



São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

## **Ceder é perder? Avaliação das metas atuariais de Entidades Fechadas de Previdência Complementar pela flexibilização da Resolução CMN n°4661/2018**

**LEONARDO CARDOSO**

*Universidade de São Paulo*

**JOÃO VINÍCIUS DE FRANÇA CARVALHO**

*Universidade de São Paulo*

**ALEXANDRE TEIXEIRA DAMASCENO**

*Universidade de São Paulo*

### **Resumo**

Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) possuem elevados passivos atuariais a serem honrados junto aos seus participantes, em especial, planos previdenciários do tipo Benefício Definido, cujos déficits apurados recaem sobre o patrocinador. O objetivo do presente trabalho é verificar se o novo padrão de limites alocativos estabelecidos pela Res. CMN n°4661/2018 é suficiente para o atingimento de retornos financeiros que cubram os passivos atuariais das EFPC no Brasil, usando um modelo de ALM. Para avaliar a efetividade das medidas, foram construídos portfólios eficientes em três situações: (i) Modelo Irrestrito, e; (ii) dois Modelos Restritos (seguindo os limites de alocação estabelecidos pelas Resoluções CMN n°3792/2009 e n°4661/2018) e mensurados seus desempenhos. Como medida de risco subjacente comparativa, utiliza-se o *Conditional Value-at-Risk*, ideal por ser coerente, diferentemente da literatura tradicional, que utiliza o *Value-at-Risk*. Adicionalmente, também foi possível verificar as probabilidades de tais modelos atingirem variados níveis de metas atuariais ou gerarem retornos negativos em seis horizontes de tempo distintos: 12, 24, 36, 48, 72, 120 e 180 meses. Os resultados sugerem não haver diferenças substanciais nos retornos dos portfólios, haja vista a grande sobreposição das fronteiras eficientes obtidas para cada modelo proposto representativo de cada norma. Porém, a diretriz mais recente possibilita que as EFPC possam alcançar maiores retornos, ao custo de maior exposição ao risco. As simulações de cenários futuros explicitaram que os planos previdenciários têm viabilidade de constituir portfólios capazes de atingir ou superar as metas atuariais de 5% e 6% respectivamente, com probabilidades iguais, ou superiores a 50%. Finalmente, o modelo irrestrito apresentou maiores retornos ao custo de uma volatilidade substancialmente inferior quando comparada com os modelos restritivos, indicando que portfólios com menores restrições legais podem gerar menor exposição ao patrimônio das EFPC.

**Palavras-chave:** Previdência Complementar; ALM; Conditional Value-at-Risk Planos de Benefício Definido;



São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

## 1. Introdução

De acordo com a Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC), autarquia federal responsável pela fiscalização e supervisão do sistema nacional de previdência complementar no Brasil, uma Entidade Fechada de Previdência Complementar (EFPC) é uma instituição cujo fim exclusivo recai sobre a administração de planos de benefícios previdenciários de grupos específicos de empresas públicas, privadas ou mistas, não estando disponíveis para livre adesão de um público em geral. Constituídas sob a égide do artigo 35 da Lei Complementar nº 109/2001, e organizadas por empresas, associações ou entidades de classe, as EFPC não possuem fins lucrativos e visam assegurar aos beneficiários (empregados, dependentes ou associados) renda adicional aos recursos de aposentadoria providos pelo Regime Geral de Previdência Social (RGPS), além de prover proteção securitária contra riscos indesejados, como acidentes que causem invalidez laboral ou mesmo a morte do contribuinte.

O financiamento operacional de uma EFPC é proveniente dos recursos de participantes funcionários e empregadores (patrocinadores). Tais valores são reconhecidos em provisões matemáticas (passivos) dos planos de benefícios, e alocados em ativos garantidores, gerando retornos financeiros aos participantes. Ademais, destaca-se que os planos instituídos por associações e entidades de classe são custeados unicamente pelos participantes, inexistindo a figura do patrocinador (De Oliveira et al., 2017).

Legalmente, há três modalidades de planos de benefícios no Brasil: (i) *Benefício Definido* (BD), em que os valores dos benefícios futuros a serem pagos são determinados *ex-ante* à adesão. As contribuições podem variar ao longo do tempo para que seja atingido o valor inicialmente fixado, com a duração vitalícia da aposentadoria; (ii) *Contribuição Definida* (CD), cujos benefícios são estabelecidos *ex-post*, no momento da aposentadoria, como função do montante de contribuições realizadas (definidas previamente pelo participante) e dos rendimentos auferidos das contas individuais (Josa-Fombellida & Rincón-Zapatero, 2012), e; (iii) *Contribuição Variável* (CV), apresentando característica híbrida entre BD e CD.

Cada modalidade possui riscos inerentes a cada contraparte em caso de déficit ou superávit atuarial de uma EFPC. Em particular, a obrigação de quitação de déficits atuariais apurados nos planos BD recaem majoritariamente sobre o patrocinador. Por outro lado, caso sejam constatados déficits em planos CD, o participante é quem arcará com o resultado, tendo seu benefício reduzido (Sun et al., 2016; Dong & Zheng, 2019).

Destaca-se ainda que as EFPC são investidores institucionais de grande porte por natureza. Conforme o último *Informe Estatístico*<sup>i</sup> da PREVIC disponível, atualmente as EFPC no Brasil, possuem um total de R\$1,07 trilhões em recursos garantidores, o equivalente a 14,5% do PIB nacional durante o ano de 2020. Do total de supervisionadas, apenas 127 apresentaram situação superavitária, enquanto 29 estão em equilíbrio técnico, e 123 encontram-se deficitárias. Por lidarem com benefícios previdenciários, essas entidades possuem rígidas regras para alocação dos ativos garantidores. Especificamente, o normativo que disciplina a maneira como as EFPC podem aplicar seus respectivos fundos é a Res. CMN nº 4661/2018<sup>ii</sup>.

A Res. CMN nº 3792/2009<sup>iii</sup>, normativo anterior, ficou vigente por aproximadamente uma década, tendo sido necessário uma série de aperfeiçoamentos que resultaram na edição da norma atual (Res. CMN nº 4661/2018). Esta atualização ocorreu após um contexto peculiar da economia brasileira, com reduções sucessivas na taxa básica de juros, historicamente marcada por níveis extremamente elevados (De Oliveira et al., 2017).

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

Paralelamente, o sistema nacional de previdência complementar passou recentemente por uma forte crise institucional, ligada à esquemas de fraude, corrupção e desvios de verbas nas EFPC estatais deflagrados em 2016 por meio da Operação Greenfield<sup>iv</sup>. Tal operação constituiu-se numa força-tarefa coordenada conjuntamente entre a Polícia Federal e o Ministério Público Federal, responsável por investigar esquemas de ingerência.

Como principal resposta prática ao contexto atual trazida pelo novo ato normativo, foram adotados e implementados processos de gestão de riscos e definidos mecanismos mais apurados de Governança Corporativa (GC) nos processos decisórios vinculados às políticas de investimentos adotadas por uma EFPC.

A Tabela 1 apresenta os limites de aplicação dos ativos garantidores permitidos pela Resolução CMN n°4661/2018 por segmento e classe.

**Tabela 1.** Limites percentuais de alocação por classe de ativo garantidor em relação aos recursos do plano – Resoluções CMN n°3792/2009 e n°4661/2018.

Classes de Ativos	Res.3792	Res.4661	Descrição por Classe e Limites	
Renda Fixa (RF)	Títulos Públicos	100%	100%	Títulos da dívida mobiliária federal
	Fundos de Investimento	100%	100%	Títulos da dívida mobiliária estadual e municipal*
		100%	80%	Fundos atrelados à títulos da dívida federal interna.
		*20%	20%	Fundos de índices de RF
	Outros*	80%	80%	Cotas de FIDC e FICFIDC
		80%	80%	Ativos de RF de emissão com IF, sociedade por ações de capital aberto
		80%	20%	Ativos emitidos com IF não bancárias e cooperativas de crédito (bancárias ou não)
		80%	20%	Obrigações de organismos multilaterais emitidas no Brasil
		80%	20%	Debêntures emitidas por sociedades por ações de capital fechado
		20%	20%	CCB, CCCB, CPR, CDCA, CRA e WA
Renda Variável (RV)	Ações	70%**	70%	Ações, bônus e recibos de subscrição, certificados de depósito de valores mobiliários e fundos referenciados em ações de sociedade de capital aberto que assegurem práticas diferenciadas de governança.
		60%**	50%	Ações, bônus e recibos de subscrição, certificados de depósito de valores mobiliários e fundos referenciados em ações de sociedade de capital aberto que não estejam em segmento especial.
		50%**		
		45%**		
	35%**			
Outros	-	10%	Brazilian Depositary Receipts (BDR) classificados como nível II e III	
	3%	3%	Certificados de ouro físico negociado em bolsa de mercadorias e de futuros	
Estruturado***		20%	15%	FIP
	Fundos de Investimento	10%	15%	FIM e FICFIM
		-	15%	Fundos classificados como "Ações - Mercado de Acesso" (Res. 4661), ou Fundos de Investimento em Empresas Emergentes.
	Outros	-	10%	Certificados de Operações Estruturadas (COE)
Imobiliário	Fundos de Investimento	10%****	20%	FII e FICFII

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

Classes de Ativos	Res.3792	Res.4661	Descrição por Classe e Limites	
Outros	20%****	20%	Certificados de Recebíveis Imobiliários (CRI) e Cédulas do Crédito Imobiliário (CCI)	
<b>Operações com Participantes</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	Empréstimos pessoais e financiamentos imobiliários	
<b>Investimentos no Exterior</b>	Fundos de Investimento	10%	FIS e FICFI's classificados como "RF - Dívida Externa"	
		10%	Fundos de índice do exterior negociados em bolsa de valores do Brasil	
	Fundos de Condomínio Aberto	-	10%	Fundos com sufixo "Investimento no Exterior"- que invistam, no mínimo 67% do P.L. em cotas de FI's no exterior
	Outros	10%	10%	Brazilian Depositary Receipts (BDR) classificado como nível I
		10%	10%	Ativos financeiros no exterior pertencentes às carteiras dos fundos brasileiros, não previstos anteriormente

OBS: A classificação de ativos seguiu os critérios da Res.4661. Quando o respectivo ativo e classe divergirem para a Res.3792, será tal ponto devidamente indicado nas notas abaixo.

