

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Beatriz Fischberg Blank

Matrícula: 2010324

Modelagem de Factor Investing para Câmbio

Monografia de Final de Curso

Orientador: André Senna Duarte

Rio de Janeiro, Dezembro de 2024

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Beatriz Fischberg Blank

Matrícula: 2010324

Modelagem de Factor Investing para Câmbio

Monografia de Final de Curso

Orientador: André Senna Duarte

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri, para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

Rio de Janeiro, Dezembro de 2024

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva da autora.

Agradecimentos

Agradeço à minha família, a quem devo tudo o que sou e todas as oportunidades que tive. Em especial, aos meus pais, Sergio e Frances, por nunca medirem esforços, e aos meus irmãos, Carol e Dudu, em quem me espelho todos os dias. Nada seria possível sem vocês.

Aos meus amigos, tanto os que, ao longo do tempo, permaneceram quanto os que entraram, tornando essa trajetória mais leve e feliz. Ao meu namorado, Michel, por todo o amor, apoio e paciência.

Ao meu orientador, André, por ter sugerido um tema pelo qual tanto me interessei e por ter fornecido o suporte necessário para a elaboração desta monografia.

Aos meus professores, que despertaram meu interesse pelo curso e com quem tanto aprendi. Ao Departamento de Economia, pelas oportunidades incríveis que me foram apresentadas. À PUC-Rio, por ter se tornado uma verdadeira casa nos últimos quatro anos.

À equipe da Gávea Investimentos, sem a qual não seria metade da economista que me tornei. Ao longo desses três anos, tive a sorte de aprender na prática com os melhores, que se tornaram verdadeiros exemplos e amigos.

Por fim, agradeço a D's por ter me permitido completar a graduação em Economia com saúde e (muita!) disposição para os próximos passos.

Resumo

O objetivo desta monografia é identificar os fatores que explicam os retornos do mercado de câmbio por meio de modelos de *factor investing*, estratégia de investimento que seleciona ativos com base em variáveis que historicamente impulsionaram seus retornos, visando à construção de portfólios que ofereçam melhores retornos ajustados ao risco. A metodologia é predominantemente implementada no mercado de ações, porém vem se expandindo para as demais classes de ativos, incluindo moedas. A principal contribuição deste trabalho é, portanto, aplicar os modelos a um mercado ainda menos explorado pela literatura. Para esse fim, será analisada a relevância estatística de uma série de fatores na explicação do retorno das moedas de vinte e cinco países, entre eles desenvolvidos e emergentes, no período de 2003 a 2023. Adicionalmente, a revisão da bibliografia associada ao tema visa contribuir para um melhor entendimento do *factor investing*, método quantitativo ainda pouco explorado pelo mercado financeiro brasileiro.

Sumário

Lista de Figuras	7
1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Estudo dos fatores	12
2.2 Modelagem dos Retornos	14
3 DADOS	16
4 METODOLOGIA	26
5 RESULTADOS	29
5.1 Modelos Unifatoriais	30
5.2 Modelos Multifatoriais	33
5.3 Comparativo Temporal	34
6 CONCLUSÃO	35
7 BIBLIOGRAFIA	37

Lista de Figuras

Figura 1 – Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Resumo	18
Figura 2 – Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Ranking	18
Figura 3 – Evolução do Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Países Desenvolvidos	19
Figura 4 – Evolução do Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Países Emergentes	19
Figura 5 – Retorno Acumulado Médio da Estratégia de Carry por Região, Jan-2003 = 100	20
Figura 6 – Momentum de Três Meses Médio por Região	21
Figura 7 – Volatilidade de Três Meses Média por Região	21
Figura 8 – Índice VIX	22
Figura 9 – Diferencial dos Retornos de Bolsa Acumulados em 12 meses em Relação aos Retornos de Bolsa dos Estados Unidos Médio por Região	23
Figura 10 – Diferencial de Juros dos Títulos Públicos de 10 Anos em Relação aos dos Estados Unidos Médio por Região	24
Figura 11 – Termos de Troca Médios por Região	24
Figura 12 – CDS Médio por Região	25
Figura 13 – Matriz de Correlação dos Fatores	29
Figura 14 – Matriz de Correlação dos Fatores, Países Desenvolvidos	30
Figura 15 – Matriz de Correlação dos Fatores, Países Emergentes	30
Figura 16 – Modelos Unifatoriais, Retorno Semanal como Variável Dependente	31
Figura 17 – Modelos Unifatoriais, Retorno Mensal como Variável Dependente	32
Figura 18 – Modelos de Dois Fatores, Retorno Semanal como Variável Depen- dente	33
Figura 19 – Modelos Unifatoriais, Retorno Semanal como Variável Depen- dente, Comparativo Temporal	34

1 Introdução

O *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), desenvolvido por Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), é o mais tradicional modelo de um fator, o qual propõe que o retorno esperado de um ativo é explicado pelo seu risco de mercado. Esse, por sua vez, é capturado pelo beta do ativo, que representa a relação entre a sua volatilidade e a do mercado. Desde então, a literatura evoluiu intensamente na incorporação de novos fatores.

Em seu artigo *The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing*, Stephen Ross (1976) deu origem à teoria de *factor investing* ao argumentar que os retornos de ativos são explicados por múltiplos fatores. Esses fatores seriam forças amplas e persistentes que moldam o risco e a performance das diferentes classes de instrumentos financeiros. No caso de modelos para descrever retornos de ações, Fama e French (1993) introduziram dois novos fatores além do prêmio de risco de mercado, conhecidos como tamanho (diferença entre os retornos de ações de empresas de baixa e alta capitalização) e valor (diferença entre os retornos de ações de valor e de crescimento), de forma a aprimorar a explicação dos retornos de portfólios diversificados. Posteriormente, Carhart (1997) adicionou um quarto fator: momentum, que incorpora a noção de que ações que performaram bem no passado tendem a continuar performando bem em um futuro próximo e vice-versa. Mais recentemente, Fama e French (2015) expandiram seu modelo de três fatores para cinco, ao adicionar à análise variáveis associadas a lucratividade e investimento. Vale notar que esses fatores convencionais referem-se a características predominantemente associadas ao mercado de ações.

O método de *factor investing* ganhou popularidade na indústria de fundos após a Crise Financeira Global de 2008, a qual enfatizou seus potenciais benefícios: diversificação, gestão de risco e ampliação dos retornos potenciais, especialmente em períodos de estresse de mercado. Atualmente, os esforços de pesquisa podem ser divididos em duas áreas: aprimoramento da identificação de fatores e maior eficiência na construção do portfólio. A crescente disponibilidade de bases de dados e técnicas de modelagem permite a formulação de novas estratégias que abarcam os avanços na teoria acadêmica.

Segundo Jurczenko (2017), *factor investing* não é um conceito novo: a novidade está na aplicação de modelos quantitativos e no aumento do interesse de participantes do mercado, os quais transformaram teorias acadêmicas em soluções de

investimento práticas. Investidores são compensados não simplesmente por carregar ativos, mas por assumir riscos. Sob esse prisma, a diversificação vem não somente da aposta nas diferentes classes de ativos, mas do foco nos diferentes fatores de risco que impulsionam seus retornos.

Naturalmente, o conceito de fatores de risco não é uniforme para os diversos tipos de ativos. No universo de ações, onde os modelos de fatores são mais amplamente aplicados, a definição de risco advém do modelo de CAPM, a partir do qual o risco de uma ação é medido pelo beta tradicional (de mercado) ou por betas alternativos (como tamanho, valor, momentum). O estudo dos prêmios de risco alternativos pode ser visto como uma extensão desse foco em *equity*. Refere-se ao fato de que estratégias relacionadas aos fatores de risco supracitados não atendem apenas ao mercado de ações, mas possivelmente a todos os outros: juros, crédito, *commodities* ou moedas (Roncalli, 2013).

Mais recentemente, modelos de *factor investing* aplicados ao mundo de renda fixa vêm ganhando popularidade, ainda que a discussão sobre fatores de risco seja antiga na modelagem de curvas de juros. Diferentemente do *framework* de ações, focado em fatores de risco de mercado, a análise de títulos de dívidas soberanas tende a se aprofundar em fatores de risco estatísticos, utilizando principalmente análises de componentes principais, conforme introduzidas por Scheinkman e Litterman (1991). Moedas, contudo, são um caso específico: as forças econômicas que impulsionam seus retornos não são necessariamente aquelas que impulsionam os dos demais ativos financeiros e, por tratarem de valores relativos a todo momento, o ganho de um investidor leva à perda de outro (Baku, 2020). Logo, o conceito de ganhos e perdas de mercado não é apropriado.

O intuito dessa monografia é identificar os fatores que explicam o retorno de moedas ao longo do tempo, bem como analisar a sua relevância estatística individual e conjunta. Sua principal contribuição é a aplicação de *factor investing* ao mercado de moedas, menos explorado do que o de ações. Para tanto, a análise proposta inclui variáveis de vinte e cinco países, entre eles desenvolvidos e emergentes de diferentes regiões, ao longo do período entre 2003 e 2023. Além disso, o compilado bibliográfico visa contribuir para um melhor entendimento do *factor investing*, método quantitativo ainda pouco explorado pelo mercado financeiro, especialmente no mercado de moedas.

Na sequência desta introdução, o trabalho está estruturado nas seguintes seções: a revisão de literatura é apresentada no segundo capítulo, seguida pela descrição dos

dados utilizados no terceiro capítulo. O quarto capítulo aprofunda a metodologia escolhida, enquanto o quinto apresenta os resultados obtidos. Finalmente, o sexto capítulo traz as conclusões e, em seguida, estão as referências bibliográficas.

2 Revisão de Literatura

A Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz (1952) originou os extensos estudos associados à importância da diversificação para a construção de portfólios eficientes. Os benefícios advindos do *factor investing* estão intimamente ligados à importância dessa diversificação, que pode ser aplicada não somente às diferentes classes de ativos, mas aos diversos fatores que impulsionam seus retornos. Os estudos do *factor investing* ao longo do tempo permitiram a construção de portfólios mais robustos e estáveis em diferentes ambientes de mercado, capturando múltiplas fontes de retorno e reduzindo sua volatilidade. A evolução da literatura relacionada ao tema pode ser dividida em duas partes: os principais fatores utilizados e os diferentes tipos de modelagem.

