e 2022, a estratégia obteve um retorno semestral médio de 10,20%. Além disso, veio apoiar a ideia já presente na literatura de que a estratégia apresenta melhores resultados em períodos de crise económica, uma vez que foi no período da COVID-19 que registou o seu maior retorno.

A primeira alteração aplicada a esta estratégia incluiu a utilização dos preços *bid* e *ask* em oposição aos preços diários de fecho, o que veio resolver a questão de “1 waiting day” para abrir e fechar posições de Gatev *et al.* (2006). Em adição, com o intuito de melhorar o retorno gerado pela estratégia, foram praticados 3 métodos diferentes: uma estratégia com *stop loss* de 5 dias, uma com *stop win* de 5 dias e uma outra com a junção das duas anteriores. Desta forma, concluiu-se que a aplicação do método de *stop win*, ativada após 5 dias consecutivos de ganhos, foi a estratégia que gerou melhores resultados.

Palavras-chave: *Pairs trading, bid prices, ask prices, stop loss, stop win, closeness*

Palavras: 8674

Abstract

In this study, potential improvements to the pairs trading strategy proposed by Gatev *et al.* (2006) are presented. By using stocks from the S&P 500 index during the period from 2012 to 2022, the strategy achieved an average semi-annual return of 10.20%. Furthermore, it supported the idea already present in the literature that the strategy performs better during economic crises, as it recorded its highest return during the period of the COVID-19 pandemic.

The first modification applied to this strategy involved using bid and ask prices instead of daily closing prices, which resolved the issue of "1 waiting day" to open and close positions as employed by Gatev *et al.* (2006). Additionally, in order to improve the strategy's return, three different methods were practiced: a strategy with a 5-day *stop loss*, a strategy with a 5-day *stop win*, and a strategy combining both of the previous methods. It was concluded that the application of the *stop win* method, activated after 5 consecutive days of gains, generated the best results.

Keywords: Pairs trading, bid prices, ask prices, stop loss, stop win, closeness

Words: 8674

Índice

Agradecimentos.....	iv
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	viii
Índice de Figuras	xii
Índice de Tabelas	xiv
Introdução	1
1. Revisão da literatura.....	4
2. Metodologia.....	10
2.1. Criação dos pares de ações/empresas.....	11
2.2. Distância mínima (<i>Closeness</i>).....	12
2.3. Momento <i>trigger</i> para abrir uma posição	14
2.4. Cálculo do retorno de uma posição	16
2.5. Introdução dos preços <i>Bid</i> e <i>Ask</i>	16
3. Resultados e discussão	19
3.1. Análise geral dos resultados da estratégia.....	19
3.2. Análise dos resultados pormenorizados da estratégia	21
3.3. Introdução de <i>stop losses</i> e <i>stops wins</i>	27
3.4. <i>Stop losses</i> e <i>stops wins</i> : resultados pormenorizados	29
3.5. <i>Trading Pairs</i> : Estratégia de Mercado Neutra ou Correlação ao Mercado?	32
4. Conclusão	34
Bibliografia	36

Índice de Figuras

Figura 1 - Valores normalizados de um par no período de formação.....	13
Figura 2 - Período de <i>trading</i> das empresas a e b.....	15
Figura 3 - Evolução da rentabilidade da estratégia e do S&P 500.....	32

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição das empresas da amostra, por setor económico.....	10
Tabela 2 - Calendarização dos períodos de formação e de <i>trading</i>	11
Tabela 3 - Resultados da aplicação da estratégia.....	19
Tabela 4 - Resultados pormenorizados da aplicação da estratégia.....	22
Tabela 5 - Resultados dos lucros e prejuízos das transações, consoante o fecho foi antes do último dia ou foi no último dia	25
Tabela 6 - Resultados das diferentes estratégias.....	27
Tabela 7 - Resultados por período de transação e por estratégia.....	30

Introdução

No mercado financeiro têm, ao longo dos anos, sido desenvolvidas inúmeras estratégias de investimento que buscam obter lucro através das ineficiências e anomalias do mercado. Uma das mais utilizadas e populares (Gatev *et al.*, 2006) é a estratégia de *pairs trading*, que assenta na criação de retornos associados a um baixo risco.

Esta estratégia foi introduzida na década de 80, do século XX, pelo analista, Gerry Bamberger, enquanto colaborador da Morgan Stanley. A ideia surgiu, inicialmente, com o intuito de obter lucros através de uma posição de *hedging*¹ em dois ativos do mesmo setor. Um pouco mais tarde ainda na década de 80, um grupo de cientistas de diferentes áreas (matemáticos, físicos e informáticos), liderados por Nunzio Tartaglia, desenvolveram a ideia e criaram estratégias quantitativas, com recurso a sistemas de *trading* automáticos que lhes permitissem automatizar entradas e saídas do mercado. O seu principal intuito era lucrar, explorando oportunidades de arbitragem (estratégias rentáveis sem risco) através de discrepâncias entre dois ativos que estivessem relacionados. Ou seja, tirar vantagem de desvios de curto prazo do comportamento do par de ativos, devido a falhas na sua relação e esperando a sua correção no futuro. A estratégia é caracterizada por ser neutra ao mercado, uma vez que procura evitar o risco sistemático e gerar retornos tanto no *bull market*², como no *bear market*³. Naquele tempo, a estratégia foi vista como algo inovador (Vidyamurthy, 2004) e nos anos seguintes transformou-se em objeto de estudo no mundo académico,

¹ Possui como objetivo proteger o valor de um ativo contra grandes variações de preço, neutralizando a posição assumida.

² Simboliza o mercado num período de “alta”.

³ Simboliza o mercado num período de “baixa”.

acabando por ser, também, rapidamente adotada quer por *hedgefunds* (Gatev *et al.* 2006) quer por outras instituições financeiras, de modo a gerar retornos positivos sólidos.

A estratégia de *pairs trading* assenta em duas fases: i) identificação dos pares, que é feita durante o período de formação; e ii) a fase de implementação de um algoritmo de *trading* para a transação dos pares ideais, que é realizada no período de *trading*. Inicialmente, para que duas ações formem um par é necessário que reúnam um conjunto de condições, como o facto de ambas as empresas terem de exhibir uma forte correlação da variação dos seus preços históricos (uma forte correlação sugere que os preços se tendem a mover na mesma direção ao longo do tempo) e a exposição a um risco sistemático idêntico, por outras palavras, com respostas similares a eventos do mercado. Em adição, uma outra condição que ajuda a garantir o sucesso da estratégia é a garantia de que as empresas que constituem os pares não possuem problemas de liquidez na venda e compra das suas ações, o que permite uma eficiente entrada e saída do mercado.

No período de formação, são criados todos os conjuntos de pares de empresas/ações e aqueles que apresentem uma maior correlação são selecionados para constituir os pares ideais. De seguida, no período de *trading*, os pares escolhidos são monitorizados e as posições são abertas (posição curta⁴ na ação que tiver maior preço normalizado e posição longa⁵ na ação que tiver menor preço normalizado) quando os preços normalizados das ações divergirem para lá de um determinado valor. O racional da estratégia prende-se no facto de que os preços que divergirem, irão convergir e quando isso acontece, a posição é fechada.

⁴ Venda de um ativo (*short selling*), com a convicção de que o preço deste irá descer. Os investidores vendem o ativo emprestado, normalmente de uma corretora, para comprá-lo mais tarde a um preço menor e devolvê-lo à entidade que o emprestou.

⁵ Compra de um ativo, com a convicção de que o preço deste irá subir.

Nesta estratégia e na maioria das outras estratégias de arbitragem, a ideia é vender o ativo que está sobrevalorizado e comprar o subvalorizado e deste modo tentar lucrar com futuros ajustes dos preços, o que a torna uma estratégia de uso de preços relativos e não de preços absolutos. Portanto, se duas ações são idênticas, têm características e comportamentos similares, pode-se assumir que as suas mudanças de preço serão iguais ou semelhantes.

O propósito deste trabalho é seguir a metodologia de Gatev *et al.* (2006), com o objetivo de melhorar a sua estratégia com recurso às cotações *bid* e *ask* e à implementação de *stop losses* e *stop wins*. Além disso, visa também compreender como é que a estratégia se comporta em períodos de crise económica. Este trabalho envolve o espaço temporal da COVID 19 e propõe-se, igualmente, verificar se o resultado obtido corrobora os resultados dos estudos anteriores.

