

Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia

CAROLINA SOARES VIEIRA

**Análise de Padrões no Estudo do Risco de Crédito
em uma Fintech e suas Implicações na Gestão de
Ativos e Passivos**

Ouro Preto
2024

Carolina Soares Vieira

Análise de Padrões no Estudo do Risco de Crédito em uma Fintech e suas Implicações na Gestão de Ativos e Passivos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. Dr. Fernando Luiz Pereira de Oliveira
Coorientador: André Luis Robine de Souza

Ouro Preto
2024



FOLHA DE APROVAÇÃO

Carolina Soares Vieira

Análise de Padrões no Estudo do Risco de Crédito em uma Fintech e suas Implicações na Gestão de Ativos e Passivos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 21 de fevereiro de 2024

Membros da banca

Dr. Fernando Luiz Pereira de Oliveira - Orientador (DEEST - UFOP)
Dr. Gustavo Henrique Costa de Souza - (DEMAT - UFOP)
Dr. André Luis Silva - (DEPRO - UFOP)

Fernando Luiz Pereira de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/02/2024



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Luiz Pereira de Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/02/2024, às 18:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0671422** e o código CRC **28D7D5FA**.

Dedico este trabalho a todas as pessoas cujo apoio e influência foram essenciais para minha jornada acadêmica e pessoal:

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus por me conceder saúde, sabedoria e oportunidades ao longo desta jornada.

À minha família, meu pai Ricardo, minha mãe Márcia, meu irmão Cadim e, especialmente, à memória da minha amada avó Zeca, que proporcionou o apoio financeiro necessário para que eu pudesse seguir meus sonhos em Ouro Preto.

Aos amigos e colegas de faculdade, Jéssica, Carol, Marcelo e Jefinho, por estarem ao meu lado, compartilhando conhecimento, experiências e momentos memoráveis, especialmente durante os trabalhos em grupo.

A meu companheiro de vida e melhor amigo, Wylker, cujo apoio inabalável, amor e compreensão foram essenciais ao longo de todos os desafios e conquistas.

À Escola de Minas, aos professores e, em especial, a meu professor Magno e ao meu orientador Fernando, por compartilharem seu conhecimento, orientação e paixão pelo aprendizado, especialmente no campo dos métodos estocásticos.

Às empresas Diamante Prime Investimentos, Akeloo, Vallourec South America, Fundação Gorceix e VERT Capital que proporcionaram oportunidades de crescimento e aprendizado extracurricular.

E a todas as outras pessoas, sejam colegas, mentores ou amigos, que de alguma forma contribuíram para minha formação e crescimento pessoal, meu mais sincero agradecimento.

“Investir em conhecimento sempre rende os melhores juros.”
Benjamin Franklin

Resumo

Este trabalho se baseia em uma análise das dinâmicas financeiras de uma base de clientes, fundamentando-se em teorias que abrangem Gestão de Ativos e Passivos (ALM), riscos financeiros e estratégias de investimento. A metodologia adotada concentra-se na avaliação do risco de crédito, utilizando abordagens descritivas e ferramentas quantitativas como Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial Exploratória, utilizando técnicas estatísticas descritivas, mineração de dados e estatística multivariada.

Apesar dos desafios encontrados, como inconsistências na base de dados que exigiram ajustes metodológicos, a pesquisa identificou correlações significativas entre algumas variáveis importantes no âmbito de concessão de crédito. Esses resultados oferecem algumas percepções que enriquecem a compreensão do comportamento e padrão financeiro dos clientes, além de poderem orientar estratégias futuras de gerenciamento de riscos e decisões de crédito.

Os resultados fornecem uma base para análises subsequentes e destacam a possibilidade de integrar essas descobertas em um modelo de ALM personalizado para a empresa. Tal integração pode ser um avanço significativo, oferecendo uma abordagem mais abrangente para a gestão eficiente de ativos e passivos, alinhada com os objetivos específicos e características da instituição financeira em questão. Este estudo, portanto, não apenas aprofunda a compreensão da dinâmica financeira dos clientes, mas também aponta para possíveis caminhos de aplicação prática dessas informações em um contexto de ALM.

Palavras-chave: ALM, Análise, Crédito, Riscos

Abstract

This work is based on an analysis of the financial dynamics of a customer base, grounded in theories encompassing Asset and Liability Management (ALM), financial risks, and investment strategies. The adopted methodology focuses on credit risk assessment, employing descriptive approaches and quantitative tools such as Principal Component Analysis (PCA) and Exploratory Factor Analysis (EFA), utilizing descriptive statistical techniques, data mining, and multivariate statistics.

Despite challenges encountered, such as inconsistencies in the database requiring methodological adjustments, the research identified significant correlations among some important variables concerning credit granting. These findings offer insights enriching the understanding of customer financial behavior and patterns, potentially guiding future risk management strategies and credit decisions.

The results provide a foundation for subsequent analyses and highlight the possibility of integrating these findings into a customized ALM model for the company. Such integration could be a significant advancement, offering a more comprehensive approach to efficient asset and liability management aligned with the specific objectives and characteristics of the financial institution in question. Therefore, this study not only deepens the understanding of customer financial dynamics but also points to possible practical applications of this information in an ALM context.

Keywords:ALM, Analysis, Credit, Risks

Lista de abreviaturas e siglas

ALM	Gestão de Ativos e Passivos
BACEN	Banco Central
EFA	Análise Fatorial Exploratória
IFs	Instituições Financeiras
LASSO	Operador de Menor Retração Absoluta e Seleção
LFT	Letras Financeiras do Tesouro
ORM	Gerenciamento de Risco Operacional
PCA	Análise de Componentes Principais
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SLPM	Modelo Estocástico de Programação Linear
VaR	Valor em Risco
VPL	Valor Presente Líquido

Lista de ilustrações

Figura 1 – O Custo da Insolvência no Setor Financeiro	14
Figura 2 – Evolução das técnicas de análises de riscos	15
Figura 3 – Canais de Transmissão da Política Monetária	17
Figura 4 – Comparação de Riscos: Combinação de Ativos 2 e 3 vs. Ativo 2	19
Figura 5 – Fronteira Eficiente de Média-Variância	21
Figura 6 – Diferenças entre PCA e EFA	28
Figura 7 – Correlação entre Limite inicial do cartão de crédito, Valor total da fatura e Valor total pago referente às faturas	30
Figura 8 – Correlação entre Limite inicial do cartão de crédito, Valor total da fatura e Limite inicial do cartão de crédito	31
Figura 9 – Variável Explicada por Componente Principal	32
Figura 10 – Correlações entre fatores e variáveis originais	33

Lista de tabelas

Tabela 1 – Possíveis Variáveis para Captação de Clientes PJ na Análise do Risco de Crédito.	26
---	----

Sumário

	Lista de ilustrações	7
	Lista de tabelas	8
1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos Globais	11
1.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Asset Liability Management	12
2.2	Riscos	14
2.3	Taxa de Juros	16
2.4	Alguns fundamentos do gerenciamento de portfólios	18
2.4.1	Análise de Média-Variância	20
2.5	Aplicações na Seleção de Portfólio com Enfoque em ALM	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	A empresa	24
3.2	Metodologia de avaliação de uma base de sacados	25
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35

1 Introdução

Em cenários econômicos dinâmicos e complexos como o do Brasil, o Asset Liability Management (ALM) surge como uma ferramenta crucial para a sustentabilidade e prosperidade de instituições financeiras. Neste viés, este trabalho aborda conceitos importantes que constituem o ALM, explorando sua aplicação nos setores financeiros, como os de seguros, créditos, bancos e fundos de pensão.

O constante desafio enfrentado pelos gestores e estrategistas reside na busca diária pelo equilíbrio entre rentabilidade, risco e liquidez, revelando um trade-off na gestão financeira. No cenário do mercado financeiro, alcançar esse equilíbrio é uma tarefa difícil, uma vez que ativos que prometem maior rentabilidade frequentemente carregam consigo um risco mais elevado.

Adicionalmente, a liquidez pode ser comprometida, uma vez que esses ativos podem estar sujeitos à desvalorizações, resultando em um deságio no seu preço. Nesse contexto, a tomada de decisões estratégicas requer uma cuidadosa ponderação desses elementos, destacando a complexidade envolvida na gestão de ativos e passivos.

No decorrer deste trabalho, será explorado o trabalho seminal do economista Harry Markowitz em 1952, que servirá como base para identificar as principais variáveis potenciais classificadoras para um ALM, dentro de um modelo futuro de portfólio de crédito em uma empresa de serviços financeiros referência em seu setor no país.

A relevância de compreender e aplicar estratégias eficazes ALM fica evidente ao analisarmos dois casos recentes de falência declarada pelo Banco Central do Brasil em 2023 (BRASIL, 2023a) e (BRASIL, 2023b). Ambos os casos (BRK Financeira e Portocred) envolvem instituições financeiras semelhantes à empresa de serviços financeiros objeto deste estudo. A decretação da falência nessas situações está diretamente associada à insolvência e ao comprometimento patrimonial dessas instituições, destacando os riscos inerentes e a fragilidade do setor financeiro.

Com base nos casos paradigmáticos no Brasil, ressalta-se a importância de reconhecer as consequências adversas que instituições financeiras podem enfrentar ao subestimar a complexidade da gestão de ativos e passivos.

