Insper

REBALANCEAMENTO DE INVESTIMENTOS DE ACORDO COM O BUDGET DE RISCO DE CADA PORTFÓLIO

Amanda Ades (amanda.ades@al.insper.edu.br)
Eduardo Janes Vescovi (eduardojv@al.insper.edu.br)
Gabriel Yamashita (gabriely@al.insper.edu.br)
Leonardo Fernandes Farah Elias (leonardoffe@al.insper.edu.br)

Trabalho de Conclusão de Curso

Relatório
Versão Final
do Projeto Final de Engenharia

São Paulo-SP
NOVEMBRO 2023
Amanda Ades
Eduardo Janes Vescovi
Gabriel Yamashita
Leonardo Fernandes Farah Elias

REBALANCEAMENTO DE INVESTIMENTOS DE ACORDO COM O BUDGET DE RISCO DE CADA PORTFÓLIO

Relatório VF do Projeto Final de Engenharia

Relatório apresentado ao curso de Engenharia, como requisito para o Trabalho de Conclusão de Curso.

Professor Orientador: Prof. Leonidas Sandoval Junior

Mentor na Empresa: Guilherme Ghidetti

Coordenador TCC/PFE: Prof. Raul Ikeda Gomes da Silva

São Paulo - SP
NOVEMBRO 2023

Amanda Ades
Eduardo Janes Vescovi
Gabriel Yamashita
Leonardo Fernandes Farah Elias

REBALANCING INVESTMENTS ACCORDING TO THE RISK BUDGET OF EACH PORTFOLIO

Capstone Design Report
Report VF

Undergraduate Capstone Design Project Report submitted to the Engineering program (Computer/Mechanical/Mechatronic) in partial fulfillment of the requirements for the Bachelor's Degree in Engineering.

Advisor: Leonidas Sandoval Junior

Company Mentor: Guilherme Ghidetti
Course Coordinator TCC/PFE: Prof. Raul Ikeda Gomes da Silva

São Paulo - SP
September 2023

Amanda Ades
Eduardo Janes Vescovi
Gabriel Yamashita
Leonardo Fernandes Farah Elias

Relatório VF do Projeto Final de Engenharia

Projeto Final de Engenharia apresentado ao programa Graduação em Engenharia (Computação/Mecânica/Mecatrônica) como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof. Leonidas Sandoval Junior

Coorientador: Prof. Raul Ikeda Gomes da Silva

Banca Examinadora

_____

Leonidas Sandoval Junior

Insper

_____

Adalto Barbaceia Gonçalves

Insper

_____

Tiago Tavares

Insper

_____

Insper

Sumário

RESUMO....5
ABSTRACT....6
1. Introdução....7
1.1 Escopo do projeto....7
1.2 Recursos....8
1.3 Cronograma....8
1.4 Mapeamento dos stakeholders....9
1.5 Questões Éticas e Profissionais....9
1.6 Revisão do Estado da Arte....10
1.6.1 Rebalanceamento de uma Carteira....10
1.6.2 Limitações e Desafios do rebalanceamento de carteiras....11
1.6.3 Avaliação do desempenho da carteira e conceito de Benchmark....11
1.6.4 Tracking Error....13
2. Metodologia....13
2.1 Metodologia do Projeto....13
2.2 Etapas do Projeto....15
2.3 Coleta de dados para o projeto....16
2.3.1 Base de Dados Geral da Jera Capital (Classificadora)....17
2.3.2 Base de Dados Individual do Cliente....19
2.4 Análise dos Dados Coletados....22
2.4.1 Importação das bibliotecas necessárias....22
2.4.2 Leitura dos dados em planilha....23
2.4.3 Análise dos Ativos e Rebalanceamento....26
3. Resultados....33
4. Conclusões e trabalhos futuros....36
4.1 Iterações e trabalhos futuros....37
REFERÊNCIAS....38
APÊNDICE A....40
Teoria Moderna do Portfólio....40
Limitações e desafios do TMP....42
Cálculos....42
Fronteira Eficiente Inicial....45
Perfis de Investidores....46

RESUMO

Este projeto tem como objetivo realizar um reequilíbrio da carteira de investimentos de um cliente com base em seu perfil de risco. Atualmente, o processo de alocação de ativos na Jera Capital é conduzido manualmente e segue um calendário preestabelecido. A empresa enfrenta o desafio de internalizar esse procedimento, tornando-o contínuo e adaptado às necessidades individuais de cada cliente. Para atingir esse objetivo, será desenvolvida uma plataforma que analisa a posição atual do cliente e dá início ao processo de transações necessário. O propósito é realinhar a carteira de investimentos de acordo com a alocação alvo, enquanto se mantém dentro dos limites de risco estabelecidos pelo cliente. A linguagem de programação escolhida para esse fim, é o Python dado a familiaridade do grupo com ela e a facilidade de uso da ferramenta e capacidade dela de resolver problemas complexos com rapidez.

Palavras-chave: Carteira de investimentos; Rebalanceamento; Personalização; Python

ABSTRACT

The goal of this project is to perform a portfolio rebalancing for a client based on their risk profile. Currently, the asset allocation process at Jera Capital is carried out manually and follows a predetermined schedule. The company faces the challenge of internalizing this procedure, making it continuous and tailored to the individual needs of each client. To achieve this goal, a platform will be developed that analyzes the client's current position and initiates the necessary transaction process. The purpose is to realign the investment portfolio according to the target allocation while staying within the risk limits set by the client. Python has been chosen as the programming language for this purpose, given the group's familiarity with it, the tool's user-friendliness, and its ability to solve complex problems.

Keywords: Investment portfolio; Rebalancing; Customization; Python

1. Introdução

A Jera Capital é um escritório que atua no mercado financeiro como *multi-family office*. Deste modo, os clientes da Jera são famílias com patrimônio construído, que entram em contato para que esse capital seja investido com objetivo de investir seus recursos de maneira aconselhada ou com o objetivo de ampliar esse montante para as próximas gerações. Fundada em 2014, a empresa gere atualmente o valor de 2,5 bilhões de reais em *asset under management* (AUM), e pretende chegar a 20 bilhões de reais nos próximos 10 anos.

Muitos dos processos dentro da Jera ocorrem de maneira manual, e diversos deles requerem diversos encontros com os clientes e diversas análises das individualidades para relacionar o perfil do investidor com a gestão das carteiras. Atualmente, a empresa se encontra em um momento de tornar alguns de seus processos de uma forma mais automatizada. Nesse contexto, surge o Projeto Final de Engenharia com objetivo de realizar rebalanceamento de investimentos de acordo com o budget de risco de cada portfólio por meio de um programa, que irá permitir que a empresa corte caminho com essa etapa que atualmente é realizada de maneira manual.

Este projeto tem como objetivo desenvolver um software em Python que seja capaz de tornar automatizado o processo de decisão para rebalancear os investimentos, dado o perfil do investidor. Essa automação tem o propósito de otimizar o tempo e os recursos da empresa, uma vez que simplificará uma etapa crucial do processo de investimento. Importante ressaltar que o código de rebalanceamento gerará sugestões para a troca de ativos na carteira, contudo, a execução efetiva das trocas de ativos será realizada manualmente pela equipe da Jera.

1.1 Escopo do projeto

O escopo deste projeto envolve tornar mais automatizado o processo de rebalanceamento da empresa, bem como ajustar as carteiras a partir do perfil de risco do investidor.

Foge ao escopo deste projeto, traçar e analisar o perfil de risco dos investidores e individualizar o produto para diferentes clientes da Jera. Além disso, é importante destacar que a alocação de ativos, neste contexto, se resume à sugestão de ajustes, ficando a execução dessas sugestões fora do escopo, sendo realizada manualmente pela equipe da Jera. O foco

está na automação do processo de sugestão de rebalanceamento, sem envolver análises detalhadas de perfis ou implementação direta das sugestões.

1.2 Recursos

Para a realização desse projeto, a Jera Capital disponibilizou acesso às suas instalações. A linguagem de programação utilizada será o Python e serão utilizados softwares como o Google Colab, o Jupyter Notebook e o GitHub para a produção dos códigos. Além disso, a empresa disponibilizará uma base de dados para que o modelo seja testado para diversos perfis.

1.3 Cronograma

Para garantir o prosseguimento das tarefas individuais e coletivas, o grupo realizou encontros semanais com o seu orientador e encontros quinzenais com a empresa para o acompanhamento do projeto.

Datas-chave:

- Entrega de Relatório Preliminar: 28/08
- Entrega do Relatório Intermediário: 25/09
- Bancas Intermediárias: 05/10 a 11/10
- Apresentação opcional intermediária na organização: 16/10 à 20/10
- Entrega do Relatório Final (Grupo e Individual): 20/11
- Entrega do Vídeo (Grupo): 29/11
- Bancas Finais: 30/11 a 06/12
- Entrega do Banner (Grupo): 07/12
- Apresentação para Certificação Falconi: 13/12
- Apresentação formal final na organização: 11/12 à 15/12
- Entrega do Relatório Revisado (Grupo): 18/12
- Evento de encerramento do PFE: 18/12

1.4 Mapeamento dos stakeholders

O mapeamento dos stakeholders é apresentado na figura abaixo (Figura 1)

Figura 1: Mapeamento dos Stakeholders

Stakeholder	Posição	Papel no Projeto	Expectativas
Guilherme Ghidetti	CIO, Jera Capital	Responsável na empresa	Fornecer percepções importantes do mercado financeiro e dados necessários para a realização do projeto
Fernando Kahtalian	COO, Jera Capital	Responsável na empresa	Fornecer percepções importantes do mercado financeiro e dados necessários para a realização do projeto
Leonidas Sandoval	Professor, Insper	Orientador do projeto	Fornecer apoio para questões técnicas do projeto e para a gestão do projeto como um todo
Amanda Ades	Aluna, Insper	Desenvolvedor do projeto	Organização dos meios de comunicação do grupo, desenvolvimento do código.
Eduardo Vescovi	Aluno, Insper	Desenvolvedor do projeto	Organização dos meios de comunicação do grupo, desenvolvimento do código.
Gabriel Yamashita	Aluno, Insper	Desenvolvedor do projeto	Organização dos meios de comunicação do grupo, desenvolvimento do código.
Leonardo Elias	Aluno, Insper	Desenvolvedor do projeto	Organização dos meios de comunicação do grupo, desenvolvimento do código, comunicação com parceiros.

Fonte: Própria

1.5 Questões Éticas e Profissionais

Para este projeto, existem questões éticas importantes a serem consideradas no que se refere à privacidade dos clientes da Jera. São pessoas que depositaram sua confiança na empresa ao compartilhar seus dados e alocar uma parte de seu patrimônio para ser investido. Alguns clientes possuem uma quantidade elevada de capital em suas carteiras, e essa informação, se cair em mãos erradas, pode representar risco à sua segurança e ao seu bem estar.

Por isso, todo o cuidado será pouco para manter a privacidade dessas pessoas. Sendo assim, todas as informações das carteiras que solicitamos junto à Jera estão sendo entregues a nós com perfis anônimos dos investidores. Esta medida, inclusive, já é adotada internamente na própria empresa, como protocolo de anonimato e segurança.