Sharpe (1964) introduziu o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), que relaciona o retorno esperado dos ativos ao risco de mercado. Esse risco de mercado veio a ser incorporado pela literatura como o primeiro fator estudado na modelagem de *factor investing*. Ross (1976) propôs que múltiplos fatores, para além desse risco de mercado, podem ser capazes de explicar os retornos de ativos na teoria conhecida como *Arbitrage Pricing Theory* (APT). De modo a explicar anomalias observadas na explicação de retornos esperados de ações de empresas com menor valor de mercado (*small-cap stocks*) e de empresas com maior relação *book-to-market* (*value stocks*), Fama e French (1993) adicionaram à análise de retornos de ações os fatores conhecidos como tamanho (SMB, ou *small minus big*) e valor (HML, ou *high minus low*). Carhart (1997) contribuiu para a análise com o fator de momentum. Adiante, a consolidação do mais conhecido modelo de cinco fatores, aplicado majoritariamente ao mercado de ações, se deu com Fama e French (2015), que incorporaram ao modelo original os fatores de lucratividade e investimento.

Redirecionando o foco para os fatores que impulsionam o retorno de moedas, conforme este trabalho se propõe a estudar, a abordagem tradicional da análise dos movimentos do câmbio se apoia em aspectos como a política monetária, a inflação, os movimentos da balança comercial e os fluxos de capital. Essas variáveis econômicas são medidas mensal ou trimestralmente, e sua publicação não ocorre de forma síncrona entre países, o que dificulta a modelagem. Uma alternativa é considerar fatores de risco de mercado passíveis de acompanhamento diário. *Carry*, valor e momentum são os três fatores mais utilizados na ainda limitada literatura relacionada a modelos de fatores aplicados ao universo de moedas. Artigos traçam

um paralelo entre a paridade descoberta da taxa de juros e os retornos associados ao *carry*, enquanto diferentes medidas de valor utilizadas buscam capturar a força da moeda associada à economia do país ao qual pertence. O fator momentum, por sua vez, incorpora a análise técnica da intensidade das reações de mercado.

2.1 Estudo dos fatores

Abaixo, exploram-se em maior detalhe os fatores utilizados por artigos na modelagem de *factor investing* aplicada ao mercado de moedas.

a. *Carry*

O fator de *carry* visa explorar as falhas da paridade descoberta da taxa de juros ao representar os ganhos associados à diferença dos retornos de moedas em países com baixas e altas taxas de juros. O *carry* do câmbio é considerado um fator relevante, dados os altos retornos que gera e sua robustez frente aos fatores tradicionais (Ranganathan, 2023). Farhi (2009) encontra que o risco de quebra é responsável por 25 por cento dos retornos de *carry trade* nos países desenvolvidos. Caballero (2012) propõe que retornos associados ao *carry* podem compensar o risco sistêmico, adicionando que retornos associados ao fator são altamente correlacionados com o risco do mercado de ações.

b. Momentum

A estratégia de investimento com base no fator momentum é popular entre investidores de ações. Esse fator considera o fato de que ativos que performaram bem no passado recente (diferentes janelas temporais podem ser estabelecidas) tendem a performar bem no futuro, ao menos por um curto período de tempo. Discussões giram em torno de qual período considerar para a detecção do momentum associado ao retorno de moedas, que pode variar de um a doze meses. A escolha de três meses é comum, pois atinge um balanço ideal entre a eficácia do sinal e o retorno da estratégia (Ranganathan, 2023), consistente também com Kroencke (2013) e Barroso e Santa-Clara (2015).

c. Valor

O REER (*real exchange equilibrium rate*, em português câmbio real de equilíbrio) é tido como uma medida de valor intrínseco das moedas (Baku, 2020). Há diferentes formas de modelar esse câmbio real de equilíbrio, as quais envolvem, por exemplo,

métricas associadas às contas externas e à dívida de um país. Sob esse prisma, o REER de uma moeda é fortemente influenciado por fatores como os termos de troca (razão entre os preços de exportação e importação) de uma nação, bem como por seu *Credit Default Swap* (CDS), representante do risco de *default* da mesma.

d. Volatilidade

A volatilidade consiste na flutuação dos retornos em determinado período, influenciada por indicadores econômicos e eventos geopolíticos que impactam os mercados. O investimento discricionário baseado em volatilidade exige um profundo entendimento das dinâmicas de mercado; porém, a inclusão da volatilidade como fator nos modelos quantitativos pode ser capaz de automatizar esse processo e gerar retornos consideráveis. Della Corte (2021) identifica um fator de risco global nos retornos *cross-section* associados à volatilidade implícita das moedas e conclui que, quanto menor a inclinação da curva de juros, mais o contrato *forward* de volatilidade implícita está sujeito ao risco de *carry* dessa volatilidade.

e. Retornos de bolsa

Turkington e Yazdani (2020), ao estudar o retorno de taxas de câmbio de países do G10, encontram que moedas vinculadas a países com retornos mais altos de bolsa tendem a performar melhor que os demais, considerando certa defasagem. Mais especificamente, o câmbio tende a apreciar em países com maiores retornos de *equity* acumulados no ano anterior.

f. Taxa de juros

Lustig, Roussanov e Verdelhan (2011) identificam um fator de inclinação da curva de juros para prever as taxas de câmbio, mais evidente quando associado a moedas com taxas de juros mais altas. Esse seria um grande responsável pela variação transversal dos retornos excedentes médios calculados em relação a moedas de países com diferentes níveis de juros. Além disso, os autores expurgam choques comuns às moedas gerados pela volatilidade global do mercado de ações e concluem que, ao investir em moedas associadas a países com altas taxas de juros, tendo tomado emprestadas moedas de países com baixas taxas de juros, aumenta-se o risco global.

2.2 Modelagem dos Retornos

A análise de sensibilidade dos retornos de ativos aos diferentes fatores pode ser estruturada em formato de séries temporais, dados em painel ou uma combinação de ambos. A organização em séries temporais permite focar no comportamento dos ativos ao longo do tempo, enquanto a em painel incorpora também a diferença de retornos entre ativos, a fim de identificar fatores comuns que expliquem suas variações. Fama (1981) examina a relação entre variáveis macroeconômicas e retornos de ações ao longo do tempo utilizando uma estrutura de séries temporais. Em contraste, Fama e French (1992) e Carhart (1997), ao introduzir os fatores de tamanho, valor e momentum, analisam retornos em estrutura de painel. As regressões de Fama e Macbeth (1973) constituem um método híbrido que se encaixa majoritariamente na análise de painel, porém também incorporam elementos de séries temporais para avaliar a estabilidade e a significância do prêmio de risco associado aos fatores ao longo do tempo. Essa metodologia, por sua vez, pode ser aplicada na avaliação dos fatores que impactam a evolução das taxas de câmbio.

Lustig, Roussanov e Verdelhan (2011) investigam fatores de risco comuns no mercado de moedas a fim de apontar que o co-movimento dos retornos de diferentes moedas respalda a abordagem de *factor investing* na determinação da trajetória do câmbio. Em sua análise, mostram que o prêmio associado ao *carry trade* está intimamente ligado a fatores de risco globais, como alterações na volatilidade e riscos de liquidez. O artigo utiliza regressões de Fama-MacBeth para estimar o prêmio de risco associado a portfólios de moedas com base nos fatores previamente mencionados.

Mais recentemente, Baku (2020) estuda a aplicação do *factor investing* ao mercado de câmbio. Considera que uma série de motivos concede unicidade ao estudo da modelagem de fatores aplicada ao universo de moedas. Diferentemente dos fatores que determinam o prêmio de risco associado a ações e títulos, aqueles vinculados a moedas não são tradicionais. Investidores institucionais não definem sua alocação de risco estratégica considerando um *bucket* de moedas, mas podem, por exemplo, incluir *commodities* como forma de se proteger contra a inflação. Ainda, as forças econômicas que impulsionam taxas de câmbio não são necessariamente aquelas que interferem no retorno de demais ativos, dado que podem desempenhar o papel de unidade de conta ou até mesmo serem utilizadas como instrumentos de política monetária. Por isso, as moedas não são medidas em unidades, como ações, títulos e índices, mas sim em valor relativo.

Como ideia principal, Baku (2020) propõe que os diversos modelos econômicos que buscam explicar a dinâmica das moedas, comumente vistos como conflitantes, são complementares. Nesse sentido, o artigo identifica fatores de risco análogos aos do modelo de Fama-French-Carhart para ações no universo das moedas (*carry*, valor, momentum) e, por meio de regressões de Fama-MacBeth, mostra que eles são capazes de explicar parte significativa dos retornos em *time-series* e *cross-section*. Mais especificamente, o fator de *carry* é baseado na paridade descoberta da taxa de juros, o fator de valor é derivado das forças que modelam o câmbio real de equilíbrio, e o fator momentum incorpora a análise técnica da intensidade das reações de mercado. Por fim, é construída uma ponte entre a identificação dos fatores e a gestão de ativos, indicando-se três possibilidades de aplicação: a construção de portfólios baseados na noção de prêmio de risco alternativo, o *hedging* de portfólios constituídos por múltiplas moedas e a conciliação de estratégias de fatores que se sobrepõem.

Com foco mais aprofundado na construção de portfólio, Ranganathan (2023) considera moedas dos países do G10, identifica fatores relevantes com base em seus retornos *cross-section* e mostra que políticas paramétricas de portfólio podem ajudar na construção de uma estratégia ótima. Enquanto o *carry* é o principal motor dos retornos, momentum e valor são diversificadores que potencialmente balanceiam as desvantagens das estratégias baseadas em *carry* em um cenário de *flight-to-safety*. O artigo dá um passo além e examina o *timing* ótimo de mudanças de posicionamento com base em preditores de séries temporais.

Este trabalho baseia-se majoritariamente nos três artigos detalhados acima. Além disso, a metodologia utilizada é adaptada do livro *Machine Learning for Factor Investing*, de Coqueret e Guida (2020), que se propõe a cobrir técnicas avançadas de modelagem aplicadas a estratégias de investimento.

3 Dados

Este trabalho utiliza dados de frequência diária no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2023 com o intuito de identificar fatores relevantes para a explicação dos retornos de moedas de vinte e cinco países, especificados abaixo. A janela de vinte anos permite estabelecer relações de longo prazo entre as moedas e os respectivos fatores que impulsionam seus retornos desde então, bem como investigar mudanças em períodos distintos. Além disso, a metodologia é aplicada na base completa e nos dados de países desenvolvidos e emergentes separadamente. Os emergentes podem ser, por sua vez, divididos em suas respectivas regiões, cujos movimentos não são necessariamente uniformes entre si.