\* A combinação de ativos marcados com este asterisco deve ser no máximo 80% dos recursos do plano (desconsidera-se FIDCs e FICFIDCs apenas para a Res.4661).

\*\* A classe de ativos no segmento de RV na Res.3972 admitia apenas a aplicação em ações listadas na BM&F Bovespa, com restrições de limite de aplicação conforme a classificação de governança das emissoras: 70% (Novo Mercado); 60% (Nível II); 50% (Bovespa Mais); 45% (Nível I); 35% (cias. abertas não mencionadas, e/ou cotas de fundos de índices referenciados em ações admitidas à negociação em bolsa). Adicionalmente, até 25% dos recursos do plano poderiam ser aplicados em títulos e valores mobiliários de emissão de SPE.

\*\*\* O limite de aplicação no segmento imobiliário era de no máximo 8% na Res.3792 considerando-se apenas os seguintes ativos: I–empreendimentos imobiliários; II–imóveis de aluguel para renda; e III–outros imóveis.

\*\*\*\* Ativos do segmento Estruturado não podem superar 20% dos recursos do plano (ambas as resoluções). Cabe ressaltar que na Res.3792, FII's eram classificados no segmento Estruturado e não Imobiliário, assim como CRIs, CCI's.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas Resoluções CMN n° 3972/2009 e n°4661/2018.

Portanto, faz-se cada vez mais relevante o uso de técnicas atuariais robustas (*Assets and Liabilities Management*, ALM) para previsão de fluxos financeiros em cenários futuros que evidenciem descasamentos entre ativos e passivos (Gutierrez et al., 2019). Para além de esses instrumentos serem capazes de revelar carteiras de investimentos eficientes, é possível mensurar probabilidades de insolvência de longo prazo, com o intuito de mitigar eventuais déficits futuros com decisões no presente. Tais mecanismos incorporam demandas do próprio regulador, e demais *stakeholders* engajados na manutenção da solvência técnica das EFPC. Pachamanova et al. (2017) por exemplo, usam ALM com o objetivo de determinar a estratégia de investimento ideal em um fundo de pensão, encontrando retornos financeiros capazes de arcar com o passivo da instituição. Diversas aplicações recentes de ALM no mesmo contexto têm sido feitas (Toukourou & Dufresne, 2018; Lauria & Consigli, 2017; Andongwisye et al., 2018).

Assim, o objetivo principal deste trabalho é verificar se o novo padrão de limites estabelecidos pela Res. CMN n°4661/2018 é suficiente para o atingimento de retornos financeiros que cubram os passivos atuariais das EFPC no Brasil, usando um modelo de ALM.

## 2. Referencial Teórico

Apesar de recente, a literatura atuarial referente a modelos de ALM é extensa e prolífica. Por tratar-se de uma técnica com ampla flexibilidade e espectro de aplicações a empresas de diferentes setores, é essencialmente aplicável em contextos operacionais de seguradoras e bancos, justamente por capturar as exposições aos riscos de subscrição, crédito, liquidez e



São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

mercado (Hurtado, 2008). Alwohaibi & Roman (2018) apontam que dois dos primeiros artigos a tratar esse tema foram Kallberg et al. (1982) e Kusy & Ziemba (1986). Já a primeira aplicação comercial foi realizada sobre o contexto das atividades de uma seguradora japonesa (Carino et al., 1994). Outra aplicação ao mercado segurador é Asanga et al. (2014), que abordaram o problema da otimização de capital e descasamento de ativos e passivos em uma entidade atuante no segmento de seguros não vida. Para bancos, Thakker & Chakraborty (2018) aplicaram ALM ao novo contexto econômico que bancos comerciais estão enfrentando na Índia.

Leibowitz et al. (1992) fazem uma revisão abrangente da evolução histórica do desenvolvimento de tais modelos, constatando que o surgimento dos primeiros instrumentais ligados ao ALM aplicados para fundos de pensão foram os *Dedication Models* (DM), desenvolvidos intrinsecamente em um ambiente econômico marcado por elevadas taxas de juros. Bhat (2020) afirma que existem quatro categorias básicas de modelagem ALM: (i) modelos estáticos de período único; (ii) modelos estocásticos de período único; (iii) modelos estáticos multiperíodos, e; (iv) modelos estocásticos multiperíodos. Bhat (2020) argumenta ainda que a criação dos *Imunization Models* (IM) fora originalmente proposta por Redington (1952), e tinha como principal objetivo o gerenciamento de portfólios em cenários com variações nas taxas de juros. Décadas depois, com o desenvolvimento computacional, os DM foram refinados para adaptar a gestão de portfólios em cenários com quedas nos juros (Waring & Siegel, 2007; Waring & Whitney, 2009).

Deve-se entender que a gestão integrada de ALM é um problema de longo prazo, cuja dinâmica intertemporal implica que modelos essencialmente determinísticos são limitados para lidar com o comportamento dos parâmetros atuariais e variáveis macroeconômicas, que têm natureza estocástica (Saad & Ribeiro, 2004). Logo, o principal objetivo dos modelos DM era a obtenção de portfólios tradicionalmente marcados por títulos de RF, facilitadores de uma gestão menos custosa e simplificada dos recursos aplicados, uma vez que a maturidade dos títulos estava vinculada às mesmas datas de vencimento dos passivos, mais aplicáveis assim às conjecturas de juros elevados (Ryan, 2013).

Gutierrez et al. (2019) avaliam um fundo de pensão chileno do tipo CD, para buscar alternativas de investimento que ofereça diferentes perfis de risco-retorno. Consequentemente, é notório como o desenvolvimento de técnicas mais complexas e robustas, como os métodos de *stochastic programming* (SP) ou *stochastic linear programming* (SLP) ganharam destaque no processo de gestão corporativa, na medida que incorporavam restrições mais complexas e alinhadas à realidade dos investidores institucionais (Hosseinzadeh & Consigli, 2017).

Josa-Fombellida & Rincón-Zapatero (2012) abordam o problema da alocação de recursos em um fundo de pensão cuja característica do plano é BD. O interessante neste caso é a abordagem ser voltada para a incerteza Browniana e os saltos variacionais tanto dos benefícios como dos ativos serem do tipo Poisson. Já Ferstl & Weissensteiner (2011) sugerem a abordagem SLP multiperiódica, que incorpora fatores mais realistas, como por exemplo, número maior de ativos dotados de risco com custos de transações e impostos. Enquanto os retornos financeiros são apurados a partir de um vetor autorregressivo de primeira ordem, VAR (1), incorporando também medidas coerentes de risco como o CVaR, que é minimizado à medida que se atinge estruturas ótimas para as carteiras de investimentos.

Para além da incorporação dos níveis de juros de ativos de renda fixa, é possível analisar um vasto desenvolvimento de trabalhos que se valem do modelo da média-variância (M-V), incorporando portfólios muito diversificados (Saad & Ribeiro, 2006). Pan et al. (2018), por exemplo, aplicam a utilização do Movimento Browniano Geométrico (MBG) para obter



São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

desenvolvimento estocástico do passivo. Dentro deste contexto, considerando o problema de M-V, e utilizando o Modelo de Heston para modelagem dos ativos de risco, os autores aplicam a equação de Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) para derivar expressões fechadas para a estratégia ótima de investimento e fronteira eficiente de aplicação de recursos. Já Sun et al. (2016) focam em fundos de pensão com planos do tipo CD, em que os gestores são habilitados a aplicarem em ativos livre de risco, e ativos de risco cujo preço segue processos de difusão por saltos. Há vasta literatura recente de ALM abordando planos CD em fase de acumulação (Menoncin & Vigna, 2017; Zeng et al., 2018; Wang & Li, 2018; Li & Forsyth, 2019).

Embora seja possível identificar inúmeras abordagens de ALM em diversas aplicações, particularmente no contexto nacional a literatura é escassa e com poucos trabalhos voltados às EFPC. Quando o assunto se trata de verificar o desempenho operacional dessas entidades, a maioria dos estudos foca em avaliar as variáveis que afetam o desempenho de suas carteiras de investimentos, porém com a utilização de técnicas menos robustas como a análise do Índice de Sharpe e validação via testes de hipóteses. Um artigo que verifica a performance de EPFC por meio de tais instrumentos é o de Silva et al. (2020).

Valladão & Veiga (2008) realizaram um dos avanços mais notáveis para o desenvolvimento de ALM no cenário brasileiro. Sobretudo porque, para a otimizar a alocação de investimentos em um fundo de pensão, propuseram o uso de *bootstrap* para gerar cenários com retornos futuros em um modelo multiperiférico estocástico. Duarte et al. (2017) fazem outra aplicação de ALM, porém seu objetivo recai sobre os impactos da adoção dos limites regulatórios impostos pela SUSEP para entidades abertas de previdência complementar.