Este não é o único cuidado que deverá ser tomado. Por mais que os nomes vinculados às carteiras estejam anônimos, ainda sim o grupo deverá tornar esses dados restritos aos

integrantes e aos stakeholders do projeto, para que não ocorram vazamentos das quantias com as quais estarão sendo trabalhadas.

Finalmente, o grupo irá produzir todo o produto final respeitando todas as questões éticas e de plágio do código que será produzido.

1.6 Revisão do Estado da Arte

1.6.1 Rebalanceamento de uma Carteira

A mescla de ativos dentro de uma carteira está sempre sujeita a flutuações inevitáveis, já que os rendimentos únicos de cada classe de ativo desempenham um papel nas proporções, levando a ajustes. Essas mudanças podem intensificar ou atenuar o nível de risco associado à carteira, e o processo de rebalanceamento surge como a prática de reajustar as ponderações no conjunto de ativos (SANTOS, 2022). O rebalanceamento de carteiras é uma estratégia de investimento projetada para manter a alocação de ativos alinhada aos objetivos financeiros do investidor ao longo do tempo (BODIE, 2015).

O rebalanceamento de ativos também é feito por questões estratégicas, e muitas vezes, gestores revistam carteiras para manter uma mistura constante de ativos, sempre mantendo como objetivo o target do investidor e o quanto ele está disposto a tomar riscos.

O processo de rebalanceamento pode ser considerado uma das partes mais desafiadoras de uma estratégia de alocação de ativos, pois vai contra a intuição natural do investidor. Ele implica vender parte dos investimentos que tiveram um bom desempenho e adquirir mais daqueles que tiveram quedas. Por exemplo, durante o início de 2009, quando o mercado estava significativamente abaixo do pico e os especialistas previam preços ainda mais baixos, a estratégia de rebalanceamento exigiria a compra de ações. Isso significa que os investidores que seguiram essa estratégia foram recompensados com retornos acima da média até o final de 2009, demonstrando a eficácia do rebalanceamento consistente, mesmo que parecesse contraintuitivo naquele momento (FERRI, 2010).

Diversas abordagens de gatilhos para o rebalanceamento de uma carteira estão disponíveis. O rebalanceamento periódico, uma prática amplamente adotada, consiste na revisão regular da composição da carteira em intervalos pré-determinados para garantir conformidade com as metas estabelecidas. Essa estratégia implica a análise das alocações de investimento em tempos fixos e o ajuste para a alocação original conforme necessário. Outro

gatilho frequente está relacionado a desvios significativos em relação à alocação inicial. Por exemplo, ao definir um limite de rebalanceamento absoluto de +-/5%, se a meta for 60% em ações e 40% em renda fixa, o investidor realizará o rebalanceamento quando as alocações atingirem 65% em ações/35% em renda fixa ou 55% em ações/45% em renda fixa. Essas estratégias oferecem flexibilidade e permitem uma resposta dinâmica às condições do mercado (SANTOS, 2022).

Existem diversas categorias amplas de ativos de investimento, tais como ações, obrigações, imóveis, commodities, entre outras. No processo de construção de suas carteiras, os investidores enfrentam duas decisões distintas. A alocação de ativos envolve a escolha entre as diferentes categorias amplas de ativos, enquanto a seleção de títulos refere-se à decisão de quais títulos específicos devem ser incluídos dentro de uma determinada classe de ativos.

1.6.2 Limitações e Desafios do rebalanceamento de carteiras

O rebalanceamento de uma carteira de investimentos apresenta diversos riscos. O rebalanceamento pode gerar custos significativos de transação, especialmente se realizado com frequência ou em momentos inoportunos do mercado. As taxas de corretagem, impostos sobre ganhos de capital e outros custos associados à compra e venda de ativos podem reduzir os retornos líquidos da carteira. Além disso, o rebalanceamento pode resultar em implicações fiscais, visto que as vendas de ativos podem desencadear ganhos ou perdas tributáveis, impactando as obrigações fiscais do investidor (BERNSTEIN, 2010).

Outro risco está relacionado às decisões emocionais dos investidores durante o rebalanceamento. Em períodos de extrema volatilidade ou mudanças abruptas no mercado, os investidores podem ser influenciados por emoções como o medo ou a ganância, levando a decisões impulsivas que podem prejudicar a estratégia de investimento planejada (BERNSTEIN, 2010). Essas oscilações emocionais podem resultar em um rebalanceamento inadequado da carteira, afastando-a da alocação ideal de ativos pretendida inicialmente.

1.6.3 Avaliação do desempenho da carteira e conceito de Benchmark

Para a realização de investimentos, envolvem-se várias etapas no processo, desde a constituição da política de investimento da empresa até a montagem do portfólio e a análise

do desempenho desses ativos, com o objetivo de realizar o rebalanceamento que irá oferecer o maior lucro para a carteira.

Um importante meio para realizar a avaliação do desempenho do portfólio é a indexação de cada classe de ativo a um benchmark, para assim comparar a rentabilidade dos ativos selecionados com a rentabilidade deste outro portfólio comparativo, que representaria os índices de desempenho padrão do mercado.

Em adição a isso, levando em consideração teorias do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (MPAF) e de Portfólio de Markowitz (Apêndice A), nas quais o risco é tido como um dos principais critérios para avaliar e gerir as carteiras de investimentos, a noção do benchmark exerce um papel importante para medir o seu desempenho, uma vez que o risco, por si só, não pode ser considerado como um parâmetro para definir se o desempenho do portfólio está adequado ou não (CORREIA; NEVES, 2013).

1.6.3.1 Diferentes tipos de Benchmark

Dentre os principais tipos de Benchmark adotados pelo mercado e estudados para o prosseguimento do projeto, destacam-se os seguintes:

- Certificado de Depósito Interbancário (CDI): O CDI consiste em um papel de curtíssimo prazo emitido entre instituições financeiras para que estas possam gerar fluxo de caixa no período de um dia. Devido ao baixo nível de incerteza que este tipo de título carrega consigo, é o indicador mais utilizado como Benchmark para ativos de renda fixa.
- Índice BOVESPA (IBOVESPA): O IBOVESPA é um índice que representa o desempenho das principais empresas que negociam suas ações na Bolsa de Valores. Por seu caráter de indicar o andamento das cotações de ações das empresas de maior volume na Bolsa, o IBOVESPA é comumente utilizado como Benchmark para investimentos em renda variável no mercado brasileiro.
- Standard & Poor's 500 (S&P500): Semelhante ao IBOVESPA no Brasil, o S&P500 mede o desempenho das 500 empresas de maior volume em duas das principais bolsas de valores dos Estados Unidos da América. Sendo assim, o S&P500 se caracteriza como um possível Benchmark para investimentos em renda variável internacional.

- IFIX: O IFIX é um índice da Bolsa de Valores que reflete o desempenho médio de fundos de investimentos imobiliários nela listados. Dessa maneira, o IFIX é frequentemente associado como Benchmark para o mercado de *Real Estate* (mercado imobiliário).

Vale acrescentar que esses benchmarks são exemplos e foram objetos de estudo para a realização do projeto. Na execução do código, serão utilizados os benchmarks indicados pela empresa para cada classe de ativo, presentes em uma base de dados estática com série de retornos históricos, que foi fornecida ao grupo.

1.6.4 Tracking Error

A partir do momento em que a empresa possui em mãos o portfólio de um cliente, e aliado a isso, estabelece os *benchmarks* atrelados aos ativos presentes na carteira em questão, o tracking error surge como uma ferramenta valiosa para realizar o supracitado acompanhamento do desempenho deste portfólio. Esse índice representa o nível de proximidade com o qual um portfólio ou uma classe de ativos dentro de um portfólio se comporta com relação ao seu respectivo *benchmark*, e é medido a partir do desvio padrão da diferença entre os retornos do portfólio e do *benchmark*, normalizados para o período de tempo desejado (CALDEIRA; PORTUGAL, 2010).

$$TE_{período\ i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \tag{1}$$

Com esta medida, a empresa consegue ter um norte de quais ativos estão tendo um comportamento mais próximo ou mais distante do esperado para aquela classe e, com isso, pode decidir com mais embasamento se aquele ativo deve ter seus números aumentados ou diminuídos daquela carteira.

2. Metodologia

2.1 Metodologia do Projeto

O grupo julgou que estabelecer uma metodologia para o projeto é fundamental para o bom andamento das metas e expectativas com os clientes. Uma metodologia fornece uma estrutura organizacional e ajuda a definir o planejamento que será executado com uma abordagem clara e organizada para atingir os objetivos.

Dessa forma, a metodologia ágil escolhida pelo grupo em conjunto com o cliente foi o Scrum, que se destaca por sua capacidade de ajudar as equipes a colocarem em prática muitos princípios que trazem benefícios para o gerenciamento do projeto.

O grupo internamente, em conjunto com o orientador, determinou uma estrutura clara de organização dividindo em ciclos de trabalhos (“Sprint”) as tarefas. Foi estabelecido um prazo de 15 dias para cada uma das reuniões com os responsáveis da empresa, e uma duração média de 7 dias para cada um dos sprints internos da equipe, desmarcados pelas reuniões semanais com o orientador. Desse modo, é possível o grupo passar por dois sprints e várias entregas intermediárias e internas antes da reunião com o cliente.

De uma forma geral, dividiu-se cada sprint de acordo com um critério. Com sprint tem uma duração fixa e composta por etapas bem definidas, como planejamento, execução e revisão e os membros da equipe estão tendo reuniões diárias curtas chamadas de "daily stand-ups" para manter todos informados sobre o progresso e os obstáculos.
Normalmente, uma semana normal do projeto está sendo dividida da seguinte forma:

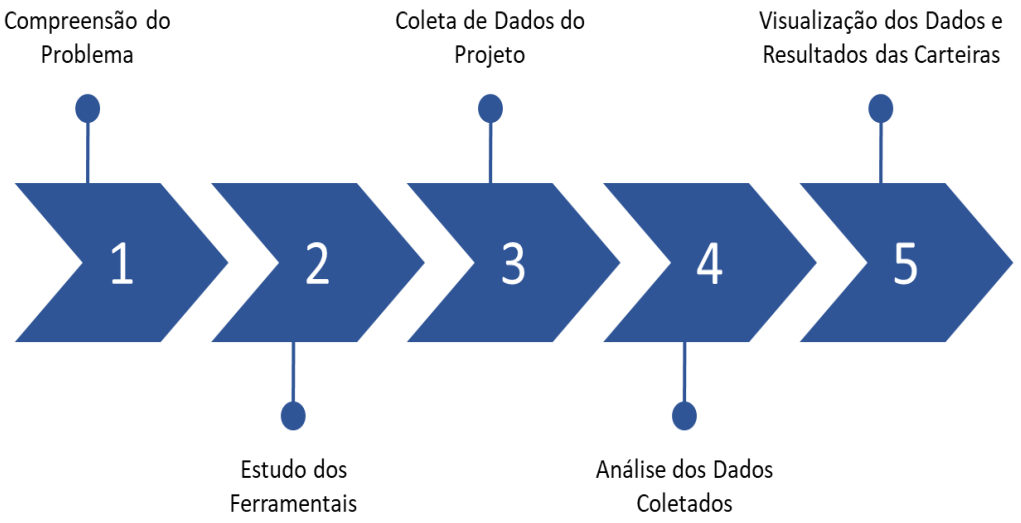
1) **Reunião de alinhamento**: com duração curta (aproximadamente 15/30min), é a primeira reunião da equipe da semana para alinhar quais serão as respectivas tarefas e qual é o nível de importância e o tempo estimado de término.
2) **Execução**: após definir quais serão as respectivas responsabilidades, com duração de aproximadamente 1 - 4 dias, esse é um momento em que cada um dos integrantes do grupo trabalham individualmente em suas obrigações.
3) **Revisão**: reunião de curta duração ao final do sprint que tem como objetivo de entender quais foram as metas cumpridas e o que de fato foi feito. É um momento para revisar tudo que foi feito e o que poderia ser melhorado e ajustado para o próximo sprint.