No contexto deste estudo, o referencial teórico abordará conceitos fundamentais de ALM, riscos, taxas de juros, variáveis de modelagem, modelo de Markowitz e aplicações. Continuando, a metodologia será tratada por uma abordagem descritiva para identificar possíveis variáveis classificadoras para um eficiente ALM. Este processo analítico será fundamental para a posterior elaboração de uma ALM na empresa em questão, com foco na modelagem de concessões de crédito para pessoas jurídicas e físicas, cálculo da margem de risco da carteira, análise do perfil de risco de clientes por região, entre outros aspectos cruciais.

Na conclusão, destacaremos a necessidade de dar continuidade a este trabalho, enfatizando a importância de desenvolver uma estrutura de ALM específica para a empresa em estudo. Nesse sentido, esse estudo permitirá uma gestão mais precisa e personalizada, alinhada às características e desafios do contexto financeiro contemporâneo, e consolidando o papel do ALM como uma ferramenta estratégica na busca por eficácia e segurança nas operações financeiras.

1.1 Objetivos Globais

- Obter padrões estatísticos por meio da aplicação de técnicas de estatística multivariada e mineração de dados na análise de uma base de dados.
- Utilizar de algoritmos para identificar padrões e agrupamentos em dados relacionados ao ALM.
- Propor um estudo preliminar para a construção de um score de risco de crédito.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os elementos que influenciam na gestão de ativos e passivos, abordando temas como riscos, taxas de juros e a teoria moderna de portfólio.
- Investigar as relações entre diferentes variáveis financeiras.
- Aplicar os resultados obtidos das análises estatísticas em uma futura gestão de ativos e passivos.
- Servir como referência e ponto de partida para pesquisas futuras na interseção entre análise de risco de crédito, ciência de dados e ALM.

2 Referencial teórico

Nesta seção, será conduzida uma revisão de literatura, introduzindo com uma busca abrangente de artigos relacionados ao ALM. Esta seleção foi realizada tanto em repositórios de artigos acadêmicos, como em base de dados e bibliotecas digitais específicas, com o intuito de assegurar um amplo acervo de fontes e estudos atuariais.

Após a coleta de artigos, realizou-se uma análise das palavras-chaves mais presentes nos mesmos e, posteriormente, uma clusterização dessas palavras-chave, visando identificar padrões presentes na literatura. Neste sentido, o resultado deste processo ofereceu um apanhado de contribuições na literatura para o estudo de ALM.

Dentre as palavras-chaves destacaram-se: "Asset Liability Management", "Riscos", "Taxa de juros" e "Modelos Estocásticos", que em conjunto desempenham um papel fundamental na estruturação do estudo em questão.

Além de abordar tais termos, esta revisão também irá explorar as aplicações do ALM em diversos setores, além de evidenciar como uma boa gestão de ativos e passivos contribui para a otimização de processos internos e nas tomadas de decisões estratégicas.

2.1 Asset Liability Management

Desde os primórdios de qualquer atividade comercial, a gestão de um balanço patrimonial se mostra vital para a sobrevivência e prosperidade de qualquer empreendimento. Neste sentido, o equilíbrio entre ativos e passivos desempenha um papel crucial na saúde financeira de uma organização. Assim, surge o termo Asset Liability Management (ALM), uma prática estratégica que se situa entre o gerenciamento de risco e a alocação estratégica de ativos. Como destacado por (FRANCESCO; SIMONELLA, 2023), o ALM visa maximizar o retorno do investimento, ao mesmo tempo em que procura mitigar os riscos associados ao reinvestimento.

(HASTINGS, 2012) cita que no contexto industrial, ativos frequentemente são estoques, matérias-primas, produtos em elaboração ou acabados, enquanto que em instituições financeiras podem somente ter valor nas proximidades da data de sua liquidação. Os recursos passivos, de acordo com (NETO, 2023), podem se originar de empréstimos e financiamentos, desconto de duplicatas, repasses de recursos internos como do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, empréstimos captados no exterior e emissão de debêntures.

No contexto brasileiro, o entendimento acerca de saúde financeira é frequentemente negligenciado e subestimado por diversos fatores. Dentre eles, destacam-se: a falta de educação financeira, instabilidade econômica, grandes oscilações em taxas de juros e inflação, além de alto grau de inadimplência.

Um exemplo notório de má gestão de ativos e passivos no Brasil, especialmente em relação aos passivos associados a uma fraude, é exemplificado pelo caso das Lojas Americanas no início de 2023. Tudo se desenrolou com a classificação equivocada de ativos e passivos, que resultou na ocultação de prejuízos substanciais, levando a uma significativa redução do capital de giro da empresa. Este incidente destaca a importância crítica do Asset Liability Management (ALM) na preservação da estabilidade financeira da organização. Diante deste cenário, (SILVA, 2023) enfatiza que as empresas precisam evitar práticas contábeis questionáveis que possam obscurecer a verdadeira saúde financeira da organização.

Já no contexto global, esta gestão inadequada é abordada por (COMMISSION, 2011), onde a tomada de riscos excessivos, falta de capital adequado, dependência de financiamento de curto prazo e uma mudança nas atividades comerciais para operações de alto risco ocasionaram a Crise Financeira de 2008.

Sendo assim, para que haja uma Gestão de Ativos e Passivos dentro de uma margem de segurança e transparência faz-se necessário uma gama de ações planejadas estrategicamente. Neste sentido, conforme cita (BARDAEVA, 2021), as atividades do ALM incluem a gestão integrada de ativos e passivos, com o objetivo de encontrar um equilíbrio que minimize a exposição a riscos, bem como de gerenciar taxas de juros e liquidez, além de maximizar o Valor Presente Líquido (VPL). Entretanto, para que aja uma ação eficiente e segura, é necessário levar em consideração todas as restrições apropriadas e regulamentações vigentes.

Em qualquer instituição financeira, é necessário um conjunto de pessoas atuando na gestão do Patrimônio Líquidos da mesma. Para (FARAHVASH, 2020), uma das principais responsabilidades de uma equipe de gestão de um banco é preservar o valor econômico do patrimônio, proteger contra vários riscos e aumentá-lo através de atividades comerciais.

É possível afirmar que uma das maiores preocupações do ALM está na prevenção de insolvência, que consiste em uma incapacidade do credor não cumprir com suas obrigações financeira e, conseqüentemente, compromete toda a estrutura de um negócio. Conforme aborda (FILHO, 2008 apud JORION, 2003), a insolvência pode ser também resultado de uma má colocação de capital de capital em instituições financeiras. Este problema é elucidado abaixo em uma tabela evidenciando diversos países que sofreram crises financeiras, seus índices de bancos insolventes e suas causas, como uma má gestão nos critérios de concessão de crédito (ativos), por exemplo.

Figura 1 – O Custo da Insolvência no Setor Financeiro

CUSTOS DE INSOLVÊNCIA DO SETOR FINANCEIRO			
Data	Escopo	% PNB	US\$ bi
Japão, anos de 1990	Crédito podre, preço do setor imobiliário	14%	550
China, anos de 1990	4 grandes bancos estaduais insolventes	47%	498
EUA, 1984 - 91	1400 S&L, 1300 bancos vão a falência	3%	150
Coréia do Sul, 1998	Reestruturação de bancos	28%	90
México, 1995	20 bancos recapitalizados	17%	72
Argentina, 1980 - 82	70 instituições fechadas	55%	46
Tailândia, 1997	Setor Bancário	32%	36
Suécia, 1991- 94	Intervenção em 5 bancos	4%	15
Venezuela, 1994	Bancos insolventes	20%	14
França, 1997-95	Crédit Lyonnais	1%	10
Noruega, 1987- 93	O Estado toma o controle de 3 bancos	8%	8
Israel, 1977- 83	Todo o setor bancário	30%	8
Chile, 1987- 83	Oito instituições fechadas	41%	8
Finlândia, 1991 - 93	Setor de poupança	8%	7
Austrália, 1989 - 92	Recapitalização de dois grandes bancos	2%	6

Fonte: (JORION, 2003)

Em suma, uma alocação eficiente de capital é fundamental para a sustentação de qualquer negócio que deseja prosperar no longo prazo. É necessário, nesse sentido, que haja uma nova visão por parte dos gestores em adotar estratégias dentro das regulamentações, a fim de se evitar crises financeiras.