O trabalho que aqui se apresenta, inicia-se com a revisão da literatura, seguida da apresentação da metodologia adotada. Apresentam-se, posteriormente, os dados apurados e a respetiva interpretação, no contexto da literatura existente sobre a temática e, por último, a conclusão.

1. Revisão da literatura

A estratégia de *pairs trading* ganhou popularidade por intermédio dos *hedge funds*. Estes usavam-na não só por causa da sua independência relativamente às ações do mercado, mas também pelo facto de conseguirem lucrar através das anomalias dos mercados financeiros. Deste modo, ao longo do tempo, a estratégia, tem vindo a ser objeto de extensas pesquisas e análises por parte da comunidade académica.

O primeiro estudo empírico foi realizado por Gatev, Goetzman & Rouwenhorst (1999) onde foi documentada a estratégia de *pairs trading* e a maneira como esta afeta a teoria da eficiência do mercado. Alguns anos mais tarde, Gatev *et al.* (2006) atualizaram o trabalho original, tornando-o num dos mais citados na literatura. Utilizando dados mais recentes, verificaram que a estratégia de *pairs trading* produziu proveitos significativos, não correlacionados com o índice S&P 500.

A implementação desta estratégia é caracterizada por duas fases, o período de formação dos pares com uma duração de 12 meses e o período de *trading* dos pares que com uma duração de 6 meses. Os dados utilizados por Gatev *et al.* (2006) foram os preços diários das ações norte americanas do CRSP (*Center for Research in Security Prices*) pertencentes ao período entre 1962 e 2002. De modo a facilitarem a estratégia e ao mesmo tempo assegurarem a liquidez das ações usadas, foram retiradas as ações que possuíam pelo menos um dia sem transações. Outro estudo, dos mais relevantes sobre a matéria, é o de Papadakis & Wysocki (2007), que seguiu o mesmo método, com alteração no período temporal utilizado, que foi de 1981 a 2006.

O próximo passo no estudo de Gatev *et al.* (2006) foi realizar todas as combinações possíveis entre todas as ações da amostra usando os retornos normalizados, incluindo dividendos. Desta forma, foi possível o cálculo da distância mínima ou *closeness*, variável que permite a identificação dos pares. Esta calcula-se aplicando a soma do quadrado das diferenças diárias entre os retornos de cada ação do par. Os

pares que possuísem menor valor de *closeness* seriam os pares ideais, que por fim deram origem aos top 5, top 20 e top 20 depois do top 100 (101-120). O mesmo método de formação dos pares foi utilizado nos estudos de Perlin (2009), Bolgun, Kurun & Guven (2009), Do & Faff (2010) e Do & Faff (2011), quando testaram esta estratégia.

Existem outros modelos para a formação dos pares como a cointegração e *machine learning*. A cointegração foi introduzida por Engle & Granger (1987) e utilizada para a formação dos pares pela primeira vez por Vidyamurthy (2004). Posteriormente, utilizando este método, diferentes análises foram feitas para diferentes mercados. A abordagem da cointegração testa o *spread* do par quanto à estacionaridade⁶, usando o teste de Engle-Granger⁷. Se duas séries de preços são cointegrados, o seu *spread* será estacionário. Deste modo, se o seu comportamento se desviar do habitual, podem ser encontradas oportunidades de *trading*. Seguindo a cointegração, Galenko, Popova & Popova (2007) obtiveram resultados que superaram o mercado. De acordo com Krauss (2015), o benefício deste método reside na associação econometricamente mais confiável dos pares identificados em relação ao da distância mínima, que pode encontrar inautênticas relações entre os pares. Os seguintes estudos de Goldkamp & Dehghanimohammadabadi (2019) e de Sarmiento & Horta (2020) que se destacam pelo uso de *machine learning* na formação dos seus pares, concluíram, o primeiro, que a correlação apresentada com o mercado é baixa e, o segundo, que os resultados atingidos foram melhores que os métodos de formação de pares por divisão de empresas por setores e pelas combinações de todos os pares possíveis.

⁶ Utilizada para descrever como valores estatísticos se comportam ao longo do tempo. Se certas propriedades estatísticas como a média, variância e autocovariância não se alterarem ao longo do tempo, a série temporal de valores é considerada estacionária.

⁷ Teste para determinar a relação de longo prazo entre duas variáveis. Envolve regressões entre as variáveis e examinação dos resíduos quanto à estacionaridade usando testes de raiz unitária. Se os resíduos forem estacionários, as variáveis são cointegradas, o que sugere uma relação estável.

Em Papadakis & Wysocki (2007), foram separadas as ações em quintis, de acordo com os retornos dos 12 meses do período de formação. Subsequentemente, dentro de cada quintil foram de novo separadas em quintis, baseados nos retornos dos 6 meses iniciais do período de formação. Posto isto, foram alcançados os 25 grupos de ações com perfil similar. Esta técnica parece ser mais árdua e demorada do que a de Gatev *et al.* (2006) no que toca à formação dos pares, apesar desta envolver o cálculo da medida da distância mínima para todas as combinações de pares possíveis, inclusive aqueles sem qualquer semelhança.

Posteriormente ao cálculo da medida *closeness* e à escolha dos pares ideais que são aqueles com menor medida, ou seja, com retornos históricos mais próximos, Gatev *et al.* (2006) começa o período de *trading* desses pares. Nesse período, os pares pertencentes ao top 5, top 20 e top 20 depois do top 100 foram seguidos e uma posição era aberta assim que a diferença entre os retornos das empresas constituintes do par fosse superior ao valor de 2 desvios-padrão históricos do seu respetivo par. Este valor é chamado de *trigger* e é calculado durante o período de formação dos pares.

Na estratégia de Gatev *et al.* (2006), os preços utilizados para calcular os ganhos/perdas dos pares eram os preços de fecho do mercado, que não é o que se verifica na realidade, nas transações dos mercados. O que acontece de facto, é que os preços utilizados nas transações, são os preços da cotação *bid* e da cotação *ask*, para vender e comprar ações, respetivamente. Tendo Gatev *et al.* (2006) utilizado o índice S&P 500, ao qual pertencem as maiores empresas norte americanas, então a liquidez das ações não seria um problema e conseqüentemente o *spread* entre a cotação *bid* e cotação *ask* seria pequeno. Isto significa que estas cotações estariam mais próximas uma da outra e, portanto, mais perto do preço de fecho, o que não tornava o seu uso numa opção tão inadequada. Ainda assim, devido ao espaço entre as cotações *bid* e *ask*, Gatev *et al.* (2006) reconheceram que os resultados da sua estratégia revelavam retornos enviesados. Para colmatar este obstáculo decidiram abrir posições no dia seguinte aos pares divergirem e convergirem, o que provocou uma diminuição dos

retornos médios da estratégia. No que diz respeito a este assunto, Papadakis & Wysocki (2007) decidiram resolvê-lo da mesma maneira que Gatev *et al.* (2006). No entanto, o ideal, de forma que se assemelhasse mais à realidade, seria o uso de preços de maiores frequências, como preços intradiários, ou preços de hora a hora.

Utilizando esse tipo de preços poder-se-ia simular as transações de entrada e saída do mercado, mais próximas do momento do dia em que realmente ocorrem a divergência e a convergência dos pares. Dunis *et al.* (2010) utilizando o índice EuroStoxx50 aplicam a estratégia para frequências de 5, 10, 20, 30 e 60 minutos e concluem que os resultados dos preços intradiários superam os preços diários, o que seria de esperar, uma vez que a possível fixação de preços errados no mercado é corrigida a uma velocidade maior. Em adição, Stubinger & Endres (2017), num período compreendido de 1998 a 2015, com preços de minuto a minuto de empresas petrolíferas do S&P 500 obtiveram um retorno anualizado de 60,61%. Todavia, é de notar que além do uso deste tipo de preços envolver um maior cuidado com a estratégia, devido ao manuseamento de um grande volume de dados, o acesso a este tipo de dados é limitado.