A principal variável dependente estudada é o retorno semanal das diferentes moedas em relação ao dólar. A fim de guiar a análise adiante, vale esclarecer que uma variação positiva da variável dependente implica em uma apreciação da moeda local contra o dólar, enquanto uma variação negativa significa uma depreciação da moeda local contra o dólar.

Para o estudo dos desenvolvidos, foram selecionadas as seguintes moedas do G10:

AUD (Dólar Australiano, Austrália)

CAD (Dólar Canadense, Canadá)

EUR (Euro, Zona do Euro)

JPY (Iene Japonês, Japão)

NOK (Coroa Norueguesa, Noruega)

NZD (Dólar Neozelandês, Nova Zelândia)

GBP (Libra Esterlina, Grã-Bretanha)

SEK (Coroa Sueca, Suécia)

CHF (Franco Suíço, Suíça)

Para o estudo dos emergentes, foram selecionados grupos de países pertencentes a três diferentes regiões, conforme detalhado abaixo.

América Latina:

BRL (Real Brasileiro, Brasil)

CLP (Peso Chileno, Chile)

COP (Peso Colombiano, Colômbia)

MXN (Peso Mexicano, México)

PEN (Novo Sol Peruano, Perú)

Ásia:

CNY (Yuan Chinês, China)

KRW (Won Sul-Coreano, Coreia do Sul)

INR (Rupia Indiana, Índia)

IDR (Rupia Indonésia, Indonésia)

MYR (Ringgit Malaio, Malásia)

THB (Baht Tailandês, Tailândia)

PHP (Peso Filipino, Filipinas)

Centro-Leste Europeu e África:

ZAR (Rand Sul-Africano, África do Sul)

HUF (Florim Húngaro, Hungria)

PLN (Zloty Polonês, Polónia)

CZK (Coroa Tcheca, República Tcheca)

As Figuras 1 e 2 mostram o retorno acumulado das moedas ao longo do período estudado, bem como seu desvio padrão relativo (RSD) e seus pontos máximos e mínimos históricos. Em relação ao dólar, o CHF (franco suíço) foi a moeda que mais se apreciou, enquanto o ZAR (rand sul-africano) foi a moeda que mais se depreciou. O BRL (real brasileiro) e o ZAR apresentaram o maior desvio padrão.

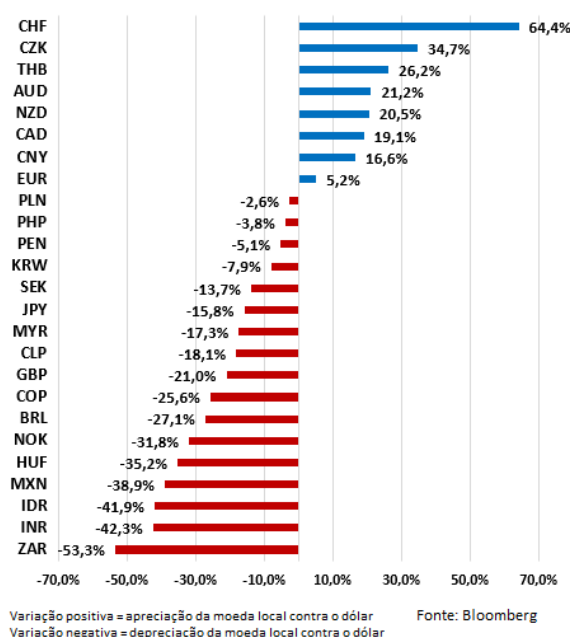
Figura 1 – Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Resumo

	Retorno Total	RSD	High	Low
CHF	64,44%	10,50%	191,93 ago-11	97,51 set-03
CZK	34,74%	13,97%	208,90 jul-08	99,71 jan-03
THB	26,20%	9,43%	150,23 abr-13	99,68 abr-03
AUD	21,20%	18,00%	196,10 jul-11	100,00 jan-03
NZD	20,55%	12,23%	168,32 jul-14	93,98 mar-09
CAD	19,05%	13,53%	171,30 nov-07	100,00 jan-03
CNY	16,58%	9,53%	137,02 jan-14	99,99 fev-03
EUR	5,20%	11,65%	152,41 abr-08	91,43 set-22
PLN	-2,57%	19,56%	189,09 jul-08	76,57 out-22
PHP	-3,80%	10,94%	132,31 fev-08	90,31 out-22
PEN	-5,12%	13,21%	138,50 jan-13	84,94 out-21
KRW	-7,92%	10,95%	131,67 out-07	75,51 mar-09
SEK	-13,73%	19,78%	148,79 abr-08	76,46 out-22
JPY	-15,78%	20,34%	156,67 out-11	78,30 nov-23
MYR	-17,29%	15,84%	129,28 jul-11	79,25 out-23
CLP	-18,06%	26,20%	167,68 mar-08	68,69 jul-22
GBP	-20,97%	18,60%	130,83 nov-07	66,36 set-22
COP	-25,63%	42,52%	173,23 jun-08	55,99 nov-22
BRL	-27,12%	66,71%	230,00 jul-11	60,13 mai-20
NOK	-31,81%	29,24%	139,75 abr-08	59,26 mar-20
HUF	-35,17%	31,20%	156,86 jul-08	50,59 out-22
MXN	-38,90%	29,13%	105,19 ago-08	40,89 mar-20
IDR	-41,87%	29,04%	109,48 jun-03	54,00 mar-20
INR	-42,32%	33,09%	122,23 jan-08	57,54 dez-23
ZAR	-53,33%	66,29%	152,56 dez-04	43,28 mai-23

Variação positiva = apreciação da moeda local contra o dólar
 Variação negativa = depreciação da moeda local contra o dólar

Fonte: Bloomberg

Figura 2 – Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Ranking



As Figuras 3 e 4 demonstram a evolução do retorno acumulado dessas moedas ao longo do período estudado, para fins comparativos.

Figura 3 – Evolução do Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Países Desenvolvidos

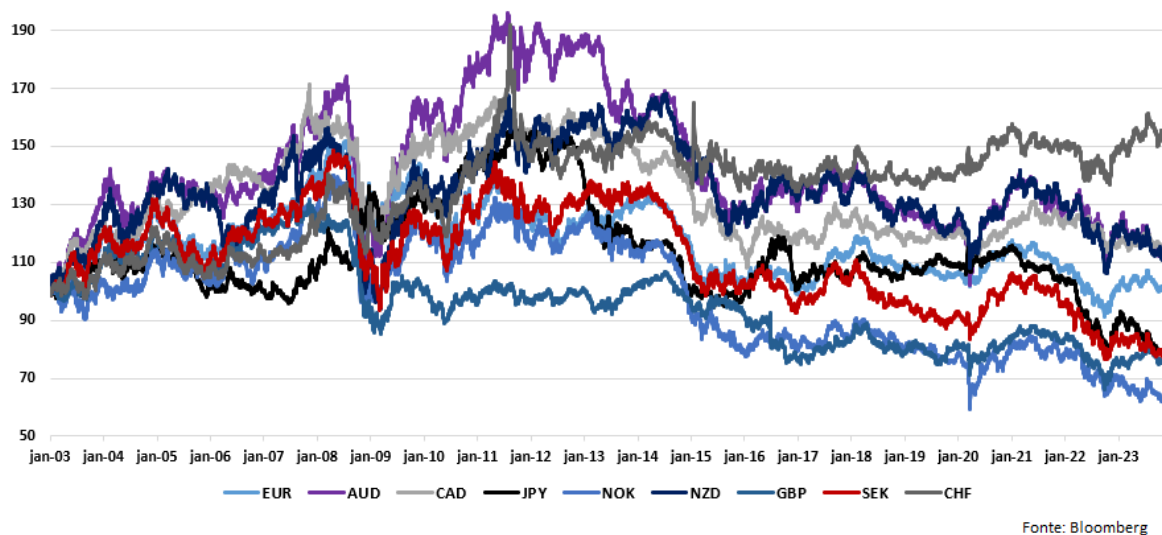
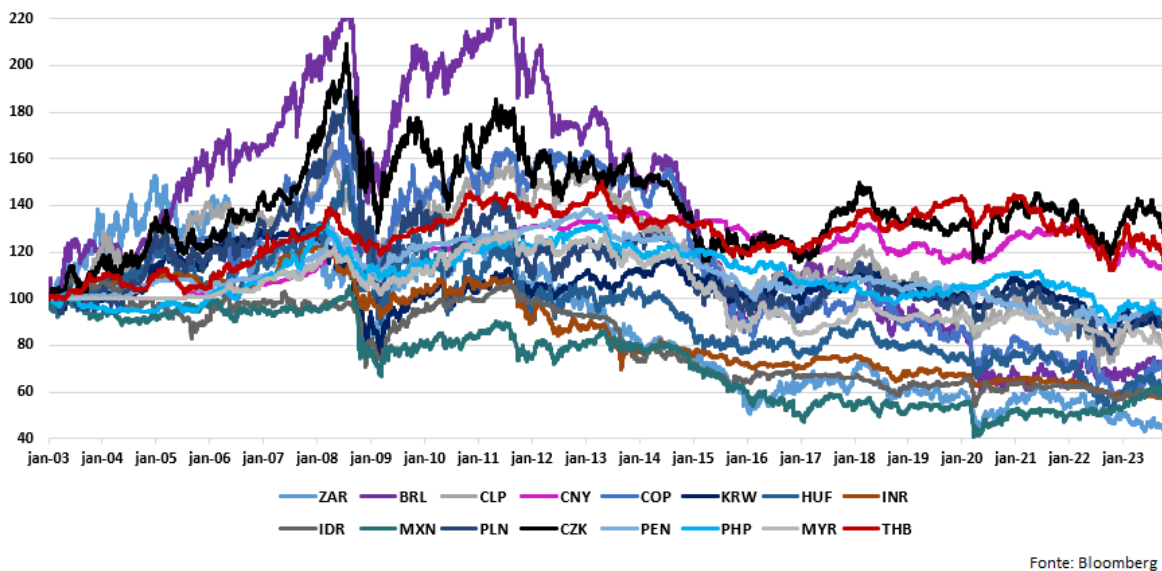