2.2 Riscos

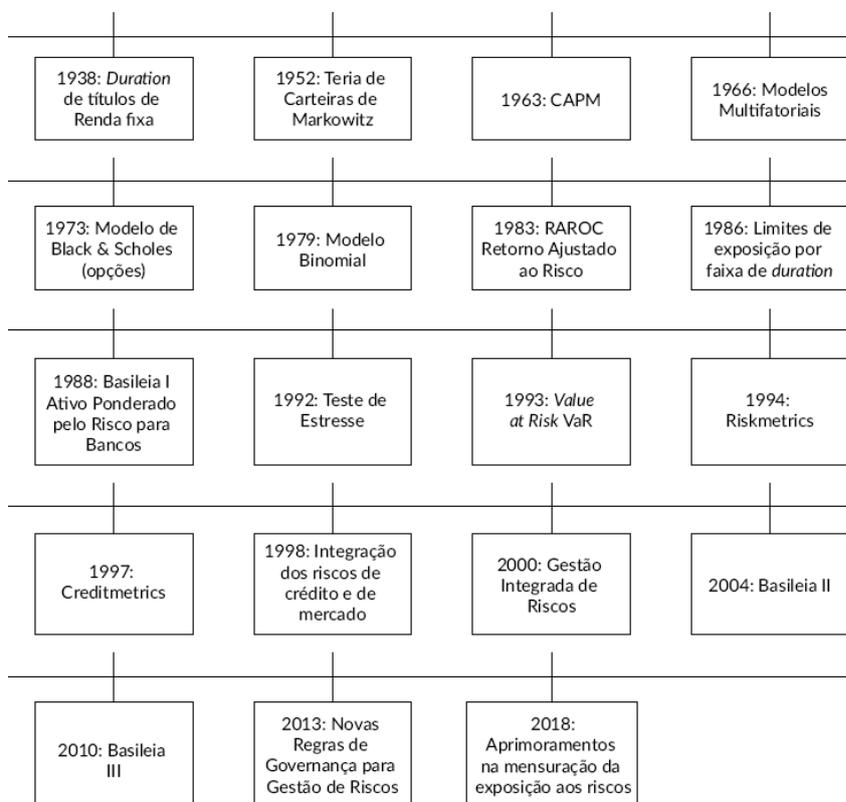
É impossível abordar práticas de ALM sem citar o risco intrínseco à qualquer tomada de decisão no âmbito financeiro. A Gestão de Ativos e Passivos, neste viés, está diretamente ligada à exposições em diversos tipos de riscos.

Segundo (BERK; DEMARZO, 2008) quando um investimento é arriscado, há diferentes retornos que ele pode obter, e cada retorno possível possui uma probabilidade de ocorrência. Sob essa perspectiva, é essencial que um gestor de portfólio se atente não apenas aos retornos, mas também para a natureza incerta dos investimentos.

Para (INSTITUTE, 2020), a gestão de riscos de portfólio muitas vezes faz a análise de cenários, que envolve a avaliação do desempenho esperado da carteira e dos custos de liquidação em um cenário hipotético de estresse ou mediante a repetição de eventos históricos de estresse. Entretanto, é importante salientar que apenas análise de cenários pode não ser suficiente para identificar todos os recortes da realidade.

Ao longo dos anos, as estratégias de gestão de riscos passaram por várias fases, como mostra a figura abaixo.

Figura 2 – Evolução das técnicas de análises de riscos



Fonte: (LIMA, 2023)

(LIMA, 2023) afirma que após o marco da Teoria das Probabilidades, surgido no período Renascentista, os matemáticos passaram a desenvolver técnicas quantitativas de administração de risco, como uma resposta ao crescimento das instabilidades nos mercados financeiros de todo o mundo.

Uma das técnicas de destaque na figura e que rendeu um Nobel da Economia em 1990, foi formulada por (MARKOWITZ, 1952), a qual atuará como base para a metodologia deste trabalho em questão. O autor elaborou a chamada Fronteira Eficiente, que representa uma seleção de portfólio, onde equilibra um conjunto de ativos com o maior retorno possível dentro de uma determinada faixa de risco.

Além disso, é relevante observar que existem diversos tipos de riscos aos quais um negócio pode estar exposto. Como (GIAMIAGI, 2017) afirma, nas instituições financeiras, geralmente recebem destaque os seguintes riscos:

Risco de mercado

Este tipo de risco é originado pelas variações naturais do mercado e, por conseguinte, o Risco de Mercado está totalmente atrelado à volatilidade dos ativos. De acordo com (DOWD, 2002), a volatilidade do ambiente econômico se reflete em vários fatores: mercado de ações, taxas de câmbio, taxas de juros e dos mercados de

commodities.

Risco de Liquidez

A iliquidez ocorre quando uma instituição não consegue cumprir suas obrigações financeiras prontamente. Isso pode acontecer devido a bloqueios temporários de capital em decorrência dos prazos de vencimento de investimentos ou perdas resultantes da negociação de ativos a preços desfavoráveis. Segundo (VENKAT, 2016), o gerenciamento do risco de liquidez é uma competência fundamental para todos os tipos de instituições financeiras, desde empresas do "lado vendedor", como bancos, até instituições do "lado comprador", como companhias de seguros.

Risco de Crédito

Este risco, frequentemente conhecido como "Risco de Calote", é um dos mais comuns e está relacionado a empréstimos, dívidas e financiamentos que podem não ser quitados devido à falta de pagamento por parte do devedor. (CARLONE, 2020) classifica os tipos de Risco de Crédito em: Inadimplência de Crédito (possibilidade de um devedor não cumprir suas obrigações), Concentração de Risco (exposições únicas ou grupos que podem resultar em perdas significativas) e Risco de País (perdas devido a um estado congelar pagamentos em moeda estrangeira ou não cumprir pagamentos).

Risco de Operacional

Este risco pode se originar de diversas fontes dentro de uma organização, tais como falha humana, processos inadequados, fraudes, eventos inesperados e externos. Para (CORNWELL, 2023) a complexidade e a taxa de mudança dos riscos operacionais não estão diminuindo, portanto, é a eficácia das práticas de gerenciamento de risco operacional (ORM) das Instituições Financeiras (IFs) que deve melhorar para manter um sistema financeiro seguro e sustentável para a sociedade. Nesse sentido, é de extrema importância que as IFs adotem abordagens com tecnologias avançadas, a fim de minimizar o Risco Operacional e contribuir para a confiança e estabilidade do sistema financeiro.

2.3 Taxa de Juros

Além dos desafios inerentes aos riscos financeiros, a dinâmica do ALM exige uma atenção às taxas de juros, a qual pode criar tanto oportunidades quanto ameaças ao gerenciamento de ativos e passivos. Neste contexto, (ADAO et al., 2022) evidencia através de simulações que as decisões dos bancos são influenciadas pelos diferentes regimes de taxas de juros, as quais não só moldam o comportamento de riscos, como também exercem impacto nas relações bancárias.

Nas instituições financeiras, os gestores estão sujeitos ao risco da taxa de juros, quando

alocam recursos em investimentos de longo prazo. Segundo (CARVALHO, 2022), a taxa de juros brasileira é utilizada como termômetro da economia, de modo a frear a inflação. Em contextos nos quais as taxas de juros se elevam, observa-se uma redução tanto no consumo quanto nos investimentos. Além disso, há uma queda na disponibilidade de dinheiro, e investidores estrangeiros começam a manifestar interesse em alocar recursos no país. Esses elementos, em conjunto, desempenham um papel crucial na contenção de pressões inflacionárias.

Ademais, em resposta às dinâmicas das taxas de juros, instituições financeiras utilizam de vários instrumentos financeiros para mitigar os riscos e aproveitar oportunidades de gerenciamento de ativos e passivos. Entre os instrumentos comumente utilizados, encontram-se as Letras Financeiras do Tesouro (LFT), que de acordo com (BARBOZA, 2015) possuem a chamada *duração zero*, isto é, a elasticidade nula de seu preço em relação à taxa de juros. Nesse viés, em modelagens estocásticas que priorizam a liquidez e a segurança dos ativos, a aplicação em LFTs é comum devido à sua condição de ativo livre de risco.

No que concerne à modelagem estocástica de cenários e testes de estresse realizados pelas instituições financeiras para uma melhor alocação de ativos e passivos, a taxa básica de juros, conhecida como Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), desempenha um papel importante. O Banco Central (BACEN) identifica canais de transmissão da política monetária, onde a SELIC é o componente principal. Em suma, dois desses canais abordam impactos da taxa de juros acerca do custo de crédito e renda disponível, entre outros.

Figura 3 – Canais de Transmissão da Política Monetária



Fonte: (Banco Central do Brasil, 2023)

Dentro desse contexto, a taxa SELIC influencia diretamente as condições financeiras e, por conseguinte, as estratégias de gestão de Ativos e Passivos (ALM) das instituições

financeiras. As mudanças nas taxas de juros afetam a rentabilidade dos ativos, o custo dos passivos e a valoração de ativos e passivos no mercado.

A situação do Silicon Valley Bank fornece um exemplo concreto dos desafios enfrentados pelas instituições financeiras devido às dinâmicas das taxas de juros e à gestão inadequada de ativos e passivos. Os estudos realizados por (VO; LE, 2023) mostram que ao investir significativamente em títulos de dívida durante um período de baixas de taxas de juros (2020 e 2021), o banco enfrentou a falência quando as taxas aumentaram em 2022, resultando em perdas significativas. Essa situação reforça a importância de não negligenciar as variações nas taxas de juros em momento de decisões de alocações de ativos e passivos.

2.4 Alguns fundamentos do gerenciamento de portfólios

Os modelos estocásticos são fundamentais no contexto do ALM, e neste tópico, o foco está nos modelos derivados da teoria moderna de portfólio, conforme delineada por Markowitz (MARKOWITZ, 1952), mencionada anteriormente. Para (GUERARD, 2023) o método de construção de portfólio, também conhecida como Análise de Média-Variância, de Harry Markowitz envolveu três inputs essenciais: modelos de retornos esperados, covariâncias e restrições de portfólio.

Conforme (GIBSON, 2008) aborda em seu livro, antes da Teoria Moderna de Portfólio, a gestão de investimentos era bidimensional, centrada em volatilidade e retorno, e Markowitz introduziu a importância das inter-relações entre ativos, acrescentando uma nova dimensão ao considerar o efeito de diversificação nos portfólios.