Dessa forma, em resumo, o Scrum está sendo uma metodologia que está promovendo certa agilidade, a comunicação eficiente e o controle de qualidade. Ao implementar o Scrum, a equipe responde de forma eficiente às mudanças e aprimora continuamente seus processos.

O projeto foi dividido em 5 etapas diferentes (figura 2), as quais o grupo determinou que seriam ser cumpridas ao longo do trabalho.

2.2 Etapas do Projeto

Figura 2: Etapas da Metodologia do Projeto



Fonte: Própria

Inicialmente, após exposição à problemática proposta pela companhia, os embasamentos do grupo vieram de percepções em conjunto com a empresa e pesquisas extras.

No entanto, para de fato compreender o problema a ser resolvido, o grupo partiu para um contato direto com a companhia que enfrenta mensalmente a dor que se pretende resolver, entendendo assim o seu comportamento geral e percepções quanto à automatização do processo de escolha de investimentos para o balanceamento de um portfólio.

Dessa forma, um roteiro de entrevistas foi elaborado de maneira que os membros da companhia pudessem expressar para o grupo quais são as atuais formas de escolher os ativos para o balanceamento correto do portfólio dos clientes.

Foi exibido ao grupo que atualmente o processo de rebalanceamento dos ativos das carteiras dos clientes da companhia é feito de forma manual e com poucos embasamento técnico para o rebalanceamento. Dessa forma, o objetivo do projeto é criar um algoritmo que consiga trazer resultados de forma automatizada, com viés técnico que leva em consideração cenários macroeconômicos e análises fundamentalista dos ativos em questão.

O *software* será desenhado para que a empresa realize o *input* de um portfólio de investimentos de um de seus clientes. Junto desse portfólio, haverá a política de investimento da empresa para aquela carteira, que contará com o nome de cada ativo, a posição atual, a alocação tática e a estratégica para cada ativo. Por orientação da empresa, o alvo da carteira rebalanceada será a alocação tática.

A partir disso, o programa será responsável por tratar esse portfólio, juntamente com toda a base de dados fornecida, e mapear de maneira automatizada os ativos que necessitam de rebalanceamento. É possível observar que, em alguns cenários, a composição atual das carteiras dos clientes irá se diferenciar do alvo mapeado pela Jera, evidenciando a necessidade que sua posição seja ajustada. Para deixar a análise ainda mais completa, isso será realizado a partir do *tracking error*, que indica se a carteira está se comportando como o esperado a partir de um *benchmark*. Assim, se o índice de *tracking error* da carteira estiver mais alto do que o índice determinado pela empresa através de *input* no código, será indicado o rebalanceamento. Vale ressaltar que o *tracking error* também permitirá a gestora mapear cada portfólio de acordo com o perfil de risco do cliente, uma vez que investidores mais moderados indicarão uma carteira com menor *tracking error*, enquanto investidores mais arrojados poderão apresentar maiores índices dentro do seu portfólio.

Outro ponto relevante que deve ser ressaltado, e que ficou alinhado com a empresa, é a questão do rebalanceamento desnecessário dos ativos, o que implicaria em um custo de transação muito alto. Isto é, ativos que estão com sua posição pouco distante da alocação tática não precisam necessariamente ter sua quantia alterada. Pensando nisso, o programa utilizou o método *contribution to risk*, que o tornará capaz de estabelecer uma ordem de prioridade para facilitar a tomada de decisão da empresa de quais ativos devem ser realocados.

2.3 Coleta de dados para o projeto

No âmbito do trabalho, o grupo propôs uma análise detalhada e um rebalanceamento da carteira de investimentos gerida pela Jera Capital. Levando em conta os objetivos do projeto e visando o rebalanceamento das carteiras dos clientes, as bases de dados fornecidas ao grupo são fundamentais para uma coleta e análise criteriosa dos dados.

A obtenção de informações precisas e abrangentes é crucial para fundamentar as decisões de investimento. Nesse contexto, nessa etapa será abordado a metodologia empregada na coleta de dados, destacando a importância da colaboração efetiva dos clientes

no fornecimento de informações relevantes sobre suas metas, tolerâncias a riscos e preferências de investimento dos respectivos clientes.

A seguir, apresentaremos de forma detalhada os prints das bases de dados fornecidas pela equipe da Jera Capital, delineando a estrutura e a variedade de informações disponíveis.

2.3.1 Base de Dados Geral da Jera Capital (Classificadora)

A primeira base de dados (tabela 1) fornecida para o projeto consiste em uma abrangente compilação de todos os instrumentos de investimento disponíveis para os clientes do Family Office Jera Capital. Esta base abrange uma variedade de classes de ativos, incluindo fundos de investimento, títulos de renda fixa, ações, entre outros. Cada entrada na base de dados reflete as características específicas de cada instrumento de investimento, como risco associado, tipo de investimento, liquidez das aplicações e outras métricas relevantes. Importante ressaltar, que em nenhuma base de dados fornecida, o grupo teve acesso a rentabilidade histórica dos fundos e aplicações financeiras apenas dos seus respectivos benchmarks.

Na tabela abaixo (tabela 1), serão usados exemplos fictícios para manter em sigilo dados operacionais da empresa e dos portfólios dos clientes.

Tabela 1: Exemplo Reduzido e Fictício da Base Classificadora

Classe de Ativo	Geografia	Tipo de Investimento	Ativo	Benchmark
Private Equity	Internacional	Fundo de investimentos	A	Benchmark A
Renda Fixa	Brasil	Títulos	B	Benchmark B
Renda Variável	Internacional	Ações	C	Benchmark C
Renda Fixa	Brasil	Títulos	D	Benchmark B
Real Estate	Brasil	Fundo de investimentos	E	Benchmark D
Private Equity	Brasil	Fundo de investimentos	F	Benhcmark E
Renda Fixa	Brasil	Títulos	G	Benchmark B
Renda Variável	Brasil	Ações	H	Benchmark F
Private Equity	Internacional	Fundo de investimentos	A	Benchmark A

Fonte: Jera Capital (adaptada)

A amplitude dessa base permite uma análise abrangente das opções de investimento disponíveis, possibilitando a identificação das aplicações financeiras, características específicas de cada ativo e relação dos ativos com respectivos benchmarks já existentes no mercado. Essa base serve como um guia fundamental para a construção e otimização das

carteiras dos clientes da Jera, oferecendo uma visão holística do universo de investimentos acessíveis.

2.3.1.1 Árvore de classificação

Para que seja possível associar cada classe de ativo com o respectivo *benchmark* adotado pela empresa, há uma base de dados que contém essa relação. Além disso, nessa mesma base de dados, também consta os retornos históricos de cada um destes *benchmarks*, conforme apresentado nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Base de dados Reduzida contendo série de retorno histórico dos benchmarks para cada classe de ativo, parte 1

Data	Renda Fixa Brasil CDI	Renda Fixa Brasil Crédito Pós-Fixado	Renda Fixa Brasil Pré-Fixado	Renda Fixa Brasil Inflação	Renda Fixa Internacional Cash Equivalent	Renda Fixa Internacional Pré-Fixado	Renda Fixa Internacional Inflação	Renda Fixa Internacional Crédito
29/01/2021	0,15%	0,37%	-1,39%	-0,85%	0,01%	-0,54%	0,28%	-0,03%
26/02/2021	0,13%	0,51%	-2,01%	-1,52%	0,01%	-1,56%	-1,84%	0,13%
31/03/2021	0,20%	0,63%	-1,45%	-0,46%	0,01%	-0,39%	-0,27%	-0,32%
30/04/2021	0,21%	0,56%	1,12%	0,65%	0,01%	0,26%	1,49%	1,48%
31/05/2021	0,27%	0,44%	0,20%	1,06%	0,00%	0,22%	1,23%	0,61%
30/06/2021	0,30%	0,55%	0,22%	0,42%	0,00%	0,49%	0,70%	0,82%
30/07/2021	0,36%	0,66%	-0,83%	-0,37%	0,00%	1,24%	2,81%	0,11%
31/08/2021	0,42%	0,73%	-1,11%	-1,09%	0,01%	-0,20%	-0,21%	0,75%
30/09/2021	0,44%	0,73%	-0,73%	-0,13%	0,01%	-0,94%	-0,78%	-0,72%
29/10/2021	0,48%	0,68%	-3,44%	-2,54%	-0,01%	-0,26%	1,18%	-0,53%
30/11/2021	0,59%	0,65%	2,19%	3,47%	0,00%	0,71%	1,00%	-1,40%
31/12/2021	0,76%	0,83%	2,29%	0,22%	-0,01%	-0,41%	0,31%	1,64%
31/01/2022	0,73%	0,86%	-0,50%	-0,73%	-0,05%	-1,57%	-2,22%	-2,24%
28/02/2022	0,75%	0,94%	0,48%	0,54%	-0,01%	-1,33%	0,82%	-2,42%
31/03/2022	0,92%	1,12%	0,81%	3,07%	-0,04%	-2,16%	-1,93%	-0,62%
29/04/2022	0,83%	1,02%	-0,53%	0,83%	-0,01%	-2,69%	-2,18%	-3,51%
31/05/2022	1,03%	1,23%	0,39%	0,96%	0,09%	-0,14%	-1,22%	-0,35%
30/06/2022	1,01%	1,15%	0,09%	-0,36%	-0,09%	-1,52%	-3,30%	-6,99%
29/07/2022	1,03%	1,13%	1,20%	-0,88%	0,09%	2,55%	4,53%	4,52%
31/08/2022	1,17%	1,33%	2,60%	1,10%	0,12%	-2,61%	-2,69%	-1,15%
30/09/2022	1,07%	1,30%	1,58%	1,48%	0,09%	-3,21%	-6,87%	-4,53%
31/10/2022	1,02%	1,20%	0,92%	1,23%	0,14%	-0,34%	1,26%	1,98%
30/11/2022	1,02%	1,14%	-1,42%	-0,79%	0,32%	2,55%	1,92%	4,27%
30/12/2022	1,12%	1,25%	1,62%	-0,19%	0,40%	-1,18%	-1,05%	0,04%
31/01/2023	1,12%	-0,24%	0,72%	0,00%	0,34%	2,30%	1,91%	3,86%
28/02/2023	0,92%	-0,30%	0,79%	1,28%	0,29%	-1,60%	-1,38%	-1,40%
31/03/2023	1,17%	0,76%	2,67%	2,66%	0,53%	2,22%	2,92%	0,48%
28/04/2023	0,92%	0,82%	1,25%	2,02%	0,31%	0,51%	0,07%	0,35%
31/05/2023	1,12%	1,54%	2,85%	2,53%	0,31%	-0,39%	-1,19%	-0,48%
30/06/2023	1,07%	1,35%	2,65%	2,39%	0,43%	-0,06%	-0,29%	2,12%
31/07/2023	1,07%	1,44%	0,82%	0,81%	0,42%	0,03%	0,06%	1,77%
31/08/2023	1,14%	1,90%	0,59%	-0,38%	0,45%	-0,13%	-0,94%	-0,17%
29/09/2023	0,97%	1,33%	-0,15%	-0,95%	0,44%	-1,72%	-1,93%	-1,06%
31/10/2023	1,00%	1,26%	0,12%	-0,66%	0,45%	-0,71%	-0,82%	-0,88%

Fonte: Jera (adaptada)

Tabela 3: Base de dados Reduzida contendo série de retorno histórico dos benchmarks para cada classe de ativo, parte 2.