Figura 4 – Evolução do Retorno Acumulado das Moedas de 2003 a 2023, Jan-2003=100, Países Emergentes

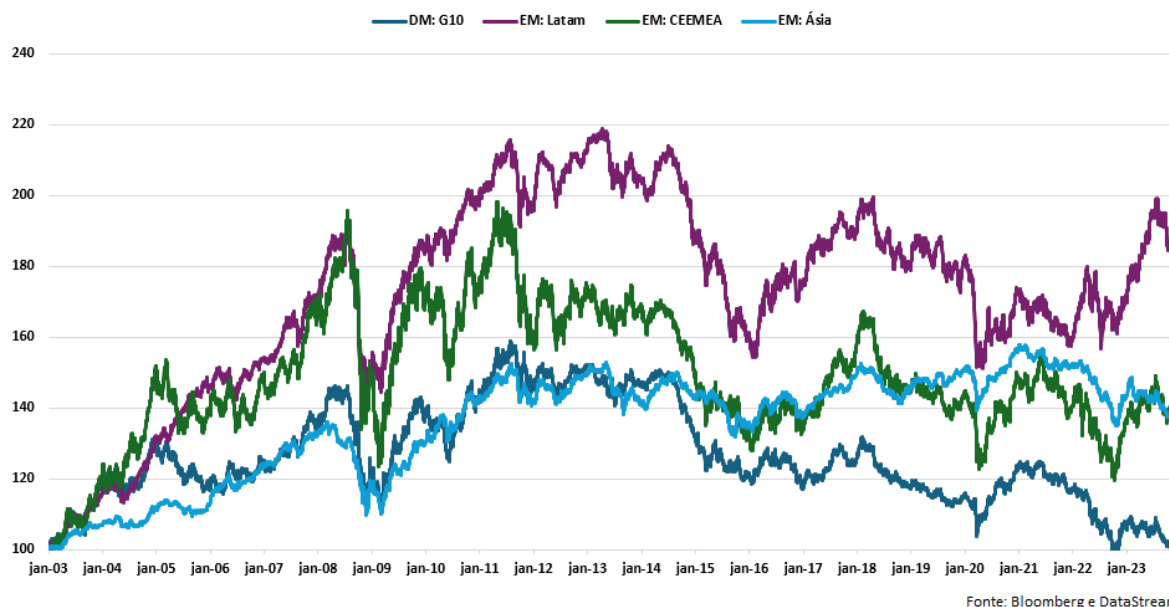


A base de dados, além do retorno semanal dessas moedas para cada ponto diário, inclui os fatores discriminados a seguir. Prezando pela padronização dos dados referentes aos diferentes países, foram utilizadas séries da Bloomberg e do DataStream/Refinitiv Eikon, todas de frequência diária.

Carry

O *carry* de três meses das moedas selecionadas será o primeiro dos fatores utilizados neste trabalho. A Bloomberg fornece séries diárias que calculam o retorno da estratégia de carry, isto é, o retorno à vista dos juros auferidos na posição comprada na moeda de referência, subtraído dos juros pagos pela posição vendida em dólar. A Figura 5 mostra o retorno médio acumulado dessa estratégia por região estudada.

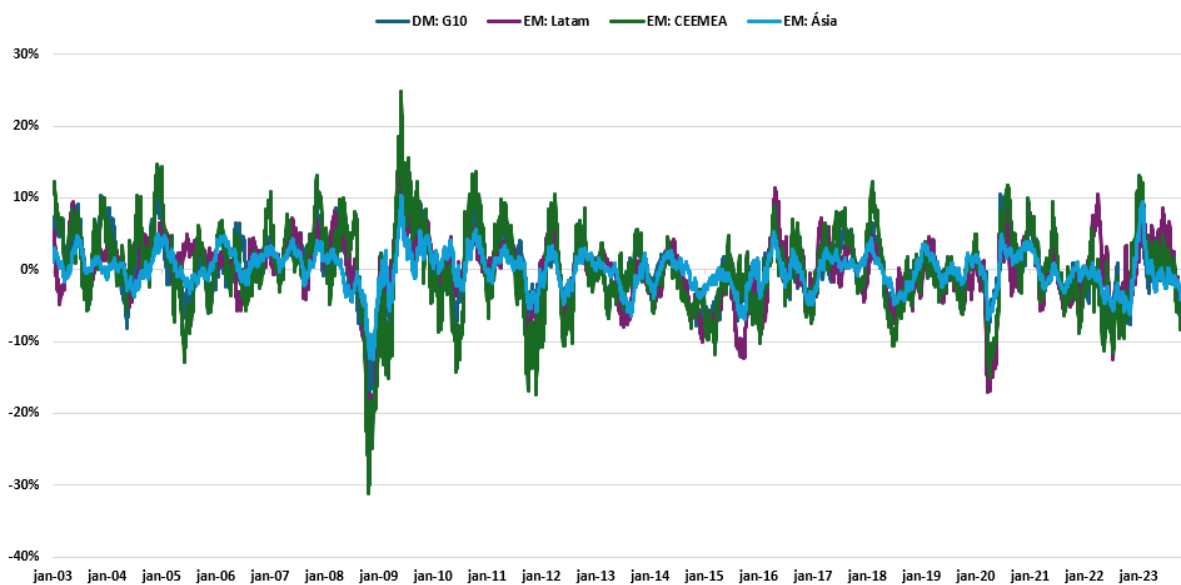
Figura 5 – Retorno Acumulado Médio da Estratégia de Carry por Região, Jan-2003 = 100



Momentum

Este trabalho utilizará o momentum de três meses das moedas selecionadas como fator, período que combina a eficácia do sinal com a robustez dos retornos (Ranganathan, 2023). O cálculo consiste no retorno acumulado das moedas ao longo dos três meses anteriores a cada ponto diário. A Figura 6 ilustra o momentum médio das moedas por região estudada.

Figura 6 – Momentum de Três Meses Médio por Região

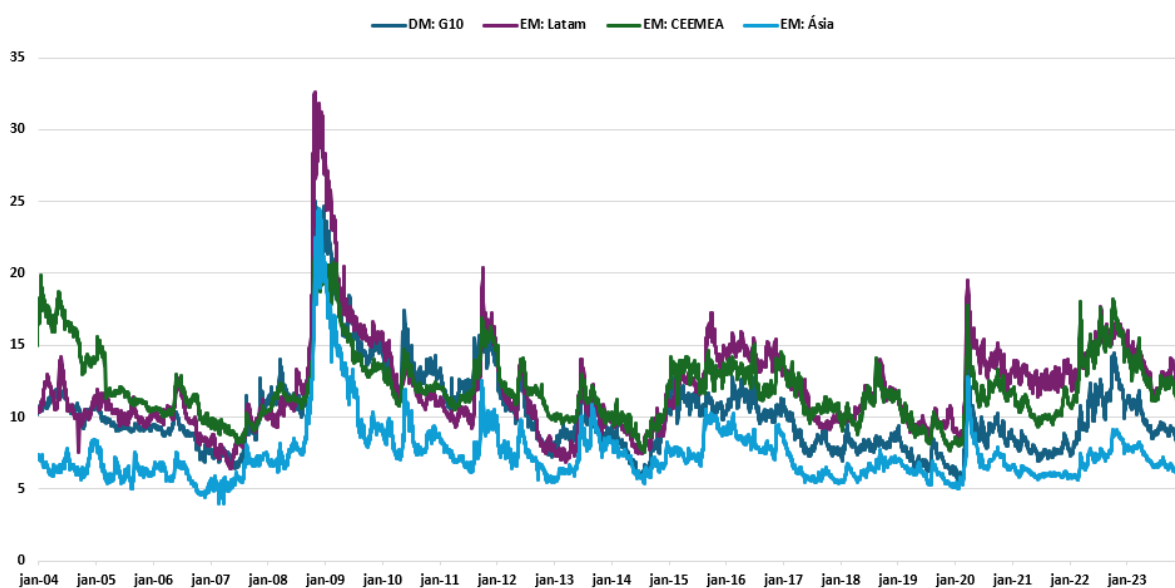


Fonte: Bloomberg e DataStream

Volatilidade

Será considerada a volatilidade de três meses das moedas selecionadas, compatível com as janelas do *carry* e do momentum. Utilizam-se séries da Bloomberg que calculam a volatilidade implícita no mercado futuro para o prazo de referência, utilizando o método de Black-Scholes. A Figura 7 informa a evolução da volatilidade média das moedas por região estudada.

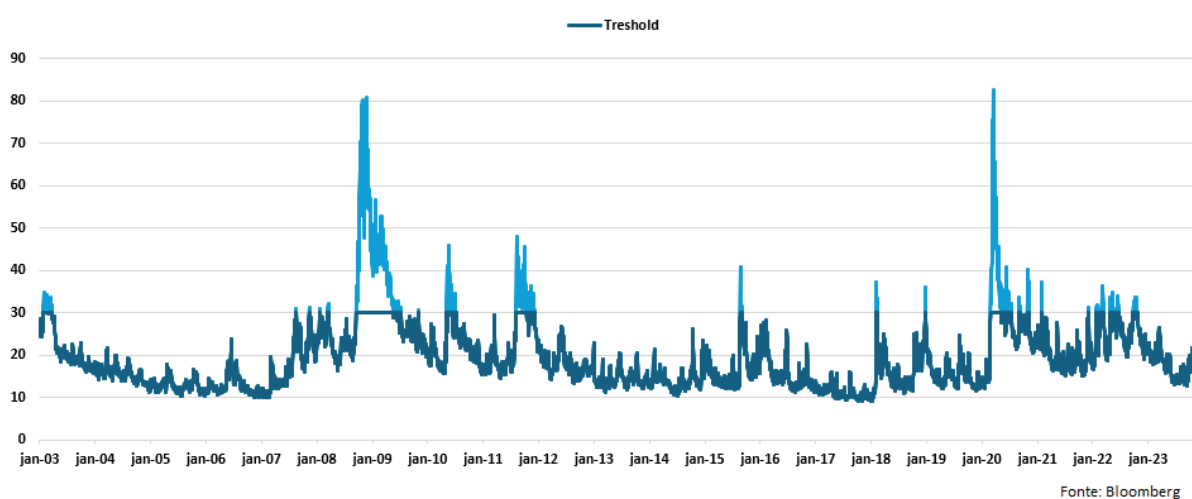
Figura 7 – Volatilidade de Três Meses Média por Região



Fonte: Bloomberg

Além disso, como medida da volatilidade global, será utilizado o índice VIX (CBOE *Volatility Index*), que captura a volatilidade esperada do mercado de ações americano nos trinta dias seguintes. A inclusão desse fator permitirá distinguir os prêmios de risco associados às volatilidades idiossincráticas e sistêmicas que o país de referência experiencia. A fim de evitar um viés de simultaneidade (no sentido de que uma volatilidade extremamente alta naturalmente exige maiores retornos), estabeleceu-se um *threshold* no nível de 30 para períodos em que o VIX superou esse valor. A Figura 8 mostra o comportamento do índice ao longo do período estudado, bem como os momentos em que o estabelecimento do *threshold* se fez necessário.