Analisando os resultados de Gatev *et al.* (2006), no seu método em que não havia restrição da indústria ou setor na formação dos pares e em que não esperou um dia para a abertura e fecho das posições, a estratégia gerou 1,31% para os pares top 5, 1,44% para os pares top 20 e 1,08% para os pares top 20 depois do top 100 (101-120). Por outro lado, aplicando a regra de um dia de espera para abrir e fechar a posição, os resultados desceram para 0,75% para os pares top 5, 0,895% para os pares top 20 e 0,795% para o top 20 depois do top 100 (101-120). Para mais, testaram para a estratégia de *pairs trading* a separação das empresas em setores e concluíram que conseguia gerar lucro em todos eles e não estava limitada apenas a um ou a alguns setores. Uma das principais conclusões foi que a robustez dos retornos indica que os lucros da estratégia derivam da diferença de preços temporária de substitutos similares ou próximos. Além disso, Gatev *et al.* (2006) concluíram também que a sua

estratégia teve os melhores resultados quando o mercado americano estava em períodos de crise. Quando o mercado estava em alta, com uma melhor performance, a estratégia obteve resultados quase irrelevantes. Portanto, os lucros da estratégia não se correlacionam com o S&P 500. Em adição, muitos outros estudos vieram comprovar a mesma teoria. Miao (2014), que utilizou a cointegração na formação dos pares de empresas de gás e petróleo americanas relata uma forte performance da estratégia quando o índice S&P 500 produzia resultados opostos. Perlin (2009), quando examinou o mercado brasileiro concluiu também que os resultados não se correlacionavam com o mercado e que a estratégia tinha conseguido tirar proveito das ineficiências do mercado. Adicionalmente, Do & Faff (2010) com mais um dos estudos que verificou que a estratégia se saía bem em períodos de crise, introduziu custos de transação e concluiu que, apesar dos altos retornos terem diminuído, a estratégia ainda apresentava resultados positivos. O mesmo foi observado por Kim (2011), o primeiro estudo a envolver preços de maior frequência com o mercado de ações asiático, e por Sarmiento & Horta (2020) que obteve um retorno de 12,5% por ano.

No que toca ao estudo de Papadakis & Wysocki (2007), tendo utilizado um top de 20 pares, obtiveram um retorno mensal excessivo de 0,62%. Menor que o alcançado por Gatev *et al.* (2006) (0,895%) nas mesmas condições (um dia de espera para abrir e fechar posições). Esta diferença é explicada pelos autores com a integração de períodos mais recentes (1981-2006) em comparação com Gatev *et al.* (2006) (1962-2002). De facto, foram obtidos retornos maiores para o período de 1981 a 1993, 0,87%, e menores para o período de 1994 a 2006, o que vem corroborar a justificação mencionada. Contudo, depois de replicarem a estratégia de Gatev *et al.* (2006), Papadakis & Wysocki (2007) procuraram melhorá-la olhando para o impacto de eventos de informação contabilística no seu desempenho e verificaram os resultados dos pares que abriram depois de anúncios de resultados e depois de previsões de analistas. Com isto descobriram que os pares que abriram após um

anúncio de resultados, representavam 9% de todas as transações de um período de *trading* e que esses pares, eram menos lucrativos do que aqueles pares que abriram sem essa condição. Aqueles que abriram depois de previsões de analistas, que representavam 14% de todas as transações do período de *trading*, apresentaram um retorno mensal negativo de 0,12%. Depois destes resultados, eles tentaram encontrar uma forma de aperfeiçoar o rendimento dos pares que fechavam posição baseados nos dois tipos de anúncios já referidos. Para isso, adiaram o fecho das posições depois dos eventos informativos terem ocorrido, mesmo que os pares tenham cruzado. Aplicaram tempos de espera de 5, 10 e 15 dias. O racional por trás desta estratégia seria o facto de esses tais eventos terem sido o que levou os pares a cruzarem. Através da implementação deste método, Papadakis & Wysocki (2007) provaram que a estratégia melhorou para ambos os tipos de eventos. Além disso, ainda experimentaram a estratégia sem o acontecimento dos eventos contabilísticos, onde não houve quaisquer ganhos, comparado com Gatev *et al.* (2006). Isto indica que os eventos informativos provocam um certo movimento contínuo à volta dos preços das ações, de maneira que o seu impacto se faz prolongar.

2. Metodologia

Neste estudo, a estratégia de *pairs trading* foi implementada usando o índice de ações norte americano S&P 500. Este índice foi o escolhido uma vez que os estudos mais conhecidos foram realizados com ações norte americanas e este estudo tem como objetivo a melhoria da estratégia. As melhorias aplicadas consistem na utilização de preços *bid* e *ask* em detrimento do preço de fecho e no uso de técnicas de gestão de risco, nomeadamente *stop losses* e *stop wins*.

Os dados foram obtidos através da base de dados *Datastream* e o período de análise cobriu um intervalo de 11 anos entre janeiro de 2012 e dezembro de 2022. Deste modo, foi criada uma amostra com todas as empresas do índice durante aquela fase de 11 anos e de seguida foram excluídas empresas que detinham mais de uma ação a representar a empresa, como é o caso do uso de ações de diferentes classes. Dado que se trata das maiores empresas dos Estados Unidos da América, então não foi necessário utilizar filtros de liquidez. Por fim, ficamos com uma amostra final de 706 empresas, como podemos ver na tabela abaixo (Tabela 1):

Setor	Nº de empresas	%
<i>Basic Material</i>	28	3,97%
<i>Consumer Goods</i>	137	19,41%
<i>Consumer Services</i>	53	7,51%
<i>Financials</i>	120	17,00%
<i>Healthcare</i>	83	11,76%
<i>Industrials</i>	97	13,74%
<i>Oil & Gas</i>	53	7,51%
<i>Technology</i>	78	11,05%
<i>Telecommunications</i>	16	2,27%
<i>Utilities</i>	41	5,81%
Total	706	100%

TABELA 1 - Distribuição das empresas da amostra, por setor económico

2.1. Criação dos pares de ações/empresas

O passo seguinte foi a criação dos pares. Começou-se por iniciar um período de formação a cada 6 meses, em vez de se ter de iniciar um período de formação em cada ano civil. Deste modo, deixa de ser necessário esperar 6 meses em cada ano para iniciar o período de formação e, assim, teremos 20 períodos de *trading* em vez de 10. Este período leva em média 125 dias úteis e o de formação 250, dependendo do ano. De realçar que em cada período de formação foram retiradas todas as empresas que por qualquer situação saíram do índice naquele período em questão. As ações de empresas que abandonaram o índice durante o período de *trading* foram mantidas pelo período em que estiveram no índice, já que é importante aproximar este estudo o mais possível à realidade.

Abaixo, na tabela 2, é ilustrada, de maneira a facilitar a compreensão, a criação dos períodos de formação e *trading*:

Jan - Jun 2012	Jul - Dez 2012	Jan - Jun 2013	Jul - Dez 2013	Jan - Jun 2014	Jul - Dez 2014
Período de Formação 1		Período de Trading 1			
		Período de Formação 2	Período de Trading 2		
		Período de Formação 3	Período de Trading 3		
			Período de Formação 4	Período de Trading 4	

TABELA 2 - Calendarização dos períodos de formação e de *trading*

De seguida, foram calculadas todas as combinações possíveis entre as empresas, de forma a não repetir combinações de pares já existentes. Portanto, havendo o par de empresas AB, não poderia existir o par BA. Para confirmar o número de todas as

combinações de pares possíveis sem repetição de pares, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Número de pares} = \frac{n!}{r! \times (n - r)!}$$

em que “n” representa o número de empresas e vai variar de acordo com as empresas disponíveis em cada período de formação; o “r” é o número que representa quantas empresas se quer combinar ao mesmo tempo e que será sempre 2, tendo em conta que a ideia é a criação de pares.

2.2. Distância mínima (*Closeness*)

Para se chegar ao top 20 pares, foi necessário o cálculo da distância mínima (*closeness*). Inicialmente para esta operação, nos períodos de formação calculou-se, incluindo dividendos investidos, os retornos normalizados para o dia 1. Isto significa que o preço é fixado em 1 no início do período e depois é atualizado pelos retornos diários observados. Esta normalização permite um ajustamento dos retornos de modo, a facilitar a sua comparação entre diferentes ativos e diferentes períodos de tempo. Posteriormente, seguiu-se o cálculo da distância mínima para todos os pares possíveis de ações. Isto é realizado através da subtração dos retornos normalizados dos pares de ações em cada dia, seguido do seu quadrado e por fim a soma.