Para contextualizar a modelagem de Markowitz, é fundamental compreender os parâmetros essenciais que o autor empregou no desenvolvimento de sua teoria. Estes incluem:

Retorno Esperado:

Consiste na média ponderada dos ganhos ou perdas antecipados de um ativo no portfólio. É uma estimativa probabilística dos ganhos médios esperados.

A fórmula do retorno esperado (μ) de um ativo financeiro é dada por:

$$\mu = \sum_i (R_i \times P_i)$$

Onde:

μ : Retorno esperado,

R_i : Retorno associado ao cenário i ,

P_i : Probabilidade associada ao cenário i .

Covariância:

Segundo (RENNER, 2010) reflete a variabilidade na dispersão individual dos valores em relação à média por meio do desvio-padrão e da variância, e visa identificar como determinados valores se inter-relacionam. A fórmula da covariância entre duas variáveis, X e Y , é dada por:

$$cov(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1}$$

onde:

$cov(X, Y)$: Covariância entre os retornos X e Y ,

X_i e Y_i : Retornos individuais das,

\bar{X} e \bar{Y} : Médias dos retornos de X e Y , respectivamente,

n : Número total de amostras.

Variância:

Refere-se a uma medida de quão volátil é o retorno de um ativo. Quanto maior a variância, maior é o risco associado ao ativo. Quando aplicada a uma carteira, considera a interação entre os ativos, por meio das covariâncias. A sua fórmula é expressa por:

$$Var(Carteira) = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 Cov_{1,2}$$

Onde:

$Var(Carteira)$: Variância da carteira,

w_1 : Peso do primeiro ativo na carteira,

w_2 : Peso do segundo ativo na carteira,

σ_1 : Desvio padrão do primeiro ativo,

σ_2 : Desvio padrão do segundo ativo,

$Cov_{1,2}$: Covariância entre os ativos 1 e 2.

(ELTON, 1995) ilustra, por meio de um exemplo, que o risco de uma combinação de ativos é muito diferente da simples média do risco de ativos individuais, e que a variância de uma combinação de dois ativos pode ser menor do que a variância de qualquer um dos ativos individualmente. Na imagem abaixo, pode-se constatar que a combinação dos ativos 2 e 3 é menos arriscado que o ativo 2:

Figura 4 – Comparação de Riscos: Combinação de Ativos 2 e 3 vs. Ativo 2

Condition of Market	Asset 2	Asset 3	Combination of Asset 2 (60%) and Asset 3 (40%)
Good	\$1.16	\$1.01	\$1.10
Average	1.10	1.10	1.10
Poor	1.04	1.19	1.10

3.

Fonte: (ELTON, 1995)

4. VaR (Value at Risk - Valor em Risco):

Para (SOUZA, 2008) traduz em um método para se estimar o valor esperado da perda máxima (ou pior perda) de um portfólio num determinado horizonte de tempo, dentro de um dado intervalo de confiança, em condições de funcionamento normal de mercado. Em suma, é uma métrica que auxilia na avaliação do potencial de perda em um portfólio.

A fórmula do VaR é dada por:

$$VaR = \mu - z \times \sigma$$

onde:

μ : Retorno esperado,

z : Valor crítico associado ao nível de confiança desejado,

σ : Desvio padrão.

A compreensão dos termos citado é importante para a construção e otimização de portfólios de gerenciamento de ativos e passivos. Ao considerar não apenas os retornos individuais, mas também as interações entre ativos, os gestores podem buscar portfólios eficientes que equilibram risco e retorno.

2.4.1 Análise de Média-Variância

Markowitz, portanto, formulou a Análise da Média-Variância, que busca otimizar a expectativa de riqueza equilibrando retornos e riscos. (ZIEMBA, 2003) ilustra a o modelo criado pelo autor abaixo:

$$\phi(\delta) = \max \zeta'x$$

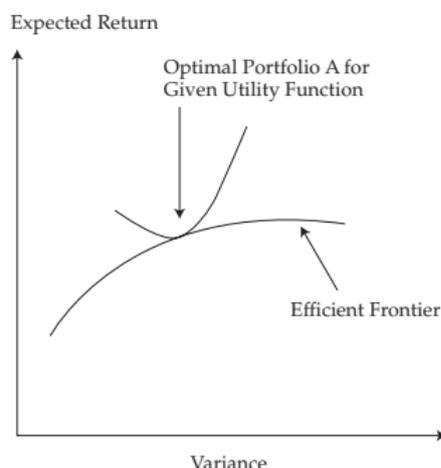
sujeito a $x'\Sigma x \leq \delta$,

$e'x = w_0$, $x \geq 0$,

onde ϕ representa a máxima expectativa de riqueza para um determinado nível de variância δ , $x = (x_1, \dots, x_n)$ são os pesos dos ativos, e é um vetor de 1's, e w_0 é a riqueza inicial do investidor.

Ainda sobre esta referência, quando a variância é parametrizada, ela resulta em uma curva côncava, como mostrado na figura abaixo.

Figura 5 – Fronteira Eficiente de Média-Variância



Fonte: (ZIEMBA, 2003)

A Fronteira Eficiente, ilustrada no gráfico acima, representa as combinações ótimas de média e variância para diferentes portfólios. Essa fronteira, em sua essência, destacam-se os portfólios que proporcionam o máximo retorno para um determinado nível de risco, ou vice-versa.

No que diz respeito à modelagens estocásticas de portfólios eficientes, é necessário levar em consideração diversos cenários, de forma a simular panoramas econômicos futuros.

O autor cita que estes cenários devem considerar o seguinte:

- Reversão à média dos preços dos ativos;
- Aglomeração de volatilidade, em que um período de alta volatilidade é seguido por outro período de alta volatilidade;
- Aumento da volatilidade quando os preços caem e diminuição quando eles sobem;
- Tendências de moedas, taxas de juros e preços de títulos;
- Maneiras de estimar retornos médios;
- Maneiras de estimar caudas gordas; e
- Maneiras de eliminar oportunidades de arbitragem ou minimizar seus efeitos.

Finalmente, uma das conclusões extraídas por (ZIEMBA, 2003) é:

Modelos baseados em cenários de programação estocástica são úteis quando se deseja analisar decisões gerais agregadas - incluindo passivos, liquidez, impostos, política, restrições legais e outras - e quando há metas e objetivos a serem alcançados. Portanto, vale a pena criar um modelo complexo de programação estocástica quando há muito em jogo e o problema essencial apresenta muitas complicações. [p. 177]

2.5 Aplicações na Seleção de Portfólio com Enfoque em ALM

(WU et al., 2023) propõem uma estrutura de portfólio baseada no modelo de variância média de Markowitz, que incorpora ratings ESG como um terceiro critério na função objetivo, visando otimizar retornos financeiros, e considerando também aspectos ambientais, sociais e de governança. A estrutura apresenta uma otimização de portfólio esparsa de vários períodos, combinando técnicas Markowitz e LASSO. O LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) é uma técnica de regularização que, quando aplicada à otimização de portfólio baseada no modelo Markowitz, aprimora a eficiência da alocação de ativos.

É válido também ressaltar a abordagem de um modelo multicenário e multiperíodo para a Gestão de Ativos e Passivos (ALM) em uma empresa de seguros de vida, delineando cinco elementos fundamentais: Tempos, Cenários, Contas, Ativos e Passivos realizado por (DUTTA et al., 2019). Nessa modelagem a função objetiva desse modelo foi maximizar o valor esperado da reserva total ao final do prazo T , composta pela reserva dos segurados e a reserva de acionistas. Além disso, visou minimizar o valor esperado descontado dos déficits encontrados entre as reservas, sujeito a uma série de restrições.

As restrições incluíram aspectos como restrições de reservas de investimento, reservas iniciais, limites para investimentos, custos de transação, equilíbrio de ativos, restrições de renda, entre outras. Em suma, o artigo adotou um Modelo Estocástico de Programação Linear (SLPM), uma técnica matemática que lida com a incerteza ao incorporar elementos estocásticos em um modelo de programação linear. Uma característica importante desta modelagem em questão, é a sua capacidade em reduzir o risco associado às decisões de alocação de ativos

Ademais, em outro estudo, (HOSSEININESAZ; JASEMI, 2022) propôs o desenvolvimento de um modelo de ALM multiperíodo, no qual a função objetivo englobou riscos de liquidez, inflação e carteira no contexto iraniano. Na comparação das fronteiras de eficiência em diferentes cenários de investimento, buscou-se identificar a estratégia mais eficaz para cobrir riscos de inflação e liquidez.

Nesse sentido, os casos analisados incluíram combinações específicas de ativos, como: ações e títulos no Caso 1; ações, títulos e ouro no Caso 2; ações, títulos e moedas estrangeiras no Caso 3; e ações, títulos públicos, ouro e moedas estrangeiras no Caso 4. Por ser um país pequeno e com poucas opções de alocações de recursos, foram necessárias as realizações de simulações com moedas internacionais.

A próxima aplicação objetivou derivar, explorar e analisar dinâmicas de uma carteira ótima de títulos de longo prazo em um mercado com negociações discretas. (IKPE; MAWONIKE; VIENS, 2023) utilizaram um modelo de seleção de portfólio de Markowitz para otimizar carteiras de títulos de risco de longo prazo, visando maximizar o retorno esperado sujeito a um nível de risco e minimizar o risco sujeito a um nível desejado de retorno.