Figura 8 – Índice VIX



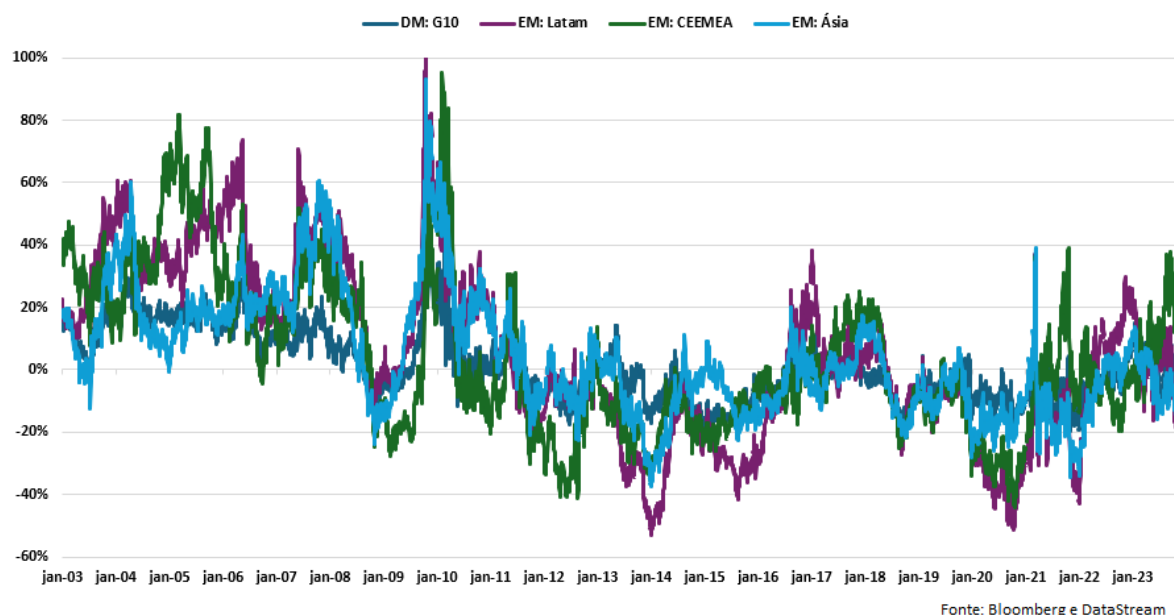
Retornos de bolsa

Outro fator a ser incluído serão os retornos acumulados em 12 meses dos índices MSCI (Morgan Stanley *Capital International*) associados aos países estudados. Tais índices medem a performance do mercado de ações nos respectivos países de referência e capturam movimentos conjuntos dos papéis de empresas de capital aberto, sejam elas pequenas, médias ou grandes.

Além disso, também é incluído separadamente o diferencial dos retornos acumulados em doze meses das bolsas dos países estudados em relação aos retornos de bolsa acumulados em doze meses dos Estados Unidos, conforme aplicado por Turkington e Yazdani (2020) em sua análise de moedas associadas a países do G10. O comportamento desse diferencial médio por região ao longo do período analisado é indicado pela Figura 9.

Para fins de padronização, são utilizados na análise índices que medem os retornos de bolsa em dólar.

Figura 9 – Diferencial dos Retornos de Bolsa Acumulados em 12 meses em Relação aos Retornos de Bolsa dos Estados Unidos Médio por Região

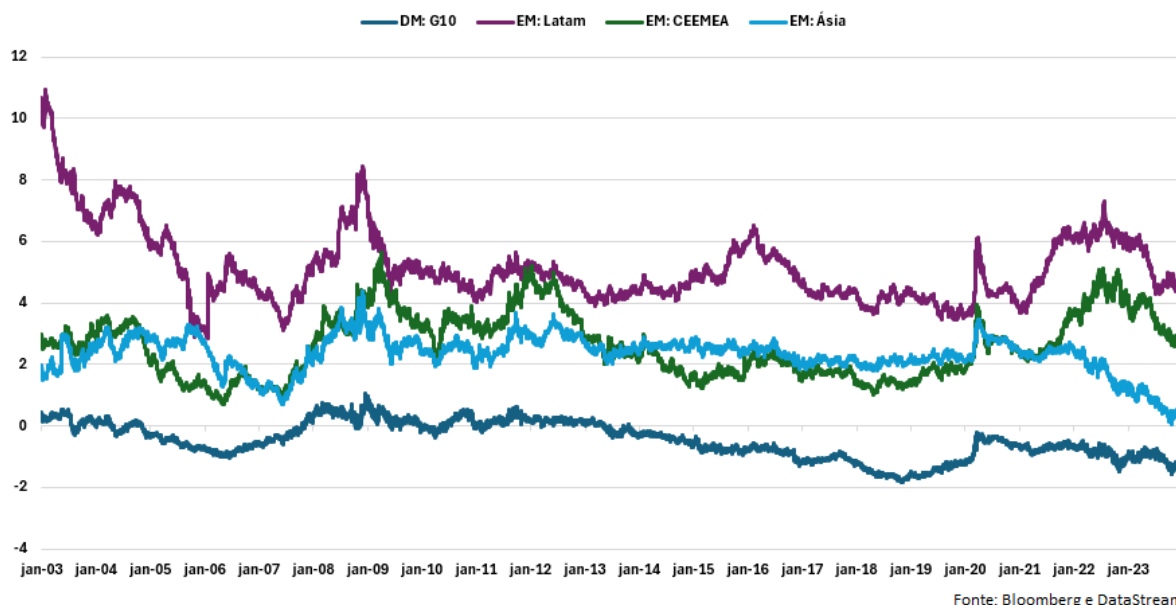


Taxa de juros

Este trabalho testará se os movimentos das taxas curtas e/ou longas dos títulos soberanos dos países em análise podem ser utilizados para a modelagem dos retornos de suas moedas. Para isso, serão utilizados os juros curtos e longos (dois e dez anos) associados aos títulos de dívida soberana dos respectivos países, bem como a diferença em nível das taxas de juros longos em relação às taxas de mesmo prazo dos Estados Unidos. Esses serão estudados como três fatores distintos, ainda que altamente correlacionados.

A Figura 10 ilustra o diferencial médio por região das taxas de juros de dez anos dos países estudados em relação à taxa de juros de dez anos americana. Chamam a atenção os máximos locais dessas séries em períodos de crise, a exemplo da Grande Crise Financeira (2009) e da crise do Covid-19 (2020).

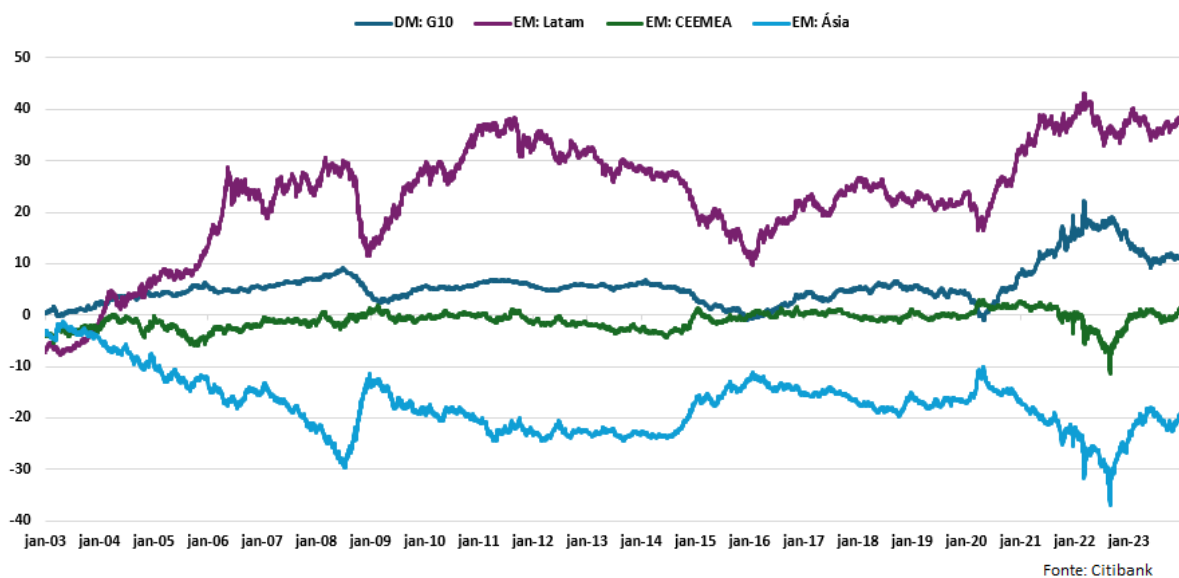
Figura 10 – Diferencial de Juros dos Títulos Públicos de 10 Anos em Relação aos dos Estados Unidos Médio por Região



Termos de troca

Serão consideradas as séries diárias produzidas pelo Citibank de termos de troca associados aos países selecionados, conforme ilustrado pela Figura 11. Tais índices medem a performance relativa dos preços de exportação e de importação de commodities nos respectivos países. Um índice positivo significa uma melhor performance dos preços de exportação em relação aos de importação e vice-versa.