Retorno Absoluto Brasil	Retorno Absoluto Internacional	Renda Variável Brasil	Renda Variável Internacional	Private Equity Brasil	Private Equity Internacional	Real Estate Brasil	Real Estate Internacional	Commodities
-0,87%	1,22%	-3,32%	-0,99%	-3,43%	0,00%	0,32%	-1,08%	4,94%
0,50%	3,67%	-4,37%	2,56%	-1,84%	0,00%	0,25%	4,23%	10,58%
0,48%	0,77%	6,00%	3,33%	4,56%	10,41%	-1,38%	2,78%	-2,15%
1,28%	2,21%	1,94%	4,65%	4,38%	0,00%	0,51%	5,56%	8,23%
1,21%	1,34%	6,16%	1,44%	6,32%	0,00%	-1,56%	1,75%	2,52%
0,70%	0,54%	0,46%	1,49%	1,29%	13,47%	-2,19%	0,46%	4,29%
-1,54%	-0,91%	-3,94%	1,79%	-5,80%	0,00%	2,51%	2,60%	1,57%
0,12%	0,76%	-2,48%	2,49%	-3,82%	0,00%	-2,63%	1,66%	-2,30%
0,15%	-0,24%	-6,57%	-4,15%	-6,43%	5,97%	-1,24%	-5,50%	6,03%
-0,73%	1,32%	-6,74%	5,66%	-12,53%	0,00%	-1,47%	5,27%	5,80%
-0,49%	-2,00%	-1,53%	-2,19%	-2,29%	0,00%	-3,64%	-2,20%	-10,82%
1,25%	1,15%	2,85%	4,27%	3,80%	5,70%	8,78%	6,05%	7,59%
1,26%	-2,05%	6,98%	-5,29%	3,42%	0,00%	-0,99%	-5,02%	11,63%
1,21%	-0,13%	0,89%	-2,53%	-5,19%	0,00%	-1,29%	-2,42%	8,77%
3,55%	1,23%	6,06%	2,74%	8,81%	-0,35%	1,42%	4,28%	9,63%
1,36%	-1,38%	-10,10%	-8,31%	-8,36%	0,00%	1,19%	-5,24%	5,12%
1,10%	-0,54%	3,22%	0,08%	-1,82%	0,00%	0,26%	-4,21%	5,07%
-0,39%	-2,85%	-11,50%	-8,66%	-16,33%	-4,96%	-0,88%	-8,34%	-7,64%
0,72%	1,27%	4,69%	7,94%	5,16%	0,00%	0,66%	6,96%	-0,04%
2,44%	0,45%	6,16%	-4,18%	10,90%	0,00%	5,76%	-6,01%	-2,68%
1,49%	-2,41%	0,47%	-9,30%	-1,84%	-0,26%	0,49%	-12,04%	-7,80%
1,34%	1,39%	5,45%	7,18%	7,30%	0,00%	0,02%	2,07%	6,70%
-1,52%	1,21%	-3,06%	6,95%	-11,23%	0,00%	-4,15%	7,97%	-1,71%
0,40%	-0,29%	-2,45%	-4,25%	-3,01%	0,90%	0,00%	-2,47%	-1,38%
1,15%	2,66%	3,37%	7,08%	2,92%	0,00%	-1,60%	8,63%	-0,09%
-0,19%	-0,64%	-7,49%	-2,40%	-10,52%	0,00%	-0,45%	-4,47%	-3,83%
-0,15%	-0,80%	-2,91%	3,09%	-1,74%	2,69%	-1,69%	-2,91%	-1,07%
0,81%	0,24%	2,50%	1,75%	1,91%	0,00%	3,52%	1,90%	-0,76%
0,81%	-0,20%	3,74%	-1,00%	13,54%	0,00%	5,43%	-4,75%	-6,11%
1,51%	2,20%	9,00%	6,05%	8,17%	2,76%	4,71%	3,36%	4,39%
1,47%	0,52%	3,27%	3,36%	3,12%	0,00%	1,33%	4,07%	10,74%
-0,73%	0,33%	-5,09%	-2,39%	-7,43%	0,00%	0,49%	-3,65%	0,60%
0,01%	-0,10%	0,71%	-4,31%	-2,84%	0,00%	0,20%	-5,66%	4,12%
-0,86%	-0,82%	-2,94%	-2,90%	-7,40%	0,00%	-1,97%	-4,80%	-4,18%

Fonte: Jera (adaptada)

As séries acima contém os retornos históricos de cada benchmark desde o ano de 2012 até outubro de 2023.

Portanto, a partir dos dados supracitados, é possível realizar o cálculo do *tracking error* da carteira com base nos valores passados da base estática que foi fornecida.

2.3.2 Base de Dados Individual do Cliente

A segunda base de dados consiste em informações detalhadas sobre cada cliente específico do Family Office. Essa base inclui alocações táticas e estratégicas de cada cliente, indicando como os recursos são distribuídos entre as diferentes classes de ativos presentes na base de dados geral. Além disso, são registrados os objetivos financeiros individuais de cada cliente, estabelecendo metas específicas para cada tipo de investimento, os chamados *targets*.

A empresa divide a carteira em 3 posições: estratégica, tática e atual, sendo a última a posição que o portfólio do cliente atualmente se encontra. Por orientação da empresa, o *target* a ser atingido será a alocação tática.

Essa base de dados proporciona uma visão personalizada das carteiras de investimento de cada cliente, permitindo uma análise detalhada do desempenho em relação aos objetivos estabelecidos. Essa abordagem individualizada é essencial para o processo de rebalanceamento da carteira, pois considera as necessidades e metas específicas de cada investidor, contribuindo para uma gestão de portfólio mais eficaz e personalizada.

Dentro dessa segunda base de dados, a estrutura é subdividida em três partes distintas:

1) Alocações Atuais do Cliente

Esta seção da base de dados detalha as alocações atuais do cliente nos diferentes ativos e classes de investimento. Oferece uma visão instantânea da composição atual da carteira do investidor, destacando a proporção de recursos alocados em fundos, ações, renda fixa e outras categorias de investimento. Essa parte fornece insights valiosos sobre as decisões de alocação de curto prazo tomadas pelos clientes, refletindo as condições e preferências atuais do mercado.

Tabela 4: Exemplo Fictício da Base Posições Atuais

Portfólio		Financeiro	%
Renda Fixa Tipo 1	R$	3.080.000,00	22,00%
Renda Fixa Tipo 2	R$	1.960.000,00	14,00%
Renda Fixa Tipo 3	R$	70.000,00	0,50%
Renda Fixa Tipo 4	R$	980.000,00	7,00%
Renda Fixa Tipo 5	R$	70.000,00	0,50%
Renda Fixa Tipo 6	R$	70.000,00	0,50%
Renda Fixa Tipo 7	R$	910.000,00	6,50%
Renda Fixa Tipo 8	R$	70.000,00	0,50%
Retorno Absoluto Tipo 1	R$	1.260.000,00	9,00%
Retorno Absoluto Tipo 2	R$	-	0,00%
Renda Variável Tipo 1	R$	1.680.000,00	12,00%
Renda Variável Tipo 2	R$	700.000,00	5,00%
Private Equity Tipo 1	R$	1.120.000,00	8,00%
Private Equity Tipo 2	R$	1.120.000,00	8,00%
Real Estate Tipo 1	R$	560.000,00	4,00%
Real Estate Tipo 2	R$	280.000,00	2,00%
Commodities Tipo 1	R$	70.000,00	0,50%
Total	R$	14.000.000,00	100,00%

Fonte: Jera Capital (adaptada)

2) Metas de Alocação (Target)

A segunda parte da base de dados concentra-se nas metas de alocação ou "targets", conforme apresentado na tabela 5. Aqui, são registrados os objetivos específicos de alocação desejados para cada tipo de aplicação. Essas metas representam as preferências estratégicas de longo prazo de cada cliente, indicando a distribuição ideal de recursos para alcançar seus objetivos financeiros. Comparar as alocações atuais com essas metas ajuda a identificar discrepâncias e orienta o processo de rebalanceamento, visando alinhar a carteira com as intenções estratégicas do investidor.

Tabela 5: Exemplo Fictício da Base Metas da Alocação

Ativo	Min	Max	Estratégico	Tático	Atual
Renda Fixa Tipo 1	5,50%	30,00%	7,50%	14,50%	22,00%
Renda Fixa Tipo 2	0,00%	18,00%	9,00%	9,00%	14,00%
Renda Fixa Tipo 3	0,00%	10,00%	4,00%	0,00%	0,50%
Renda Fixa Tipo 4	0,00%	13,00%	8,50%	11,50%	7,00%
Renda Fixa Tipo 5	0,00%	5,50%	0,00%	0,50%	0,50%
Renda Fixa Tipo 6	0,00%	5,00%	0,00%	1,00%	0,50%
Renda Fixa Tipo 7	0,00%	5,00%	0,00%	0,50%	6,50%
Renda Fixa Tipo 8	0,00%	10,00%	5,00%	5,00%	0,50%
Retorno Absoluto Tipo 1	0,00%	20,00%	10,00%	10,00%	9,00%
Retorno Absoluto Tipo 2	0,00%	10,00%	5,00%	1,00%	0,00%
Renda Variável Tipo 1	8,00%	30,00%	15,00%	15,00%	12,00%
Renda Variável Tipo 2	5,50%	15,00%	7,50%	5,00%	5,00%
Private Equity Tipo 1	0,00%	10,00%	3,00%	3,50%	8,00%
Private Equity Tipo 2	17,50%	35,00%	22,50%	22,50%	8,00%
Real Estate Tipo 1	0,00%	5,00%	1,00%	1,50%	4,00%
Real Estate Tipo 2	0,00%	10,00%	4,50%	3,00%	2,00%
Commodities Tipo 1	0,00%	5,00%	0,00%	0,50%	0,50%

Fonte: Jera Capital (adaptada)

3) Metas de Alocação por Mercado

A terceira parte da base de dados amplia ainda mais o escopo, fornecendo metas de alocação mais abrangentes para o mercado em geral, conforme apresentado na tabela 6. Isso implica estabelecer objetivos específicos para cada classe de ativo em termos de sua contribuição para o portfólio global do cliente. Por exemplo, definir a porcentagem desejada de exposição a mercados nacionais, mercados internacionais, ou outros segmentos

específicos. Essa perspectiva mais ampla auxilia na gestão do risco e na diversificação, alinhando as estratégias de investimento dos clientes com as condições macroeconômicas e as tendências de mercado.