O modelo de mercado de títulos de longo prazo foi aplicado no Asset and Liability Management (ALM), incorporando incerteza dependente da maturidade nas taxas de juros. Como resultado, o estudo evidenciou que uma seleção eficaz de portfólio pode ser alcançada com um pequeno número de títulos de risco, indicando a eficiência do modelo proposto.

(WU; ZENG; YAO, 2014) destaca a análise de um problema de seleção de portfólio de variância média de Markowitz ao longo de vários períodos, considerando um ambiente de mercado aleatório como fonte de incerteza em um horizonte de tempo incerto. Diferenciando-se da maioria da literatura existente, este estudo incorporou a incerteza do ambiente de mercado de forma explícita.

O artigo sugere que a dependência do estado no contexto da probabilidade de saída (transição entre diferentes estados de mercado) pode influenciar a eficiência da fronteira de portfólio de maneira distinta em comparação com a consideração de probabilidades de saída independentes. Em resumo, a modelagem da dependência do estado nas probabilidades de saída oferece uma perspectiva mais realista e dinâmica da seleção de portfólio, permitindo uma adaptação mais sensível às condições em constante mudança do mercado.

Neste capítulo, foram explorados aspectos relacionados ao estudo do ALM. Foram abordados tópicos, como a gestão dos ativos e passivos, seus riscos intrínsecos e a influência determinante das taxas de juros. Além disso, foram citados os fundamentos essenciais da modelagem, proporcionando uma melhor compreensão acerca das aplicações práticas desses conceitos.

Assim, o terreno está preparado para adentrarmos na seção metodológica, na qual será detalhada a abordagem empregada para a análise e aplicação, na qual será apresentada uma proposta de abordagem quantitativa empregada na análise de dados reais considerando uma base de risco.

3 Metodologia

Nesta seção, será apresentada a metodologia para a condução do presente trabalho, com o objetivo de atender aos objetivos previamente estabelecidos. A classificação do tipo de pesquisa, seu propósito e método, bem como o paradigma empregado para a alegação do conhecimento a ser gerado, será apresentada com base nas considerações de (SORDI, 2017)

Ao atributo de pesquisa, o autor determina três classificações possíveis: descritiva, exploratória ou explicativa. Este trabalho em questão pode ser classificado como do tipo descritivo, cujo objetivo consiste em

trazer mais informações sobre o assunto em questão. A ideia é coletar a maior quantidade possível de informações (atributos e variáveis) sobre o assunto que possam ajudar a responder questões do tipo “o que” e “como”, ou seja, questões com foco na descrição. [p. 62]

No que concerne ao método, destacam-se três formas: quantitativo, qualitativo ou qualitativo-quantitativo. Este trabalho se enquadra na perspectiva da abordagem quantitativa, que segundo o autor:

É mais dedutivo e parte de uma proposição maior, fundamentada em teorias já existentes (axiomas), para averiguar a partir de dados de campo (fatos) as hipóteses de interesse da pesquisa. Por essa razão, esse é um método bastante objetivo, abrangendo testes estatísticos para análise das hipóteses. [p. 63]

Quanto ao paradigma para a geração de conhecimento, foi adotada uma conceituação cujos os tipos são: Pós-positivismo, Reivindicatória/participante, Pragmatismo e Construtivismo. Para este estudo, o Pragmatismo se mostra mais adequado, visto que consiste em pesquisa centrada na prática do mundo real em termos de resolver problemas conhecidos (SORDI, 2017).

3.1 A empresa

A seguir, será apresentado o estudo de caso relativo à empresa escolhida como objeto de investigação. A seleção dessa empresa fundamenta-se em sua marcante relevância no setor e na região em que está situada.

Em um cenário moldado pela tradição na extração centenária de minérios e pela intensa atividade industrial em Minas Gerais, uma fintech de alcance nacional se estabeleceu, introduzindo um contraste significativo na paisagem econômica da região. Enquanto a região é conhecida por suas raízes sólidas na indústria e na exploração mineral, a presença dessa empresa trouxe consigo uma onda de inovação no setor financeiro.

O impacto positivo resultante desse empreendimento se estende além dos limites econômicos, refletindo em melhorias consideráveis no Produto Interno Bruto (PIB) da região. Além disso, a empresa atua fortemente na geração de empregos e oportunidades, introduzindo uma dinâmica que contrasta com as atividades mais tradicionais da área.

Nesse sentido, é possível observar não apenas uma diversificação da base econômica, mas também a transformação e modernização em uma região historicamente vinculada a setores mais convencionais. É interessante ressaltar que, ao concentrar-se unicamente em serviços, essa empresa contribui para uma melhor qualidade de vida dos trabalhadores, quando comparada às atividades industriais mais tradicionais.

Os serviços oferecidos, neste viés, estão alinhados com as novas tendências do trabalho, promovendo ambientes mais flexíveis, equilibrados e adaptáveis, contribuindo assim com práticas laborais que visam o bem-estar dos colaboradores ao passo que refletem as evoluções nas dinâmicas do trabalho moderno.

Através da oferta de serviços abrangentes, incluindo gestão de cobranças, emissão de boletos, carnês e assinaturas, cartões de crédito, débito e pré-pago e um completo controle de saldo por meio de eficientes relatórios, a empresa conquistou uma posição destaque no cenário nacional. Além disso, com uma base de mais de 370 mil clientes em todo o Brasil, a magnitude de sua influência é evidente. Nesse sentido, a empresa, que mantém uma equipe de 350 colaboradores altamente dedicados e que contribuem significativamente com o mercado de pagamentos, evidenciou sua presença consolidada ao movimentar mais de 21 bilhões de reais em 2022.

Em suma, a empresa, com seu crescimento notável e expressiva reserva de capital, percebeu a necessidade de estabelecer um novo setor de Asset Liability Management (ALM) para gerenciar eficientemente tanto os passivos quanto os ativos. Essa iniciativa visa alcançar uma certa rentabilidade dentro de níveis de risco controlados, mantendo liquidez adequada para suportar as operações diárias e alocando investimentos em ativos menos líquidos para potencializar os ganhos.

3.2 Metodologia de avaliação de uma base de sacados

A metodologia deste estudo está centrada principalmente na análise do risco de crédito, o reconhecendo como um elemento importante na Gestão de Ativos e Passivos. Ademais, a identificação e avaliação minuciosa desse tipo de risco são importantes para a eficácia das estratégias de captação de potenciais clientes.

Além disso, a compreensão da saúde financeira desses clientes deve ser central, avaliando sua capacidade de manter pagamentos em dia. Sendo assim, esse enfoque estratégico permitirá não apenas uma captação eficiente, mas também uma gestão proativa dos riscos associados aos ativos e passivos da empresa, alinhando-se às melhores práticas de ALM para otimização do desempenho financeiro.

O ponto de partida desta metodologia envolveu a análise de uma base de dados robusta, composta por 526 variáveis e abrangendo informações de 392.139 clientes da empresa. O foco inicial deste estudo consistiu em realizar uma análise desta base de dados, entendendo-os como os tomadores de crédito.

A tabela abaixo apresenta uma lista de variáveis destaque, cada uma desempenhando um papel importante para uma futura análise de risco de crédito.

Tabela 1 – Possíveis Variáveis para Captação de Clientes PJ na Análise do Risco de Crédito.

Variável	Descrição
Contagem de Faturas Parcialmente Pagas com Atraso	Avaliação da regularidade nos pagamentos, identificando padrões de atrasos parciais.
Valor da Fatura em 6 meses consecutivos	Análise do comportamento de gastos ao longo do tempo, identificando possíveis tendências ou variações significativas.
Valor Pago da Fatura em 6 meses consecutivos	Relacionamento entre os valores gastos e os pagamentos efetuados, permitindo avaliar a capacidade de quitação das obrigações.
Valor Investido	Indicação de atividades de investimento, para entender sobre a estabilidade financeira e a tomada de decisões de investimento dos sacados.
Valor Resgatado	Indicação de atividades de resgate de investimentos.
Limite de Crédito Liberado em 6 meses consecutivos	Acompanhamento do histórico de concessão de crédito, considerando a consistência ou variação no limite ao longo do tempo.
Pagamento de Tarifas de Serviço em 6 meses consecutivos	Identificação de padrões nos pagamentos de tarifas, indicando a disposição dos sacados em arcar com custos adicionais.
Quantidade de Transações de Recarga em Cartão Pré-Pago	Exploração das atividades de recarga em cartões pré-pagos, oferecendo informações sobre comportamentos de consumo.
Valor de Recarga em Cartão Pré-Pago em 6 meses consecutivos	Valor total recarregado em cartões pré-pagos.
Quantidade de Transações de Envio PIX em 6 meses consecutivos	Avaliação do envolvimento dos sacados em transações digitais via PIX.
Quantidade de Transações de Recebimento via TED em 6 meses consecutivos	Avaliação do envolvimento dos sacados em transações de recebimento via TED.
Valor de Recebimento via Boleto em 6 meses consecutivos	Análise das fontes de recebimento via boleto, contribuindo para a compreensão da diversificação nas fontes de renda dos sacados.