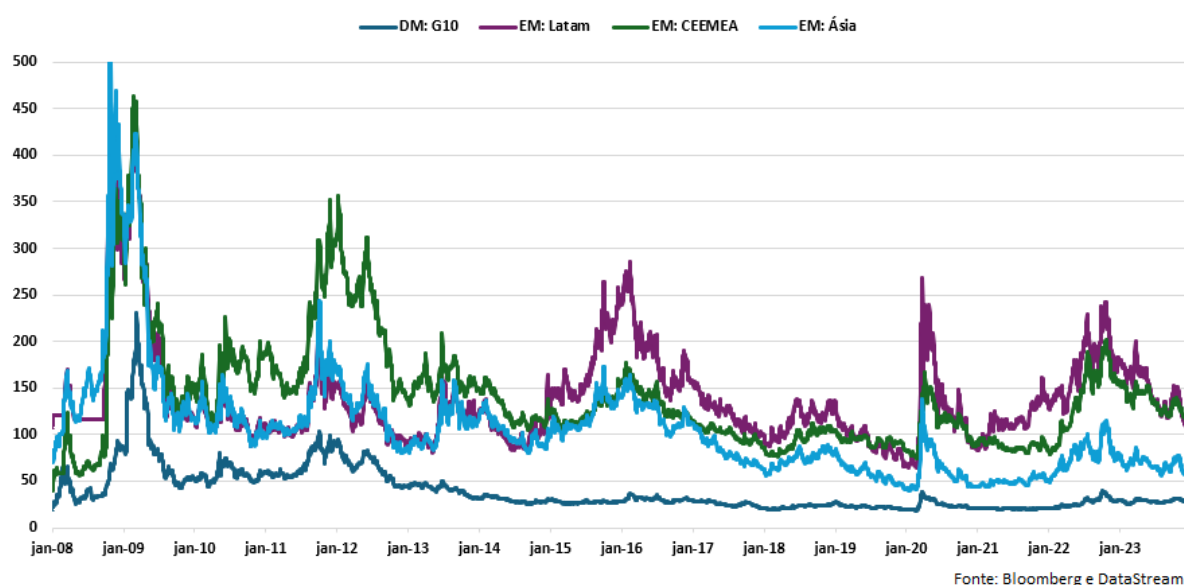
Figura 11 – Termos de Troca Médios por Região



Credit Default Swap (CDS)

Este trabalho utilizará as séries diárias do CDS (*Credit Default Swap*) de cinco anos dos países de referência, medidas em dólar. O CDS é um derivativo que busca proteger investidores do risco de calote de dívidas soberanas, capturando o risco-país. Para se proteger desse risco, investidores compram CDS de outros que concordam em reembolsá-los no caso de default. Este é o único fator cujo estudo se inicia no ano de 2007 para todos os países, dado o histórico mais curto. A Figura 12 indica sua evolução média por região ao longo do período em estudo.

Figura 12 – CDS Médio por Região



4 Metodologia

Modelos de fatores lineares podem ser vistos como um caso específico da teoria de precificação por arbitragem (APT) de Ross (1976), a qual assume que o retorno de um ativo n no período t pode ser modelado por uma combinação linear de seus fatores F_k :

$$R_{nt} = \alpha_n + \sum_{k=1}^m \beta_{nk} F_{kt} + \epsilon_{nt}$$

Onde:

- R_{nt} é o retorno do ativo n no período t ,
- α_n representa a porção do retorno que não é explicada pelos fatores,
- β_{nk} é a sensibilidade do retorno do ativo n ao fator k ,
- F_{kt} representa o valor do k -ésimo fator de risco sistêmico no período t ,
- ϵ_{nt} é o choque aleatório idiossincrático referente ao ativo n no período t , que possui valor esperado zero e é decorrelacionado dos fatores.

Fama e Macbeth (1973) propuseram um método de análise de prêmio de risco por meio de uma regressão em dois estágios, amplamente utilizado pela literatura até os dias de hoje, conforme comentado nos capítulos anteriores. O primeiro estágio consiste em uma estimação simples da relação anterior, aplicada em cada série temporal do retorno das moedas. Em seguida, os betas estimados são utilizados em um segundo estágio de regressões, realizadas diariamente no modelo cross-section segundo a equação:

$$R_{nt} = \gamma_{0t} + \sum_{k=1}^m \gamma_{kt} \beta_{nk} + \epsilon'_{nt}$$

Onde:

- R_{nt} é o retorno do ativo n no período t ,
- γ_{0t} é o intercepto no período t ,

- γ_{kt} é o prêmio de risco associado ao fator k no período t ,
- β_{nk} é o coeficiente beta (estimado pelo primeiro estágio) para o ativo n em relação ao fator k ,
- ϵ'_{nt} é o termo de erro para o ativo n no período t .

Testes estatísticos podem ser realizados para determinar se, por fim, os betas estimados são significativos. Para tanto, calcula-se a média temporal dos prêmios de risco estimados para cada fator k :

$$\bar{\gamma}_k = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \gamma_{kt}$$

Em seguida, calcula-se a estatística-t para verificar se os prêmios de risco médios são significativamente diferentes de zero:

$$t(\bar{\gamma}_k) = \frac{\bar{\gamma}_k}{SE(\bar{\gamma}_k)}$$

Onde:

- $SE(\bar{\gamma}_k)$ é o erro padrão da média temporal dos prêmios de risco estimados.

Este trabalho aplica a metodologia descrita acima a fim de determinar a significância dos fatores na explicação dos retornos das moedas. A sensibilidade das moedas aos fatores é analisada tanto de forma conjunta quanto separadamente, entre aquelas referentes a países desenvolvidos e emergentes. A análise das moedas associadas a países emergentes, por sua vez, é também desagregada por região, conforme detalhado no capítulo anterior. A seção de Resultados agrega, por fator, o prêmio de risco médio a ele associado na explicação dos retornos das moedas de cada região.

Inicialmente, os fatores são considerados individualmente em modelos unifatoriais. Por meio das regressões de Fama-Macbeth, são estimados coeficientes que representam o prêmio de risco associado às moedas de referência, tanto para a base como um todo quanto para suas subdivisões. A divisão permite aprimorar a interpretabilidade dos resultados. Fatores identificados como estatisticamente significativos por meio dessa metodologia são aqueles relevantes na explicação dos retornos cross-section dos respectivos conjuntos de moedas, tendo sido considerados elementos de

séries temporais para avaliar também a estabilidade e a significância desse prêmio de risco ao longo do tempo.

Em seguida, é possível que diferentes fatores sejam combinados em um mesmo modelo a fim de estimar sua significância conjunta na explicação do retorno das moedas. No entanto, por motivos práticos, devem-se evitar redundâncias na modelagem. Como sugere Belsley (2005), redundâncias implicam em colinearidades, o que gera distúrbios nas estimativas. Além disso, a sobreposição de fatores pode reduzir a interpretabilidade do modelo, de forma que exposições positivas e negativas se compensam. Portanto, é uma boa prática selecionar fatores não correlacionados entre si. Sob esse prisma, testa-se a metodologia de Fama-Macbeth aplicada a todas as possíveis combinações de duplas de fatores de baixa correlação (módulo abaixo de 0,5), com o intuito de encontrar modelos multifatoriais simples, mas robustos, que expliquem os retornos das moedas selecionadas.

5 Resultados

Correlação dos Fatores

As matrizes abaixo detalham a correlação entre as duplas de fatores estudados por este trabalho. A Figura 13 considera o conjunto de países como um todo, enquanto as Figuras 14 e 15 consideram, respectivamente, países desenvolvidos e emergentes.

Nota-se que as correlações permanecem relativamente estáveis nas três figuras, embora variem em intensidade. Naturalmente, as três diferentes métricas de juros utilizadas são altamente correlacionadas entre si e, portanto, não serão utilizadas conjuntamente nos modelos multifatoriais. Chama a atenção a alta correlação do CDS com essas métricas de juros no caso de países emergentes. É intuitivo pensar que países com maior risco fiscal exigem taxas de juros mais altas para atrair capital. No entanto, essa correlação tende a distorcer as estimativas do prêmio de risco associado ao CDS, considerando que tais fatores costumam gerar forças opostas nos retornos das moedas. Com isso, modelos multifatoriais que selecionam essas duas métricas são excluídos dos resultados.

Figura 13 – Matriz de Correlação dos Fatores

	Momentum	Carry	Juros 2y	Juros10y	Dif 10y	V3M	VIX	TOT	CDS	MSCI	Dif MSCI
Momentum	1,00	0,98	-0,06	-0,06	-0,06	-0,18	-0,11	0,00	-0,16	0,26	0,25
Carry	0,98	1,00	0,05	0,05	0,05	-0,14	-0,10	0,02	-0,08	0,25	0,24
Juros 2y	-0,06	0,05	1,00	0,94	0,89	0,35	0,06	0,13	0,64	-0,09	0,04
Juros10y	-0,06	0,05	0,94	1,00	0,96	0,38	0,08	0,19	0,70	-0,06	0,04
Dif 10y	-0,06	0,05	0,89	0,96	1,00	0,36	0,09	0,20	0,70	-0,09	-0,06
V3M	-0,18	-0,14	0,35	0,38	0,36	1,00	0,32	0,24	0,42	-0,26	-0,05
VIX	-0,11	-0,10	0,06	0,08	0,09	0,32	1,00	0,00	0,22	-0,29	0,03
TOT	0,00	0,02	0,13	0,19	0,20	0,24	0,00	1,00	0,00	0,03	0,00
CDS	-0,16	-0,08	0,64	0,70	0,70	0,42	0,22	0,00	1,00	-0,25	-0,07
MSCI	0,26	0,25	-0,09	-0,06	-0,09	-0,26	-0,29	0,03	-0,25	1,00	0,76
Dif MSCI	0,25	0,24	0,04	0,04	-0,06	-0,05	0,03	0,00	-0,07	0,76	1,00

Fonte: Bloomberg e DataStream

Figura 14 – Matriz de Correlação dos Fatores, Países Desenvolvidos

	Momentum	Carry	Juros 2y	Juros10y	Dif 10y	V3M	VIX	TOT	CDS	MSCI	Dif MSCI
Momentum	1,00	0,99	0,00	0,03	0,05	-0,11	-0,05	-0,02	0,02	0,20	0,22
Carry	0,99	1,00	0,04	0,08	0,12	-0,07	-0,04	0,01	0,03	0,21	0,23
Juros 2y	0,00	0,04	1,00	0,91	0,72	0,36	0,12	0,40	-0,03	-0,06	0,17
Juros10y	0,03	0,08	0,91	1,00	0,82	0,46	0,12	0,42	0,08	0,00	0,22
Dif 10y	0,05	0,12	0,72	0,82	1,00	0,38	0,16	0,46	0,02	0,03	0,10
V3M	-0,11	-0,07	0,36	0,46	0,38	1,00	0,51	0,19	0,27	-0,32	0,11
VIX	-0,05	-0,04	0,12	0,12	0,16	0,51	1,00	0,03	0,26	-0,36	0,02
TOT	-0,02	0,01	0,40	0,42	0,46	0,19	0,03	1,00	-0,21	0,05	0,07
CDS	0,02	0,03	-0,03	0,08	0,02	0,27	0,26	-0,21	1,00	-0,16	0,08
MSCI	0,20	0,21	-0,06	0,00	0,03	-0,32	-0,36	0,05	-0,16	1,00	0,61
Dif MSCI	0,22	0,23	0,17	0,22	0,10	0,11	0,02	0,07	0,08	0,61	1,00