Tabela 6: Exemplo Fictício da Base Metas das Alocações por Mercado

Alocação Estratégica por Mercado	**%**
Renda Fixa	34,50%
Retorno Absoluto	12,00%
Renda Variável	20,50%
Private Equity	27,50%
Real Estate	5,50%
Commodities	0,00%
Alocação Estratégica por Geografia	**%**
Brasil	59,50%
Internacional	40,50%

Fonte: Jera Capital (adaptada)

Ao integrar essas três perspectivas na análise da carteira de cada cliente, o Family Office pode formular estratégias de rebalanceamento mais refinadas e alinhadas com as metas financeiras individuais, promovendo uma abordagem mais eficaz na gestão de portfólios.

2.4 Análise dos Dados Coletados

2.4.1 Importação das bibliotecas necessárias

O primeiro passo para dar início ao projeto é a criação de variáveis para facilitar o *setup* do código e o *upload* dos documentos necessários, conforme apresentado na figura 3. Em seguida, ocorre a importação das bibliotecas do Python que serão utilizadas ao longo do processo, conforme apresentado na figura 4. As linhas de código são responsáveis por, primeiramente, desativar avisos relacionados à biblioteca *Pandas*, e em seguida padronizar os formatos de data e visualização de moeda para os moldes brasileiros.

Figura 3: upload dos documentos

```
PATH = './src'
CLIENT_PATH = f'{PATH}/Clientes'

portfolioCliente = 'Portfolio Global - KING.xlsx'
databaseFundos = 'New_query_2023_11_16 (1).xlsx'
historicoBenchmarks = 'arvore_classificacao_insper.xlsx'
```

Fonte: Própria

Figura 4: importação das bibliotecas

```
import re
import locale
import numpy as np
import pandas as pd
import openpyxl as xl
from skimage.measure import label, regionprops

pd.options.mode.chained_assignment = None  # default='warn'
locale.setlocale(locale.LC_ALL, 'pt-BR.utf-8')
```

Fonte: Própria

Para dar início, foram importadas as seguintes bibliotecas:

- *import re:* Importa biblioteca *Regular Expressions Operations*, que permite a manipulação de *strings*;
- *import locale:* Importa biblioteca *locale*, que possibilita adaptar e padronizar formatações de diferentes regiões do mundo;
- *import numpy*: Importa biblioteca *NumPy*, que serve contém diversas funcionalidades matemáticas e serve para processar matrizes;
- *import pandas:* Importa biblioteca *Pandas*, útil para manipulação e visualização de dados em tabelas;
- *import openpyxl:* Importa biblioteca *openpyxl*, útil para leitura, visualização e edição de arquivos de planilhas a partir do Python;
- *import label, regionprops:* Importa da biblioteca *scikit-image* funcionalidades que permitem ler diferentes tabelas dentro de uma planilha.

2.4.2 Leitura dos dados em planilha

Os dados fornecidos pela empresa se encontram todos em planilhas do Excel, no formato .xlsx. Portanto, o programa em Python deve ser capaz de abrir e ler os dados nesses arquivos.

No código abaixo (figura 5), o programa deve obter os arquivos *inputados* pela empresa e separá-los pelos nomes das respectivas planilhas. Em seguida, deve ler o arquivo contendo um portfólio de um cliente da Jera e armazená-lo na variável “carteira”, bem como associar a política de investimento à variável “política” e a base de dados de todos os fundos nos quais a empresa investe na variável “database”, esta última partindo de uma outra planilha fornecida pela gestora.

Figura 5: leitura das planilhas

```python
# Recebe Caminho do Arquivo, e Nome do Arquivo

def getSheetNames(path, file):
    excel_file = f'{path}/{file}'
    wb = xl.load_workbook(excel_file)

    if len(wb.sheetnames) == 1:
        return [wb.sheetnames[0]]
    else:
        return wb.sheetnames
```

```python
# Carteira Portfólio Cliente
nameClient = getSheetNames(CLIENT_PATH, portfolioCliente)
substrings_to_check = ['carteira', 'política', 'politica']
nameClient = [name for name in nameClient if any(substring in name.lower() for substring in substrings_to_check)]
clientCarteira, clientPolitica = nameClient[0], nameClient[1]

# Base de Dados dos Fundos
nameResult = getSheetNames(PATH, databaseFundos)
result = nameResult[0]

# Árvore Classificação Insper
nameClass = getSheetNames(PATH, historicoBenchmarks)
classBenchmarks, classRetornos = nameClass[0], nameClass[1]
```

```python
# Carteira do Cliente:
carteira = pd.read_excel(f'{CLIENT_PATH}/{portfolioCliente}', sheet_name=clientCarteira, header=None)
politica = pd.read_excel(f'{CLIENT_PATH}/{portfolioCliente}', sheet_name=clientPolitica, header=None)

# Base de Dados Fundos
database = pd.read_excel(f'{PATH}/{databaseFundos}', sheet_name=result, header=None)

# Árvore Classificação Insper
benchmarks = pd.read_excel(f'{PATH}/{historicoBenchmarks}', sheet_name=classBenchmarks, header=None)
retornosBenchmarks = pd.read_excel(f'{PATH}/{historicoBenchmarks}', sheet_name=classRetornos, header=None)
```

Fonte: Própria

Na figura 6, é possível observar a função *getTables* em Python, que é projetada para identificar e extrair tabelas de um DataFrame do Pandas. Ela começa transformando o *DataFrame* em uma matriz binária de 0s e 1s, onde 1 indica a presença de dados e 0 indica células vazias. Usando a função *label*, identifica regiões conectadas de 1s, que representam potenciais tabelas. Para cada região identificada, a função verifica seu tamanho, descartando regiões muito pequenas. As regiões que passam neste filtro são então transformadas em sub-DataFrames, com ajustes nos cabeçalhos das colunas e linhas, usando a primeira linha de cada região como cabeçalho. Finalmente, cada sub-DataFrame identificado como uma tabela é adicionado a uma lista *tables*, que é retornada pela função.

Figura 6: Extração de Tabelas dentro de cada Excel

```python
# Função para Ler as Tabelas dentro de cada Planilha
def getTables(df):
    # Transformando Dataframe em 0s e 1s
    larr = label(np.array(df.notnull()).astype("int"))

    tables = []
    for s in regionprops(larr):
        # Filtro de "Tabelas" Pequenas
        ux, lx, uy, ly = s.bbox
        diff_u, diff_l = uy - ux, ly - lx
        if diff_u <= 1 or diff_l <= 1:
            continue

        # Criação do Sub-Dataframe
        table = df.iloc[
            s.bbox[0]:s.bbox[2], s.bbox[1]:s.bbox[3]
        ].pipe(
            lambda df_: df_.rename(columns=df_.iloc[0]).drop(df_.index[0])
        )

        # Adicionando Sub-Dataframe a Lista de Tables
        tables.append(table)

    return tables
```

```python
dfsCarteira = getTables(carteira)
dfsPolitica = getTables(politica)
dfsDatabase = getTables(database)
dfsBenchmarks = getTables(benchmarks)
dfsRetornos = getTables(retornosBenchmarks)
```

Fonte: Própria

Na figura 7, é possível observar que o código Python *attrDataframes* tem como objetivo automatizar a nomeação e a criação de variáveis globais para uma lista de DataFrames. Dentro dessa função, uma função aninhada *getVarName* é usada para determinar o nome da variável de um *DataFrame* específico, empregando outra função interna, *namestr*, que busca nos nomes no espaço de nomes global. A função principal itera sobre a lista de *DataFrames* (l*ist_dfs*), e para cada *DataFrame*, gera um nome de variável seguindo um padrão específico (removendo *dfs* do nome original e adicionando um índice). Em seguida, ela cria uma variável global com esse nome, atribuindo a ela o *DataFrame* correspondente na lista. A cada iteração, a função imprime uma mensagem informando sobre a criação da variável do DataFrame.

Figura 7: Criação de Variáveis para cada Tabela dos Excels

```
def attrDataframes(list_dfs):
    def getVarName(df):
        def namestr(obj, namespace):
            return [name for name in namespace if namespace[name] is obj]

        return namestr(df, globals())[0]

    for i in range(len(list_dfs)):
        dfName = getVarName(list_dfs).replace('dfs', '')

        varName = f'df{dfName}{i+1}'
        value = list_dfs[i]
        globals()[varName] = value

        print(f'- Dataframe {varName} created.')
    print('')
```

```
attrDataframes(dfsCarteira)
attrDataframes(dfsPolitica)
attrDataframes(dfsDatabase)
attrDataframes(dfsBenchmarks)
attrDataframes(dfsRetornos)
```

Fonte: Própria

Na figura 8, é possível observar um trecho do código que realiza operações em um *DataFrame* chamado *dfCarteira1*. Inicialmente, ele extrai o valor mais recente da coluna *Financeiro* e armazena na variável *valorCarteira*, e faz o mesmo com a porcentagem mais recente da coluna *%* armazenando-a em *perctCarteira*. Em seguida, ele define duas variáveis, *tradingDesk* e *carteira*, com valores de string que correspondem aos nomes das colunas no DataFrame. O código então procede para remover todas as linhas do *dfCarteira1* que contêm valores nulos (*NaN*) nas colunas especificadas por *tradingDesk* (*Portfólio*) e carteira (*Financeiro*).

Figura 8: Criação de Variáveis para cada Tabela dos Excels

```
valorCarteira = dfCarteira1["Financeiro"].iloc[-1]
perctCarteira = dfCarteira1["%"].iloc[-1]
```

```
tradingDesk = 'Portfólio'
carteira = 'Financeiro'

dfCarteira1 = dfCarteira1.dropna(subset=[tradingDesk])
dfCarteira1 = dfCarteira1.dropna(subset=[carteira])
```

Fonte: Própria

2.4.3 Análise dos Ativos e Rebalanceamento

A etapa a seguir é utilizada para o rebalanceamento da carteira. O trecho do código a seguir (figura 9) realiza a análise dos ativos presentes no portfólio do cliente, atribuí-los a um *benchmark* para avaliar o desempenho da carteira e, conforme for necessário, realizar o rebalanceamento da carteira, a partir de compras e vendas que aumentam e diminuem o total investido para cada ativo. O objetivo é rebalancear a carteira para que esta esteja de acordo com a política de investimento elaborada pela equipe da Jera.

Figura 9: Definição dos Dataframes iniciais

```
book = 'Book'
min = 'Min'
max = 'Max'
tat = 'Tático'
atual = 'Atual'

dfRebalance = dfPolitica1[[book, min, max, tat, atual]]
dfRebalance.set_index('Book', inplace=True)
dfRebalance
```

Fonte: Própria

Inicialmente, foi gerado um *dataframe* que descreve a política de investimento da empresa para cada carteira, contendo as seguintes colunas:

- *Book*: classes de ativos presentes no portfólio;
- *Mínimo*: mínimo da banda de alocação de recurso para aquela classe;
- *Máximo*: máximo da banda de alocação de recurso para aquela classe;
- *Tático*: alocação ideal para aquele ativo nas condições analisadas previamente pelos analistas da Jera, para aquele cliente específico;
- *Atual*: alocação atual daquela classe de ativo no portfólio.