Na condução das análises, foram consideradas as linguagem de programação Python para a implementação das rotinas, e os dados foram processados em um ambiente computacional com as seguintes especificações:

- **Processador:** AMD Ryzen 7 5700U with Radeon Graphics, 1.80 GHz
- **RAM instalada:** 8,00 GB
- **Tipo de sistema:** Sistema operacional de 64 bits, processador baseado em x64

Linguagens como Python são de alto nível, se assemelham ao inglês e permitem que os autores expressem seus algoritmos de maneira clara para outros. Um interpretador converte um programa Python em uma forma de nível inferior que pode ser executado em um computador real. (LAMBERT, 2022)

As análises iniciaram com uma abordagem descritiva da base de dados, a fim de se compreender sua estrutura e características fundamentais. Posteriormente, foram aplicadas técnicas estatísticas mais sofisticadas, incluindo a Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise Fatorial Exploratória (EFA).

De acordo com (FÁVERO, 2015), a PCA permite que, a partir de um conjunto de variáveis originais correlacionadas entre si, seja determinado outro conjunto de variáveis resultantes da combinação linear do primeiro conjunto. Neste sentido, para este estudo, onde a base de dados é de uma grande dimensão, essa técnica contribui para a redução do número de variáveis originais em um conjunto menor de componentes principais que retêm a maior parte da variabilidade dos dados.

A correlação de variáveis permite, assim, que seja criada uma nova medida composta que possa representar cada conjunto dessas variáveis. Sendo assim, (JR. et al., 2009) afirma que a EFA é uma poderosa ferramenta para melhor compreender a estrutura dos dados, e também pode ser usada para simplificar análises de um grande conjunto de variáveis substituindo-as por variáveis compostas.

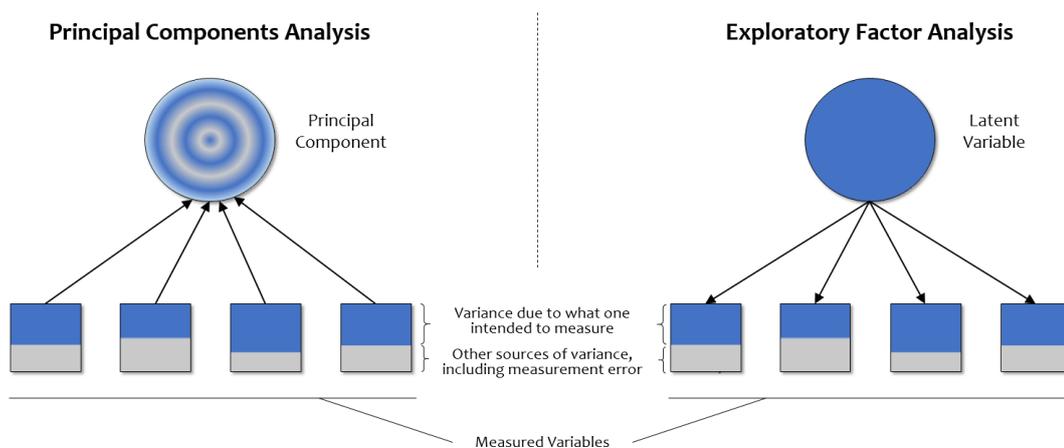
Ainda que ambas as técnicas apresentem semelhanças na sua utilização para análise de dados que envolvem múltiplas variáveis inter-relacionadas e podem ser aplicadas para reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados, elas se diferenciam nos objetivos e na natureza das informações de busca a extrair.

A abordagem típica na análise de dados multivariados envolve a utilização da Análise de Componentes Principais (PCA) como um estágio inicial, seguido pela Análise de Fatores Exploratórios (EFA). A PCA, considerada um modelo formativo, visa reduzir a dimensionalidade dos dados, preservando a máxima variância possível. Nesse contexto, as variáveis observadas são combinadas linearmente para formar os componentes principais.

Por outro lado, a EFA, enquadrada como um modelo reflexivo, concentra-se em identificar fatores subjacentes que podem ser as causas das correlações observadas entre as variáveis. Esse tipo de análise se mostra útil quando se deseja compreender a estrutura latente dos dados, auxiliando na interpretação dos fatores latentes responsáveis pelas relações entre as variáveis observadas.

Sendo assim, a combinação dessas duas técnicas contribuem para uma abordagem abrangente a fim de explorar estruturas complexas em conjuntos de dados multivariados.

Figura 6 – Diferenças entre PCA e EFA



Fonte: (CS, 2017)

Ao longo desta metodologia, o objetivo foi destacar as técnicas mais comuns para lidar com bases de alta dimensionalidade, particularmente aquelas compostas por uma grande quantidade de variáveis. Portanto, em contextos de bases de dados "high measure", a escolha adequada de técnicas é de suma importância para a eficácia da análise. Na seção subsequente, o foco será na apresentação e interpretação dos resultados da análise da base de sacados.

4 Apresentação e discussão dos resultados

Durante a análise da base de dados, foi identificada uma inconsistência significativa, comprometendo as análises subsequentes, que dependiam crucialmente de variáveis numéricas sem valores vazios. Dada essa complexidade, foi decidido optar pela exploração da possibilidade de trabalhar com amostragens, em vez de utilizar a base de dados completa.

Inicialmente, ao filtrar as variáveis que continham pelo menos 150.000 valores numéricos, o que representava aproximadamente 50% do total de sacados, constatou-se que apenas 22 variáveis atenderam a esse critério, e entre elas estavam incluídas variáveis que, teoricamente, deveriam ser categóricas e não relevantes para as análises em questão, como ID do Documento, ID do Cliente e CEP.

Em decorrência dessa incompletude na base de dados, optou-se por ajustar o critério para 120.000 valores numéricos, representando cerca de 40% do total de sacados. Esse ajuste resultou em um aumento para 248 variáveis elegíveis, mas a persistência de valores não numéricos ou ausentes continuou a ser um desafio.

Para uma análise mais abrangente, expandiu-se para 50.000 valores numéricos, resultando em 475 variáveis que atenderam essa condição. Esse tipo de inconsistência se mostra comum em projetos de ciências de dados atualmente, visto que lidam com a integração de informações provenientes de diversas fontes, cada uma com sua própria estrutura e padrões.

Adicionalmente, o recurso computacional foi um gargalo para as análises estatísticas, especificamente em relação à capacidade de memória RAM do computador. A complexidade de análise e o volume de dados exigiram uma quantidade significativa de recursos, resultando em dificuldades para executar o código de maneira integral.

Diante disso, a escolha de fragmentar o código em etapas menores foi inevitável. Embora essa estratégia tenha permitido a execução bem sucedida da análise, ela onerou o tempo de processamento e reintragração dos resultados.

Apesar dos desafios previamente mencionados, foi possível gerar a matriz de correlação, revelando alguns resultados curiosos. Entre eles, destacam-se blocos de alta correlação entre variáveis específicas. No caso, observou-se uma notável associação entre a variável **"Limite inicial do cartão de crédito"**, as variáveis **"Valor total da fatura"** e **"Valor total pago referente às faturas"** para cada um dos seis meses considerados.

Figura 7 – Correlação entre Limite inicial do cartão de crédito, Valor total da fatura e Valor total pago referente às faturas