Fonte: Bloomberg e DataStream

Figura 15 – Matriz de Correlação dos Fatores, Países Emergentes

Tabela 4: Matriz de Correlação dos Fatores (Países Emergentes)

	Momentum	Carry	Juros 2y	Juros10y	Dif 10y	V3M	VIX	TOT	CDS	MSCI	Dif MSCI
Momentum	1,00	0,98	-0,07	-0,08	-0,10	-0,21	-0,13	0,00	-0,22	0,28	0,26
Carry	0,98	1,00	0,04	0,02	0,01	-0,16	-0,13	0,03	-0,16	0,27	0,26
Juros 2y	-0,07	0,04	1,00	0,92	0,85	0,45	0,06	0,20	0,58	-0,09	0,04
Juros10y	-0,08	0,02	0,92	1,00	0,95	0,49	0,09	0,33	0,66	-0,07	0,03
Dif 10y	-0,10	0,01	0,85	0,95	1,00	0,49	0,10	0,35	0,66	-0,12	-0,09
V3M	-0,21	-0,16	0,45	0,49	0,49	1,00	0,26	0,27	0,54	-0,24	-0,09
VIX	-0,13	-0,13	0,06	0,09	0,10	0,26	1,00	-0,02	0,26	-0,26	0,04
TOT	0,00	0,03	0,20	0,33	0,35	0,27	-0,02	1,00	0,15	0,01	-0,03
CDS	-0,22	-0,16	0,58	0,66	0,66	0,54	0,26	0,15	1,00	-0,30	-0,09
MSCI	0,28	0,27	-0,09	-0,07	-0,12	-0,24	-0,26	0,01	-0,30	1,00	0,80
Dif MSCI	0,26	0,26	0,04	0,03	-0,09	-0,09	0,04	-0,03	-0,09	0,80	1,00

Fonte: Bloomberg e DataStream

5.1 Modelos Unifatoriais

Os coeficientes obtidos a partir do segundo estágio das regressões de Fama-MacBeth, indicados pela Figura 16, representam o retorno por unidade de exposição a cada fator (betas calculados no primeiro estágio). Um prêmio de risco associado a um fator positivo indica que, na média, o fator gera um retorno positivo (apreciação da moeda em relação ao dólar) ao longo do tempo em que a moeda está exposta a ele. Um prêmio de risco negativo indica o oposto (depreciação da moeda em relação ao dólar).

Figura 16 – Modelos Unifatoriais, Retorno Semanal como Variável Dependente

	Carry	Juros 2y	Juros 10y	Dif 10y	Momentum	V3M	VIX	TOT	CDS	MSCI	Dif MSCI
All	0,02*** (0,01)	0,12* (0,07)	0,28*** (0,09)	0,2*** (0,06)	0,02** (0,01)	0,18 (0,22)	0,51 (0,44)	0,16 (0,48)	2,74** (1,11)	-0,02 (0,02)	0 (0,01)
DM	0,01 (0,02)	-0,04 (0,14)	-0,23 (0,33)	0,11 (0,1)	0,01 (0,02)	0,05 (0,24)	0,09 (0,47)	-0,35 (0,6)	1 (1,51)	0,02 (0,03)	0,03*** (0,01)
EM	0,01 (0,01)	0,16 (0,12)	0,21*** (0,08)	0,38** (0,15)	0,01 (0,01)	0,23 (0,32)	0,58 (0,62)	0,65 (0,62)	3,48 (4,42)	-0,03 (0,02)	-0,02 (0,02)
Latam	0,02 (0,02)	-0,34 (0,36)	0,04 (0,27)	0,13 (0,22)	0,02 (0,02)	0,48 (0,46)	0,58 (0,66)	-0,25 (1,88)	7,63 (5,3)	-0,02 (0,04)	0 (0,04)
CEEMEA	0,03 (0,09)	-0,9 (0,73)	0,91*** (0,33)	1,16*** (0,39)	-0,11*** (0,03)	-0,26 (0,5)	1,58** (0,68)	0,77 (0,71)	13,79 (10,21)	-0,05*** (0,02)	-0,03*** (0,02)
Asia	0,01** (0,01)	0,23*** (0,08)	0,11** (0,06)	0,12 (0,14)	0,03*** (0,01)	1,06*** (0,26)	0,97 (0,77)	2,56** (1,32)	-10,96*** (4,87)	-0,01 (0,03)	0,01 (0,03)

*** 1%
** 5%
* 10%

Considerando a média do retorno semanal de todas as moedas analisadas ao longo do período de 2003 a 2023, são determinados como estatisticamente significativos os fatores de *carry*, de juros (com taxas longas e seu diferencial em relação à americana, destacando-se em termos de significância estatística), de momentum e de CDS. Tanto o *carry* como as métricas de juros concedem prêmios de risco positivos aos retornos semanais das moedas, o que é intuitivo, considerando que taxas de juros mais altas tendem, no geral, a atrair capital para o país, levando à apreciação das moedas locais. Ademais, conforme anteriormente mencionado, o prêmio de risco associado ao CDS ser positivo parece, a um primeiro olhar, controverso, considerando que ele captura principalmente os riscos fiscais de um país. Contudo, tal fator possui alta correlação com as métricas de juros, especialmente em países emergentes (conforme indicado pela Figura 15), o que pode explicar, em parte, a direção do sinal.

Em países desenvolvidos, apenas o diferencial dos retornos de bolsa em relação à bolsa americana no último ano é considerado estatisticamente significativo ao longo do tempo. O sinal positivo sugere que fluxos nos diferentes mercados, isto é, de câmbio e de bolsa, tendem a andar conjuntamente. Moedas de países desenvolvidos ganham força conforme a bolsa deles performa melhor que a americana. Já em países emergentes, as métricas de juros longos (puras e em diferencial) são as consideradas estatisticamente significativas no período estudado.

As estimativas regionais são um tanto quanto ruidosas, considerando que a amostra de países associada a cada uma delas é pequena. Não obstante, vale comentar os principais destaques. Nenhum fator é considerado estatisticamente significativo na explicação dos retornos semanais das moedas de países da América Latina. Nos países incluídos em CEEMEA, conferem-se significância às métricas de juros longos, ao momentum, ao VIX e aos retornos de bolsa. Chama atenção o momentum com sinal negativo, o que poderia indicar que moedas dessa região possuem tendência mais rápida de reversão à média. Na Ásia, é estabelecida a relevância do *carry*, das métricas de juros, do momentum, da volatilidade de três meses, dos termos de troca

e do CDS. Para os países dessa região, em específico, o prêmio de risco associado ao CDS é negativo, resultado intuitivo que potencialmente indica menor correlação do fator com as taxas de juros. Chama atenção também o fato de que a Ásia é a única região em que os termos de troca se mostraram importantes propulsores dos retornos das moedas ao longo do tempo, sugerindo que o retorno das moedas desses países é mais dependente do fluxo comercial. O momentum, por sua vez, entra com sinal positivo: moedas que apreciaram nos últimos três meses tendem a seguir apreciando na semana de referência.

Para fins comparativos, utilizando os retornos mensais (e não semanais) como variáveis dependentes, encontram-se os prêmios de risco indicados na Figura 17.

Figura 17 – Modelos Unifatoriais, Retorno Mensal como Variável Dependente

	Carry	Juros 2y	Juros 10y	Dif 10y	Momentum	V3M	VIX	TOT	CDS	MSCI	Dif MSCI
All	0,03*** (0,01)	0,15*** (0,03)	0,26*** (0,04)	0,19*** (0,03)	0,04*** (0,01)	0,42*** (0,11)	0,78*** (0,25)	0,13 (0,2)	1,93*** (0,43)	-0,02*** (0,01)	0,01** (0)
DM	0 (0,02)	0 (0,07)	-0,16 (0,17)	0,12*** (0,05)	0,02 (0,02)	0,17 (0,12)	0,2 (0,29)	-0,14 (0,24)	0,67 (0,55)	0,02* (0,01)	0,03*** (0)
EM	0,02*** (0,01)	0,16*** (0,05)	0,19*** (0,04)	0,38*** (0,07)	0,02** (0,01)	0,54*** (0,16)	0,76** (0,34)	0,45* (0,27)	-0,14 (1,86)	-0,04*** (0,01)	-0,03*** (0,01)
Latam	0,02 (0,02)	-0,36*** (0,16)	-0,01 (0,12)	0,07 (0,1)	0,07*** (0,03)	0,52*** (0,19)	0,9** (0,4)	0,03 (0,75)	7,8*** (2,33)	-0,01 (0,02)	0,01 (0,02)
CEEMEA	0,22*** (0,03)	-0,66*** (0,26)	1,07*** (0,16)	1,33*** (0,18)	0,1* (0,06)	0,43 (0,31)	1,28*** (0,34)	0,69** (0,35)	-2,66 (3,6)	-0,06*** (0,01)	-0,05*** (0,01)
Asia	0,02*** (0,01)	0,19*** (0,04)	0,1*** (0,03)	0,18** (0,07)	0,04*** (0,01)	1,4*** (0,15)	0,89** (0,39)	3,06*** (0,69)	-10,8*** (2,15)	-0,02* (0,01)	0 (0,02)

*** 1%
** 5%
* 10%

Fatores que entram como estatisticamente significativos quando associados aos retornos semanais tendem a permanecer significativos quando associados aos mensais. Além disso, a significância é atribuída a mais fatores na análise feita sobre os retornos mensais, menos ruidosos, porém com maior carregamento de memória. A única mudança de sinal está relacionada ao momentum em CEEMEA, cujo prêmio de risco passa a ser positivo.