O trecho do código abaixo (figura 10) separa em um dataframe os valores da alocação tática e atual para cada ativo. Em seguida, calcula o offset, isto é, o quanto este ativo está deslocado com relação à alocação tática.

Figura 10: Dataframe de Análise do Portfólio

```
result = dfPolitica1[['Book', 'Tático', 'Atual']]
result['Offset'] = result['Atual'] - result['Tático']

result = result[['Book', 'Tático', 'Atual', 'Offset']]
result.set_index('Book', inplace=True)

result
```

Fonte: Própria

O código abaixo (figura 11) está realizando uma análise comparativa entre duas estratégias de investimento, a *Atual* e a *Tática*, usando DataFrames de retornos (*dfRetornos1*) e alocações (*result*). Primeiro, ele cria cópias do DataFrame de retornos (*dfRetornos1*), uma para cada estratégia, e define a coluna *Data* como índice. Para a estratégia *Tático* , ele itera sobre o *DataFrame result*, multiplicando os retornos de cada *book* pelo percentual *Tático* correspondente, e então calcula a soma desses retornos ajustados por data, criando uma coluna *Retorno Tático*. O mesmo processo é repetido para a estratégia *Atual*, resultando em uma coluna *Retorno Atual*. Por fim, ele cria um novo *DataFrame trackingError*, comparando os retornos das duas estratégias, e calcula o *Excesso* de retorno da estratégia *Atual* em relação à *Tático*.

Figura 11: Tracking Error do Portfólio

```
retTatico = dfRetornos1.copy()
retTatico.set_index('Data', inplace=True)

for index, row in result.iterrows():
    book = index
    currentPerc = row['Tático']
    # print(book, currentPerc, retTatico[book])

    retTatico[book] = retTatico[book] * currentPerc

retTatico['Retorno Tático'] = retTatico.sum(axis=1)

# retTatico.head()
```

```
retAtual = dfRetornos1.copy()
retAtual.set_index('Data', inplace=True)

for index, row in result.iterrows():
    book = index
    currentPerc = row['Atual']

    retAtual[book] = retAtual[book] * currentPerc

retAtual['Retorno Atual'] = retAtual.sum(axis=1)

# retAtual.head()
```

```
trackingError = pd.DataFrame({
    'Retorno Atual': retAtual['Retorno Atual'],
    'Retorno Tático': retTatico['Retorno Tático']
})

trackingError['Excesso'] = trackingError['Retorno Atual'] - trackingError['Retorno Tático']

trackingError.head()
```

Fonte: Própria

O código abaixo (figura 12) calcula e exibe o *Tracking Error* anualizado de um portfólio, uma métrica usada para medir a volatilidade do excesso de retorno do portfólio em relação a uma referência ou estratégia alternativa. Primeiro, ele determina o desvio padrão do excesso de retorno (*Excesso*) do portfólio. Esse valor é então anualizado multiplicando-o pela raiz quadrada de 12, já que os dados são mensais . O resultado, que representa o Tracking Error anualizado, é então impresso.

Figura 12: Exibição do Tracking Error

```
te = trackingError['Excesso'].std()
te = te * math.sqrt(12)

print(f"Tracking Error do Portfólio: {te:.3%}")
```

Fonte: Própria

Em seguida, o *tracking error* é calculado individualmente por aplicação, conforme apresentado na figura 13. O trecho a seguir calcula a variância e a volatilidade de um portfólio financeiro com base em retornos históricos e pesos atuais de ativos. Primeiro, ele cria uma cópia do *DataFrame dfRetornos1*, que contém retornos de diferentes ativos ou 'books'. Após resetar o índice e remover a coluna *Data*, o *DataFrame* é convertido para tipo float, garantindo que os dados sejam numéricos. Em seguida, ele calcula a matriz de covariância dos retornos (*mCov*), uma medida estatística que indica como os retornos de diferentes ativos se movem juntos. Utilizando os pesos atuais dos ativos no portfólio (extraídos do *DataFrame result*), o código calcula a variância do portfólio com a fórmula de variância de portfólio ponderada. A raiz quadrada da variância resulta na volatilidade do portfólio, uma medida comum de risco que indica o grau de variação dos retornos do portfólio. Finalmente, o código imprime a variância e a volatilidade do portfólio.

Figura 13: Tracking Error Individual por Aplicação

```
matrizCov = dfRetornos1.copy()

matrizCov.reset_index(drop=True)
matrizCov.drop('Data', axis=1, inplace=True)
matrizCov = matrizCov.astype(float)

# matrizCov
```

```
mCov = matrizCov.cov()

# mCov
```

```
pWeights = result["Atual"].to_list()

pVariance = np.dot(pWeights, np.dot(mCov, pWeights))
pVolatility = math.sqrt(pVariance)

print(f"Variância do Portfólio: {pVariance:.5e}")
print(f"Volatilidade do Portfólio: {pVolatility:.5%}")
```

Fonte: Própria

Em seguida, o código calcula a contribuição de risco individual de cada ativo do portfólio e cria um ranking com base nessa contribuição, conforme apresentado na figura 14. Primeiramente, multiplicar os pesos dos ativos (*pWeights*) pela matriz de covariância dos retornos (*mCov*) para obter a covariância ponderada. Em seguida, para cada ativo, calcula sua contribuição de risco como o produto do seu peso pela covariância ponderada correspondente, dividido pela variância total do portfólio, convertendo esses valores em porcentagens. Essas contribuições são armazenadas em *riskContribuition*. Um *DataFrame rankingRisk* é criado com os nomes dos ativos e suas respectivas contribuições de risco, que é então ordenado de forma decrescente com base na contribuição de risco. Além disso, o código inclui uma lógica para destacar (com fundo amarelo) as linhas no *DataFrame* onde a contribuição de risco excede um determinado limiar (*thshRisk*) que é definido no início do código. Essa seção é utilizada para identificar quais ativos têm maior impacto no risco do portfólio, permitindo que o investidor tome decisões mais informadas sobre a gestão de risco e alocação de ativos na sua carteira.

Figura 14: Tracking Error Individual por Aplicação

```
covPonderada = np.dot(pWeights, mCov)

# covPonderada
```

```
riskContribuition = []

for i in range(len(covPonderada)):
    riskContribuition.append(pWeights[i] * covPonderada[i]/pVariance)

riskContribuition = list(i * 100 for i in riskContribuition)

rankingRisk = pd.DataFrame({
    'Ativos': result.index.to_list(),
    'Contribuição [%]': riskContribuition
})

rankingRisk = rankingRisk.sort_values(by='Contribuição [%]', ascending= False)

highlight_condition = (rankingRisk['Contribuição [%]'] > thshRisk)
def highlight_row(s):
    return ['background-color: yellow' if v else '' for v in s]

# rankingRisk = rankingRisk.style.apply(highlight_row, subset=highlight_condition, axis=1)
rankingRisk = rankingRisk.style.apply(highlight_row, subset=pd.IndexSlice[highlight_condition, :])

rankingRisk
```

Fonte: Própria

Após isso (apresentado na figura 15), o programa imprime a lista dos ativos que mais contribuem para o *tracking error* naquele portfólio, indicando que são os ativos que representam maior risco em tê-los, ou seja, que representam maior prioridade na hora de realizar o rebalanceamento.

Finalmente, são calculadas as ações de compra e venda para cada um dos ativos, caso a empresa escolha realizar o ajuste da posição de cada um deles. Ativos com um *offset* negativo indicam que cotas do ativo devem ser compradas, enquanto positivo indica que devem ser vendidas para adequar aquele ativo à sua posição tática.

Figura 15: Impressão dos resultados finais

```
pValue = locale.format_string("%.3f", valorCarteira, grouping=True, monetary=True)
print(f"[Portfolio Value]\n- {pValue}\n")

acoes = []
values = []
for index, row in result.iterrows():
    if row['Offset'] > 0:
        acao = 'Sell'
    elif row['Offset'] <  0:
        acao = 'Buy'
    else:
        acao = 'Skip'

    price = abs(valorCarteira * row['Offset'])
    price = locale.format_string("%.3f", price, grouping=True, monetary=True)
    print(
f'''[{index}]
- {acao} {price} of Porfolio Value ({abs(row['Offset']):.3%})
'''
    )

    acoes.append(acao)
    values.append(price)

result['Order'] = acoes
result['Values'] = values
```

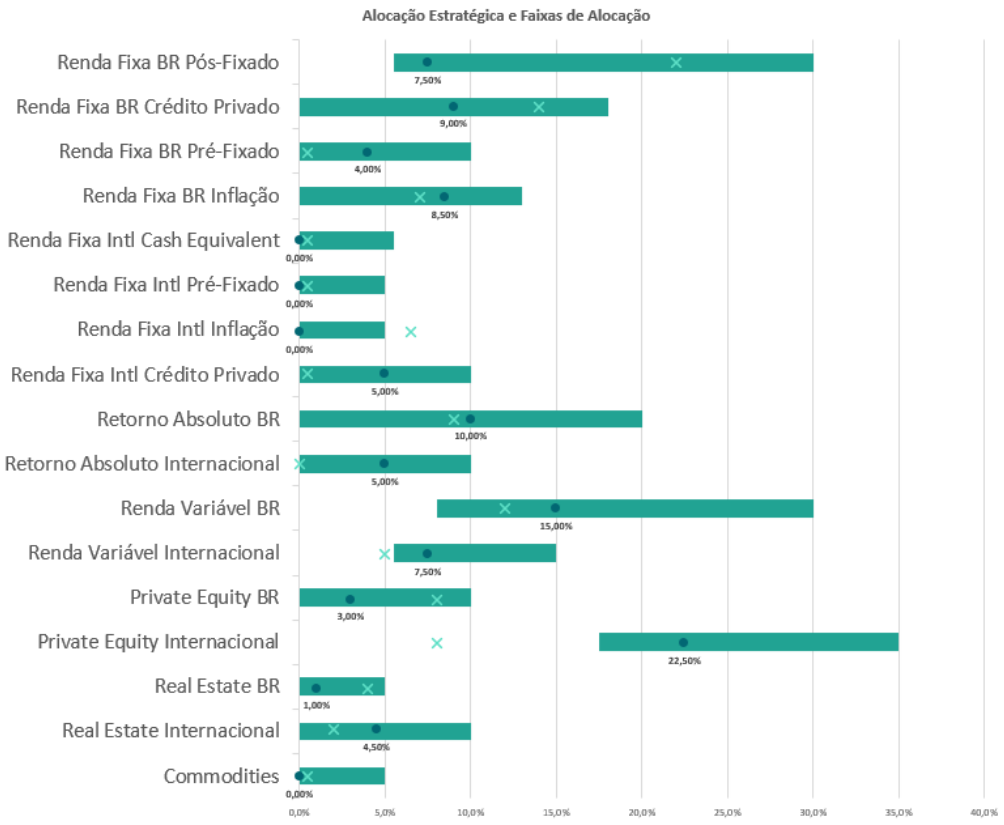
Fonte: Própria

3. Resultados

O programa elaborado é capaz de receber um portfólio e retornar o tracking error da carteira como um todo, uma ordem de prioridade de rebalanceamento baseado nos ativos que mais contribuem para o risco daquele portfólio, e as ações de compra e venda necessárias para que cada ativo seja rebalanceado de acordo com a alocação tática.