count_invoice_val	status	ce_val	value_f	value	limit_cr	ce_val	value	ce_val	ce_val	ce_val	value	value_f	value	value	value	value	value	value
count_invoice_value_status_overdue_paid	0,28221	0,27343	0,1318	-0,3312	0,09353	0,31258	0,27046	0,26871	0,29622	0,28933	0,30271	0,24315	0,24464	0,27259	0,26543	0,24068	0,27193	0,27193
count_invoice_value_status_overdue_partial_paid	0,03682	0,03682	0,37743	-0,1505	0,0402	0,22258	0,18705	0,19089	0,19763	0,2085	0,16399	0,12773	0,13318	0,13753	0,13992	0,12263	0,18439	0,18439
count_invoice_value_status_paid	0,37743	0,07526	1	-0,2405	0,15651	0,32606	0,29775	0,29656	0,32846	0,31706	0,35709	0,29965	0,30193	0,3411	0,33129	0,30695	0,3071	0,3071
count_invoice_value_status_partial_paid	0,37743	0,07526	1	-0,1519	0,02859	0,17746	0,14682	0,14764	0,15634	0,1615	0,1283	0,1069	0,11453	0,11731	0,11437	0,10518	0,147	0,147
count_invoice_value_status_pending	-0,1505	-0,2405	-0,1519	1	-0,0044	-0,1706	-0,1489	-0,1468	-0,1633	-0,1597	-0,1751	-0,1462	-0,1454	-0,1638	-0,1608	-0,1479	-0,152	-0,152
first_limit_credit_card	0,0402	0,15651	0,02859	-0,0044	1	0,56378	0,44999	0,57184	0,61564	0,65862	0,59212	0,45743	0,58937	0,63501	0,68794	0,4906	0,48615	0,48615
invoice_value_april	0,22258	0,32606	0,17746	-0,1706	0,56378	1	0,69226	0,73156	0,77955	0,84237	0,87739	0,66293	0,69912	0,74173	0,77892	0,68272	0,71134	0,71134
invoice_value_august	0,18705	0,29775	0,14682	-0,1489	0,44999	0,69226	1	0,87582	0,81427	0,75358	0,73481	0,94089	0,83636	0,80973	0,76077	0,88937	0,91676	0,91676
invoice_value_july	0,19089	0,29656	0,14764	-0,1468	0,57184	0,73156	0,87582	1	0,90233	0,82898	0,77846	0,84034	0,93861	0,84985	0,81681	0,81983	0,84478	0,84478
invoice_value_june	0,19763	0,32846	0,15634	-0,1633	0,61564	0,77955	0,81427	0,90233	1	0,88575	0,80977	0,7945	0,86795	0,92026	0,83788	0,78342	0,81226	0,81226
invoice_value_may	0,2085	0,31706	0,1615	-0,1597	0,65862	0,84237	0,75358	0,82898	0,88575	1	0,79555	0,71591	0,79662	0,83632	0,90229	0,72932	0,75909	0,75909
invoice_value_paid_april	0,16399	0,35709	0,1283	-0,1751	0,59212	0,87739	0,73481	0,77846	0,80977	0,79555	1	0,74077	0,77745	0,82544	0,85763	0,76383	0,77219	0,77219
invoice_value_paid_august	0,12773	0,29965	0,1069	-0,1462	0,45743	0,66293	0,94089	0,84034	0,7945	0,71591	0,74077	1	0,87987	0,83537	0,76572	0,92926	0,9037	0,9037
invoice_value_paid_july	0,13318	0,30193	0,11453	-0,1454	0,58937	0,69912	0,83636	0,93861	0,86795	0,79662	0,77745	0,87987	1	0,89334	0,83806	0,86569	0,85133	0,85133
invoice_value_paid_june	0,13753	0,3411	0,11731	-0,1638	0,63501	0,74173	0,80973	0,84985	0,92026	0,83632	0,82544	0,83537	0,89334	1	0,8823	0,8347	0,82959	0,82959
invoice_value_paid_may	0,13992	0,33129	0,11437	-0,1608	0,68794	0,77892	0,76077	0,81681	0,83788	0,90229	0,85763	0,76572	0,83806	0,8823	1	0,79657	0,79247	0,79247
invoice_value_paid_september	0,12263	0,30695	0,10518	-0,1479	0,4906	0,68272	0,88937	0,81983	0,78342	0,72932	0,76383	0,92926	0,86569	0,8347	0,79657	1	0,94865	0,94865
invoice_value_paid_september	0,18439	0,3071	0,147	-0,152	0,48615	0,71134	0,91676	0,84478	0,81226	0,75909	0,77219	0,9037	0,85133	0,82959	0,79247	0,94865	1	0,94865
is_pep	-0,0061	-0,0265	-0,009	0,03663	-0,0187	-0,0137	-0,0146	-0,0126	-0,0148	-0,0136	-0,0137	-0,0154	-0,0107	-0,0121	-0,0121	-0,0121	-0,0122	-0,0121
last_limit_credit_card	0,07155	0,22936	0,04782	-0,0347	0,94515	0,63124	0,55044	0,65664	0,69006	0,71952	0,65886	0,55814	0,67321	0,70876	0,74536	0,58804	0,58285	0,58285

Fonte: (Autoria própria, 2024)

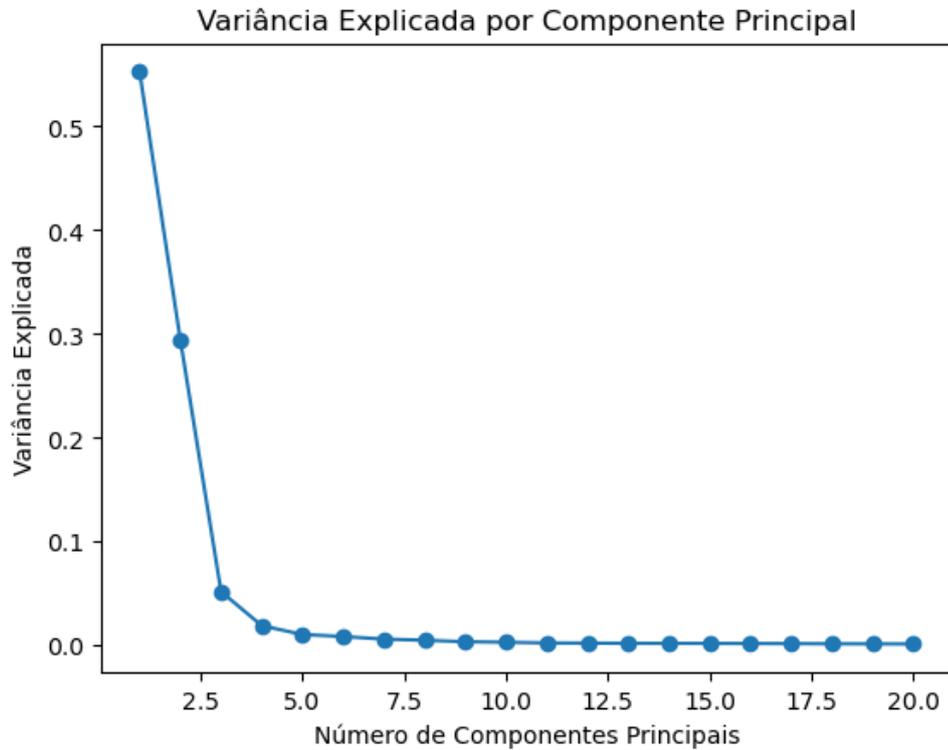
A notável correlação entre tais variáveis sugere que alterações no limite inicial do cartão de crédito estão vinculadas a variações semelhantes nos valores totais das faturas e nos pagamentos realizados pelos clientes a cada mês. Essa descoberta aponta para uma relação substancial entre o limite de crédito inicial concedido aos clientes e seus subsequentes padrões de gastos e pagamentos.

A análise de correlação entre o primeiro limite do cartão de crédito e o último limite registrado revelou uma associação significativa, atingindo 94%. Esse resultado sugere uma forte relação entre o limite inicial concedido aos clientes e o limite final atribuído ao longo do período analisado. Essa alta correlação pode ser explicada por vários fatores:

- Se a instituição adota práticas consistentes de avaliação de crédito, é esperado que os limites iniciais e finais estejam alinhados.
- Se os clientes têm um histórico sólido de pagamentos, é possível que a instituição financeira opte por aumentar seus limites de crédito ao longo do tempo.
- A alta correlação pode refletir a confiança da instituição na capacidade do cliente de gerenciar seu crédito de maneira eficaz, resultando em aumentos graduais nos limites.

Os limites de crédito liberados apresentaram uma correlação média de 64% com as variáveis "Valor total da fatura" e "Valor total pago referente às faturas", enquanto a correlação foi de 88% com a variável "Limite inicial do cartão de crédito".

Figura 9 – Variável Explicada por Componente Principal

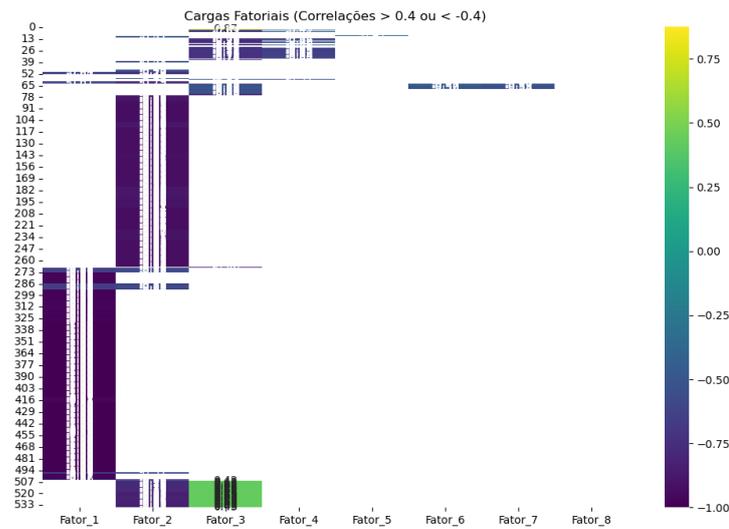


Fonte: (Autoria própria, 2024)

Esse resultado destaca a eficácia do PCA em reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados, permitindo uma simplificação significativa sem perder uma quantidade substancial de informação.

No que concerne à EFA, foi gerada uma matriz de correlação que destaca as relações entre oito fatores latentes e cada variável original. A análise revelou blocos de cores mais acentuadas na matriz, indicando níveis distintos de correlação entre os fatores e as variáveis. Esses blocos de cores refletem padrões de associação, sugerindo agrupamentos ou relações significativas entre diferentes conjuntos de variáveis.

Figura 10 – Correlações entre fatores e variáveis originais



Fonte: (Autoria própria, 2024)

É interessante notar que os dois primeiros fatores apresentam mais correlações do que os outros. Isso pode ser atribuído ao fato de que os dois primeiros fatores geralmente explicam a maior parte da variabilidade total nos dados. Em outras palavras, eles capturam os padrões mais dominantes e influentes nas relações entre as variáveis, resultando em correlações mais evidentes. À medida que se avança para fatores subsequentes, eles explicam variações cada vez mais específicas e menos generalizadas, o que se reflete na redução da intensidade das correlações.

Essa observação, portanto, é consistente com a natureza da EFA, onde os fatores são ordenados de acordo com sua contribuição para a explicação da variância nos dados.

5 Conclusões e considerações finais

Neste estudo, foi realizado um levantamento na literatura para identificar aplicações da Gestão de Ativos e Passivos em cenários mais próximos da realidade brasileira. Nesse contexto, constatou-se a escassez de trabalhos anteriores, ressaltando a relevância do presente estudo como uma contribuição metodológica valiosa para a gestão financeira contemporânea.

Ao realizar uma análise inicial da base de dados, foi possível constatar a importância do risco de crédito no contexto do ALM. Durante esse processo, identificou-se inconsistências na base, o que levantou a possibilidade de considerar apenas amostras representativas.