Abaixo está a fórmula usada:

$$\text{Closeness } a, b = \sum_{t=1}^n \left(\frac{Pa_{i+1}}{Pa_1} - \frac{Pb_{i+1}}{Pb_1} \right)^2$$

“ Pa_i ” e “ Pb_i ” representam os preços das ações “a” e “b”, respetivamente, num determinado dia. “ Pa_1 ” e “ Pb_1 ” são os preços do primeiro dia e por fim $(Pa_{i+1}) / Pa_1$ e

$(P_{b_{i+1}}) / P_{b_i}$ representam os retornos normalizados de cada dia, das ações “a” e “b” respetivamente.

Para a escolha dos 20 melhores pares foi criada uma matriz que disponibilizava todos os valores da medida *closeness* entre todas as combinações de empresas possíveis e a partir daí foram selecionados os 20 menores valores. Criada a lista dos 20 pares, o primeiro par da lista é o que possui um menor valor de *closeness* de toda a matriz e significa que é o par que detém a maior relação de proximidade no seu período de formação. Em contrapartida, o maior valor da matriz corresponde ao par de empresas com pior relação entre elas no seu período de formação. Na figura, abaixo, podemos ver um gráfico que demonstra os retornos normalizados de um par durante o seu período de formação:

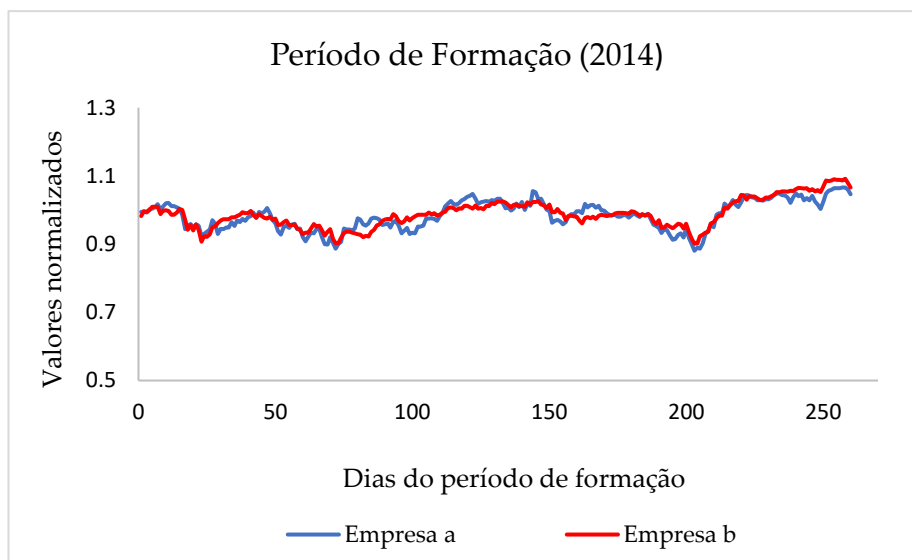


FIGURA 1 - Valores normalizados de um par no período de formação

Na figura 1, é possível verificar que se trata de uma medida *closeness* baixa, uma vez que as variações dos seus retornos normalizados são bastante similares, como se pode provar por estarem quase sobrepostos ao longo de todo o período.

2.3. Momento *trigger* para abrir uma posição

Triggers são eventos ou condições que ativam ou iniciam uma determinada resposta ou ação. O cálculo do *trigger* é efetuado ao longo do período de formação de 12 meses, imediatamente antes do período de *trading* e determina-se usando a fórmula seguinte:

$$Trigger^{ab} = \pm 2 \times \text{Desvio padrão} \left(\frac{Pa_{i+1}}{Pa_1} - \frac{Pb_{i+1}}{Pb_1} \right)$$

De acordo com a metodologia de Gatev *et al.* (2006), também utilizada por Papadakis & Wysocki (2007), aciona-se a abertura de uma posição de pares (a e b), quando os retornos normalizados das ações do par divergem mais que dois desvios-padrão históricos. Portanto, a indicação para abrir uma posição de pares ocorre quando:

$$|Pa_t - Pb_t| > Trigger^{ab}$$

Nesse momento, vende-se a ação com o preço relativamente mais alto e compra-se a ação com o preço relativamente mais baixo. De seguida, de maneira a facilitar a estratégia para que fosse mais simples rastrear a posição dos pares, foi utilizada uma variável de indicador de três estados ao longo do período de *trading*. Esta variável foi usada pela primeira vez por Andrade *et al.* (2005) e mais tarde por Papadakis & Wysocki (2007). Os 3 estados que nos indicam que posição assumir são os seguintes:

- 0: significa que não houve divergência dos pares e então não foi aberta posição;
- 1: houve divergência dos pares e $\frac{Pa_{i+1}}{Pa_1} > \frac{Pb_{i+1}}{Pb_1}$, o que significa que é aberta uma posição longa na empresa b e curta na empresa a;
- -1: houve divergência dos pares e $\frac{Pa_{i+1}}{Pa_1} < \frac{Pb_{i+1}}{Pb_1}$, o que significa que é aberta uma posição longa na empresa a e curta na empresa b.

A figura 2 exemplifica a estratégia de negociação de pares utilizando ações de duas empresas (a e b), durante o primeiro semestre de 2015.

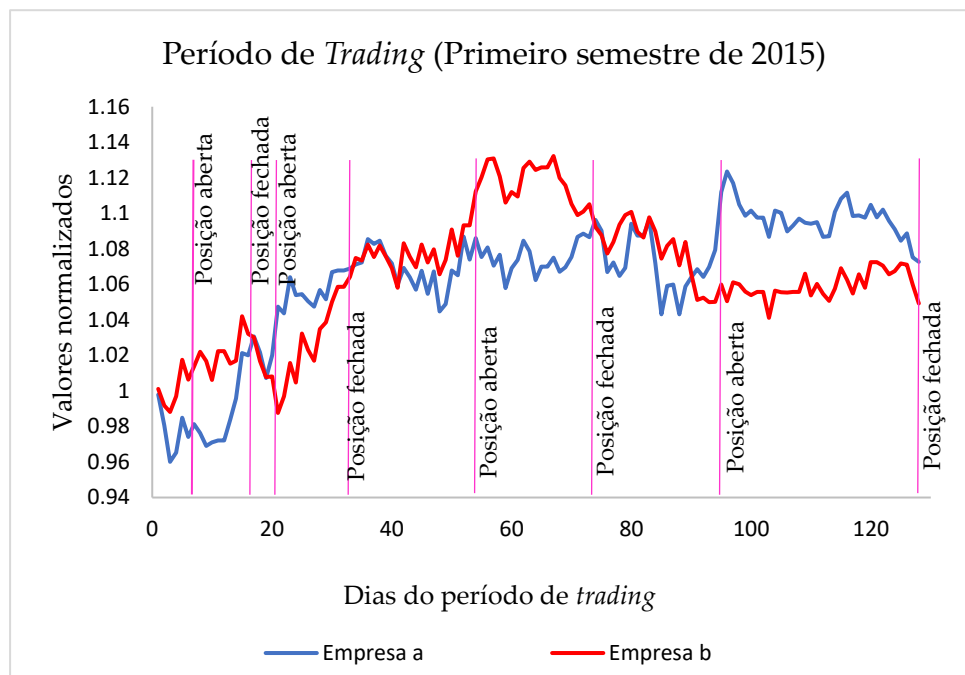


FIGURA 2 - Período de *trading* das empresas a e b

A análise do gráfico, permite constatar que a posição é aberta pela primeira vez no dia 8 do período de *trading* e permanece aberta até ao dia 17, que é quando os pares se cruzam. O par é transacionado quatro vezes, no entanto na última transação os pares não se cruzaram pelo que a posição teve de ser fechada no último dia do período. Esta análise, também, permite concluir que não houve liderança de nenhuma das empresas, isto é, das quatro transações ao longo deste período houve dois estados de “1” e de “-1”, indicados pela variável do indicador de três estados referida acima. Portanto ambas as empresas do par participaram o mesmo número de vezes numa posição curta e numa posição longa. Por exemplo, no dia 21 quando foi aberta posição, a posição curta foi aberta na empresa a (representada pela linha azul) e a posição longa na empresa b (representada pela linha vermelha), em contrapartida quando se abriu posição no dia 54, a posição curta foi atribuída à

empresa b e a longa à empresa a. Este exemplo, mostra o que se fez ao longo do período de *trading* da nossa amostra.