Mais recentemente, Damasceno & Carvalho (2021) introduziram ALM em um segmento inexplorado no Brasil: Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS), sistema previdenciário de servidores públicos dos entes federativos. Ademais, é pioneiro em avaliar se os novos limites legais de investimentos impostos aos RPPS são suficientes para que estes regimes sejam capazes de estruturar carteiras diversificadas, provedoras de rentabilidades financeiras que cubram os seus respectivos passivos atuariais. Neste trabalho, os autores valem-se de um modelo de otimização *mean-CVaR*, verificando que carteiras de investimentos com restrições regulatórias para alocação de montantes investidos por classes de ativos, possuem o dobro de exposição de risco (volatilidade) em relação à portfólios constituídos sob a hipótese de inexistência de legislações restritivas. O estudo revela que apenas RPPS enquadrados nos Níveis III e IV de governança conseguiram atingir suas respectivas metas atuariais, porém em contrapartida, tais ocorrências só foram observadas em circunstâncias nas quais o risco de perdas advindas de investimentos era o maior possível.

Como o presente artigo, De Oliveira et al. (2017) têm como foco as EFPC. Os autores desenvolvem um modelo de ALM baseado em SP multiperiférica com dados de um fundo de pensão brasileiro regido por plano de benefícios definidos. A importante contribuição deste estudo está na proposição de um algoritmo que incorporava diversos fatores com potencial impacto no fluxo de caixa desta entidade. Especificamente, consideraram-se os limites de investimentos impostos pela antiga norma (Res. CMN n°3792/2010), considerando também a restrição regulatória de que o *funding ratio* (FR, razão entre ativos circulantes e o valor presente de passivos futuros) não pode ser inferior que 1 em mais de dois anos consecutivos.

À vista disso, os autores realizaram a modelagem de ativos de RF usando o modelo *Cox-Ingersoll-Ross*, e as ações nas quais a EFPC aplica têm seus preços gerados por um MBG. Os autores sugerem que os gestores de fundos de pensão brasileiros deveriam modificar as estratégias de investimentos dada a menor rentabilidade de ativos de RF. Finalmente, destaca-

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

se a sensibilidade da probabilidade de insolvência da EFPC aos diferentes FR iniciais, em que apenas um desses valores iniciais (1,672, o maior de todos) foi capaz de anular a insolvência da entidade, respeitando-se o limite de 70% de alocação em RF e 30% em RV.

Portanto, a principal contribuição do nosso artigo é aplicar a metodologia de ALM trazida por Damasceno & Carvalho (2021) para avaliar a capacidade de rentabilização dos ativos garantidores das provisões matemáticas de benefícios das EFPC à luz da nova Res. CMN n°4661/2018, envolto ao cenário de juros inferiores na economia brasileira que é historicamente marcada por taxas mais elevadas.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Equilíbrio Técnico de Solvência

O presente estudo aplicará a mesma metodologia ALM implementada em Damasceno & Carvalho (2021). Pode-se, então, mensurar os descasamentos dos ativos e passivos de um plano de previdência complementar BD a partir da Equação 1:

$$S_t = \frac{A_t}{P_t}, \quad (1)$$

em que  $S_t$  representa o equilíbrio de solvência técnica da entidade,  $A_t$  é o valor dos ativos totais do plano, e  $P_t$  denota o valor presente do passivo previdenciário, todos no instante de tempo  $t$ , de modo que tanto  $A_t$ , quanto  $P_t$  foram determinados via marcação à mercado.

Assim, para  $S_t \geq 1$ , o plano se encontra superavitário, ou, no mínimo, em equilíbrio técnico de solvência atuarial. Já quando  $S_t < 1$ , a EFPC é considerada uma entidade deficitária, requerendo medidas de ajuste.

Para a avaliação da solvência técnica do plano previdenciário, Damasceno & Carvalho (2021) definiram a taxa de retorno necessária no instante de tempo  $t$  ( $r_t^{\text{portfólio otimizado}}$ ) para que um plano previdenciário pudesse estar em equilíbrio atuarial:

$$r_t^{\text{portfólio otimizado}} = \begin{cases} (1 + {}_y i_t) \cdot (1 + MA_t) - 1, & \text{caso } A_t < P_t \\ MA_t, & \text{caso } A_t \geq P_t \end{cases} \quad (2)$$

$MA_t$  denota a meta atuarial anual na qual a EFPC deverá atingir, e adicionalmente,  ${}_y i_t$  é considerada uma taxa efetiva, tal que  $i_t \cdot A_t = P_t$ , i.e., trata-se do retorno obtido para que  $S_t = 1$ . Os autores ressaltam a necessidade de anualização de tal taxa, decompondo-a em  $D$  anos:

$${}_y i_t = ((1 + i_t)^{\frac{1}{D}} - 1). \quad (3)$$

Optou-se pela aplicação de metas atuariais distintas. Os níveis escolhidos foram de: 3%, 4%, 5%, 6% e 7% real ao ano. Embora escolhidos arbitrariamente, tais valores encontram lastro na realidade do passivo atuarial alguns planos<sup>v</sup>.

#### 3.2 Otimização: medida de risco e limites de alocação

O problema de otimização de carteiras eficientes de investimentos para EFPC será implementado com duas restrições: (i) a medida de risco definida pelo *Conditional Value at Risk* (CVaR), e; (ii) os limites alocativos de investimentos por classes de ativos impostos pela Res. CMN n°4661/2018.

Embora o *Value at Risk* (VaR) seja a métrica de avaliação da exposição ao risco de perda máxima esperada mais difundida, ela não satisfaz o axioma da subaditividade (Artzner et

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

al., 1999). Por isso, Rockafellar & Uryasev (2000) argumentam que o VaR mede apenas o nível de perda mais otimista, refletindo o limite inferior da distribuição de probabilidades das severidades, ignorando completamente o formato da cauda à esquerda. Para contornar essas limitações, propuseram o CVaR, que possui boas propriedades (Rockafellar & Uryasev, 2002) e tem sido utilizado em problemas de otimização (Gutierrez et al., 2019) de diferentes contextos de decisão sob incerteza (Santiago & Carvalho, 2020).

O CVaR representa a esperança matemática das perdas para além de um limiar na distribuição probabilística dos retornos de um portfólio. Sua representação (Krokhmal et al., 2001) é:

$$CVaR_{\alpha}(\omega, \zeta) = \zeta + (1 - \alpha)^{-1} \int_{\xi \in \mathbb{R}} [f(\omega, \xi) - \zeta]^+ p(\xi) d\xi. \quad (4)$$

Assim:

$$VaR = \zeta_{\alpha}(\xi) = \inf\{\zeta | P(\xi \leq \zeta) \geq \alpha\} = -z_{(1-\alpha)} \sqrt{\omega^T \Sigma \omega}, \quad (5)$$

com  $\omega$  representando o vetor de pesos alocativos do portfólio,  $\Sigma$  uma matriz de correlações lineares entre os ativos, e  $z_{\alpha}$  é o  $\alpha$ -quantil à esquerda de uma distribuição Normal (0,1). Dessa forma, VaR e CVaR podem ser relacionados a partir da seguinte equação:

$$CVaR_{\alpha}(\omega, \zeta) = E[\xi | \xi \geq \zeta_{\alpha}(\xi)] = E[\xi | \xi \geq VaR] \quad (6)$$

Conforme Rockafellar & Uryasev (2000), fixado um quantil, é possível aproximar o CVaR numericamente por:

$$CVaR_{\alpha}(\omega, \zeta) \approx \zeta + (1 - \alpha)^{-1} \sum_{s=1}^S [f(\omega, \xi_s) - \zeta]^+ p_s, \quad (7)$$

em que o somando  $[f(\omega, \xi_s) - \zeta]^+$  representa o excesso de perdas incorridas no portfólio de investimentos, para além do limiar  $\zeta$ .

Analogamente a Hernandez et al. (2021), o mean-CVaR será otimizado:

$$\min \zeta + (1 - \alpha)^{-1} \sum_{s=1}^S [f(\omega, \xi_s) - \zeta]^+ p_s \quad (8)$$

$$\text{s.a.} \quad \begin{aligned} \sum_{s=1}^S \omega_i &= 1 \\ \sum_{s=1}^S \omega_i E[\xi_i] &\geq R \\ z_s &\geq f(\omega, \xi_s) - \zeta \\ z_s &\geq 0. \end{aligned}$$

Para resolver o problema de otimização dado pelo conjunto de Equações (8), é preciso definir matematicamente os limites da Res. n°4661/2018. Para tal, cada limite apresentado pela Tabela 1 é inserido como:

$$\omega_n^{\min} \leq \omega_n \leq \omega_n^{\max}, \quad (9)$$

em que  $n = 1, 2, 3, \dots, N$  representa a proporção de cada instrumento disponível para alocação de ativos conforme a legislação vigente.

### 3.3 Algoritmo

A implementação do algoritmo de simulação foi feita no *software* R versão 4.0.4. Neste contexto, a geração dos cenários futura seguirá o mesmo algoritmo que Dempster et al. (2003). Portanto, serão implementados modelos de Equações Diferenciais Estocásticas (EDE) conforme Oliveira (2018). Logo, os ativos do segmento RV terão seus respectivos preços modelados por um MBG:



$$d\xi_{it} = \mu(\xi_{it}, t)dt + \sigma(\xi_{it}, t)dW_{it}, \quad (10)$$

com  $W_{it}$  seguindo um processo de Wiener  $N(0, \Delta)$  e  $t < t + \Delta$ .