A seguir, será exemplificado um portfólio-teste fictício no valor de R$ 14.000.000,00, com as seguintes posições:

Figura 16: Alocação Estratégica e Faixas de Alocação de carteira-exemplo fictícia



Fonte: Jera Capital (adaptada)

Neste cenário, “X” representa a posição atual enquanto “O” representa a alocação tática.

Para o cenário descrito, o programa trouxe os seguintes resultados:

3.1 Resultados com portfólio-teste fictício

Primeiramente, foi apontado que o tracking error da carteira como um todo se encontra em 1,519%. A partir desse índice, a empresa pode tomar uma iniciativa de rebalanceamento de acordo com o perfil de cada investidor, sendo que diferentes faixas de tracking error podem representar mais ou menos aversão ao risco.

Em seguida, o programa reporta uma ordem de prioridade para o rebalanceamento dos ativos, baseada em quais classes de ativo contribuem mais para a formação do risco desse portfólio, conforme apresentado na figura 17.

Figura 17: Exemplo Reduzido da Ordem de Prioridade gerada pelo programa para a carteira-exemplo

	Ativos	Contribuição [%]
10	Renda Variável Brasil	38.409558
12	Private Equity Brasil	27.824980
11	Renda Variável Internacional	7.195901
3	Renda Fixa Brasil Inflação	5.086065
14	Real Estate Brasil	4.745638
13	Private Equity Internacional	4.406766
8	Retorno Absoluto Brasil	3.883680
15	Real Estate Internacional	3.188218
1	Renda Fixa Brasil Crédito Pós-Fixado	2.010462
6	Renda Fixa Internacional Inflação	1.710057
16	Commodities	0.801510
7	Renda Fixa Internacional Crédito	0.448722

Fonte: Própria

De acordo com a figura acima, para o portfólio teste utilizado, os ativos das classes “Renda Variável Brasil”, “Private Equity Brasil” e “Renda Variável Internacional” deveriam ser sua alocação ajustada antes dos demais.

Finalmente, o programa imprime as ordens necessárias de compra e venda de cada ativo para que cada um deles seja rebalanceado de acordo com a alocação tática, caso a empresa decida alterar as posições de cada um, conforme apresentado na figura 18.

Figura 18: Ordens Necessárias de Compra e Venda

```
[Portfolio Value]
- 14.000.000,000

[Renda Fixa Brasil CDI]
- Sell 1.050.000,000 of Porfolio Value (7.500%)

[Renda Fixa Brasil Crédito Pós-Fixado]
- Sell 700.000,000 of Porfolio Value (5.000%)

[Renda Fixa Brasil Pré-Fixado]
- Sell 70.000,000 of Porfolio Value (0.500%)

[Renda Fixa Brasil Inflação]
- Buy 630.000,000 of Porfolio Value (4.500%)

[Renda Fixa Internacional Cash Equivalent]
- Skip 0,000 of Porfolio Value (0.000%)

[Renda Fixa Internacional Pré-Fixado]
- Buy 70.000,000 of Porfolio Value (0.500%)

[Renda Fixa Internacional Inflação]
- Sell 840.000,000 of Porfolio Value (6.000%)

[Renda Fixa Internacional Crédito]
- Buy 630.000,000 of Porfolio Value (4.500%)

[Retorno Absoluto Brasil]
- Buy 140.000,000 of Porfolio Value (1.000%)

[Retorno Absoluto Internacional]
- Buy 140.000,000 of Porfolio Value (1.000%)

[Renda Variável Brasil]
- Buy 420.000,000 of Porfolio Value (3.000%)

[Renda Variável Internacional]
- Skip 0,000 of Porfolio Value (0.000%)

[Private Equity Brasil]
- Sell 630.000,000 of Porfolio Value (4.500%)

[Private Equity Internacional]
- Buy 2.030.000,000 of Porfolio Value (14.500%)

[Real Estate Brasil]
- Sell 350.000,000 of Porfolio Value (2.500%)

[Real Estate Internacional]
- Buy 140.000,000 of Porfolio Value (1.000%)

[Commodities]
- Skip 0,000 of Porfolio Value (0.000%)
```

Fonte: Própria

4. Conclusões e trabalhos futuros

Tendo em vista o objetivo do projeto, que era tornar automatizado o processo de decisão para realizar o rebalanceamento de um portfólio de acordo com o *budget* de risco de cada cliente, a conclusão do grupo é que esse escopo foi cumprido, uma vez que o programa exprime constantemente, sem necessidade de retrabalho humano, ferramentas e índices que facilitam o processo de realocação das posições dos ativos.

Antes da implementação desse programa, era necessário que a empresa alocasse mão de obra para acompanhar as carteiras ao longo do tempo para que fosse indicado o momento em que um portfólio necessitasse de ser rebalanceado. O *software* desenvolvido no projeto é capaz de indicar automaticamente esse momento a partir do *tracking error* estipulado pela empresa para aquele perfil de investidor. A partir desse ponto deveria ser verificado, também por meio de mão de obra humana, todos os ativos que pudessem estar influenciando negativamente no balanceamento do portfólio, para em seguida escolher os ativos a serem realocados e emitir as ordens de compra e venda. Para ambas essas etapas, o programa desenvolvido também oferece uma solução facilitadora, uma vez que retorna para a empresa uma ordem de prioridade para o rebalanceamento dos ativos daquele portfólio, com base na contribuição ao risco, de maneira automática, e também calcula sem a necessidade de retrabalho as ordens de compra e venda que fariam com que cada ativo atingisse a posição alvo para sua alocação.

Para os integrantes do grupo, a experiência foi uma grande oportunidade de aprimoramento e aquisição de conhecimento tecnológico. Primeiramente, o contato com noções importantes de finanças e de fundos de investimento fez desenvolver pensamento e análise crítica acerca de assuntos financeiros. Em adição, o projeto representou uma oportunidade de explorar os conceitos de Python previamente aprendidos e conectá-los com uma funcionalidade atrelada ao mundo real, por meio da aplicação em uma questão que fosse resolver um problema real de uma empresa.

4.1 Iterações e trabalhos futuros

Primeiramente, vale ressaltar que o programa foi desenvolvido como prova de conceito, portanto, não é amigável ao usuário. Sendo assim, uma iteração futura para o projeto seria implementar menus e seções para realizar o input de informações de maneira intuitiva e prática, sem precisar abrir arquivos em Python ou em Jupyter Notebook. Por exemplo, pode haver uma janela que permite à empresa selecionar o índice de tracking error junto à carteira que será inserida, para que o programa automaticamente alerte a empresa quando for necessário o rebalanceamento, de maneira personalizada.

Além disso, podem ser levados em consideração mais índices para elencar a ordem de prioridade do rebalanceamento dos ativos, de modo a fornecer um *insight* mais valioso e confiável para a empresa. Por exemplo, esses índices podem ser o retorno histórico dos ativos, de modo que os ativos com melhor série histórica de retorno teriam sua permanência privilegiada no *portfólio* em detrimento de outros ativos; além disso poderia ser utilizado uma análise de sensibilidade do *tracking error*, para verificar como ocorre a contribuição individual dos ativos para esse índice.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Atlas, 2007, 824.

ASSAF NETO, Alexandre. **Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico - financeiro.** São Paulo: Atlas., 2001. 298.

ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado Financeiro.** São Paulo: Atlas, 2001. 382.

Benstein, William J. **The investor's manifesto : preparing for prosperity, Armageddon, and everything in between**. New Jersey, 2010.

BODIE, Zvi.; KANE, Alex.; MARCUS, Alan J. **Investments**. New York: Mcgraw-Hill Education, 2014. 1080.

Bruni, A. L., & Famá, R.. **Finanças Corporativas e Valor**. Editora Atlas, 1998. 824

Fama, E. F., & French, K. R. **O modelo de precificação de ativos de capital: teoria e evidências**. 2007

Ferri, Richard A. **All about asset Allocation, Second Edition.** Mc Graw Hill Professional, 12 July 2010

Garcia da Fonseca, Carolina. Aplicação do Modelo de Markowitz na Seleção de Carteiras Eficientes: Uma Análise da Relação entre Risco e Retorno**,** Rio de Janeiro. **Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Trabalho de Conclusão de Curso, MBA em Finanças e Gestão de Risco.** Disponível em https://modelosfinanceiros.com.br/assets/documentos/selecao_de_carteiras_eficientes.PDF, acesso em 20 Set. 2023.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. Journal of Finance, v. 7, n. 1. 1952. **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment.** Nova York. 1959.

OLIVEIRA, Felipe Augusto Santana. Desempenho da Otimização Robusta de Carteiras no Mercado Acionário Brasileiro. **Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Ciências Econômicas. Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração.** 2013.

Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9F4GN8/1/disserta__o___felipe_augusto.pdf. Acesso em 19 Set. 2023.

Schiroky, Marco Moises. Seleção de Carteira Através do Modelo de Markowitz**,** Porto Alegre. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGA - Programa de Pós Graduação em Administração.** Disponível em https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/103194/000590336.pdf. Acesso em 19 Set. 2023.

Santos, José Carlos de Souza; Lopes, Luiz Martins. **Gestão de Investimentos: Intermediação Financeira e Firmas**. São Paulo. 2022

CORREIA, Paulo Jorge Jegundo.; NEVES, Maria Elisabete Duarte. **A importância do Benchmark na avaliação do Desempenho**. Fortaleza. 2013.

CALDEIRA, João F.; PORTUGAL, Marcelo S. Estratégia Long-Short, Neutra ao Mercado, e Index Tracking Baseadas em Portfolios Cointegrados. **Revista Brasileira de Finanças, vol 8 núm 4.** Rio de Janeiro. 2010.

APÊNDICE A

Teoria Moderna do Portfólio

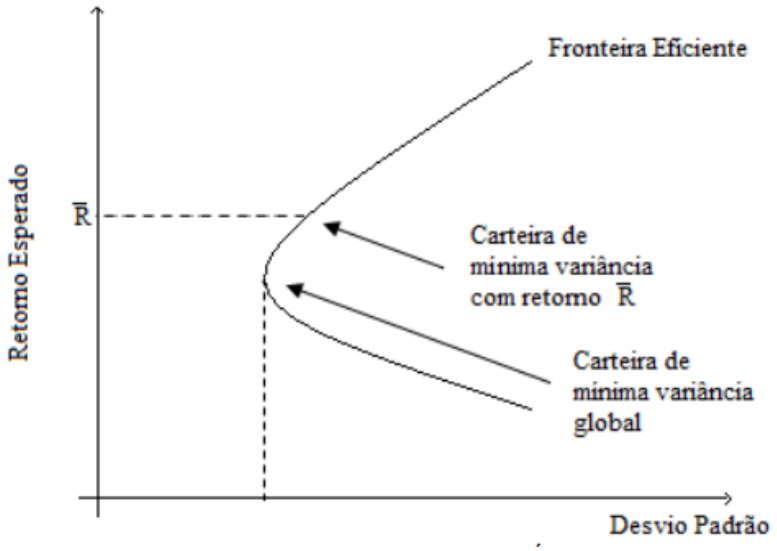
No mercado financeiro, as decisões de comprar ou vender ativos para realizar investimentos são baseadas em diversos fatores, sendo os principais deles o risco que esse ativo oferece e o retorno que esse ativo pode trazer. Contudo, a tendência é que os ativos com retorno mais alto também estejam atrelados a um alto risco. Para resolver esse dilema, pode-se aplicar a Teoria Moderna do Portfólio (TMP), desenvolvida por Henry Markowitz na década de 1950 (MARKOWITZ, 1959). Este modelo torna-se uma alternativa viável para realizar a distribuição dos ativos com base no seu comportamento passado, tendo como objetivo maximizar o retorno e reduzir os riscos do investimento (SCHIROKY, 2007). O estudo dessa teoria foi um pontapé inicial para a compreensão do funcionamento de portfólios de investimento e para entender a noção de risco atrelada a cada um de seus ativos.