2.4. Cálculo do retorno de uma posição

Para fazer o cálculo do retorno de cada posição aberta utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\frac{(P. abertura curta - P. fecho curta) + (P. fecho longa - P. abertura longa)}{P. abertura curta + P. abertura longa}$$

Seguindo a metodologia de Gatev *et al.* (2006) teve-se em conta, as seguintes condicionantes: se um par, após a abertura, não fechar até ao último dia do período de *trading* fecha-se a posição no último dia do período, com o preço correspondente a esse dia; e, caso uma empresa por alguma razão saia da bolsa de valores ou do índice escolhido, é utilizado o preço do último dia em que esteve ativa.

2.5. Introdução dos preços *Bid* e *Ask*

Conforme foi acima referido, os estudos mais relevantes na literatura sobre a estratégia de *pairs trading* utilizavam preços de fecho para o cálculo do retorno das posições. Essa prática implica o uso do mesmo preço para comprar e vender ações, em vez do preço do *bid* e do *ask*, na simulação da estratégia. Contudo, esta não é a forma como as ações são compradas e vendidas no mercado.

De facto, no mercado, os preços *bid* e *ask* são utilizados para vender e comprar ações, respetivamente. A introdução dos preços *bid* e *ask* neste estudo, permitiu um cálculo dos retornos das posições mais próximo da realidade. Além disso, a utilização

dos preços *bid* e *ask* eliminou a necessidade de esperar um dia para abrir e fechar as posições. Assumiu-se que as posições são abertas e fechadas com as cotações reais verificadas no dia em que os preços normalizados cruzaram.

Os preços *bid* e *ask* de fecho foram utilizados para calcular os lucros/perdas das posições. Se apenas fossem utilizados os preços de fecho, as posições não poderiam ser abertas ou fechadas no dia exato, pois o mercado já estaria fechado. A utilização dos preços intradiários resolveria esta limitação, mas não estão disponíveis nas bases de dados utilizadas para o período em estudo e a sua utilização seria muito complexa.

Com a utilização dos preços *bid* e *ask* de fecho e considerando que não é possível abrir e fechar posições após o fecho do mercado, foi estabelecido que a abertura e o fecho das posições ocorrem no momento em que o mercado abre no dia seguinte, usando os preços *bid* e *ask* de fecho do dia anterior.

Deste modo, a estratégia de *pairs trading* é aplicada de forma mais prática e num contexto mais próximo da realidade dos mercados.

2.6. Estratégias *stop loss* e *stop win*

Para melhorar a estratégia de *pairs trading* de Gatev *et al.* (2006) implementam-se medidas de gestão de risco como *stop losses* e *stop wins*. *Stop losses* são, por norma, usadas para minimizar perdas e a posição é fechada caso o mercado se mova contra a posição aberta. Ou seja, se um ativo começar a apresentar perdas até um certo nível, este é vendido. Por outro lado, as *stop wins* são utilizadas para assegurar ganhos e a posição é fechada, caso o mercado se mova a favor da posição aberta. Por outras palavras, assim que o ativo atinja ganhos satisfatórios para o investidor, a ordem de fecho da posição é acionada automaticamente (o ativo é vendido). Portanto, trata-se de dois termos utilizados em investimentos e transações financeiras para indicar

níveis específicos nos quais uma posição será automaticamente encerrada para limitar perdas (*stop loss*) ou realizar lucros (*stop win*).

Ambos os conceitos são importantes para ajudar os investidores a gerir os riscos e garantir que possam aproveitar ganhos potenciais nas suas transações. No entanto, é importante referir que as *stop losses* e *stop wins* não garantem que uma posição será fechada no nível exato desejado, especialmente em condições de mercado voláteis ou em situações de *gaps* de preços (o preço de abertura do período seguinte é diferente do preço de fecho do período anterior), o que pode levar a perdas ou ganhos maiores do que o esperado.

Neste caso, o objetivo é proteger contra o risco das ações que constituem o par estarem a assumir divergências que levam a que os pressupostos subjacentes à estratégia deixem de se verificar, isto significa, que passem a ter evoluções não correlacionadas. Assim sendo, e de forma a melhorar os resultados da estratégia foram aplicadas 3 técnicas para todas as posições abertas nos pares transacionados. Foi desenvolvida uma estratégia de *stop loss* para que a posição fosse fechada após 5 dias seguidos a perder, foi também desenvolvida uma estratégia de *stop win*, para que a posição fechasse após 5 dias seguidos com retornos positivos e por fim, foi feito um *mix* das duas estratégias em que seria acionada a primeira das duas a ocorrer.

3. Resultados e discussão

3.1. Análise geral dos resultados da estratégia

Como já foi referido, a estratégia foi simulada num intervalo de 11 anos, compreendido entre janeiro de 2012 e dezembro de 2022, em que o ano de 2012 serviu de período de formação para o início do primeiro período de *trading* no primeiro semestre de 2013. Por conseguinte, neste trabalho não será possível fazer comparações diretas de resultados visto que o período em análise não coincide com nenhum dos estudos anteriores.

Para a seleção dos 20 melhores pares de ações, de maneira a implementar a estratégia o mais próximo possível dos estudos da literatura, foi adotado o mesmo procedimento utilizado por Gatev *et al.* (2006). Posteriormente, foram introduzidas algumas modificações na estratégia, como a utilização de preços *bid* e *ask* em vez dos preços diários de fecho, o que permitiu não ter de esperar um dia para a abertura e fecho das posições, conforme já referenciado.

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 3.

Top 20 pares	Estratégia
Retorno 6 meses (média)	10,20%
Máximo	96,05%
Mínimo	-58,82%
Mediana	12,09%
Kurtosis / Curtose	-0,70
Skewness / Assimetria	0,19
Desvio-padrão	0,40
N.º Pares (média)	20
N.º transações	27,85

TABELA 3 - Resultados da aplicação da estratégia

A análise dos resultados apresentados revela que a estratégia de *pairs trading* gerou um retorno semestral médio de 10,20%. Apesar de o período de tempo ser diferente, este valor é superior ao apresentado por Gatev *et al.* (2006) tanto na estratégia de “1 day waiting” como na estratégia de “no waiting”, 7,67% e 8,96%⁸, respetivamente.

Durante o período de simulação, os retornos máximo e mínimo foram de 96,05% e -58,82%, respetivamente. Um desvio-padrão de 0,4 que pode ser considerado moderado e uma curtose de -0,7, o que significa que a distribuição dos dados é mais achatada. A assimetria de 0,19 significa que a distribuição apresenta uma cauda direita mais longa, ou seja, há uma menor concentração de valores acima da média, enquanto a cauda esquerda é mais curta, o que corresponde a uma maior concentração de valores abaixo da média.

O número médio de transações foi de 27,85 por período, o que indica que o número de cruzamentos em cada par foi superior a 1 por período, possivelmente, devido à seleção dos pares com histórico de correlação mais forte.

⁸ Gatev *et al.* (2006) não apresenta estes valores no seu estudo, deste modo foram calculados através da seguinte fórmula: $(1+r)^6 - 1$.

3.2. Análise dos resultados pormenorizados da estratégia

Nesta secção apresentam-se os resultados pormenorizados da aplicação da estratégia com as cotações *bid* e *ask*, de modo, a compreender a origem dos lucros e das perdas.

Assim, dividiram-se os resultados em dois grupos:

- Retorno de transações positivas e retorno de transações negativas;
- Retorno de transações que encerraram antes do último dia e retorno de transações que encerraram no último dia.

A tabela 4, apresenta esses resultados com pormenor.