Destarte, em Di Domenica et al. (2007) a correlação de dois ativos é dada por:

$$dW_i \cdot dW_j = \rho_{ij}dt \quad (11)$$

Note que, para quaisquer ativos  $i$  e  $j$ , teremos  $\rho_{ii} = \rho_{jj} = 1$ . Se  $i$  representar algum instrumento de RV, seu valor ( $\xi_{RVt}$ ) é exatamente determinado pela precificação usando o modelo MGB, considerando  $\varepsilon \sim N(0, 1)$ :

$$\xi_{RVt} = \xi_{RV(t-1)}e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)dt + \sigma\varepsilon\sqrt{dt}} \quad (12)$$

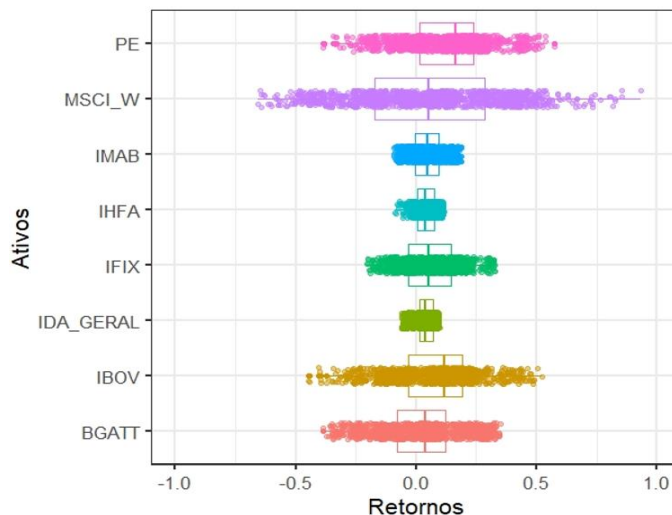
## 4. Resultados

### 4.1 Base de dados – Ativos: Determinação dos retornos anuais e correlação entre classes.

Os dados referentes ao apreçamento dos ativos foram extraídos da ANBIMA e Bloomberg. Desse modo, foram utilizados os históricos das cotações de determinados ativos ou índices de mercado considerando-se cinco anos e meio, i.e., de 04/jan/2016 até 28/jun/2021.

De posse das séries temporais, calcularam-se os retornos anuais obtidos para cada classe de ativos selecionada como *proxy* de investimento ao qual uma EFPC pode aplicar os recursos captados. A Figura 1 apresenta a distribuição dos retornos históricos, e a Tabela 1 traz as estatísticas descritivas de cada classe.

**Figura 1.** Boxplot dos retornos anuais observados por classe de ativos.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da Anbima e Bloomberg.

O presente estudo aplicou o mesmo método desenvolvido por Damasceno & Carvalho (2021) para geração dos retornos na classe de ativos *Private Equity*. Os autores argumentam que não há uma medida ou indicador capaz de reproduzir retornos de investimentos neste tipo de ativo. Portanto, valem-se dos resultados de Minardi et al. (2017), de modo a implementar ajustes (choques) de volatilidade na série histórica do IBX.

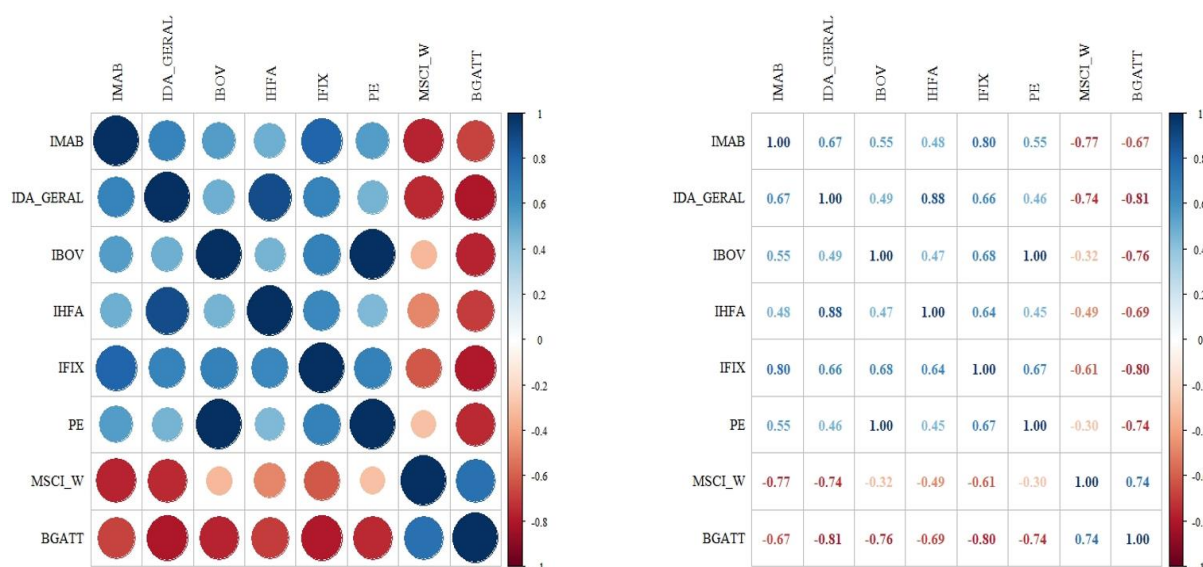
Como esperado, as classes de ativos que demonstraram maiores medidas de desvio padrão foram, em ordem: MSCI\_W, IBOV (RV-Ações), IBX (*private equity*), e BGATT. Por outro lado, nota-se que maior volatilidade não implica necessariamente em maiores retornos

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

médios, uma vez que as médias de retornos observados para Títulos Públicos Federais e Fundos Imobiliários são maiores do que os valores obtidos para os ETFs, por exemplo.

Definidos os retornos anuais, o próximo passo consistiu na construção da matriz de correlação dos ativos disponíveis para alocação de recursos por parte da EFPC. A Figura 2, resume os valores observados.

**Figura 2.** Correlação observada entre as classes de investimentos consideradas no estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da Anbima e Bloomberg.

A Figura 2 retrata o comportamento esperado para as correlações. Nota-se que MSCI e BGATT, são as classes mais inversamente correlacionadas aos investimentos ligados à ativos nacionais, de forma a gerar maior diversificação no portfólio da entidade. A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas.

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas das Classes de Ativos selecionadas como proxy dos investimentos permitidos pelas Res. 3792/2009 e Res. 4661/2018.

Segmento	RF		RV	Estruturado		Imobiliário	Inv. no Exterior	
Investimento	Dívida Federal	Crédito Privado	Ações	Private Equity	Fundos MultMerc	Fundos Imobiliários	RF - Dívida Externa	Ações, BDR's e Outros
Índice Proxy	IMAB	IDA-GERAL	IBOV-IBOVESPA	IBX	IHFA	IFIX	BGATT	MSCI
Juros Nominal	9,7%	8,1%	13,4%	18,4%	8,6%	10,2%	7,6%	9,7%
% sobre DI	3,0%	1,5%	6,5%	11,2%	2,0%	3,5%	1,0%	1,0%
Retornos Anuais								
Valor Máx.	18,8%	9,7%	52,2%	57,6%	11,5%	32,9%	34,9%	93,4%
Valor Médio	5,0%	3,4%	8,5%	13,3%	4,0%	5,5%	2,9%	5,0%
Valor Min.	-9,4%	-5,9%	-44,7%	-38,7%	-8,6%	-20,5%	-38,4%	-65,6%
Desv. Pad.	6,6%	4,0%	16,6%	16,4%	4,1%	11,0%	16,2%	29,5%

OBS: Para cálculo dos valores acima considerou-se a taxa de desconto Selic de 6.5%, e IPCA de 4.5% (valores vigentes no período em que este artigo foi produzido. O IPCA reflete a expectativa de mercado do Boletim Focus do dia 25/06/2021 para o fim de 2022.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da Anbima e Bloomberg.

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

#### 4.2 Os modelos de otimização: fronteiras eficientes e simulações de portfólios

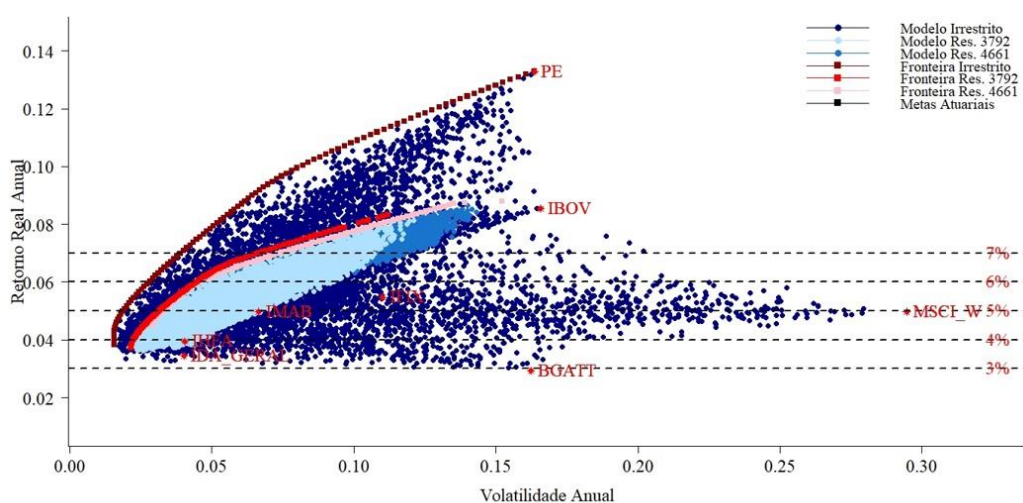
A Res. CMN nº3792/2009 passou por diversas modificações até a publicação da norma mais recente Res. CMN nº4661/2018. Em termos gerais, observa-se (Tabela 1) relativa flexibilização entre as normas de investimentos no segmento de renda variável. Especialmente, aplicações em ações passaram a ser limitadas a 70% e 50% do PL da EFPC em ações de companhias negociadas em segmentos especiais de listagem, e fora de tais segmentos, respectivamente. Comparativamente, a norma antiga detinha uma granularidade maior, restringindo os limites em 70% (ações do Novo Mercado); 60% (Nível II); 50% (Bovespa Mais); 45% (Nível I); 35% (em outros casos).