A partir dos históricos dos ativos, serão traçados os retornos esperados dos ativos, quais são os riscos envolvidos e a volatilidade do mercado.

Para promover a diversificação do portfólio, será usada a correlação entre os ativos. Idealmente, o conceito de correlação de Markowitz permite que todo risco diversificável ou não sistemático seja anulado (SCHIROKY, 2007).

O ajuste entre os ativos ótimos, que combinam o ponto de equilíbrio entre risco e retorno, serão identificados a partir da fronteira eficiente, que será traçada a partir de um gráfico.

Figura 19: Fronteira Eficiente



Fonte: OLIVEIRA, 2013; adaptado de BRUNI, FAMÁ (1998).

No eixo das abscissas do gráfico, encontra-se a medida do risco atrelado a cada carteira, enquanto o eixo das ordenadas representa o retorno esperado.

A fronteira eficiente, ou seja, a linha que representa as carteiras de maior retorno esperado para cada faixa de risco. O gráfico forma uma parábola deitada, o que indica que para cada risco haverá duas possibilidades de retorno, um na região inferior do gráfico (investimentos ineficientes) ou um na região superior do gráfico (investimentos com mais retorno). Quanto mais risco (mais para a direita no eixo das abscissas), maior pode ser o retorno esperado, quanto maior pode ser a perda. Portanto, nesse cenário entra o perfil de risco do cliente, que pode tolerar ou pode ser avesso ao risco, bem como ter perfil moderado.

Tendo em vista o perfil do investidor, é possível mirar nas regiões da fronteira de maior ou menor risco, mas que acarretaria em menor ou maior retorno, respectivamente.

A partir da Teoria proposta por Markowitz, diversas outras ferramentas foram desenvolvidas e estudadas para serem aplicadas para a otimização de portfólios. Diversas décadas de conhecimentos acadêmicos foram dedicados a refinar e implementar essa teoria nos mercados contemporâneos.

O Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (MPAF) foi desenvolvido na década de 60 por John Lintner e William Sharpe, e parte diretamente do modelo de distribuição de portfólios desenvolvido por Markowitz.

Uma das premissas desse modelo é que, em um cenário ideal, todos os investidores estariam em plena concordância acerca da distribuição conjunta dos rendimentos de ativos de uma mesma carteira (FAMA; FRENCH, 2007).

Além disso, admite-se a existência de uma taxa de retorno que um investidor pode conseguir a partir de um investimento sem que haja qualquer risco, que ficou conhecida como taxa livre de risco (ASSAF, 2001).

Em adição a esses fatores, outro desdobramento da TMP é o fato de que o risco passou a ser cada vez mais levado em consideração nas tomadas de decisão e, portanto, passou a ser medido com uma maior importância. Não só isso, mas também o mercado como um todo passou a assumir uma importância maior na prática do gerenciamento dos riscos envolvidos ao realizar investimentos (SCHIROKY, 2007).

Limitações e desafios do TMP

Apesar da sua importância e impacto no mundo financeiro, a Teoria de Markowitz apresenta algumas limitações em sua composição.Em primeiro lugar, a TMP considera que os investidores são naturalmente avessos ao risco, contudo, não existem investidores que sejam portadores dessa característica, mas sim, aqueles que possuem maior tendência a assumir riscos ou aqueles que preferem evitar essa situação (OLIVEIRA, 2013). Outro ponto relevante é que o modelo desenhado por Markowitz se apoia apenas em dados históricos e passados para realizar previsões. Isso torna sua aplicação mais suscetível a incertezas e imprecisões, pois não se pode afirmar com toda certeza que eventos históricos passados se repetirão, bem como não se pode prever com base neles os eventos inéditos do futuro.

Cálculos

Variância e desvio-padrão são dois exemplos de medidas de dispersão. As medidas de dispersão fornecem informações sobre como os valores de um conjunto estão distribuídos em relação ao seu ponto central, que é a média.

A variância revela a extensão em que os valores observados se afastam da média aritmética da amostra utilizada. Quanto maior a variância, maior é a dispersão dos dados.

A variância é representada pela seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$\sigma^2 = var(X) = \frac{\sum_{i-1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \tag{2}$$

- $\bar{x}$ = média aritmética da amostra de n elementos
- $x_i - \bar{x}$ = desvio de cada um dos números x_i em relação à média da amostra ($\bar{x}$).
- n = número de elementos na amostra

E o desvio padrão é representado pela seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$\sigma = dp(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

(3)

A correlação e a covariância são utilizadas para relacionar duas variáveis. A covariância é uma medida estatística que indica a direção do relacionamento linear entre duas variáveis. Ela descreve como duas variáveis se comportam conjuntamente. Se a covariância for positiva, significa que as variáveis tendem a variar juntas. Se for negativa, indica que uma variável tende a aumentar quando a outra diminui. No entanto, a covariância por si só não fornece uma indicação da força desse relacionamento, e ela pode ser representada pela seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$\text{Cov (X,Y)} = \frac{\sum_{i-1}^{n}(x_i - \bar{x})\ (y_i - \bar{y})}{n-1}.$$

(4)

A correlação é uma medida padronizada que quantifica a força e a direção do relacionamento linear entre duas variáveis. É uma versão normalizada da covariância, varia entre -1 e 1. Um valor de 1 indica uma correlação perfeita e positiva, -1 indica uma correlação perfeita e negativa, e 0 indica ausência de correlação linear, e ela pode ser calculada através da fórmula (ASSAF, 2001):

$$\text{Corr (X,Y)} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y},$$

(5)

onde:

- σ_X=desvio padrão da variável X
- σ_Y=desvio padrão da variável Y

Ao examinar uma composição de investimentos, é crucial avaliar a exposição ao risco dos ativos para avaliar a natureza arriscada do investimento em questão. Portanto, a

mensuração do risco em uma carteira básica composta por dois ativos (denominados A e B) pode ser calculada através da seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$\sigma_{carteira} = \sqrt{(W_A^2 \cdot \sigma_A^2) + (W_B^2 \cdot \sigma_B^2) + 2 \cdot (W_A \cdot W_B \cdot \rho_{AB} \cdot \sigma_A \cdot \sigma_B)}, \tag{6}$$

onde:

- $\sigma_{carteira}$ = desvio padrão
- W = Peso em % de cada ativo na carteira
- σ^2 = Variância do retorno do ativo
- ρ = covariância entre dois ativos

O retorno desta carteira de dois ativos (denominados A e B) pode ser calculado pela seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$Retorno = W_A \cdot R_A + W_B \cdot R_B, \tag{7}$$

onde:

- R = retorno médio de cada ativo

O desvio-padrão de um portfólio composto por dois ativos não leva em consideração a covariância entre os ativos, refletindo a influência da diversificação no risco total do portfólio

O cálculo do risco de uma carteira com múltiplos ativos pode ser calculada com a seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$\sigma_{carteira} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} (W_i W_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij})}. \tag{8}$$

O cálculo do retorno de uma carteira com múltiplos ativos pode ser calculada com a seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$Retorno = \sum_{i=1}^{n} (W_i R_i).$$

(9)

Além disso, para calcular a média variância de Markowitz, é necessário que a somatória de todos os ativos da carteira seja igual a 100%, como representado na seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1 \text{ e,}$$

(10)

que o peso de cada ativo na carteira seja maior do que 0, como representado na seguinte fórmula (ASSAF, 2001):

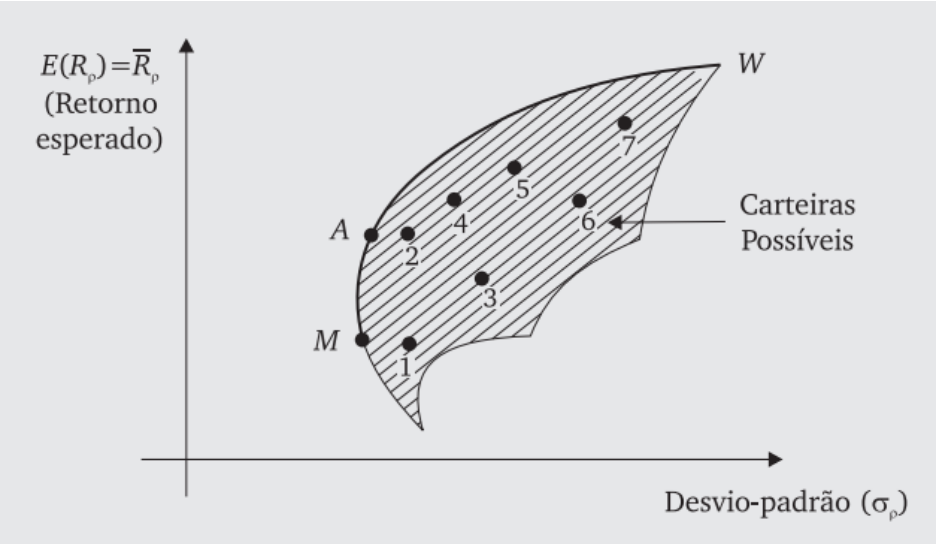
$$W_i \geq 0$$

(11)

Fronteira Eficiente Inicial

A construção da fronteira eficiente (conforme apresentado na figura 3) envolve uma abordagem de otimização, tratando o problema como um modelo matemático quadrático. Neste contexto, é possível buscar a alocação ideal de ativos em um portfólio que maximize o retorno para um nível de risco específico ou minimize o risco para um dado retorno.

Figura 20: Fronteira Eficiente



Fonte: ASSAF NETO, 2008, página 256.

Essa otimização segue um padrão quadrático, onde a sua função objetivo é maximizar o retorno ou minimizar o risco do portfólio. Os pesos dos ativos são as variáveis que determinam a alocação.

Utilizando o modelo básico de Markowitz, para se achar o retorno ótimo da carteira, é preciso realizar alguns passos. O primeiro passo é achar os retornos diários de cada ação, a partir disso, é possível achar a matriz de covariância,

Perfis de Investidores

Dessa forma, o perfil do investidor é uma análise necessária que identifica as preferências e expectativas dos investidores para entender quais são os níveis de risco que de fato devem ser tomados.

Investidor Conservador; normalmente preferem preservar o patrimônio e buscar opções que ofereçam baixo risco.

Investidor Moderado; normalmente é um investidor que tem interesse pela segurança, mas está disposto a abrir mão para obter retornos melhores.

Investidor Arrojado; normalmente tem mais experiência com os diferentes tipos de ativos e suas volatilidades e não tem problema em tomar mais risco para buscar ter um retorno melhor no seu portfólio.

Até este momento, o grupo focou em entender os recursos que serão utilizados no produto final, bem como alinhar as expectativas e o escopo do projeto com a empresa, e finalmente realizar a coleta de dados junto aos parceiros.