Período de trading		Transações (global)		Transações positivas		Transações negativas		Transações que encerraram antes do último dia		Transações que encerraram no último dia	
Ano	Semestre	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º
2013	1.º	63,45%	25	87,52%	17	-24,08%	8	80,38%	12	-16,94%	13
	2.º	-22,96%	25	38,58%	10	-61,54%	15	23,46%	7	-46,42%	18
2014	1.º	-39,06%	24	46,39%	15	-85,45%	9	34,43%	10	-73,49%	14
	2.º	38,32%	30	69,37%	21	-31,05%	9	61,31%	14	-22,99%	16
2015	1.º	17,02%	24	65,08%	16	-48,07%	8	61,43%	13	-44,41%	11
	2.º	-58,82%	26	57,15%	13	-115,97%	13	53,42%	13	-112,24%	13
2016	1.º	22,00%	34	68,80%	21	-46,80%	13	63,71%	15	-41,72%	19
	2.º	25,64%	27	79,61%	17	-53,98%	10	72,65%	13	-47,01%	14
2017	1.º	-25,68%	19	21,47%	9	-47,15%	10	13,07%	4	-38,75%	15
	2.º	-29,09%	33	52,08%	22	-81,18%	11	45,45%	18	-74,54%	15
2018	1.º	7,16%	30	55,59%	21	-48,42%	9	51,34%	14	-44,18%	16
	2.º	-6,15%	28	55,07%	17	-61,22%	11	46,90%	13	-53,05%	15
2019	1.º	-30,65%	28	41,73%	13	-72,38%	15	38,07%	10	-68,72%	18
	2.º	3,69%	25	36,89%	13	-33,20%	12	34,02%	9	-30,33%	16
2020	1.º	96,05%	54	216,87%	41	-120,83%	13	201,40%	36	-105,35%	18
	2.º	54,27%	31	117,48%	22	-63,21%	9	89,50%	13	-35,24%	18
2021	1.º	51,45%	25	94,52%	15	-43,07%	10	83,83%	10	-32,38%	15
	2.º	-39,90%	24	51,89%	10	-91,80%	14	40,41%	6	-80,31%	18
2022	1.º	50,19%	22	78,05%	15	-27,86%	7	75,41%	14	-25,23%	8
	2.º	27,09%	23	64,86%	17	-37,76%	6	47,96%	10	-20,86%	13
Resultados (média)		10,20%	27,85	69,95%	17,25	-59,75%	10,6	60,29%	12,7	-50,71%	15,15

TABELA 4 - Resultados pormenorizados da aplicação da estratégia

Após a análise da tabela 4, verifica-se que o número médio de transações que encerraram com lucro (17,25) foi maior do que o número médio de transações que encerraram com prejuízo (10,6). Por outro lado, o número médio de transações que fecharam com prejuízo até podia ser maior, se os ganhos dos retornos positivos superassem as perdas dos retornos negativos, então ter-se-ia tido, de igual modo, sucesso na estratégia.

Também se pode constatar que o número de transações que encerraram antes do último dia (12,7) foi inferior ao número de transações que fecharam no último dia (15,15). As transações que encerraram antes do último dia do período de *trading*, tiveram resultados positivos (60,29%). Isso implica que as operações que foram finalizadas antes do término do período de negociação tiveram um desempenho positivo. Esta performance favorável deve-se ao facto de, quando as transações foram encerradas antes do último dia, os preços normalizados das duas ações se aproximaram e se cruzaram, indicando que houve lucro em todas as situações em que as operações foram encerradas antes do último dia, exceto nos casos em que uma das empresas foi retirada do índice.

Em contrapartida, as *trades* que fecharam no último dia do período de *trading*, tiveram um mau resultado, -50,71%, o que pode dever-se aos seguintes fatores:

- alguns pares (combinações de ações) são abertos perto do final do período de *trading* e não têm tempo suficiente para convergir, fechando com perdas;
- alguns pares são abertos durante o período de *trading* e continuam a divergir do ponto em que foram abertos, o que significa que as ações não convergem até ao final do período de *trading*; e
- as correlações entre os pares de ações podem ter sido mal estimadas ou calculadas.

De modo, a ultrapassar os dois primeiros factos referidos, pode adotar-se duas abordagens diferentes: estabelecer uma data-limite dentro do período de negociação

a partir da qual novas posições não são abertas, ou aumentar o próprio período de negociação.

De seguida, elaborou-se a tabela 5, que representa os lucros e as perdas, consoante as transações fechassem antes do último dia ou no último dia.

Período de trading		Transações que encerraram antes do último dia				Transações que encerraram no último dia			
Ano	Semestre	Positivas		Negativas		Positivas		Negativas	
		Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º
2013	1.º	80,38%	12	0,00%	0	7,14%	5	-24,08%	8
	2.º	29,14%	6	-5,68%	1	9,44%	4	-55,85%	14
2014	1.º	39,04%	9	-4,61%	1	7,34%	6	-80,84%	8
	2.º	61,31%	14	0,00%	0	8,06	5	-31,05%	9
2015	1.º	61,43%	13	0,00%	0	3,66%	3	-48,07%	8
	2.º	54,27%	12	-0,85%	1	2,87%	1	-115,12%	12
2016	1.º	63,71%	15	0,00%	0	5,08%	6	-46,80%	13
	2.º	72,65%	13	0,00%	0	6,97%	4	-53,98%	10
2017	1.º	13,07%	4	0,00%	0	8,40%	5	-47,15%	10
	2.º	45,45%	18	0,00%	0	6,63%	4	-81,18%	11
2018	1.º	51,34%	14	0,00%	0	4,25%	7	-48,42%	9
	2.º	46,90%	13	0,00%	0	8,17%	4	-61,22%	11
2019	1.º	38,07%	10	0,00%	0	3,66%	3	-72,38%	15
	2.º	34,02%	9	0,00%	0	2,87%	4	-33,20%	12
2020	1.º	201,40%	36	0,00%	0	15,47%	5	-120,83%	13
	2.º	89,50%	13	0,00%	0	27,97%	9	-63,21%	9
2021	1.º	83,83%	10	0,00%	0	10,69%	5	-43,07%	10
	2.º	40,41%	6	0,00%	0	11,49%	4	-91,80%	14
2022	1.º	75,41%	14	0,00%	0	2,63%	1	-27,86%	7
	2.º	47,96%	10	0,00%	0	16,90%	7	-37,76%	6
Resultados (média)		61,46%	12,55	-0,56%	0,15	8,48%	4,6	-59,19%	10,45

TABELA 5 - Resultados dos lucros e prejuízos das transações, consoante o fecho foi antes do último dia ou foi no último dia

A análise dos dados da tabela permite concluir que, em média, a cada período de *trading*, são encerradas 4,6 transações no último dia com lucro e com um retorno médio de 8,48%. Verifica-se, também, que, em média, por período de *trading*, são encerradas 12,55 transações antes do último dia do período, com um retorno médio de 61,46%. O facto de haver mais pares a fechar antes do último dia é bastante positivo, pois significa que houve conversão dos retornos normalizados dos pares, o que por sua vez leva a que se registre lucro e confirme a robustez da estratégia.

Em relação às transações que tiveram retorno negativo, constatou-se que em média, a cada período de *trading*, foram encerradas 10,45 transações no último dia do período com um retorno médio negativo de -59,19%. Em média, a cada período de *trading*, foram encerradas 0,15 negociações antes do último dia com um retorno negativo de -0,56%. Como se pode ver na tabela obteve-se três pares que tiveram resultados negativos antes do último dia de *trading*, que se devem ao facto de uma empresa que compunha o respetivo par ter abandonado o índice. Por outro lado, no período de *trading* do primeiro semestre de 2013 a empresa H.J. Heinz foi retirada do índice, mas conseguiu gerar um retorno positivo.

3.3. Introdução de *stop losses* e *stops wins*

A tabela 6 apresenta os resultados de quatro estratégias de negociação em pares de ações nos últimos seis meses. As estratégias testadas foram: preços *Bid-Ask*, com *stop loss* de 5 dias, *stop win* de 5 dias e uma combinação de *stop loss* e *stop win*. Cada estratégia foi avaliada quanto ao seu retorno médio, máximo, mínimo, mediana, curtose, assimetria e desvio-padrão.

Top 20	<i>Preços Bid-Ask</i>	5 dias estratégia <i>stop loss</i>	5 dias estratégia <i>stop win</i>	<i>Mix stop loss e stop win</i>
6 meses de retorno (Média)	10,20%	3,22%	11,72%	2,81%
Máximo	96,05%	85,96%	112,75%	87,16%
Mínimo	-58,82%	-60,50%	-61,06%	-51,04%
Mediana	12,09%	3,18%	11,91%	-0,35%
<i>Kurtosis/Curtose</i>	-0,70	2,03	2,62	1,91
<i>Skewness/Assimetria</i>	0,19	0,49	0,62	0,67
Desvio-padrão	0,40	0,30	0,35	0,31

TABELA 6 - Resultados das diferentes estratégias

Observa-se que a estratégia com *stop win* foi a que obteve maior retorno médio (11,72%), seguida pela *Bid-Ask* (10,20%). As duas outras estratégias registaram valores de retorno médio bem mais inferiores, 3,22% para a estratégia *stop loss* e 2,81% para a estratégia da combinação de *stop loss* e *stop win*.