No entanto, mesmo diante dessas inconsistências, foi possível encontrar correlações relevantes entre variáveis por meio de análises multivariadas, resultando em uma abordagem mais enxuta e focalizada para alimentar um modelo futuro de ALM.

Os planos para futuras investigações estão centrados na otimização desta base por meio de métodos estatísticos, com o objetivo de integrar informações refinadas ao modelo de portfólio eficiente.

A ideia de estimar modelos de ALM, levando em conta o aprimoramento de risco por meio de técnicas estatísticas multivariadas, pode se tornar uma abordagem válida para alcançar resultados mais robustos e alinhados com as particularidades da empresa em análise.

Por fim, a colaboração estreita com os representantes da empresa continua sendo um ponto crucial para orientar o desenvolvimento futuro deste estudo. Deste modo, essas interações se mostram fundamentais para decisões estratégicas, como a escolha de uma base mais equilibrada, a aplicação de análises fatoriais e a definição das características desejadas para otimizar o modelo que será proposto.

Em resumo, compreender os riscos de crédito é de suma importância, especialmente em um país com a volatilidade característica do Brasil e onde as pessoas têm amplo acesso a crédito. Entender esses riscos não apenas resguarda as instituições financeiras contra potenciais perdas, mas também permite a tomada de decisões informadas na concessão de crédito, promovendo práticas mais sustentáveis e responsáveis.

Referências

- ADAO, L. F. et al. The impacts of interest rates on banks' loan portfolio risk-taking. *Journal of Banking & Finance*, Elsevier, 2022. In press.
- Banco Central do Brasil. *Transmissão da Política Monetária*. 2023. Acesso em: 27/11/2023. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/transmissaopoliticamonetaria>>.
- BARBOZA, R. d. M. Taxa de juros e mecanismos de transmissão da política monetária no brasil. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 35, n. 1 (138), p. 133–155, janeiro-março 2015.
- BARDAEVA, P. *Bank Asset Liability Management Best Practice: Yesterday, Today and Tomorrow*. [S.l.]: De Gruyter, 2021. ISBN 9783110669763; 3110669765; 9783110666540; 3110666545.
- BERK, J.; DEMARZO, P. *Finanças Empresariais*. [S.l.]: Grupo A, 2008. E-book. Acesso em: 30 out. 2023. ISBN 9788577804214.
- BRASIL, B. C. do. *Ato do Presidente nº 1.359 de 15/2/2023*. 2023. <<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/exibenormativo?tipo=Ato%20do%20Presidente&numero=1359>>. Comunicado normativo do Banco Central do Brasil. Decreto de liquidação extrajudicial da BRK S.A. Crédito, Financiamento e Investimento.
- BRASIL, B. C. do. *Ato do Presidente nº 1.360 de 15/2/2023*. 2023. <<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/exibenormativo?tipo=Ato%20do%20Presidente&numero=1360>>. Comunicado normativo do Banco Central do Brasil. Decreto de liquidação extrajudicial da Portocred S.A. Crédito, Financiamento e Investimento.
- CARLONE, G. *Introduction to Credit Risk*. 1. ed. [S.l.]: Chapman and Hall/CRC, 2020. (Chapman and Hall/CRC Finance Series). ISBN 0367478498; 9780367478490.
- CARVALHO, J. P. G. F. de. *Inovações Financeiras, Taxa de Juros e Mercado de Capitais no Brasil*. Dissertação (TCC) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2022.
- COMMISSION, F. C. I. *The Financial Crisis Inquiry Report*. First, official government edition. [S.l.: s.n.], 2011. ISBN 9780160877278; 016087727X.
- CORNWELL, N. Modernising operational risk management in financial institutions via data-driven causal factors analysis: A pre-registered study. *Pacific-Basin Finance Journal*, v. 79, p. 102011, 2023. ISSN 0927-538X.
- CS, L. *Principal components or factor analysis?* 2017. Accessed on January 31, 2024. Disponível em: <<https://community JMP.com/t5/JMP-Blog/Principal-components-or-factor-analysis/ba-p/38347>>.
- DOWD, K. *Measuring market risk*. [S.l.]: Wiley, 2002. ISBN 9780471521747; 0471521744.

- DUTTA, G. et al. Asset liability management model with decision support system for life insurance companies: Computational results. *Computers Industrial Engineering*, v. 128, p. 985–998, 2019. ISSN 0360-8352. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835218303115>>.
- ELTON, M. J. G. E. J. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. 5 sub. ed. [S.l.]: John Wiley Sons, 1995. ISBN 0471007439; 9780471007432.
- FARAHVASH, P. *Asset–Liability and Liquidity Management*. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2020. ISBN 9781119701880; 1119701880.
- FILHO, D. F. M. Gestão de ativos e passivos nas instituições financeiras do mercado brasileiro: uma abordagem na alocação de capital. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008.
- FRANCESCO, M. D.; SIMONELLA, R. A stochastic asset liability management model for life insurance companies. *Financial Markets and Portfolio Management*, Springer, v. 37, n. 1, p. 61 – 94, 2023.
- FÁVERO, L. P. *Análise de Dados: Técnicas Multivariadas Exploratórias com SPSS e STATA*. E-book. [S.l.]: Grupo GEN, 2015. ISBN 9788595155589.
- GIAMIAGI, F. *Derivativos e Risco de Mercado*. [S.l.]: Grupo GEN, 2017. E-book. Acesso em 03 nov. 2023. ISBN 9788595154742.
- GIBSON, R. C. *Asset Allocation: Balancing Financial Risk*. 4th. ed. USA: McGraw-Hill, Inc., 2008.
- GUERARD, J. Harry markowitz: An appreciation. *International Journal of Forecasting*, v. 39, n. 4, p. 1496–1501, 2023. ISSN 0169-2070. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207023000742>>.
- HASTINGS, D. F. *Banking: Gestão de Ativos, Passivos e Resultados em Instituições Financeiras*. E-book. [S.l.]: Editora Saraiva, 2012. ISBN 9788502088424.
- HOSSEININESAZ, H.; JASEMI, M. Development of a new asset liability management model with liquidity and inflation risks based on the lower partial moment. *Expert Systems with Applications*, v. 210, p. 118427, 2022. ISSN 0957-4174. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422015299>>.
- IKPE, D.; MAWONIKE, R.; VIENS, F. Static markowitz mean-variance portfolio selection model with long-term bonds. *Numerical Algebra, Control and Optimization*, American Institute of Mathematical Sciences, v. 13, n. 3-4, p. 523 – 554, 2023. ISSN 21553289.
- INSTITUTE, C. *Portfolio Management in Practice, Volume 1: Investment Management*. [S.l.]: Wiley, 2020. (CFA Institute Investment Series). ISBN 9781119743699; 1119743699.
- JORION, P. *Value at Risk: a fonte de referência para a gestão do risco*. 2. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2003.
- JR., J. F. H. et al. *Análise Multivariada de Dados*. E-book. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2009. ISBN 9788577805341.

- LAMBERT, K. A. *Fundamentos de Python: primeiros programas*. E-book. [S.l.]: Cengage Learning Brasil, 2022. ISBN 9786555584301.
- LIMA, F. G. *Análise de Riscos*. [S.l.]: Grupo GEN, 2023. Online. E-book.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v. 7, n. 1, Mar. 1952.
- NETO, A. A. *Estrutura e Análise de Balanços: Um Enfoque Econômico-financeiro*. 13th. ed. [S.l.]: Grupo GEN, 2023.
- RENNER, M. C.
Teoria de Portfólio de Markowitz em Momentos de Crise — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Especialização em Mercados de Capitais, Porto Alegre, 2010.
- SILVA, N. C. C. d. Escândalo contábil: uma investigação sobre práticas de gerenciamento de resultados e a efetividade do modelo jones no caso da americanas sa. *Trabalho de conclusão de curso*, Universidade Federal da Paraíba, 2023.
- SORDI, J. O. d. *Desenvolvimento de Projeto de Pesquisa*. 1. ed. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2017. Disponível online. E-book. ISBN 9788547214975. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788547214975/>>.
- SOUZA, A. A. de Lima Gomes da S. *Sugestão para Definição do Conceito de VaR para Corporações*. Dissertação (Mestrado) — Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, Mestrado em Finanças Economia Empresarial, 2008.
- VENKAT, S. B. S. *Liquidity Risk Management: A Practitioner's Perspective*. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2016. (Wiley Finance). ISBN 9781118881927; 1118881923.
- VO, L. V.; LE, H. T. T. From hero to zero: The case of silicon valley bank. *Journal of Economics and Business*, p. 106138, 2023. ISSN 0148-6195.
- WU, H.; ZENG, Y.; YAO, H. Multi-period markowitz's mean–variance portfolio selection with state-dependent exit probability. *Economic Modelling*, v. 36, p. 69–78, 2014. ISSN 0264-9993. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999313003647>>.
- WU, Z. et al. Regularization methods for sparse esg-valued multi-period portfolio optimization with return prediction using machine learning. *Expert Systems with Applications*, v. 232, p. 120850, 2023. ISSN 0957-4174. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417423013520>>.
- ZIEMBA, W. T. *The Stochastic Programming Approach to Asset, Liability, and Wealth Management*. University of British Columbia and Oxford University: The Research Foundation of AIMRTM, 2003.