Fatores de volatilidade, tanto associados à própria moeda quanto à volatilidade global, passam a desempenhar papel de maior relevância na análise dos retornos mensais, especialmente nos países emergentes. Encontra-se que uma volatilidade mais pressionada está associada a movimentos de apreciação. Apesar do *trade-off* risco-retorno, infere-se que investidores preferem comprar moedas de países emergentes quando a volatilidade, tanto da própria moeda quanto global, é mais alta.

5.2 Modelos Multifatoriais

Voltando a considerar como variável dependente o retorno semanal das moedas, foram testadas pela metodologia de Fama-MacBeth todas as possíveis combinações de duplas de fatores, considerando as diferentes regiões de análise. Na Figura 18, estão especificados os modelos em que ambas as variáveis, entre as duplas com baixa correlação, foram tidas como estatisticamente significativas.

Figura 18 – Modelos de Dois Fatores, Retorno Semanal como Variável Dependente

All	Carry	Juros 10y	Carry	MSCI	Carry	Dif MSCI	Momentum	MSCI
	0,02*** (0,01)	0,58** (0,29)	0,02* (0,01)	-0,13*** (0,04)	0,01* (0,01)	-0,05** (0,02)	0,01* (0,01)	-0,13*** (0,05)

DM	Carry	V3M	Juros 2y	VIX	Momentum	V3M
	0,03** (0,01)	-1,09* (0,6)	-0,91*** (0,3)	1,76** (0,73)	0,03** (0,01)	-1,1* (0,62)

EM	Carry	Juros 10y
	0,01** (0,01)	0,81*** (0,28)

*** 1%
** 5%
* 10%

Os modelos selecionados combinam métricas de juros, retornos de bolsa, *carry*, momentum e volatilidade. Na base como um todo, o prêmio de risco associado ao *carry* e aos juros permanece positivo, enquanto as métricas de bolsa atuam como detratores, provavelmente devido à defasagem temporal de um ano. Em países desenvolvidos, chama atenção o fato de a volatilidade de três meses passar a ser associada a um prêmio de risco negativo quando combinada com *carry* e momentum, à medida que a volatilidade global impulsiona positivamente os retornos quando considerada em conjunto com os juros curtos, cujo aumento pesa negativamente sobre a moeda. Em países emergentes, *carry* e juros funcionam como impulsionadores dos retornos.

5.3 Comparativo Temporal

Ao capturar a relevância média de cada fator ao longo de todo o período estudado, a interpretabilidade do sinal pode ser prejudicada por mudanças nas relações ao longo do tempo. A Grande Crise Financeira é um exemplo de divisor de períodos, durante os quais certas relações podem ter sido rompidas, especialmente pela divergência da força do dólar, o que pode ter influenciado o papel dos fatores na explicação dos retornos. A fim de investigar essas mudanças, modelos unifatoriais foram implementados na base em dois períodos: pré-crise (2003-2009) e pós-crise (2010-2023). Menos fatores foram utilizados na análise devido a lacunas na base de dados. A Figura 19 mostra os resultados encontrados.

Figura 19 – Modelos Unifatoriais, Retorno Semanal como Variável Dependente, Comparativo Temporal

Pré-Crise Financeira (2003-2009)

	Carry	Momentum	TOT	V3M	VIX
All	0,03*** (0,01)	0,05*** (0,01)	-1,2*** (0,47)	-0,01 (0,05)	0,21 (0,85)
DM	0,01 (0,02)	0 (0,02)	0,98** (0,45)	0,03 (0,42)	0,18 (0,98)
EM	0,03** (0,01)	0,07*** (0,02)	-2,92*** (0,74)	-0,01 (0,06)	-0,36 (1,08)

Pós-Crise Financeira (2010-2023)

	Carry	Momentum	TOT	V3M	VIX
All	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	-0,39 (0,49)	0,07 (0,19)	0,9* (0,51)
DM	0,02** (0,01)	0,02** (0,01)	-0,85** (0,53)	0,08 (0,29)	-0,19 (0,54)
EM	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,09 (0,64)	0,11 (0,21)	1,54** (0,67)

*** 1%
** 5%
* 10%

Carry e momentum perderam força com a crise: considerados estatisticamente significativos de 2003 a 2009, principalmente por sua atuação em países emergentes, deixaram de ser significativos de 2010 a 2023, apesar de seu ganho de relevância nos países desenvolvidos. Já a volatilidade global passou a ser um fator proeminente no pós-crise, com sinal positivo, associada principalmente às moedas de países emergentes.

6 Conclusão

O *factor investing*, método quantitativo ainda pouco explorado pelo mercado financeiro brasileiro, surge como uma poderosa ferramenta de gestão, aplicável a diversas classes de ativos, incluindo moedas. Este trabalho teve como objetivo identificar os fatores que historicamente impulsionaram os retornos cambiais, considerando uma análise de vinte e cinco moedas no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2023. Os resultados indicam que diversos fatores, passíveis de acompanhamento diário, desempenham um papel significativo na explicação dos retornos totais e desagregados por região.

Entre os principais achados, destaca-se a relevância das métricas associadas ao *carry* e às taxas de juros. A significância estatística desses fatores é particularmente robusta quando se consideram as taxas longas e seus diferenciais em relação às taxas americanas, especialmente nos países emergentes, evidenciando a importância das condições monetárias na determinação dos movimentos cambiais.

Adicionalmente, o sinal do prêmio de risco associado às medidas de volatilidade variou conforme a região e a combinação com outras variáveis nos modelos multifatoriais. Métricas menos exploradas pela literatura, como o diferencial dos retornos de bolsa em relação aos Estados Unidos, também se mostraram relevantes, especialmente em países desenvolvidos, indicando que fluxos de *equity* e de câmbio tendem a se mover de forma sincronizada.

A análise comparativa entre os períodos pré e pós-crise financeira de 2008 revelou mudanças estruturais importantes na dinâmica dos fatores. Enquanto *carry* e momentum, inicialmente significativos para países emergentes, perderam força após a crise, a volatilidade global se tornou um fator de grande relevância no período pós-crise, particularmente para moedas de mercados emergentes. Esses achados sugerem uma transformação nas forças que moldam os mercados cambiais após eventos de estresse financeiro global.

O uso de modelos multifatoriais e o comparativo temporal ilustram as múltiplas possibilidades de aplicação das regressões de Fama-MacBeth, permitindo a construção de modelos mais robustos e detalhados. Especialmente em períodos de estresse de mercado, os potenciais benefícios do *factor investing* se destacam: diversificação, gestão de risco e potencial ampliação dos retornos. Embora este trabalho tenha se concentrado na identificação e análise dos fatores, existem diversas pesqui-

sas que buscam aplicar esses fatores para otimizar a gestão de portfólios, conforme discutido no capítulo de Revisão de Literatura.

As conclusões deste estudo têm implicações práticas substanciais para gestores de portfólio e participantes do mercado cambial. A identificação de fatores estatisticamente significativos, além de sua variação regional e temporal, fornece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de investimento mais sofisticadas e fundamentadas. A metodologia aplicada oferece um *framework* robusto para futuras investigações, contribuindo para o desenvolvimento do *factor investing* no mercado brasileiro.

7 Bibliografia

Sharpe, William F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance* 19.3 (1964): 425-442.

Ross, Stephen A., 1976. The arbitrage theory of capital asset pricing, *Journal of Economic Theory*, Elsevier, vol. 13(3), pages 341-360, December.

Fama, Eugene F., and Kenneth R. French. The cross-section of expected stock returns. *the Journal of Finance* 47.2 (1992): 427-465.

Fama, Eugene F., and Kenneth R. French. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of financial economics* 33.1 (1993): 3-56.

Carhart, Mark M. On persistence in mutual fund performance. *The Journal of finance* 52.1 (1997): 57-82.

Fama, Eugene F., and Kenneth R. French. A five-factor asset pricing model. *Journal of financial economics* 116.1 (2015): 1-22.

Jurczenko, Emmanuel, ed. *Factor investing: From traditional to alternative risk premia*. Elsevier, 2017.

Roncalli, Thierry. *Alternative Risk Premia: What Do We Know?*. *Factor Investing*. Elsevier, 2017. 227-264.

Litterman, R. and Scheinkman, J. Common Factors Affecting Bond Returns. *The Journal of Fixed Income*, 1 (1991), 54-61.

Baku, Elisa, et al. Factor investing in currency markets: does it make sense. *The Journal of Portfolio Management* 46.2 (2020): 141-155.

Lustig, Hanno, and Adrien Verdelhan. The cross section of foreign currency risk premia and consumption growth risk. *American Economic Review* 97.1 (2007): 89-117.

Lustig, Hanno, Nikolai Roussanov, and Adrien Verdelhan. Common risk factors in currency markets. *The Review of Financial Studies* 24.11 (2011): 3731-3777.

Markowitz, Harry. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7(1) (1952): 77-91.

Fama, Eugene F. Stock returns, real activity, inflation, and money. *The American economic review* 71.4 (1981): 545-565.

Fama, Eugene F., and James D. MacBeth. Risk, return, and equilibrium: Empirical tests. *Journal of political economy* 81.3 (1973): 607-636.

Coqueret, G., Guida, T. (2020). *Machine Learning for Factor Investing: R Version* (1st ed.). Chapman and Hall/CRC.

Ranganathan, Lakshmi, Harald Lohre, and Housseem Braham. An Integrated Approach to Currency Factor Investing. *Journal of Systematic Investing*, Forthcoming (2023).

Farhi, Emmanuel, et al. Crash risk in currency markets. No. w15062. National Bureau of Economic Research, 2009.

Caballero, Ricardo J., and Joseph B. Doyle. Carry Trade and Systemic Risk: Why are FX Options so Cheap?. No. w18644. National Bureau of Economic Research, 2012.

Kroencke, Tim Alexander, et al. GDP mimicking portfolios and the cross-section of stock returns. Available at SSRN 2258348 (2013).

Barroso, Pedro, and Pedro Santa-Clara. Beyond the carry trade: Optimal currency portfolios. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 50.5 (2015): 1037-1056.

Della Corte, Pasquale, Roman Kozhan, and Anthony Neuberger. The cross-section of currency volatility premia. *Journal of Financial Economics* 139.3 (2021): 950-970.

Turkington, David, and Alireza Yazdani. The equity differential factor in currency markets. *Financial Analysts Journal* 76.2 (2020): 70-81.

Belsley, David A., Edwin Kuh, and Roy E. Welsch. *Regression diagnostics: Identifying influential data and sources of collinearity*. John Wiley Sons, 2005.