O retorno máximo foi alcançado pela estratégia com *stop win* (112,75%), enquanto a estratégia com *stop loss* de 5 dias, apresentou o retorno máximo mais baixo (85,96%). Por outro lado, a estratégia com *stop win* de 5 dias apresentou o retorno mínimo mais

baixo (-61,06%), enquanto a estratégia do *mix stop loss* e *stop win*, teve o retorno mínimo mais alto (-51,04%).

A estratégia *Bid-Ask* apresenta a mediana de retorno mais elevada (12,09%), enquanto a combinação *stop loss* e *stop win* a mais baixa (-0,35%).

A curtose, medida que avalia a "cauda" das distribuições de retorno, foi negativa apenas para a estratégia *Bid-Ask* (-0,70), o que indica que esta tem uma distribuição mais achatada em relação às outras estratégias. Ou seja, os dados encontram-se mais distribuídos o que leva, como se pode ver pela tabela, a um desvio-padrão maior (0,40). Para as restantes estratégias, os valores encontram-se mais concentrados à volta média.

A assimetria, medida que avalia a simetria da distribuição de retorno, é maior que zero para todas as estratégias, indicando que as probabilidades de retornos para os valores mais altos diminuem lentamente (cauda direita mais longa que a esquerda). Adicionalmente, o facto da estratégia que utiliza o uso da *stop loss* e *stop win* em simultâneo possuir o maior valor de assimetria (0,67), leva a que tenha menos valores acima da média, o que pode ajudar a justificar o menor retorno médio de todas as estratégias.

Quanto ao desvio-padrão, que mede a dispersão dos retornos em torno da média, este foi menor para a estratégia com *stop loss* de 5 dias (0,30), seguida pela combinação de *stop loss* e *stop win* (0,31), enquanto as outras duas estratégias com maiores retornos médios tiveram também um desvio-padrão maior (*Bid-Ask* com 0,40 e *stop win* com 0,35).

A análise dos resultados permite concluir que a estratégia *stop win* será a mais vantajosa, uma vez que maximizou o retorno e reduziu o risco, visto que apresenta não só um retorno médio maior que o da estratégia *Bid-Ask* como um desvio padrão menor. As restantes estratégias, embora com retornos mais baixos, podem ser utilizadas se o objetivo do investidor for reduzir o risco, pois apresentam valores mais baixos do desvio padrão.

3.4. *Stop losses e stops wins*: resultados pormenorizados

Seguidamente, fez-se uma análise mais pormenorizada e avaliaram-se os resultados por períodos de transação. A tabela 7 apresenta os resultados por períodos de transação e por estratégias.

Período de trading		Bid-Ask	5 dias estratégia stop loss	5 dias estratégia stop win	Mix stop loss / stop win
2013	1.º	63,45%	33,30%	47,51%	21,09%
	2.º	-22,96%	-16,61%	-21,39%	-13,87%
2014	1.º	-39,06%	-40,97%	-38,13%	-50,28%
	2.º	38,32%	-11,72%	29,54%	-6,85%
2015	1.º	17,02%	28,21%	16,47%	30,31%
	2.º	-58,82%	-60,50%	1,31%	-13,45%
2016	1.º	22,00%	14,77%	13,13%	15,29%
	2.º	25,64%	0,32%	23,35%	7,64%
2017	1.º	-25,68%	-9,97%	-18,21%	-6,03%
	2.º	-29,09%	18,50%	3,75%	13,60%
2018	1.º	7,16%	11,78%	22,77%	8,72%
	2.º	-6,15%	7,06%	17,29%	18,54%
2019	1.º	-30,65%	-6,89%	-18,38%	-6,42%
	2.º	3,69%	-14,99%	4,46%	-11,83%
2020	1.º	96,05%	85,96%	112,75%	87,16%
	2.º	54,27%	6,03%	10,69%	-23,44%
2021	1.º	51,45%	36,86%	46,81%	48,44%
	2.º	-39,90%	-21,87%	-61,06%	-51,04%
2022	1.º	50,19%	15,40%	33,85%	5,33%
	2.º	27,09%	-10,18%	7,83%	-16,75%
Resultados (média)		10,20%	3,22%	11,72%	2,81%

TABELA 7 - Resultados por período de transação e por estratégia

A análise da tabela permite verificar que o retorno obtido no 1º semestre de 2020 é o maior em todas as estratégias. A alta rentabilidade deste período está associada ao período de crise correspondente ao início da pandemia pelo coronavírus. Este

semestre foi o mais lucrativo da estratégia de *trading* de pares, o que está de acordo com as conclusões apresentadas por Gatev *et al.* (2006) e Do & Faff (2010), que verificaram que a estratégia de *pairs trading* funciona melhor durante períodos de crise nos mercados financeiros, quando as correlações entre os ativos se tendem a desfazer. Além disso, verifica-se que a estratégia de *stop win* apresenta a melhor performance (11,71%) comparativamente às restantes estratégias. Embora, por vezes, esta limite os ganhos, foi capaz de reduzir significativamente os retornos negativos produzidos pela estratégia dos preços *Bid-Ask*, como por exemplo no segundo semestre dos anos 2015, 2017 e 2018.

Por fim, ao analisar os resultados das estratégias de *stop loss* e do *mix* das duas estratégias durante o período em estudo, verificou-se que foram poucos os semestres em que os seus resultados superaram a estratégia *Bid-Ask*. A sua aplicação, transformou resultados positivos em resultados negativos no segundo semestre dos anos 2014, 2019 e 2022. O que se pode dever a períodos de grande volatilidade nos preços das ações, levando a descidas do preço (e, portanto, acionando o *stop loss*), seguidas de subidas.

3.5. *Trading Pairs*: Estratégia de Mercado Neutra ou Correlação ao Mercado?

A estratégia de *trading pairs* é amplamente reconhecida como uma estratégia de mercado neutro por muitos especialistas no assunto, como Vidyamurthy (2004), Papadakis & Wysocki (2007) e Gatev *et al.* (2006). Gatev *et al.* (2006), ainda, concluiu que a estratégia de *pairs trading* é mais lucrativa em períodos de baixo desempenho do mercado de ações, uma vez que observaram que a estratégia teve um ótimo desempenho durante a queda do mercado de ações dos EUA, enquanto os lucros permaneceram relativamente estáveis durante períodos de desempenho extraordinário do mercado.

Deste modo, foi comparada a rentabilidade da estratégia proposta com o índice S&P 500.

Na figura 3 podemos comparar a evolução da rentabilidade da estratégia com a evolução do S&P 500, entre janeiro de 2013 e dezembro de 2022.

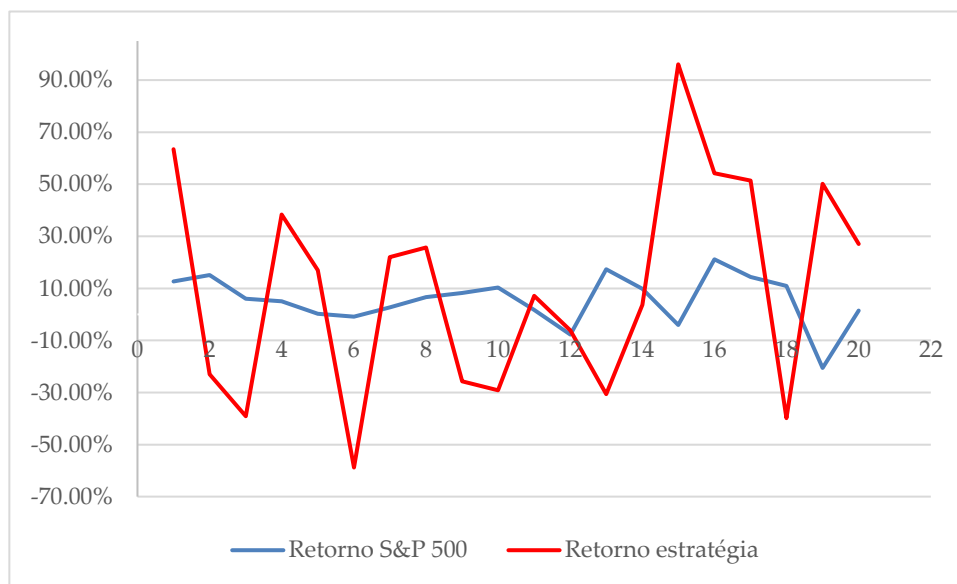


FIGURA 3 - Evolução da rentabilidade da estratégia e do S&P 500

A análise do gráfico permite-nos constatar que os retornos da estratégia e do S&P 500 estão correlacionados negativamente.