Por outro lado, a Res. CMN nº4661/2018, restringiu os limites de investimentos em debêntures e demais ativos referentes ao crédito privado. A mudança de limites foi de 80% para 20%. Além disso, houve a reclassificação dos investimentos imobiliários, que deixaram de ser classificados em conjunto com ativos estruturados. Isso resultou num aumento do limite de aplicação de fundos imobiliários de 10% para 20%. Porém, em contrapartida, as EFPC passaram a não poderem investir diretamente na compra de imóveis próprios.

Cabe ressaltar também, que houve diminuição de 5% para aplicação em fundos de investimentos em *Private Equity*, que era o terceiro ativo com maior volatilidade de retorno anual na base de dados utilizada, e que ofertava maior prêmio sobre o retorno do DI. Em compensação, aumentou-se na mesma magnitude (5%) a alocação em fundos multimercados.

Assim, considerando essas mudanças e os respectivos limites propostos em cada norma, estimaram-se três modelos: (i) Modelo de Investimentos Irrestrito, criado para fins comparativos, constituindo-se num cenário fictício em que a EFPC poderia aplicar livremente os recursos do plano em quaisquer ativos, sem nenhuma restrição legal; (ii) Modelo de Investimentos segundo a Res. CMN nº3792/2009, com as restrições impostas pela norma anterior, e; (iii) Modelo de Investimento conforme a Res. CMN nº4661/2018, representando as mudanças do normativo mais recente. A Figura 3 apresenta os resultados de risco e retorno anuais dos modelos otimizados para cada um dos três cenários, e os portfólios simulados. Foram modelados 100 mil portfólios para cada cenário proposto. Adicionalmente, as diversas metas atuariais foram inseridas para evidenciar as capacidades de atingimento de cada patamar.

**Figura 3.** Fronteiras Eficientes e seus respectivos portfólios aleatórios simulados.



Fonte: Elaborado pelos autores.



São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

Destarte, é possível reparar que as fronteiras das Res. CMN 3792/2009 e 4661/2018 praticamente se sobrepõem para níveis mais baixos de volatilidade. Como esperado, o maior limite de alocação em ativos de RV permitiu que a fronteira da Resolução 4661/2018 atingisse retornos maiores para níveis de volatilidade anuais acima de 0,12. Em compensação, para níveis inferiores de volatilidade, particularmente entre 0,05 e 0,10, a fronteira da Resolução 3792/2009 apresentou maiores retornos.

É importante notar que todas as metas atuariais foram atingidas pelos modelos restritos por força de lei. À vista disso, a Figura 3 também reflete que portfólios sem restrições oferecem maiores retornos, sem necessariamente a EFPC estar exposta a mais risco. A evidência é a fronteira eficiente do modelo irrestrito de alocação atingir todas as metas atuariais para níveis de volatilidade bem inferiores a 0,10, diferentemente do que ocorre com os modelos normativos.

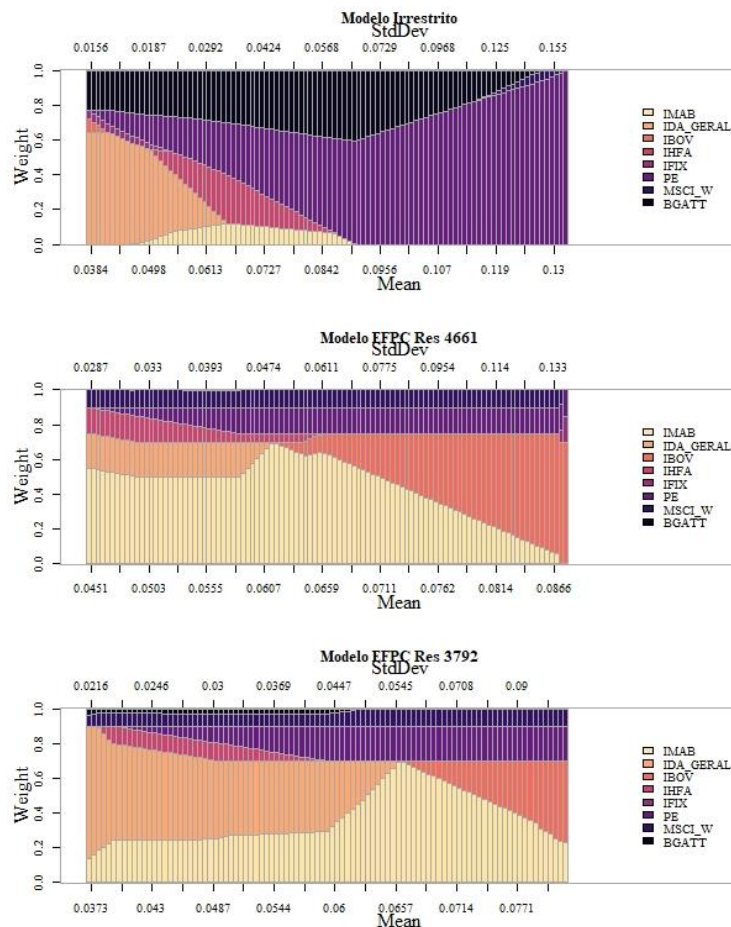
Já a Figura 4 apresenta os resultados de alocação por portfólio das fronteiras eficientes encontradas. As maiores alocações em crédito privado encontram-se nas volatilidades entre 0,02 e 0,05 no modelo de restrição da Res. 3792/2009. A Res. 4661/2018 impôs redução legal, forçando os resultados de otimização a direcionar os recursos da EFPC em ativos da dívida pública federal. Por conseguinte, em níveis superiores a 0,0545 de risco, a alocação em ativos de RV é consideravelmente maior no modelo sob a Res. 4661/2018, uma vez que as restrições de alocação em ações por níveis de governança da fronteira da Res. 3792/2009, os recursos são redirecionados para títulos públicos ao custo de uma menor rentabilidade.

Para o modelo irrestrito, os resultados da otimização geram, já nos níveis iniciais de risco, maior alocação dos recursos em investimentos no exterior, especialmente ativos de RF (cuja *proxy* é BGATT), e também boa parte em ativos ligados ao crédito privado e fundos de investimentos em participações. O destaque deste modelo dá-se principalmente para níveis de volatilidade em torno de 0,07, quando sua fronteira consegue atingir retornos reais superiores a 9% a.a., tendo portfólios compostos praticamente por ativos de PE e investimentos no exterior.

Já nas fronteiras restritas, dado este mesmo nível de risco, os retornos anuais foram 7%, mostrando indícios de que maiores limites legais de alocação nestas classes podem permitir aos fundos de pensão maior retorno, sem necessariamente haver maior exposição de risco.

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

**Figura 4.** Alocação de portfólios nas fronteiras eficientes dos modelos simulados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 3 apresenta a média de alocação dos portfólios eficientes de cada fronteira.

**Tabela 3.** Média dos pesos alocados por classe de ativos nas fronteiras otimizadas.

PORTFÓLIOS QUE	Atingiram 3%			Atingiram 4%		
	Retorno Médio	Volatil. Média Anual	Retorno Mín >4%	Retorno Médio	Volatil. Média Anual	Retorno Mín >4%
	3,884%	0,016	3,852%	4,505%	0,017	4,491%
			-			4,750%
<b>Índice Proxy\Modelos</b>	<b>Irrestrito</b>	<b>Res. 3792</b>	<b>Res. 4661</b>	<b>Irrestrito</b>	<b>Res. 3792</b>	<b>Res. 4661</b>
IMAB	0%	19%	-	0%	25%	52%
IDA-GERAL	64%	67%	-	60%	50%	20%
IBOV-IBOVESPA	7%	0%	-	1%	0%	0%
IBX	1%	0%	-	11%	5%	3%
IHFA	0%	4%	-	0%	10%	15%
IFIX	5%	0%	-	4%	0%	0%
BGATT	22%	3%	-	24%	3%	0%
MSCI	0%	7%	-	0%	7%	10%
PORTFÓLIOS QUE	Atingiram 5%			Atingiram 6%		
	Retorno Médio Anual	Volatil. Média Anual	Retorno Mín >4%	Retorno Médio Anual	Volatil. Média Anual	Retorno Mín >4%
	5,5070%	0,023	5,4845%	6,5094%	0,033	5,5069%
			0,0389			6,5018%
						6,5011%
<b>Índice Proxy\Modelos</b>	<b>Irrestrito</b>	<b>Res. 3792</b>	<b>Res. 4661</b>	<b>Irrestrito</b>	<b>Res. 3792</b>	<b>Res. 4661</b>
IMAB	6%	28%	51%	11%	55%	62%
IDA-GERAL	35%	42%	19%	5%	13%	1%
IBOV-IBOVESPA	0%	0%	0%	0%	2%	9%

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

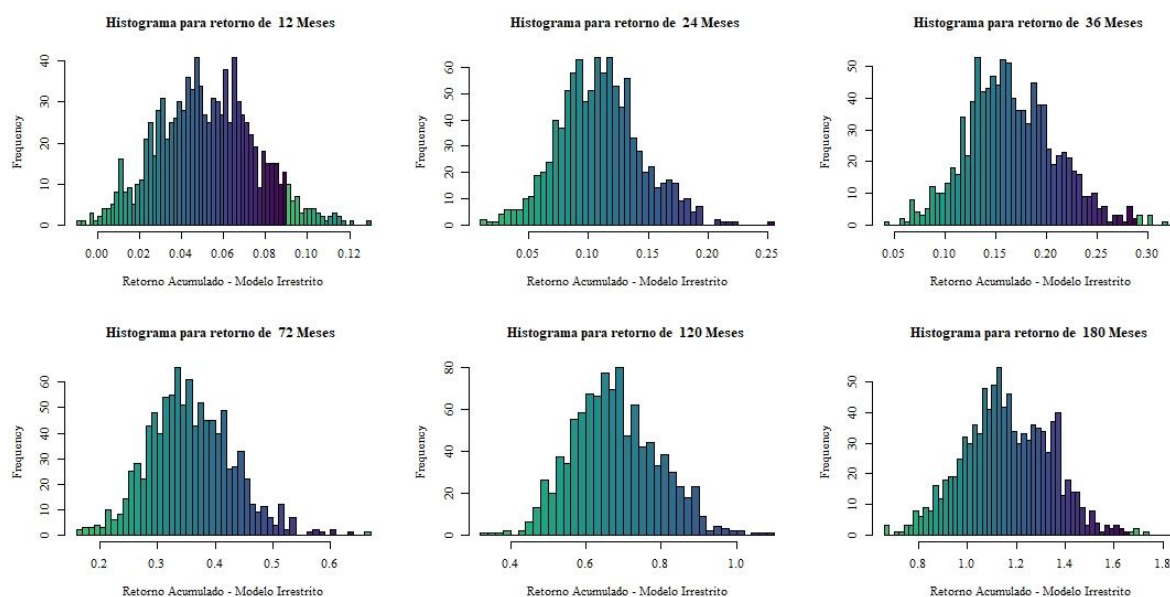
IBX	21%	15%	11%	30%	20%	15%
IHFA	11%	5%	9%	24%	0%	3%
IFIX	1%	0%	0%	0%	0%	0%
BGATT	26%	3%	0%	30%	0%	0%
MSCI	0%	7%	10%	0%	10%	10%
<b>PORTFÓLIOS QUE</b>	<b>Atingiram 7%</b>					
Retorno Médio Anual	7,5118%		7,4717%			7,4953%
Volatil. Média Anual	0,045		0,0819			0,0910
<b>Índice Proxy\Modelos</b>	<b>Irrestrito</b>	<b>Res. 3792</b>		<b>Res. 4661</b>		
IMAB	10%	47%		39%		
IDA-GERAL	0%	0%		0%		
IBOV-IBOVESPA	0%	23%		36%		
IBX	41%	20%		15%		
IHFA	16%	0%		0%		
IFIX	0%	0%		0%		
BGATT	34%	0%		0%		
MSCI	0%	10%		10%		
<b>Demais Valores</b>	<b>Irrestrito</b>	<b>Res. 3792</b>		<b>Res. 4661</b>		
Retornos: Mín. / Máx.	3,8364% / 13,2873%	3,7339% / 8,3234%		4,5127% / 8,7920%		

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 4.3 Probabilidades de Retornos Positivos e Negativos

Para comparar o comportamento dos modelos e a capacidade futura de os portfólios estimados atingirem retornos consistentes em prazos estendidos, simulou-se 1000 cenários aleatórios para 6 horizontes de tempo: (i) 12 meses; (ii) 24 meses; (iii) 36 meses; (iv) 72 meses; (v) 120 meses; e (vi) 180 meses. Assim, estimou-se os retornos anuais acumulados valendo-se dos pesos de alocação por classe de ativo presentes nos portfólios ótimos de cada fronteira. Por exemplo, para a meta atuarial de 5% a.a., os pesos alocativos por classe no Modelo Irrestrito foram: IMAB (2%); IDA-GERAL (51%); IBOV-IBOVESPA (0%); IBX (17%); IHFA (1%); IFIX (3%); BGATT (26%), e; MSCI (0%). À título de exemplo, as figuras 5, 6 e 7 mostram os retornos anuais acumulados das simulações em que a meta atuarial era de 5%.

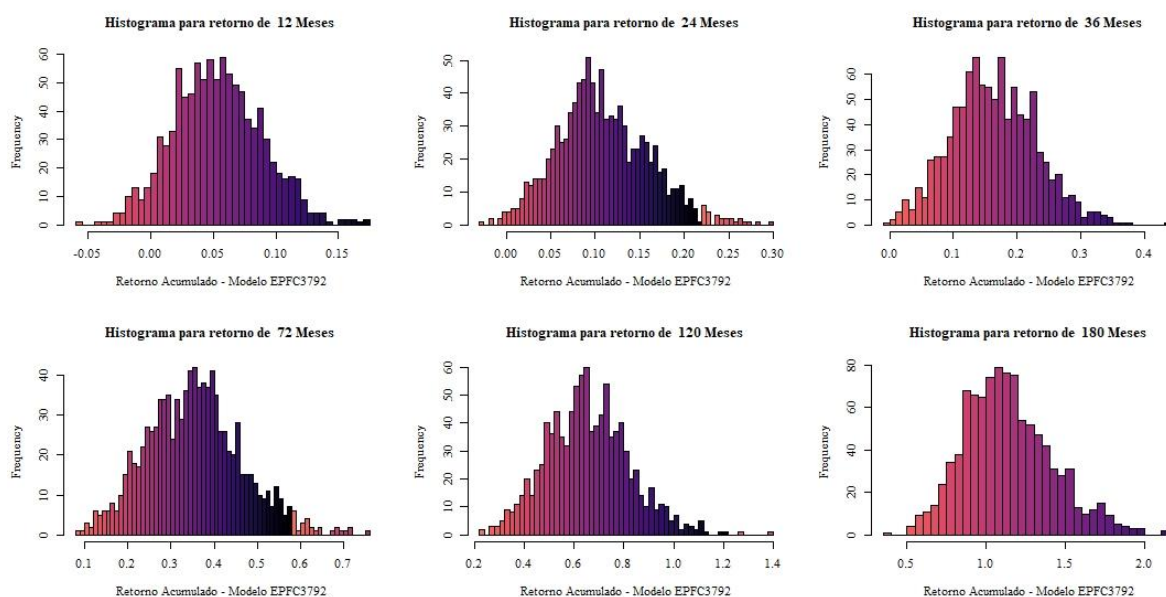
**Figura 5.** Retornos Anuais Acumulados para o Modelo Irrestrito: Meta Atuarial de 5%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

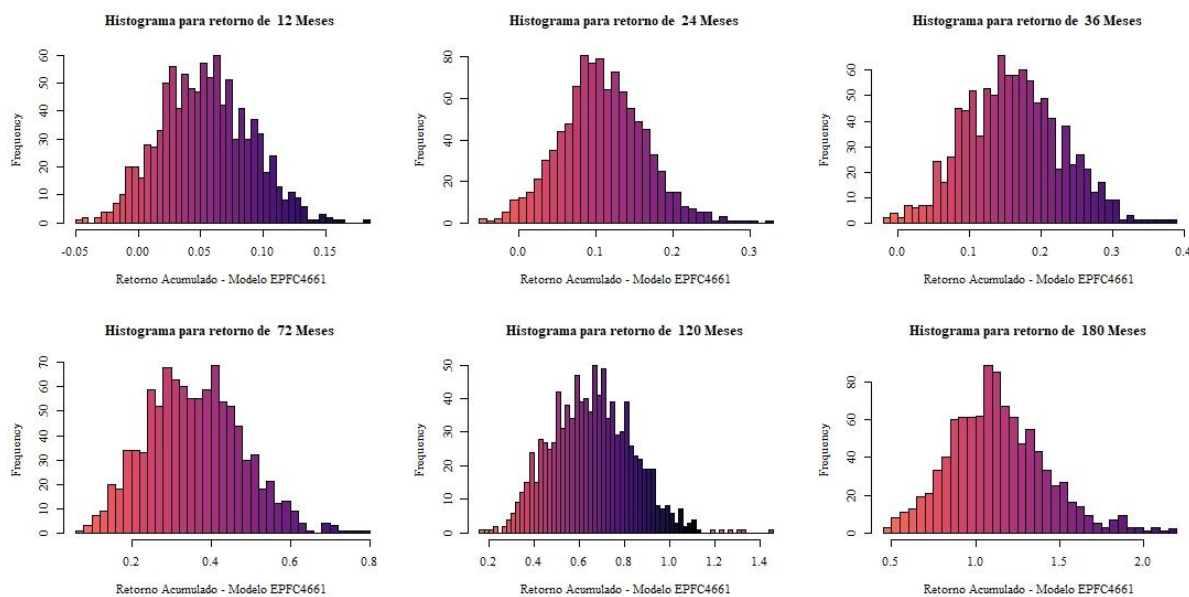
São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

**Figura 6.** Retornos Anuais Acumulados para o Modelo Res.3792: Meta Atuarial de 5%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 7.** Retornos Anuais Acumulados para o Modelo Res.4661: Meta Atuarial de 5%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme esperado, a distribuição dos retornos passou a se deslocar para a direita do eixo das abscissas para os três modelos em questão à medida que o horizonte de avaliação aumenta. Esses resultados indicam que as probabilidades de perdas acumuladas nos portfólios das EFPC tendem a diminuir, evidenciando consistência nos resultados obtidos para o longo prazo. A Tabela 4 apresenta detalhes dessas probabilidades estimadas para diferentes objetivos, modelo (restrito ou irrestrito) e diferentes horizontes de mensuração.

**Tabela 4.** Probabilidades de Atingimento das Metas Atuariais em 6 cenários futuros distintos.

Probabilidade de		Atingir meta de 3%			Gerar Retorno Negativo		
Horizonte \ Modelo	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	
12 meses	71,6%	61,9%	70,8%	0,8%	4,8%	5,0%	
24 meses	76,2%	70,6%	76,5%	0,0%	0,3%	1,8%	
36 meses	81,9%	74,2%	79,9%	0,0%	0,0%	0,3%	
72 meses	90,3%	78,8%	89,2%	0,0%	0,0%	0,0%	
120 meses	96,0%	83,8%	94,4%	0,0%	0,0%	0,0%	
180 meses	97,7%	91,1%	98,1%	0,0%	0,0%	0,0%	
Probabilidade de		Atingir meta de 4%			Gerar Retorno Negativo		
Horizonte \ Modelo	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	
12 meses	53,0%	53,3%	57,0%	0,8%	3,7%	6,5%	
24 meses	50,8%	49,6%	60,6%	0,0%	1,0%	2,0%	
36 meses	55,9%	49,8%	61,8%	0,0%	0,4%	0,4%	
72 meses	57,9%	52,3%	67,2%	0,0%	0,0%	0,0%	
120 meses	57,7%	52,1%	68,8%	0,0%	0,0%	0,0%	
180 meses	59,0%	52,5%	76,9%	0,0%	0,0%	0,0%	
Probabilidade de		Atingir meta de 5%			Gerar Retorno Negativo		
Horizonte \ Modelo	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	
12 meses	51,6%	52,1%	53,1%	0,6%	5,7%	7,0%	
24 meses	57,0%	50,8%	53,6%	0,0%	0,9%	2,1%	
36 meses	54,7%	51,2%	51,2%	0,0%	0,1%	0,6%	
72 meses	56,6%	54,7%	53,9%	0,0%	0,0%	0,0%	
120 meses	65,0%	55,3%	55,1%	0,0%	0,0%	0,0%	
180 meses	67,4%	54,4%	56,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Probabilidade de		Atingir meta de 6%			Gerar Retorno Negativo		
Horizonte \ Modelo	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	
12 meses	54,2%	52,0%	50,0%	2,3%	9,1%	10,3%	
24 meses	55,0%	52,1%	50,6%	0,1%	2,8%	2,9%	
36 meses	55,7%	50,3%	50,0%	0,0%	1,0%	1,7%	
72 meses	56,0%	54,2%	53,9%	0,0%	0,0%	0,2%	
120 meses	59,9%	55,0%	51,2%	0,0%	0,0%	0,0%	
180 meses	59,0%	55,2%	51,7%	0,0%	0,0%	0,0%	
Probabilidade de		Atingir meta de 7%			Gerar Retorno Negativo		
Horizonte \ Modelo	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	Irrestrito	Res.3792	Res.4661	
12 meses	50,2%	50,0%	48,8%	5,2%	15,9%	19,3%	
24 meses	54,2%	47,3%	51,5%	1,1%	7,3%	9,3%	
36 meses	52,7%	49,7%	49,3%	0,0%	2,7%	6,1%	
72 meses	56,4%	50,2%	49,9%	0,0%	0,3%	1,8%	
120 meses	60,6%	53,6%	50,3%	0,0%	0,1%	0,2%	
180 meses	60,8%	52,1%	49,9%	0,0%	0,0%	0,1%	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em termos gerais, para todos os modelos, as simulações de cenários futuros explicitaram que os planos previdenciários têm viabilidade de constituir portfólios capazes de atingir ou superar as metas atuariais de 5% e 6% respectivamente, com probabilidades iguais, ou superiores a 50%. Além disso, para as metas de 3% e 4% as probabilidades de atingimento das metas foram substancialmente maiores para o modelo da Res. CMN n°4661/2018 quando comparadas aos demais modelos, pois o conjunto de pesos de alocação escolhido para as simulações deste caso teve de ser o que propiciava o menor retorno possível na fronteira eficiente de tal modelo (i.e., 4,5127%) enquanto que os conjuntos escolhidos para o modelo irrestrito e o da Res. n°3792/2009 geravam respectivamente retornos de 3,8364% e 3,7339% (meta atuarial simulada de 3%) & 4,0274% e 4,0178% (meta atuarial simulada de 4%).





São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

Entretanto, é importante destacar que, para metas como 6% e 7%, os modelos restritivos por força de lei deixam o portfólio das EFPC substancialmente mais expostos a perdas. Especialmente no curto prazo (12 meses). No exemplo para a meta atuarial de 7%, a probabilidade do Modelo Irrestrito gerar retorno negativo é inferior em cerca de 10,7% e 14,1% para os modelos das Resoluções CMN 3792/2009 e 4661/2018, respectivamente.

Considerando que RV foi a classe de investimentos que apresentou maior volatilidade, esse resultado encontra-se em linha com o esperado dada a maior possibilidade de alocação em ações sem níveis específicos de Governança Corporativa na legislação mais recente (Res. CMN nº4661/2018), quando comparada com o normativo anterior. Porém, essa característica de expor o portfólio da EFPC a maior volatilidade possibilita que o modelo da Res. 4661/2018 obtenha probabilidade de atingimento da meta atuarial maior do o modelo da Res. 3792/2009 quando os *benchmarks* comparados são as metas de 3%, 4% e 5% ao ano.

Por fim, apesar de os modelos atingirem todas as metas, os resultados realçam a ideia de que as entidades ainda têm probabilidades altas de obterem retornos negativos em seus portfólios, evidenciando que carteiras com mais restrições de alocação por classe de ativos possuem menores exposições, haja vista os resultados apresentados pelo modelo irrestrito.

## 5. Considerações Finais

O objetivo do presente estudo consistiu em avaliar o comportamento de três modelos diferentes para a construção de portfólios eficientes em Entidades Fechadas de Previdência Complementar: (i) Modelo Irrestrito, e; (ii) Modelos Restritos (seguindo os limites de alocação estabelecidos pelas Resoluções CMN nº3792/2009 e nº4661/2018). Adicionalmente, também foi possível verificar as probabilidades de tais modelos atingirem variados níveis de metas atuariais ou gerarem retornos negativos em seis horizontes de tempo distintos: 12, 24, 36, 48, 72, 120 e 180 meses.

Neste sentido, utilizando-se da metodologia proposta em Damasceno & Carvalho (2021), o trabalho traz como principal contribuição à literatura nacional uma avaliação técnica sobre os principais efeitos da flexibilização dos limites de alocação de investimentos de ativos em diferentes classes propostos pela Resolução CMN nº4661/2018. A relevância deste estudo está associada ao contexto de juros substancialmente mais baixos e remuneração inferiores em títulos públicos e de RF. Ademais, os Modelos ALM geralmente valem-se do VaR como medida de risco. Porém, como essa medida não satisfaz o axioma da subaditividade (Artzner et al., 1999), utilizou-se o CVaR que possui melhores propriedades, especialmente quanto à capacidade de diversificação de carteiras, precisamente o objeto sob análise.

Assim, foi possível constatar que todas as metas atuariais foram atingidas. Cabe destacar que o modelo irrestrito conseguiu obter retornos maiores, e a níveis de volatilidade bem inferiores quando comparado aos modelos que traziam imposições legais. Isto foi possível em virtude do maior limiar para alocação em ativos de investimentos no exterior que contrabalancearam a volatilidade imposta pelos demais ativos (compostos majoritariamente por investimentos nacionais, e que possuíam correlação negativa com as *proxies* BGATT e MSCI).

Por simplificação, neste estudo levou-se em consideração apenas a modelagem da ponta ativa do modelo ALM, não sendo considerada a modelagem biométrica do passivo atuarial de planos BD. Assim, as metas atuariais foram definidas com base nos valores praticados em alguns dos principais fundos do mercado nacional com espectro de amplo de variação, constituindo-se na principal limitação do trabalho. Para pesquisas futuras, incentiva-se a

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

verificação dos mesmos impactos, porém considerando agora uma modelagem ALM passiva também, e com maior espectro de classes de ativos.

### Referências

- Alwohaibi, M., & Roman, D. (2018). ALM models based on second order stochastic dominance. *Computational Management Science*, 15(2), 187–211. <https://doi.org/10.1007/s10287-018-0299-8>
- Andongwisye, J., Torbjörn, L., Singull, M., & Mushi, A. (2018). Asset liability management for Tanzania pension funds by stochastic programming. *Afrika Statistika*, 13(3), 1733–1758. <https://doi.org/10.16929/as/1733.131>
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M., & Heath, D. (1999). Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*, 9(3), 203–228. <https://doi.org/10.1111/1467-9965.00068>
- Asanga, S., Asimit, A., Badescu, A., & Haberman, S. (2014). Portfolio Optimization under Solvency Constraints: A Dynamical Approach. *North American Actuarial Journal*, 18(3), 394–416. <https://doi.org/10.1080/10920277.2014.910127>
- Bhat, D. A. (2020). *A review of asset liability management models*. <https://doi.org/https://doi.org/10.31235/osf.io/ub69x>
- Cariño, D. R., Kent, T., Myers, D. H., Stacy, C., Sylvanus, M., Turner, A. L., Watanabe, K., & Ziemba, W. T. (1994). The Russell-Yasuda Kasai Model: An Asset/Liability Model for a Japanese Insurance Company Using Multistage Stochastic Programming. *Interfaces*, 24(1), 29–49. <https://doi.org/10.1287/inte.24.1.29>
- Damasceno, A. T. & Carvalho, J. V. F. (2021). Avaliação dos novos limites de investimentos de ativos dos Regimes Próprios de Previdência Social estabelecidos pela Resolução CMN 3.922/2010. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 23(4), p.1-16.
- De Oliveira, A. D., Filomena, T. P., Perlin, M. S., Lejeune, M., & de Macedo, G. R. (2017). A multistage stochastic programming asset-liability management model: an application to the Brazilian pension fund industry. *Optimization and Engineering*, 18(2), 349–368. <https://doi.org/10.1007/s11081-016-9316-3>
- Dempster, M. A. H., Germano, M., Medova, E. A., & Villaverde, M. (2003). Global Asset Liability Management. *British Actuarial Journal*, 9(01), 137–195. <https://doi.org/10.1017/S1357321700004153>
- Di Domenica, N., Mitra, G., Valente, P., & Birbilis, G. (2007). Stochastic programming and scenario generation within a simulation framework: An information systems perspective. *Decision Support Systems*, 42(4), 2197–2218. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2006.06.013>
- Dong, Y., & Zheng, H. (2019). Optimal investment of DC pension plan under short-selling constraints and portfolio insurance. *Insurance: Mathematics and Economics*, 85, 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2018.12.005>
- Duarte, T. B., Valladão, D. M., & Veiga, Á. (2017). Asset liability management for open pension schemes using multistage stochastic programming under Solvency-II-based regulatory constraints. *Insurance: Mathematics and Economics*, 77, 177–188. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2017.09.022>
- Ferstl, R., & Weissensteiner, A. (2011). Asset-liability management under time-varying investment opportunities. *Journal of Banking and Finance*, 35(1), 182–192.

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.07.028>

- Gutierrez, T., Pagnoncelli, B., Valladão, D., & Cifuentes, A. (2019). Can asset allocation limits determine portfolio risk–return profiles in DC pension schemes? *Insurance: Mathematics and Economics*, 86, 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2019.02.009>
- Hernandez, J. A., Kang, S. H., & Yoon, S. (2021). Nonlinear spillover and portfolio allocation characteristics of energy equity sectors: Evidence from the United States and Canada. *Review of International Economics*, roie.12553. <https://doi.org/10.1111/roie.12553>
- Hosseinzadeh, M. M., & Consigli, G. (2017). *Optimal Asset-Liability Management for Defined Benefit Pension Fund Under Stochastic Correlation* (Issue May). UNIVERSIT`A DEGLI STUDI DI BERGAMO.
- Hurtado, N. H. (2008). *Análise de Metodologias de Gestão de Ativos e Passivos de Planos de Benefício Definido em Fundos de Pensão: uma abordagem Financeiro-Atuarial*. UFRJ Coppead.
- Josa-Fombellida, R., & Rincón-Zapatero, J. P. (2012). Stochastic pension funding when the benefit and the risky asset follow jump diffusion processes. *European Journal of Operational Research*, 220(2), 404–413. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.033>
- Kallberg, J. G., White, R. W., & Ziemba, W. T. (1982). Short Term Financial Planning under Uncertainty. *Management Science*, 28(6), 670–682. <https://doi.org/10.1287/mnsc.28.6.670>
- Krokhmal, P., Uryasev, T., & Palmquist, J. (2001). Portfolio optimization with conditional value-at-risk objective and constraints. *The Journal of Risk*, 4(2), 43–68. <https://doi.org/10.21314/JOR.2002.057>
- Kusy, M. I., & Ziemba, W. T. (1986). A Bank Asset and Liability Management Model. *Operations Research*, 34(3), 356–376. <https://doi.org/10.1287/opre.34.3.356>
- Lauria, D., & Consigli, G. (2017). A Defined Benefit Pension Fund ALM Model through Multistage Stochastic Programming. *International Journal of Finance and Managerial Accounting*, 2(7), 1–10.
- Leibowitz, M. L., Fabozzi, F. J., & Sharpe, W. F. (1992). Investing : the collected works of Martin L. Leibowitz. *Probus Professional Pub.Itle*.
- Li, Y., & Forsyth, P. A. (2019). A data-driven neural network approach to optimal asset allocation for target based defined contribution pension plans. *Insurance: Mathematics and Economics*, 86, 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2019.03.001>
- Menoncin, F., & Vigna, E. (2017). Mean–variance target-based optimisation for defined contribution pension schemes in a stochastic framework. *Insurance: Mathematics and Economics*, 76, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2017.08.002>
- Minardi, A. M. A. F., Bortoluzzo, A., & Moreira, L. do A. (2017). Private Equity and Venture Capital Growth and Performance in Emerging Markets. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2894543>
- Oliveira, A. D. de. (2018). *Essays on Multistage Stochastic Programming applied to Asset Liability Management* (Vol. 2, Issue 2). UFRGS ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO.
- Pachamanova, D., Gülpınar, N., & Çanakoğlu, E. (2017). Robust Approaches to Pension Fund

São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

- Asset Liability Management Under Uncertainty. In *International Series in Operations Research & Management Science* (Vol. 245, pp. 89–119). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-41613-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-41613-7_4)
- Pan, J., Zhang, Z., & Zhou, X. (2018). Optimal dynamic mean-variance asset-liability management under the Heston model. *Advances in Difference Equations*, 2018(1). <https://doi.org/10.1186/s13662-018-1677-9>
- Redington, F. M. (1952). Review of the principles of life-office valuations. *Journal of the Institute of Actuaries*, 286–340. <http://www.jstor.org/stable/41139015>
- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *The Journal of Risk*, 2(3), 21–41. <https://doi.org/10.21314/JOR.2000.038>
- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance*, 26(7), 1443–1471. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(02\)00271-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(02)00271-6)
- Ryan, R. J. (2013). *The Evolution of Asset/Liability Management*. CFA Institute Research Foundation. <https://doi.org/10.2470/rflr.v8.n2.1>
- Saad, N., & Ribeiro, C. O. (2004). Modelos determinísticos de gestão de ativo/passivo: uma aplicação no Brasil. *Revista Contabilidade & Finanças*, 15(34), 50–62. <https://doi.org/10.1590/s1519-70772004000100004>
- Saad, N. S., & Ribeiro, C. de O. (2006). Um modelo de gestão de ativo/passivo: aplicação para fundos de benefício definido com ativos de fluxo incerto. *Revista Contabilidade & Finanças*, 17(spe2), 75–87. <https://doi.org/10.1590/s1519-70772006000500006>
- Santiago, T. A., & Carvalho, J. V. F. (2020). *Análise da oferta ideal de contratos de resseguro utilizando métodos de otimização condicionada*. Anais do XXIII Seminários em Administração. 1–17.
- Silva, W. A. M. da, Malaquias, R. F., & Rech, I. J. (2020). Análise das variáveis que afetam o desempenho de carteira das entidades fechadas de previdência complementar brasileiras. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, 17(44), 54–70. <https://doi.org/10.5007/2175-8069.2020v17n44p54>
- Sun, J., Li, Z., & Zeng, Y. (2016). Precommitment and equilibrium investment strategies for defined contribution pension plans under a jump-diffusion model. In *Insurance: Mathematics and Economics* (Vol. 67, pp. 158–172). <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2016.01.005>
- Thakker, K., & Chakraborty, T. (2018). Asset Liability Management in Commercial Banks in India. In *Advances in Finance & Applied Economics* (pp. 299–316). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1696-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1696-8_18)
- Toukourou, Y. A. F., & Dufresne, F. (2018). on Integrated Chance Constraints in Alm for Pension Funds. *ASTIN Bulletin*, 48(2), 1–39. <https://doi.org/10.1017/asb.2017.49>
- Valladão, D., & Veiga, Á. (2008). Optimum Allocation and Risk Measure in an Asset Liability Management Model for a Pension Fund Via Multistage Stochastic Programming and Bootstrap. *Engineering Optimization*, June, 1–5.
- Wang, P., & Li, Z. (2018). Robust optimal investment strategy for an AAM of DC pension plans with stochastic interest rate and stochastic volatility. *Insurance: Mathematics and Economics*, 71, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2018.03.005>



São Paulo 27 a 29 de julho 2022.

*Economics*, 80, 67–83. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2018.03.003>

Waring, M. B., & Siegel, L. B. (2007). Don't Kill the Golden Goose! Saving Pension Plans. *Financial Analysts Journal*, 63(1), 31–45. <https://doi.org/10.2469/faj.v63.n1.4405>

Waring, M. B., & Whitney, D. (2009). An Asset–Liability Version of the Capital Asset Pricing Model with a Multi-Period Two-Fund Theorem. *The Journal of Portfolio Management*, 35(4), 111–130. <https://doi.org/10.3905/JPM.2009.35.4.111>

Zeng, Y., Li, D., Chen, Z., & Yang, Z. (2018). Ambiguity aversion and optimal derivative-based pension investment with stochastic income and volatility. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 88, 70–103. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2018.01.023>

---

<sup>i</sup> Disponível em:

<https://www.gov.br/economia/pt-br/orgaos/entidades-vinculadas/autarquias/previc/centrais-de-conteudo/publicacoes/informe-estatistico-trimestral/2021/informe-estatistico-2deg-trimestre-2021.pdf/view>

<sup>ii</sup> Disponível em:

<https://www.gov.br/economia/pt-br/orgaos/entidades-vinculadas/autarquias/previc/regulacao/normas/resolucoes/resolucoes-cmn/resolucao-cmn-no-4-661-de-25-de-maio-de-2018.pdf/view>

<sup>iii</sup> Disponível em:

<https://www.gov.br/economia/pt-br/orgaos/entidades-vinculadas/autarquias/previc/regulacao/normas/resolucoes/resolucoes-cmn/resolucao-cmn-no-3-792-de-28-de-setembro-de-2009-2.pdf/view>

<sup>iv</sup> Um conjunto histórico de notícias acerca da Operação Greenfield encontra-se disponível em:

<https://tudo-sobre.estadao.com.br/operacao-greenfield>. Acesso em: 30 de dezembro de 2020.

<sup>v</sup> Alguns exemplos de metas atuariais de um plano BD real podem ser encontrados nas páginas 43, 11 e 14 respectivamente– dos documentos a seguir:

“Política de Investimentos”, que se encontra disponível em: <https://www.metrus.org.br/investimentos/politica-de-investimentos>. Acesso em: 21 de novembro de 2021.

“Política de Investimentos para o ano de 2020 | Plano de Benefícios Indusprev – FIESP”, que se encontra disponível em: <https://www.indusprevsp.org.br/documentos/pi-fiesp.pdf>.

“Política de Investimento PreviBayer BD 2018 a 2021”, que se encontra disponível em: [https://www.previbayer.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Previbayer\\_PLANO\\_BD\\_politica\\_investimento.pdf](https://www.previbayer.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Previbayer_PLANO_BD_politica_investimento.pdf).