Um coeficiente de correlação de -17.24% entre os retornos de uma estratégia e o S&P 500 indica uma correlação negativa moderada. Isso significa que quando o S&P 500 apresenta um desempenho positivo, a estratégia tende a ter um desempenho negativo e vice-versa (Gatev *et al.*, 2007; Miao, 2014; Perlin, 2009 e Do & Faff, 2010). Ou seja, genericamente, a estratégia apresenta um melhor desempenho, quando o mercado tem maus resultados.

No entanto, é importante lembrar que a correlação não implica causalidade, ou seja, não podemos afirmar que a estratégia é a causa do desempenho do S&P 500 ou vice-versa. Além disso, a análise deve levar em consideração outros fatores que podem afetar o desempenho da estratégia e do mercado.

Estes resultados não nos permitem concluir que a estratégia *trading pairs* é uma estratégia de mercado neutro, pois o período da amostra e o número de pares são reduzidos.

4. Conclusão

Neste estudo, conduziu-se uma simulação da estratégia de *pairs trading* de Gatev *et al.* (2006), com o objetivo do seu aperfeiçoamento através do uso dos preços de *bid* e *ask*, mas também da aplicação de estratégias de gestão de risco tal como *stop losses* e *stop wins*.

O uso das cotações *bid* e *ask* em detrimento dos preços diários de fecho permitiu uma aproximação da estratégia ao funcionamento na vida real, uma vez que são esses os preços utilizados nas transações nos mercados. Adicionalmente, não foi necessário a espera de um dia para abrir e fechar posições, como foi utilizado por certos estudos na literatura.

As restantes medidas incluídas na estratégia serviram o propósito de limitar as perdas e também os ganhos e, deste modo, provocar um aumento dos retornos. Para isso foi implementada uma *stop loss* de 5 dias, em que as posições eram fechadas após 5 dias consecutivos de perdas; uma *stop win* de 5 dias, em que as posições eram fechadas após 5 dias consecutivos de ganhos e por fim as duas combinadas, sendo acionada a primeira das duas a ocorrer. Todas as três estratégias conseguiram uma diminuição do risco (desvio-padrão diminui em relação à estratégia principal do uso das cotações *bid* e *ask*). No entanto, a estratégia da *stop loss* e do *mix stop loss* e *stop win*, revelaram não ser rentáveis em relação à estratégia principal (*Bid-Ask*), com retornos de 3,22% e 2,81%, respetivamente. A estratégia que levou a cabo o fecho de posição, após 5 dias consecutivos a ganhar, foi a que obteve o melhor resultado, com um retorno de 11,72% em comparação com o de 10,20%, da estratégia principal. Deste modo, conclui-se que a adição da *stop loss* de 5 dias não trouxe sucesso à nossa estratégia. Por outro lado, o uso da *stop win* conseguiu uma maximização dos retornos, o que nos leva a concluir que é uma boa estratégia para ser usada por investidores que pretendam obter ganhos assegurados, seguidos de um menor risco.

Em adição, constatou-se o que já muitos autores verificaram em pesquisas anteriores: as estratégias de *pairs trading* apresentam, em geral, boas performances em momentos de crise económica. Neste estudo, isso é visível no primeiro semestre de 2020, que foi quando o mundo entrou em estado de alerta e “parou” devido à Covid-19. Nesse período, foi registado o retorno máximo em todas as estratégias utilizadas.

Não obstante, é crucial ressaltar uma limitação deste estudo que é a não utilização de custos de transação. A literatura mostra-nos, no entanto, que os resultados continuam a ser positivos, embora haja uma ligeira diminuição dos mesmos, como é expectável.

Para futuras investigações, seria importante compreender o porquê de alguns pares não convergirem: se por falta de rigor na formação de pares, ou se por algum evento idiossincrático⁹, que possa ter ocorrido a uma empresa constituinte do par. Seria, igualmente, relevante, na minha perspetiva, utilizar preços intradiários, o que iria aproximar, ainda mais, a estratégia da realidade, visto que atualmente, a maioria das estratégias são realizadas com recurso a computadores, o que possibilita aberturas de posições mais precisas, logo imediatamente, a seguir à divergência e convergência dos pares.

A concluir, considerando que a estratégia apresenta uma correlação negativa com o mercado, poder-se-iam desenvolver técnicas que identificassem períodos de maior ou menor volatilidade, para que se pudesse adaptar a estratégia a esses períodos e, por exemplo, reduzir ou aumentar o número de pares consoante o regime apresentado pelo mercado.

⁹ Eventos que são característica específica de determinado ativo ou setor.

Bibliografia

Andrade, S. C., Chang, C. & Seasholes, M. S. 2005. Uninformed trading and asset prices. *Working paper: U. C. Berkeley*. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=618621> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.618621>

Bolgun, E., Kurun, E. & Guven, S. 2009. Profitability of pairs trading strategy in Turkish capital markets. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 15: 7-16.

Do, B. & Faff, R. 2010. Does simple pairs trading still work? *Financial Analysts Journal*, 66(4): 83-95.

Do, B. & Faff, R. 2011. New evidence on the profitability of pairs trading in Australia. *Pacific-Basin Finance Journal*, 19(3): 285-301.

Dunis, C., Laws, J. & Rudy, J. 2010. Profitable mean reversion after large price drops: a story of day and night in the S&P 500, 400 mid cap and 600 small cap indices. *Journal of Asset Management*, 12(3): 185-202. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2272795>

Engle, R. F. & Granger, C. W. 1987. Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55(2): 251-276.

Galenko, A., Popova, E. & Popova, N. 2007. Trading in the Presence of Cointegration. *SSRN Electronic Journal*, 15(1): 90-96.

Gatev, E., Goetzmann, W. N. & Rouwenhorst, K. G. 1999. Pairs trading: performance of a relative value arbitrage rule. *The Review of Financial Studies*, 12(5): 931-974.

Gatev, E., Goetzmann, W. N. & Rouwenhorst, K. G. 2006. Pairs trading: Quantitative methods and analysis. *Review of Financial Studies*, 19 (3): 797-827

Goldkamp, J. & Dehghanimohammadabadi, M. 2019. Evolutionary multi-objective optimization for multivariate pairs trading. *Expert Systems with Applications*, 135: 113-128

- Kim, K. 2011. Performance analysis of pairs trading strategy utilizing high frequency data with an application to KOSPI 100 equities. *SSRN Eletronic Journal*. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1913707> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1913707>
- Krauss, C. 2015. Statistical arbitrage pairs trading strategies: review and outlook. *Journal of Economic Surveys*, 31 (2): 513-545
- Miao, G. J. 2014. High frequency and dynamic pairs trading based on statistical arbitrage using a two-stage correlation and cointegration approach. *International Journal of Economics and Finance*, 6(3): 96-110.
- Papadakis, G. & Wysocki, P. D. 2007. A performance study of pairs trading in the US equities market. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 29(4): 331-351.
- Perlin, M. 2009. Pair trading strategy in the Brazilian financial market: empirical evidence on profitability and correlation-based criteria for selecting stocks. *Brazilian Review of Finance*, 7(3): 375-392.
- Ramos, N. 2018. *Pairs trading: refinar a estratégia*. Universidade Católica do Porto.
- Ribeiro, R. 2015. *Pairs trading: strategy refinements*. Universidade Católica do Porto.
- Sarmiento, S. M. & Horta, N. 2020. Enhancing a pairs trading strategy with the application of machine learning. *Expert Systems with Applications*, 158: 113490-113490.
- Stübinger, J. & Endres, S. 2017. Pairs trading with a mean-reverting jump-diffusion model on high-frequency data. *Quantitative Finance*, 18: 1735-1751
- Vidyamurthy, G. 2004. *Pairs Trading, Quantitative Methods and Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons.