

REVISTA BRASILEIRA DE ATUÁRIA

Ano VII
Número 7
2023

.....
Tecnologias emergentes,
o impacto no mercado
segurador e nas atividades
atuariais, e os desafios
para sua adoção

INTEGRAÇÃO LATINA

Pesquisa aponta valorização da profissão
no Brasil, mas o cenário é de contraste
entre os países latino americanos.
Encontro realizado busca reforçar laços
e fortalecer os atuários da região

IBA 
INSTITUTO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

IBA 80 ANOS



14CBA

CONGRESSO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

29 E 30 DE AGOSTO 2024 - RIO DE JANEIRO

TEMA: HORIZONTES ATUARIAIS:
Explorando novas fronteiras tecnológicas

29 E 30 DE AGOSTO DE 2024

9 WINDSOR BARRA HOTEL
Av. Lúcio Costa, 2630 - Barra da Tijuca, Rio de Janeiro



IBA

INSTITUTO BRASILEIRO DE ATUÁRIA





Índice

44

Estudo feito pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV/IBRE) revelou que os atuários estão entre os profissionais mais bem valorizados no Brasil. Mas será que o cenário na América Latina seria o mesmo? O panorama em alguns países contrasta com a realidade nacional.



Fotos: Adobe Stock

Gestão do Risco de subscrição em operadora de saúde	6
A Atuária dos Regimes Próprios de Previdência Social.....	12
Tecnologias emergentes, o impacto no mercado segurador e nas atividades atuariais, e os desafios para sua adoção	18
Fundos de pensão: quando o déficit se eleva, é preciso que a sociedade tome uma decisão.....	24
Seguro de Vida Resgatável ou Seguro de Vida Tradicional – qual deles devemos adquirir?.....	30
A importância (benefícios) do Atuário na mensuração de riscos dos Passivos Judiciais	38
MATÉRIA DE CAPA: Integração Latina	44
Atuários nos Comitês de Investimentos das Entidades de Previdência Complementar	56
Financiamento da Assistência à Saúde no Brasil: “Não há nada de tão absurdo que o hábito não torne aceitável.”	62
Modelagem Estatística Aplicada na Indústria de Seguros	68
Sobrevivência da Previdência	74
A Atuação do Assistente Técnico Judicial	78
Modelos robustos bayesianos para reservas de IBNR	82
Análise da permanência em planos P/VGBL	106
Algoritmo Genético como Ferramenta de Otimização de Segregação de Massa.....	130

Expediente

Diretoria

PRESIDENTE

Raquel Marimon - MIBA 931

VICE-PRESIDENTE:

Giancarlo Germany - MIBA 1020

DIRETOR FINANCEIRO:

Gabriel Satyro – MIBA 2799

Fábio Garrido – MIBA 1243

DIRETOR SECRETÁRIO:

Priscila Portal – MIBA 2654

Marco Pontes – MIBA 712

DIRETOR DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR FECHADA:

Daniel Conde - MIBA 2.126

Cristiane Corrêa - MIBA 2.113

DIRETOR DE SEGUROS:

Fernanda Chaves – 878

Lucas B. F. Vilas Boas – MIBA 2731

DIRETOR DE SAÚDE:

Glance Carvas - MIBA 1.640

Andrea Cardoso – MIBA 999

DIRETOR PUBLICAÇÃO:

Ivan Sant'Ana - MIBA 506

Marcos Barretto – MIBA 1202

JORNALISTA RESPONSÁVEL

André Carvalho - MTb 20.250

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Lionel Mota

REVISÃO

Carla Peixoto - MTb 21.072

INSTITUTO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

Rua da Assembleia nº 10 salas 1304/05

Centro | Rio de Janeiro - RJ | CEP: 20011-901

Atendimento: De segunda à sexta

Horário: 10h às 18h

+55 21 2531-0267/2865

Site: www.atuarios.org.br

E-mail: iba@atuarios.org.br

Mídias Sociais:

facebook.com/InstitutoBrasileirodeAtuaria

linkedin.com/company/iba-instituto-brasileiro-de-atuaria/

<https://www.youtube.com/user/atuarios>

Editorial

GIANCARLO GERMANY, VICE-PRESIDENTE DO IBA



Reconhecimento merecido e novos desafios

O Editorial da Revista Brasileira de Atuária é um momento interessante das nossas atividades, pois fazemos uma pausa para avaliar o contexto atual do IBA, no papel de Instituto, e como a nossa profissão tem se desenvolvido nos tempos recentes.

Nesse contexto, é com muita satisfação que percebemos que o atuário tem tido cada vez mais destaque no mercado, tanto nos caminhos tradicionais de atuação (de saúde, seguros, capitalização e previdência), como no reconhecimento das nossas habilidades e conhecimentos nos mercados mais modernos, relacionados a gestão de dados e informações, construção de modelos de simplificação dos processos de tomadas de decisão, além da gestão de riscos.

Nesta edição da Revista buscamos abordar essas diversas áreas de atuação, trazendo temas relacionados aos desafios sobre o mercado securitário em geral. Assim como buscamos mostrar exemplos das novas áreas em que o atuário vem sendo chamado para contribuir no resultado das empresas, que podem ser oportunidades para um crescimento ainda maior na busca por nossos profissionais.

Ainda sob o ponto de vista do mercado atuarial, uma preocupação que tem se consolidado em nossas discussões é a baixa procura na sociedade pelos cursos de ciências atuariais e, consequentemente, a pequena quantidade de novos formandos a cada ano. No sentido contrário do crescimento do mercado pelos profissionais de atuária, percebemos um desconhecimento geral sobre nossa profissão e a

dificuldade de termos uma maior participação de mercado. Aqui entra um papel relevante do nosso Instituto Brasileiro de Atuária (IBA) para pensar nos caminhos para ampliarmos a formação de novos atuários no Brasil.

A Diretoria do IBA tem trabalhado para o fortalecimento dos Comitês Técnicos e na capacitação dos nossos atuários, especialmente para elevar, cada vez mais, o profissionalismo e o reconhecimento da importância do atuário nos diversos fóruns em que somos convidados a participar.

Sob a perspectiva de formação, iniciativas têm sido organizadas para manter o interesse das atuais 15 universidades brasileiras que oferecem o curso de Ciências Atuariais, bem como de trazer novos alunos para ocupar todas as vagas disponíveis nesses cursos, todos os anos.

Ainda tratando do cenário de desenvolvimento profissional e de conhecimento, temos a satisfação de comunicar que, em 2024, teremos o 14º Congresso Brasileiro de Atuária, que se realizará no mês de agosto, no Rio de Janeiro/RJ.

Nesse sentido, contamos com o apoio de toda a comunidade atuarial para divulgar a importância do atuário como profissional, o reconhecimento e as oportunidades da nossa profissão que, em 2023, foi citada como a segunda profissão mais bem remunerada no Brasil.

Que todos os reconhecimentos de 2023 sejam mantidos para o próximo ano, e que possamos trabalhar juntos para ainda mais conquistas coletivas em 2024! 🕒



GESTÃO DO RISCO DE SUBSCRIÇÃO EM OPERADORAS DE SAÚDE

subscrição, legal, operacional, mercado e crédito. O risco de subscrição foi o primeiro a ser definido. Com base na experiência de outros setores e países que já possuíam regulação similar, esse é o principal componente dos riscos aos quais as operadoras estão expostas, justamente por estar relacionado a uma situação econômica adversa que contraria as expectativas da operadora no momento da elaboração de sua política de subscrição e quanto às incertezas existentes na estimação das provisões técnicas e relativas à precificação.

Ainda neste contexto, através da publicação da RN nº 518/2022, foi incluída uma abordagem qualitativa ao apresentar as práticas de governança corporativa, com ênfase em controles internos e gestão de riscos. Esta resolução possui o maior número de práticas para o risco de subscrição e reforça o reconhecimento do risco de subscrição como principal componente do modelo.

Assim, sob a ótica atuarial e com foco na gestão completa do risco, desenvolvi uma metodologia combinando as avaliações

O mercado de saúde suplementar engloba cerca de 25% da população brasileira. Neste cenário torna-se relevante avaliar o desempenho econômico-financeiro das operadoras de saúde, o que a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) faz por alguns meios, incluindo o monitoramento do Capital Regulatório (CR), que se refere, de forma quantitativa, ao mínimo de Patrimônio Líquido Ajustado que a operadora deve observar para manter-se no mercado, visando sua solvência.

Em 2023, a ANS definiu que o CR passa a considerar um modelo baseado nos seguintes riscos:

Divulgação



JOSIANE CORREIA DE CARVALHO

ATUÁRIA DA
UNIMED RIBEIRÃO
PRETO E MESTRE
EM GESTÃO DE
ORGANIZAÇÕES DE
SAÚDE (USP)

quantitativas e qualitativas citadas acima e centradas no risco de subscrição, que será apresentada neste artigo.

Segundo De Paulo, et al. (2007) a matriz de riscos é uma ferramenta relevante no processo de mensuração e controle, pois permite uma avaliação imediata do nível de desempenho dos controles existentes em uma instituição, o que justifica a relevância de uma metodologia capaz de mapear qualitativamente o risco de subscrição através de uma matriz de riscos. Os elementos principais de uma matriz de riscos envolvem o impacto, que está relacionado às consequências, e a probabilidade, que se refere às chances de que determinado evento ocorra.

Em outubro de 2020, a Diretoria de Normas e Habilitação das Operadoras da ANS (DIOPE) apresentou um estudo com parâmetros para definição de impacto e probabilidade de ocorrência do risco operacional. Considerando as mesmas diretrizes, é possível estender estas premissas para definição de impacto do risco de subscrição.

Quanto ao impacto, no estudo a ANS considerou percentuais da receita dos últimos 12 meses como limitadores das classes das distribuições de perdas, de modo que para operadoras em geral a referência adotada foi o total de contraprestações/prêmios emitidos – Receitas Totais RT . Os intervalos crescem exponencialmente considerando cinco faixas de impacto, sendo assim, uma adaptação pode ser definida de acordo com o valor da primeira faixa (F_1) conforme equação 1 a seguir:

$$F_i = \begin{cases} 1.000; & \text{se } 0,005\% \times RT < 1000 \\ 5.000; & \text{se } 0,005\% \times RT < 5000 \\ 10.000; & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O valor da última faixa é F_5 é definido conforme equação 2 a seguir:

$$F_5 = \max[100.000.000; 1\% \times RT]$$

As faixas etárias intermediárias, ou seja, de 2 a 4, podem ser definidas conforme equação 3 a seguir:

$$\text{Valor Faixa}_i = F_1 \left(\frac{F_5}{F_1} \right)^{\frac{i-1}{4}}$$

Já no que se refere à probabilidade de ocorrência, incorporei as práticas de controle sugeridas pela resolução normativa. O anexo I da RN nº 518/22 apresenta práticas mínimas de gestão de riscos e controles internos. O item 3.1 trata especificamente do risco de subscrição, de modo que a existência das práticas que constam no anexo I são tratadas como essenciais, sendo assim, sua inexistência acarreta alta probabilidade de ocorrência do risco mapeado.

O anexo III da RN nº 518/22 apresenta práticas avançadas e estrutura de governança, gestão de riscos e auditoria interna. Já a RN nº 507/22 possui alguns itens na seção 1.7 que trata da gestão organizacional e sustentabilidade da operadora. Alguns tópicos estão diretamente relacionados à gestão do risco de subscrição, podendo auxiliar na verificação das práticas de controle aplicadas para definição da probabilidade.

Os valores das faixas de 1 a 5 podem ser definidos respectivamente como impacto muito baixo, baixo,

médio, alto e muito alto; e as probabilidades de materialização do risco como muito alta se não houver aplicação de nenhuma prática de controle; alta se houver aplicação parcial das práticas mínimas; média se houver aplicação integral das práticas mínimas; baixa se houver aplicação parcial das práticas avançadas e muito

baixa e houver aplicação integral das práticas avançadas. O nível de risco é definido conforme o cruzamento entre probabilidade e impacto para cada um dos riscos avaliados.

Resumidamente, a tabela 1 apresenta as formas de evidências inseridas como práticas mínimas e avançadas.

Risco	Prática mínima	Prática avançada
RS1 – Precificação	Item 3.1-a - Anexo I da RN518	Item 3.1-a - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.1 - Anexo III da RN518 Item 1.7.8 - RN 507
RS2 – Mitigação	Item 3.1-b - Anexo I da RN518	Item 3.1-b - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.4 - Anexo III da RN518
RS3 – Sinistralidade e rentabilidade	Item 3.1-c - Anexo I da RN518	Item 3.1-c - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.12 - Anexo III da RN518
RS4 – Provisão	Item 3.1-d - Anexo I da RN518 Item 3.1-h - Anexo I da RN518	Item 3.1-d - Anexo I da RN518 Item 3.1-h - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.3 - Anexo III da RN518 Item 1.2.13 RN 507
RS5 – Comissão	Item 3.1-e - Anexo I da RN518	Item 3.1-e - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.2 - Anexo III da RN518
RS6 – Rentabilidade	Item 3.1-f - Anexo I da RN518	Item 3.1-f - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.7 - Anexo III da RN518 Item 1.7.2 da RN 507
RS7 – Reajuste	Item 3.1-g - Anexo I da RN518	Item 3.1-g - Anexo I da RN518 Item 2.1.b.12 - Anexo III da RN518 Item 1.7.5, 1.7.12 e 1.7.13 - RN 507

Supondo hipoteticamente o caso de uma operadora que possua um total de contraprestações/prêmios emitidos nos últimos 12 meses no valor de

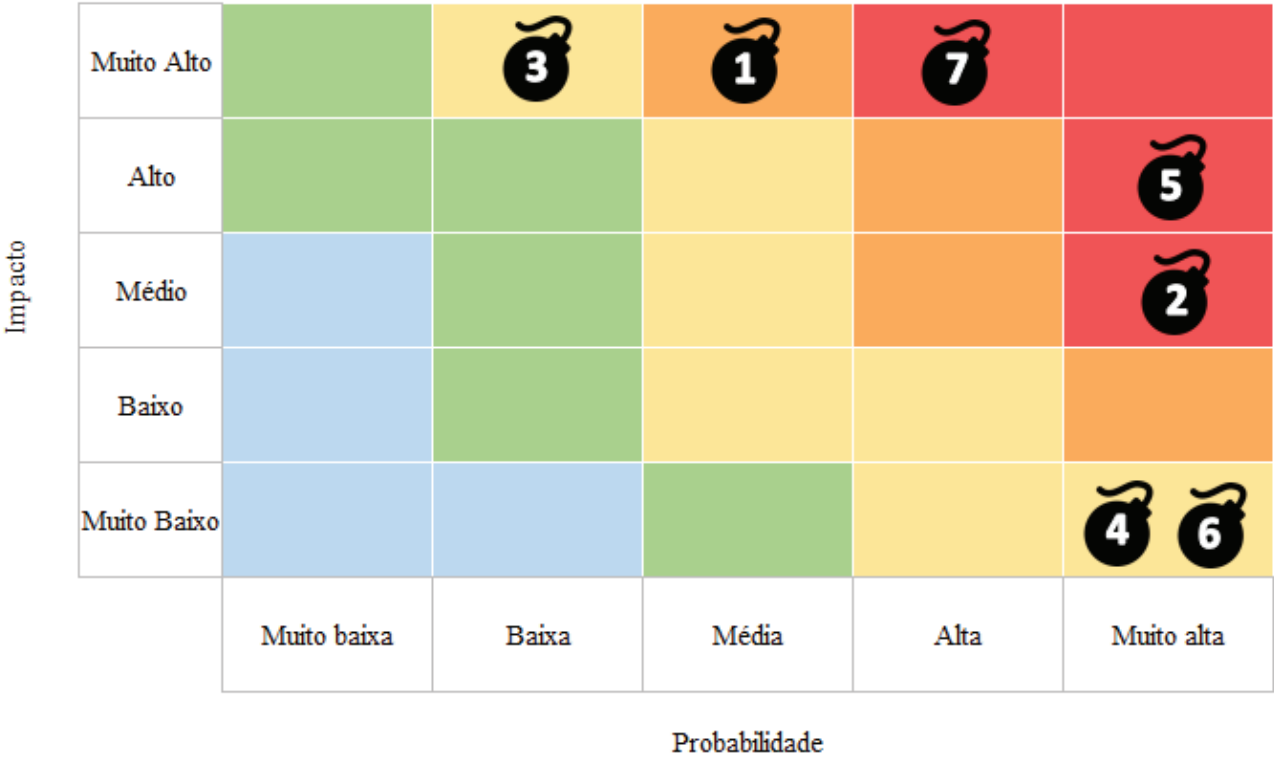
aproximadamente R\$ 700 milhões de reais, a tabela 2 apresenta as faixas de impacto seguindo a metodologia proposta.

Faixa	Nível de impacto	Valor
1	Muito Baixo	de 0 até R\$ 10.000,00
2	Baixo	de R\$ 10.000 até R\$ 51.436,87
3	Médio	de R\$ 51.436,88 até R\$ 264.575,13
4	Alto	de R\$ 264.575,14 até R\$ 1.360.891,59
5	Muito Alto	superior a R\$ 1.360.891,59



Supondo que o volume das operações com seguros, cosseguro, resseguro e corresponsabilidade assumida e cedida seja de R\$ 100 mil; valor das comissões R\$ 450 mil; valor da PESL de R\$ 5 milhões; valor monetário envolvido na diferença percentual entre 100% e a sinistralidade meta, que é de 80%, seja de aproximadamente R\$ 140 milhões; valor que a operadora pretende obter como resultado da operação seja de R\$ 80 milhões e o valor esperado de reajuste considerando que todos os planos sofram a incidência do índice automático, FIPE-Saúde, seja de R\$ 21 milhões.

Após realizar as avaliações das práticas de controle, considere que referente ao risco de precificação a operadora atende integralmente as práticas mínimas, não atende nenhuma prática recomendada em relação a comissão e mitigação, atende parcialmente as práticas avançadas relativas à sinistralidade, atende integralmente as práticas avançadas relacionadas a provisão e rentabilidade e atende parcialmente as práticas mínimas de reajuste, a matriz de riscos é exposta conforme Figura 1. O ideal, segundo a governança corporativa é que a matriz seja



considerada para tomada de decisões da alta administração, pois evidencia quais pontos são prioritários. No exemplo hipotético, indico que prioritariamente sejam tomadas ações para os riscos de mitigação, comissão e reajuste, por terem se enquadrado em um nível de risco muito alto. Neste exemplo, as contraprestações/prêmios foram consideradas como parâmetro. Contudo, é possível considerar, por exemplo, o cálculo do risco de subscrição pelo modelo padrão da ANS, bem como outras estruturas de distribuição de faixas de impacto, sendo importante a avaliação de um atuário para indicação dos melhores parâmetros para cada operadora. O risco de subscrição é extremamente importante dentro das operadoras de planos de saúde e, considerando que a partir de

2023 a ANS implementou o capital baseado em riscos, torna-se ainda mais essencial que as operadoras o monitorem. As previsões das regulamentações da ANS foram consideradas como base para o desenvolvimento do modelo proposto, e a aplicação deixa evidente as vantagens do cumprimento das práticas recomendadas, que quando bem aplicadas, podem ir muito além dos incentivos propostos pelo órgão regulador. A gestão de riscos contribui para a sustentabilidade das operadoras. Nesta abordagem foram considerados parâmetros que podem ser calibrados por um atuário, conforme a necessidade da operadora, de modo a permitir que a gestão de riscos seja parte integrante da rotina da operadora.

A ATUÁRIA DOS REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL

penalizada com menos prestação de serviços públicos em decorrência do direcionamento de maior quantidade de recursos para o pagamento de aposentadorias e pensões e equacionamento de eventuais déficits atuariais. Essa penalização acaba sendo sentida com maior intensidade pelas pessoas que mais necessitam dos serviços públicos.

A lógica atuarial aplicada aos RPPS traduz-se na diretriz primeira desse sistema: o equilíbrio financeiro e atuarial cuja relevância se materializa no fato de constituir um princípio constitucional.

Não obstante, o atingimento desse equilíbrio tem se mostrado extremamente difícil de ser alcançado pelos RPPS, pelas mais diversas razões. Em particular, a ideia de capitalização, da manutenção de um volume expressivo de recursos aplicados no sistema financeiro parece não combinar com a visão de curtíssimo prazo que caracteriza a prática política nacional. Assim, tratar de eventos que ocorrerão no longo prazo parece não fazer muito sentido nessa lógica dominante, ainda mais quando confrontados com as

Ainda que a atuária dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) possua bastante similaridade e inspiração nas práticas atuariais das entidades fechadas de previdência complementar, os chamados fundos de pensão, possui especificidades em razão do ambiente no qual está inserida, caracterizado pela grande influência político-partidária e suas diversas matizes ideológicas.

A atuária dos RPPS é de extrema relevância social já que seu impacto se faz sentir diretamente sobre as finanças dos entes públicos (União, Estados e Municípios). Se mal geridos, os RPPS trazem consequências sobre toda a sociedade que pode ser

Divulgação



**MARCOS FERREIRA
DA SILVA**

FUNÇÃOÁRIO DO
TRIBUNAL DE CONTAS
DO ESTADO DO RIO DE
JANEIRO (TCE-RJ).
COORDENA DO GRUPO
TEMÁTICO DE RPPS DA
REDE INTEGRAR



necessidades urgentes do presente.

Junte-se a isso o fato de que a atuária ainda é vista como algo complexo e ininteligível por grande parte das pessoas, inclusive aquelas que militam na área previdenciária pública.

Embora, de fato, o cálculo atuarial não seja trivial, as ideias básicas subjacentes aos principais números constantes em um relatório de avaliação atuarial do RPPS são simples e podem ser difundidas entre os usuários desses relatórios. Afinal, sem

isso, os relatórios de avaliação atuarial não alcançarão todo o potencial que possuem para serem direcionadores da gestão dos RPPS.

FORTALECIMENTO DA ATUÁRIA DOS RPPS

Como resultado concreto da atuação do IBA no sentido de fortalecimento da atuária dos RPPS, podemos destacar a criação da Diretoria de Previdência Pública e as recentes iniciativas de discussão e capacitação direcionadas aos

profissionais que atuam nesse segmento, em tópicos de extrema relevância como o balanço de ganhos e perdas atuariais, fluxos atuariais e geração futura, premissas atuariais e métodos de custeio, tópicos para os quais praticamente não existe bibliografia nacional de referência.

Se, de um lado, os profissionais que atuam nesse segmento estão tendo a oportunidade de se capacitar, também é esperado que o mesmo aconteça com os demais “players” desse sistema, em especial os gestores e

conselheiros dos RPPS e os Tribunais de Contas.

Ao longo do tempo tem se observado uma enorme evolução normativa em relação aos aspectos atuariais que induz a adoção de uma verdadeira gestão atuarial pelos RPPS, em que pese o enorme desafio que isso possa significar para muitos desses RPPS. Não há mais espaço para gestões não profissionais, pois o risco para as finanças dos entes seria enorme.

Os programas Pró-Gestão e de

“

Alguns Tribunais de Contas mais sensíveis à relevância do conhecimento atuarial em suas atividades têm buscado contratar profissionais com essa formação para integrar seu quadro de auditores e essa parece ser uma tendência que se manterá no futuro.

”

Certificação Profissional do MPS existem justamente para promover essa profissionalização da gestão dos RPPS. Além disso, os eventos produzidos pelas Associações Nacionais e Estaduais de RPPS são excelentes oportunidades de capacitação postas à disposição de gestores e conselheiros, destacando-se que muitos materiais (vídeos e artigos) são disponibilizados gratuitamente na internet, constituindo um excelente repositório de conhecimento sobre RPPS.

Também visando a capacitação de gestores e conselheiros, destaca-se a atuação dos Tribunais de Contas, que promovem capacitações por intermédio de suas escolas de contas e a realização de eventos relacionados à temática dos RPPS.

A ATUÁRIA DOS RPPS E OS TRIBUNAIS DE CONTAS

De outra parte é de se esperar que os Tribunais de Contas, responsáveis pelo julgamento das contas dos gestores de RPPS, se especializem cada vez mais na temática atuarial e, com isso, passem a demandar

aderência dos relatórios de avaliação atuarial que exigem os normativos aplicáveis aos RPPS, o que acabará por induzir a melhoria de qualidade dos relatórios de avaliação atuarial, fundamental para que deixem de ser vistos como mera formalidade legal e se tornem, efetivamente, verdadeiros instrumentos de auxílio à gestão dos RPPS.

Alguns Tribunais de Contas mais sensíveis à relevância do conhecimento atuarial em suas atividades têm buscado contratar profissionais com essa formação para integrar seu quadro de auditores e essa parece ser uma tendência que se manterá no futuro.

Isso permitirá aos Tribunais de Contas que já deram esse passo avançar, caso assim desejem, para a realização de auditorias atuariais com vistas a avaliar de forma mais detalhada, no âmbito das auditorias financeiras, os expressivos números dos passivos atuariais. Aqui, merece destaque a crescente integração da contabilidade com a atuária que se reflete, por exemplo, na edição de normativos contábeis como a IPC 141.

Mesmo os Tribunais de Contas que ainda não deram esse passo estão buscando se capacitar nessa área do conhecimento e, para isso, é fundamental a busca de parcerias junto a universidades e ao próprio IBA. A esse respeito releva destacar

1 As Instruções de Procedimentos Contábeis – IPC são publicações que buscam auxiliar a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios na implantação dos novos procedimentos contábeis. A IPC 14 trata especificamente dos procedimentos contábeis aplicados aos RPPS.

a agenda de trabalhos conjuntos² entre o IBA, o Departamento dos Regimes de Previdência no Serviço Público – DRPPS do Ministério da Previdência Social e o Grupo Temático em RPPS da Rede Integrar³ que congrega diversos Tribunais de Contas em torno do aperfeiçoamento da fiscalização e controle dos RPPS.

Ainda em relação à questão da qualidade dos relatórios de avaliação atuarial, é fundamental que os insumos que os gestores dos RPPS disponibilizam aos atuários para a elaboração do estudo atuarial sejam de boa qualidade, em especial as bases cadastrais, e nisso os Tribunais de Contas também podem contribuir, já que a qualidade do relatório de avaliação atuarial reflete a qualidade da base cadastral utilizada para a elaboração do estudo.

PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

O contexto no qual os RPPS estão inseridos caracteriza-se por uma complexa rede de interações na qual o IBA, em relação aos aspectos atuariais envolvidos, deve funcionar como uma bússola que irá apontar os caminhos a serem seguidos para a manutenção da higidez do conhecimento técnico atuarial. A outros atores, em outros fóruns, caberão avaliar como esses conhecimentos técnicos serão aplicados à realidade dos RPPS observada no país.

Nesse aspecto em particular, a reativação do Comissão Permanente de Atuária no âmbito

2 <https://atuarios.org.br/agenda-conjunta-iba-tc-e-drpps/>

3 <https://irbcontas.org.br/rede-integrar/>

“

E o que se pode esperar para o futuro? Uma crescente integração e colaboração entre os Tribunais de Contas e o órgão regulador; uma crescente especialização dos Tribunais de Contas na temática atuarial voltada aos RPPS

”

do CONAPREV⁴ coloca o IBA nesse importante fórum de discussão sobre os RPPS.

Também é importante que profissionais de outras áreas que atuam junto aos RPPS, como contadores e advogados, se familiarizem com os conceitos atuariais para que a gestão dos RPPS se dê de forma harmoniosa.

E o que se pode esperar para o futuro? Uma crescente integração e colaboração entre os Tribunais de Contas e o órgão regulador; uma crescente especialização dos Tribunais de Contas na temática atuarial voltada aos RPPS, levando a uma maior demanda por orientações técnicas acerca das melhores práticas atuariais aplicáveis aos RPPS para que possam exercer suas atividades de controle com base em critérios aceitos pela comunidade atuarial, levando a uma crescente aproximação dos Tribunais de Contas também do IBA, algo cujo início já se vislumbra com a parceria entre o GT RPPS da Rede Integrar, a DRPPS/DRPC/MPS e o IBA. ⌚

4 Conselho Nacional dos Dirigentes de Regimes Próprios de Previdência Social (<https://conaprev.org.br/institucional/conaprev/>)

TECNOLOGIAS EMERGENTES, O IMPACTO NO MERCADO SEGURADOR E NAS ATIVIDADES ATUARIAIS E OS DESAFIOS PARA SUA ADOÇÃO



Divulgação



**RONALDO R.
COSTA**

ENGENHEIRO DE
SISTEMAS DO SAS

A tecnologia tem mudado o setor de seguros e a profissão de atuário de muitas maneiras. A ascensão da tecnologia está criando rapidamente um novo futuro do trabalho, redefinindo empregos e transformando profissões, permitindo que seres humanos e máquinas trabalhem lado a lado. As demandas dos clientes estão mudando, os modelos operacionais tradicionais estão sob pressão e novos players estão surgindo.

IMPACTOS NO MERCADO

As tecnologias de Inteligência Artificial (IA) estão sendo implantadas em nossos negócios, casas e veículos,

bem como nos indivíduos. Os novos paradigmas de negócios introduzidos após a COVID-19 aceleraram a adoção da digitalização nas seguradoras. As organizações tiveram que se ajustar para acomodar forças de trabalho remotas, expandir seus recursos digitais para apoiar a distribuição e atualizar seus canais on-line.

Segundo relatório da McKinsey¹, quatro tendências tecnológicas principais, associadas à IA, irão remodelar o setor de seguros na próxima década.

Explosão de dados de dispositivos conectados: a penetração de dispositivos conectados continuará a aumentar rapidamente. Especialistas estimam que haverá até um trilhão de dispositivos conectados até 2025, gerando um volume assombroso de dados que irá permitir que as operadoras entendam seus clientes mais profundamente.

Aumento da prevalência de robótica física: essa inovação continuará a mudar a forma como os

¹ <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/insurance-2030-the-impact-of-ai-on-the-future-of-insurance>



humanos interagem com o mundo ao seu redor. A impressão 3D irá remodelar radicalmente os produtos de seguro do futuro. Até 2025, os edifícios impressos em 3D serão comuns. Drones e equipamentos agrícolas autônomos, robôs cirúrgicos aprimorados e veículos autônomos serão comercialmente viáveis.

Ecossistemas de dados e de código aberto: à medida que os dados se tornam onipresentes, protocolos de código aberto surgirão para garantir que os dados possam ser compartilhados e usados em todos os setores, sob um quadro regulatório e de segurança cibernética comum.

Avanços nas tecnologias cognitivas: as redes neurais convolucionais usadas para processamento de imagem, voz e

texto não estruturado vão evoluir para uma ampla variedade de aplicações, tornando-se a abordagem padrão para processar fluxos de dados complexos que serão gerados por produtos de seguro vinculados ao comportamento e às atividades de um indivíduo.

IMPACTOS NO PAPEL DO ATUÁRIO

O papel do atuário está evoluindo rapidamente à medida que estas tecnologias de IA, aprendizado de máquina (ML) e automação criam um novo futuro do trabalho. Essas tecnologias permitem que o papel do atuário mude para um verdadeiro estrategista de negócios, fornecendo insights e preenchendo a lacuna entre tecnologia e negócios.

O atuário sempre teve uma atividade de cientista de dados latente em suas atividades, pois está constantemente envolvido com uso massivo de dados e criação de modelos. A automação acelera os tempos de execução dos modelos, aumentando a produtividade das equipes atuariais.

Um relatório publicado pela Society of Actuaries (SOA)² agrupou tecnologias que alcançam ampla adoção hoje e nos próximos anos:

Ferramentas de Business Intelligence (componente de visualização de dados): muitos atuários têm implementado soluções de BI, o que vem mudando e

² Emerging Technologies and their Impact on Actuarial Science | SOA

acelerando a maneira como os atuários diagnosticam e entendem os resultados e comunicam insights às partes interessadas.

ML/IA em dados estruturados: muitos atuários estão utilizando técnicas de ML em dados estruturados, com uma ampla gama de aplicações em funções atuariais, como precificação, modelagem de demanda, cancelamento de contratos, cálculo de reservas, suporte à subscrição e score de portfólio.

Geradores de documentação: à medida que o uso de R e Python se torna mais prolífico entre os atuários, a capacidade de gerar simultaneamente documentação e relatórios para aplicações e processos desenvolvidos aumentará em importância.



ETL Low-Code e Programação Low-Code: as ferramentas de ETL low-code serão úteis quando as ferramentas de ETL tradicionais que exigem suporte de TI não forem suficientes para as necessidades, ou quando a TI não for capaz de fornecer relatórios de dados com rapidez suficiente.

Gerenciamento de Controle de Origem (Git): Essas tecnologias são importantes na manutenção da qualidade do código para modelos e ferramentas baseados em programação. O valor da tecnologia será ainda maior com a adoção de

práticas e ferramentas de DevOps, acelerando a implantação de aplicativos e programas.

ML/IA em dados não estruturados em R e Python: Essas técnicas são utilizadas para uma ampla gama de usos em funções atuariais; no entanto, os casos de uso estão mais concentrados em Pesquisa e Desenvolvimento, analytics, precificação, subscrição e desenvolvimento de produtos.

Governança de dados: o aumento da dependência de dados, particularmente em aplicações de ML/IA, exigirá que as empresas estejam

mais envolvidas na prevenção e gestão de riscos associados ao uso indevido de dados e à mudança de dimensões de dados ao longo do tempo, com o uso de ferramentas de governança.

Interfaces de programação de aplicativos (APIs): apesar do nível de familiaridade e adoção de APIs ainda ser baixo, algumas empresas identificaram oportunidades para que APIs sejam implantadas em aplicações atuariais, em tempo real.

Técnicas de aprimoramento de privacidade (PETs): à medida que as regulamentações de privacidade em torno do uso de dados evoluem, essas ferramentas podem se tornar mais úteis para os atuários, ajudá-los a compartilhar dados e unir conjuntos de dados de modo a estarem em conformidade com esses regulamentos.

RISCOS E DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO

Como toda tecnologia em desenvolvimento, a utilização da IA na indústria de seguros traz riscos e desafios para sua implantação e melhor utilização possível. As potencialidades da IA, Big Data e analytics têm poder de revolucionar as tomadas de decisão de negócios. Entretanto, seu uso sempre deve ser pautado por valores éticos, respeitando-se as leis de proteção de dados aplicáveis.

Um relatório de dezembro de 2022 da Associação Nacional de Comissários de Seguros (NAIC) apontou que 90% das seguradoras de automóveis americanas estão atualmente usando IA ou ML em seus negócios, e mais da metade

não documentou seus princípios operacionais para o uso dessas ferramentas.

Conforme destaca publicação da MAPFRE, “a maior parte da comunidade empresarial do mundo emprega a Inteligência Artificial (IA) em diferentes áreas do seu dia a dia (...). Ela é uma tecnologia que traz grandes benefícios em termos de inovação, produtividade e até mesmo de rentabilidade, mas também é necessário estar ciente dos riscos (...), pois alguns deles devem ser gerenciados adequadamente para uma aplicação segura, confiável e definitivamente sustentável”.³

O documento também aponta que riscos operacionais, éticos e regulatórios podem ser mitigados a partir de coberturas de seguros que começam a surgir, especialmente relativas a veículos autômos e sistemas utilizados em processos industriais, onde se espera um aumento de demanda de médio e longo prazo.

CONCLUSÃO

A adoção das tecnologias emergentes e de IA já é um caminho sem volta, com impacto cada vez maior no mercado segurador e nas atividades atuariais. Os desafios para sua adoção por parte da comunidade atuarial deverão levar em consideração a consolidação e disseminação de técnicas e soluções que possam consumir a imensidão de dados que são gerados a cada instante, sem deixar de lado aspectos legais e de proteção do indivíduo.. ⌚

³ <https://www.mapfre.com/pt-br/actualidade/inovacao/seguradoras-riscos-inteligencia-artificial/>

FUNDOS DE PENSÃO: QUANDO O DÉFICIT SE ELEVA, É PRECISO QUE A SOCIEDADE TOME UMA DECISÃO

previdência social como os servidores abrangidos pelos regimes próprios de previdência social. Naquele cenário desafiador de mudanças demográficas e econômicas, buscou-se enrijecer as regras previdenciárias, com o intuito de racionalizar os gastos públicos.

Nesse contexto de esforços mútuos (cidadãos e Estado) em prol do equilíbrio fiscal do país, os patrocinadores estatais de fundos de pensão e, consequentemente, seus participantes e assistidos não passaram incólumes. Na época, foi estabelecido no âmbito dos planos de previdência complementar patrocinados por entes públicos o chamado “limite da paridade contributiva”.

Esse limite foi inserido na Constituição Federal, mais precisamente no §3º do art. 202, pela Emenda Constitucional nº 20/1998, sendo previsto nos seguintes termos:

“§ 3º É vedado o aporte de recursos a entidade de previdência privada pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios, suas autarquias, fundações, empresas públicas, sociedades de economia mista e

No final da década de 1990, discutia-se no Congresso Nacional, por iniciativa do então presidente Fernando Henrique Cardoso, a Proposta de Emenda Constitucional nº 33, apresentada em 1995 e que derivou na Emenda Constitucional nº 20, promulgada em 15 de dezembro de 1998.

Tida por muitos como a primeira reforma da previdência realizada sob a égide da Constituição Federal de 1988, por intermédio da Emenda Constitucional nº 20 o governo da época adotou uma série de medidas impopulares que impactaram tanto os segurados do regime geral de

Divulgação



**JOÃO MARCELO
CARVALHO**

SÓCIO DO
ESCRITÓRIO
SANTOS BEVILAQUA
ADVOGADOS E EX-
VICE-PRESIDENTE
DO IBA

“

Com o advento da Resolução do então Conselho de Gestão da Previdência Complementar nº 26/2008, posteriormente substituída pela Resolução do Conselho Nacional de Previdência Complementar nº 30/2018, as discussões acerca da aplicação do limite da paridade contributiva às contribuições extraordinárias para o pagamento de déficits tornaram-se bem mais escassas.

”

outras entidades públicas, salvo na qualidade de patrocinador, situação na qual, em hipótese alguma, sua contribuição normal poderá exceder a do segurado”.

Essa regra impactou sobremaneira os principais fundos de pensão da época. Dentro do prazo de adaptação que lhes foi imposto, eles tiveram que ajustar as regras dos seus planos de benefícios para que os esforços contributivos dos patrocinadores públicos não excedessem os pagamentos feitos pelos participantes. Afinal, era comum, naquele contexto histórico, que os patrocinadores públicos financiassem, majoritariamente, os planos oferecidos a seus funcionários.

O fato de o dispositivo constitucional fazer referência à “contribuição normal”, disciplinando que a contribuição feita pelo patrocinador público não poderia ser superior a tais contribuições realizadas pelos “segurados” (leia-

se: participantes e assistidos), por algum tempo gerou dúvidas acerca da aplicabilidade do limite da paridade contributiva às contribuições classificadas como extraordinárias, direcionadas ao pagamento de déficits atuariais.

Havia quem entendesse que apenas as contribuições normais estariam submetidas ao limite da paridade contributiva, ao passo que as contribuições extraordinárias, inclusive aquelas para o pagamento de déficits, poderiam ser assumidas majoritária ou integralmente pelos patrocinadores públicos, visto que a esse tipo de contribuição não se

aplicaria o limite estabelecido no §3º do art. 202 da Constituição Federal.

Com o advento da Resolução do então Conselho de Gestão da Previdência Complementar nº 26/2008, posteriormente substituída pela Resolução do Conselho Nacional de Previdência Complementar nº 30/2018, as discussões acerca da aplicação do limite da paridade contributiva às contribuições extraordinárias para o pagamento de déficits tornaram-se bem mais escassas.

Afinal, a Resolução de 2008 (assim como fez a sua sucessora) previa que déficits deveriam ser equacionados

por participantes e assistidos, de um lado, e patrocinadores, de outro, observada a proporção contributiva das contribuições normais vigentes no período em que o déficit foi apurado. Assim, estando as contribuições normais expressamente submetidas ao limite da paridade contributiva e sendo elas o parâmetro para a atribuição de responsabilidade pelo pagamento de contribuições extraordinárias de déficits, então, por consequência lógica, essas contribuições extraordinárias estariam igualmente limitadas à paridade.

Hoje, portanto, o entendimento





preponderante é o de que o déficit atuarial apurado em um plano de benefícios de EFPC patrocinado por ente integrante da administração pública deve ser pago mediante observância do limite da paridade contributiva. Isso faz com que aos participantes e assistidos desses planos seja atribuída a responsabilidade pelo pagamento de 50% (cinquenta por cento), ou mais, do déficit equacionado.

Por fatores diversos, alguns planos de benefícios patrocinados por entes públicos têm acumulado insuficiências atuariais expressivas, desencadeando a necessidade da implementação de sucessivos planos de equacionamento de déficits. Nesses casos, os participantes e assistidos são chamados a arcar com elevadas contribuições extraordinárias, que importam em redução de suas remunerações.

Esse comprometimento da renda dos participantes e assistidos tem sido objeto de preocupação por parte do atual governo, que determinou, através do Decreto nº 11.543/2023, a criação de um grupo de trabalho para, dentre outros temas, elaborar estudos e propostas que versem sobre o equacionamento de déficits atuariais em planos de benefícios de EFPC. Nessa discussão, tem se falado sobre a suspensão temporária, ou do diferimento parcial da cobrança de contribuições extraordinárias para pagamento de déficits, como uma medida inicial para viabilizar um debate mais amplo acerca de novas regras de pagamento.

Sob a ótica atuarial, a menos que se tenha, no curto prazo, um cenário de rentabilidade amplamente favorável, a suspensão ou o diferimento das contribuições extraordinárias não resolverá (e ainda tenderá a piorar)

os déficits dos planos. Logo, tal medida deve ser vista como algo absolutamente excepcional e paliativo.

Na discussão mais ampla acerca das regras, é preciso levar em conta que a desoneração dos participantes e assistidos implica a oneração dos patrocinadores, e vice-versa. Isso porque, por certo, ninguém além dessas partes terá interesse em pagar uma conta que não lhe pertence. E quando o patrocinador é um ente público, a sua oneração proporciona, direta ou indiretamente, a abdicação de recursos públicos pela sociedade, que poderiam ser empregados de outra maneira.

A percepção sobre os pagamentos feitos por entes públicos na condição de patrocinadores de seus fundos de pensão é uma questão de interesse de toda a sociedade. Este tema está no âmago da fixação do limite da paridade contributiva, alçado a nível constitucional na reforma

da previdência de 1998, cujos fundamentos de sua implementação continuam válidos.

Sem dúvida, trata-se de um problema de difícil solução. Por um lado, não parece justo que aos participantes e assistidos seja imposta uma contribuição extraordinária ilimitada, privando-lhes de parte relevante de sua renda em decorrência de déficits a que eles não deram causa; por outro lado, a sobreoneração do patrocinador público pode representar, de maneira mais ou menos direta, um custo para a sociedade.

Por isso, o debate em torno da regra de pagamento dos déficits de fundos de pensão patrocinados por entes públicos possui um forte componente de decisão política. Como a eventual desoneração dos participantes possuiria o que se convencionou chamar, na teoria política, de “custos difusos e benefícios concentrados”, não é esperado que exista um clamor social contrário à medida, que poderá ser vista com simpatia mesmo pelos que não se beneficiam dela.

Contudo, além do viés político, o debate possui contornos técnicos, que muito interessa aos operadores da Ciência Atuarial. Para além da visão fiscal, que orientou a decisão política tomada em 1998, há de se ter um olhar técnico-atuarial sobre a questão, de modo que a solução proposta garanta que os déficits dos fundos de pensão não serão negligenciados, sendo devidamente tratados, a tempo e a modo, evitando o agravamento de situações de desequilíbrio que poderão se tornar praticamente insanáveis. ⌚

SEGURO DE VIDA RESGATÁVEL OU SEGURO DE VIDA TRADICIONAL – QUAL DELES DEVEMOS ADQUIRIR?

experts em planejamento financeiro e oferecem combinações de produtos e coberturas capazes de trazer tranquilidade para os mantenedores das famílias brasileiras.

SEGUROS AINDA SÃO VISTOS COMO TABU?

Não dá para adentrar no mundo do seguro de vida sem antes passar pelo mundo dos seguros em geral. São ou não vistos como tabu? No meu ponto de vista, as pessoas conseguem listar vários motivos pelos quais não possuem ou sequer procuram ter seguros. Deixando de lado a falta de aculturação sobre o tema, a ausência da educação financeira no Ensino Fundamental II em diante acaba culminando na ignorância da fase adulta, quando o assunto é planejamento.

A transição para o “Novo Ensino Médio” trouxe mudanças relevantes com a inclusão de novas disciplinas que visam a paridade com o ensino de países desenvolvidos. Entretanto, precisaremos de muitos anos para que essa mudança reflita uma verdadeira alteração de mindset nas famílias do nosso país.

Começando de trás para frente, quando enfim o indivíduo se convence de que necessita de um seguro de vida, é certo pairar a dúvida de qual seguro adquirir. Nos dias de hoje, as seguradoras oferecem tantas opções que, muitas vezes, mais complicam do que explicam.

Se você é um consumidor destemido e pleno conhecedor sobre o tema, há diversas plataformas disponíveis para comparação e compra direta de seguros de vida. Mas se você é um consumidor com dúvidas no segmento, pode recorrer aos corretores de seguro de vida, que vêm se tornando verdadeiros

Divulgação



LETICIA DOHERTY

CHIEF RISK OFFICER
DA CNP SEGUROS
HOLDING BRASIL
E EX-PRESIDENTE
DO IBA



Fonte: [https://www.mapfre.com/pt-br/actualidade/seguros-pt-br/os-paises-emergentes-e-o-setor-de-seguros/#:~:text=Na%20OCDE%20\(que%20re%C3%BAne%20boa,n%C3%ADveis%20mais%20altos%20de%20seguro](https://www.mapfre.com/pt-br/actualidade/seguros-pt-br/os-paises-emergentes-e-o-setor-de-seguros/#:~:text=Na%20OCDE%20(que%20re%C3%BAne%20boa,n%C3%ADveis%20mais%20altos%20de%20seguro)

Um estudo feito pela Associação de Genebra, principal agrupamento internacional do setor segurador, faz um balanço do crescimento experimentado por países emergentes com base nos seus investimentos no setor de seguros.

O estudo é focado em quatorze países situados na América Latina, na África e na Ásia. Juntos, estes países têm uma população de 2,8 bilhões de habitantes e conformam um mercado com 332 bilhões de dólares em receitas do setor segurador até o final de 2020, volume superior ao do PIB de vários dos países da lista.

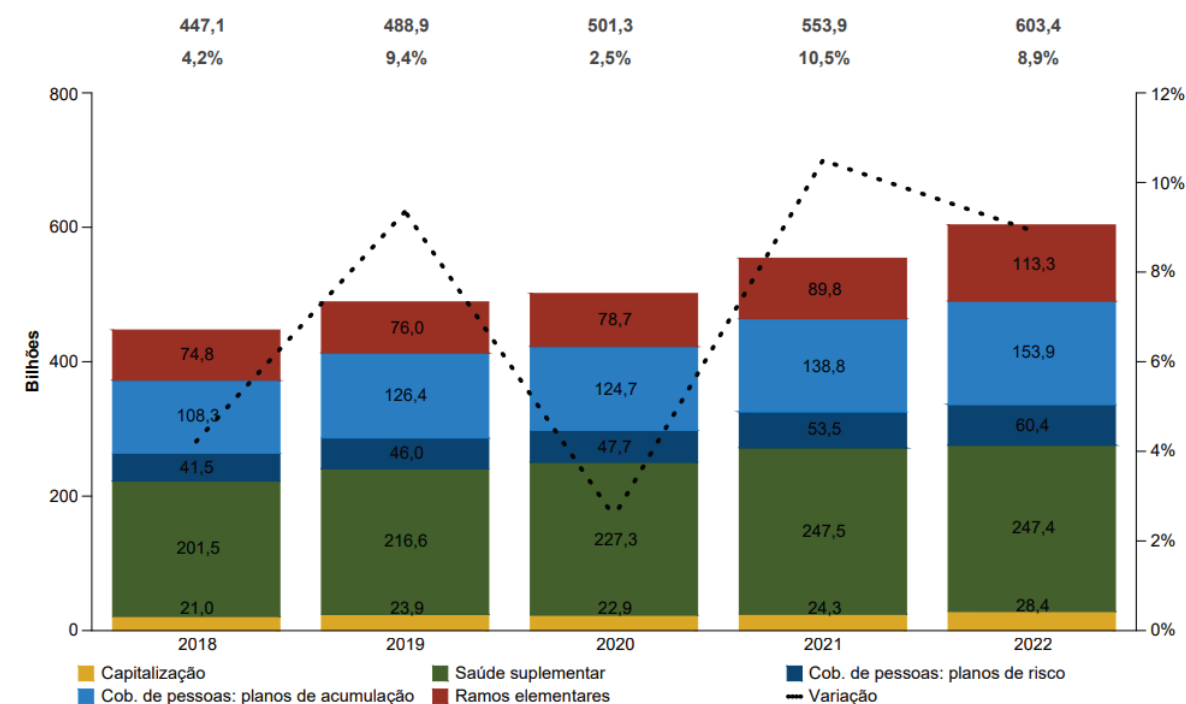
Nesses países, de 2005 a 2020, a penetração do seguro (a porcentagem que o negócio segurador representa na economia do país como um todo) passou de 1,9% para uma média de 3,3%, um avanço significativo, embora ainda distante das economias mais desenvolvidas.

Na OCDE (que reúne boa parte da Europa, EUA, Canadá e outros países de alta renda como Israel ou Japão), a participação dos seguros no PIB era de 8,6% em 2005, tendo subido para 9,4% em 2020. Em geral, os países economicamente mais fortes têm níveis mais altos de seguro.

De olho no Brasil, de forma isolada, conseguimos ver no gráfico abaixo como estão representados os segmentos de seguro com base na arrecadação de prêmios e contraprestações, durante os anos de 2018 a 2022. É possível enxergar que o seguro de vida está longe de ser a prioridade na cesta de planejamento do brasileiro.

Na faixa referente à “Cobertura de Pessoas: Planos de Acumulação”, a de azul claro, está contido o volume referente à Previdência Complementar Aberta, onde fica claro que falar sobre aposentadoria é

Arrecadação por segmento - histórico anual
Em R\$ bilhões e % de variação



Fonte: https://estatisticas.cnseg.org.br/Cadernos/GetPdf/20230801_Caderno_Mai23.pdf/

sempre mais fácil do que falar sobre morte, invalidez ou doença.

Vejam que na faixa referente à “Cobertura de Pessoas: Planos de Risco”, a de azul mais escuro, está contido o volume de seguro de vida coletivo e individual, onde grande parte está relacionada ao seguro de vida oferecido

pelo empregador, com pouco ou nenhum desembolso do colaborador, e cujo capital segurado é calculado, na sua maioria, com base em um múltiplo salarial, o que não necessariamente está aderente à necessidade financeira do empregado, caso este venha a faltar. Vejam o exemplo abaixo:

COLABORADOR A	COLABORADOR B
Homem com 35 anos	Homem com 35 anos
Salário de R\$ 20 mil	Salário de R\$ 20 mil
Seguro de Vida Coletivo = 24 x salário	Seguro de Vida Coletivo = 24 x salário
Casado, com 2 filhos pequenos	Solteiro, morando com os pais

Caso ambos venham a faltar de forma prematura, como suas famílias vão ficar financeiramente? Não estamos discutindo o cunho emocional, porque perder um ente querido faz parte da vida, mas nunca

queremos pensar no assunto. A questão aqui é como cada uma das famílias vai se restabelecer após a morte deste ente. É possível imaginar que os pais do Colaborador B terão mais condição de seguir a vida,



sem grandes mudanças no aspecto financeiro. Não podemos dizer o mesmo sobre a esposa e os filhos do Colaborador A. O que ainda pode piorar esta situação é se essa esposa não trabalha, ou seja, vejo aqui uma mudança radical na rotina dessa família e uma possível instabilidade financeira por um tempo difícil de definir.

Então, o que adianta ter um bom plano de saúde ou um bom seguro de automóvel ou de residência, se não se tem o de vida? O mantenedor da família deveria estar, em primeiro

lugar, preocupado com sua vida, pois ao estar vivo pode trabalhar. Sem vida, essa equação não funciona e nenhuma das demais proteções fará a diferença na vida dos familiares.

SEGURO DE PESSOAS & SEUS RAMOS – POR QUE TANTOS?

Com base nas Estatísticas do SES da SUSEP e na consolidação feita pela FenaPrevi, no período de janeiro a junho de 2023, é possível ver que o setor arrecadou de prêmio direto a quantia de R\$ 29,57 bilhões, o equivalente a 8,2% de crescimento se

Coberturas	PRÊMIO DIRETO (EM R\$ MILHÕES)		
	jan a jun/22	jan a jun/23	Δ
Prestamista	7.869,26	8.191,70	4,10%
Vida em Grupo	7.152,06	7.576,06	5,93%
Vida Individual	5.670,63	6.690,28	17,98%
Acidentes Pessoais	3.564,56	3.702,67	3,87%
Doenças Graves / Terminais	809,79	884,40	9,21%
Funeral	571,16	675,80	18,32%
Viagem	362,84	448,92	23,72%
Dotais	404,39	297,94	-26,32%
Educacional	17,18	11,87	-30,89%
Outros	915,39	1.091,76	19,27%
Total	27.337,26	29.571,40	8,17%

Fonte: https://homologation-cms-upload.s3.amazonaws.com/Caderno_de_Seguros_de_Pessoas_202306_67083f022d.pdf

compararmos com o mesmo período de 2022. Vide tabela acima.

A pandemia deu um empurrãozinho no setor, e o Mercado correspondeu com novos produtos e novas coberturas capazes de deixarem o consumidor do segmento mais tranquilo. Por conta da pandemia, as pessoas passaram a ter muitas incertezas sobre o futuro e ficamos mais suscetíveis e frágeis diante do caos. Porém, antes da pandemia já convivíamos com muitas incertezas, nenhum de nós sabia se acordaria no dia seguinte ou se voltaria para casa no final de um dia de trabalho; e vamos continuar sem saber.

Porém, não pensamos nisso o tempo todo, e vivemos um dia depois do outro, na maioria das vezes sem planejar. O que nos deixa vulneráveis ao acaso.

Mas, voltando ao raciocínio, por que tantos tipos de seguros de vida? Cada indivíduo tem sua forma exclusiva de viver, e um seguro de vida bem desenhado, ou várias coberturas

contratadas em seguradoras diferentes vão trazer a segurança financeira adequada. Este desenho de seguro precisa ser revisto de tempos em tempos, tendo em vista as mudanças pelas quais passamos na vida: início da vida adulta, saída da casa dos pais, casamento, nascimento de filhos, criação de pets, compra da casa própria, envelhecimento dos pais, estudo dos filhos, financiamentos, enfim, uma infinidade de momentos que vão requerer atenção e redesenho do seguro de vida.

Cada seguradora tem o seu apetite ao risco. Sua proposta de seguro pode ser rejeitada em uma seguradora e aceita em outra. Elas têm critérios próprios de subscrição e o seu corretor de seguros é um grande aliado nessa escolha, pois tem uma visão holística do todo.

Outra possibilidade é o que chamamos de sobretaxa. Caso o indivíduo tenha algum histórico de saúde complicado, seja dele próprio e da família, pode ser que a seguradora o aceite, porém com uma

taxa diferenciada. Será possível ter o seguro de vida, porém com custo mais alto.

O contrário também é possível. No caso de o indivíduo ter uma vida super saudável, com cuidados diários do seu bem-estar e com histórico familiar bom, há seguradoras que oferecem uma redução no custo do seguro, permitindo que este indivíduo possa ter mais coberturas e de maior valor segurado.

SEGURO DE VIDA RESGATÁVEL OU SEGURO DE VIDA TRADICIONAL – VOLTANDO AO PONTO DE PARTIDA

Colocando em pauta o Seguro de Vida Individual, aquele que o indivíduo decide ter para aumentar a sua proteção e de sua família, caso ele venha a faltar de forma prematura, normalmente, surge a dúvida por este produto estar atrelado a um desembolso mais relevante.

Quando pagamos um prêmio de seguro de vida, pensamos logo que o desembolso ao longo dos anos não vai retornar, vai apenas nos deixar protegidos durante o período no qual não poderíamos faltar. No entanto, estes costumam custar menos no início da vigência e se encaixam melhor no orçamento de quem está começando a vida adulta. O problema é que com o passar do tempo, além da atualização monetária, este produto também será corrigido conforme o seu risco de morte se eleva, o que chamamos de reenquadramento etário – quanto mais avançada a idade, maior é o risco de morte.

Quando caminhamos um pouco mais na trajetória do trabalho,

havendo possibilidade financeira de investir um pouco mais no seguro de vida, os produtos resgatáveis acabam trazendo a sensação de poupança forçada. O foco do produto não é o resgate, trata-se de um produto de longo prazo, com possibilidade de resgate ao longo da vigência ou no final dela, caso necessário. Neste caso, o prêmio de seguro cresce apenas com a atualização monetária, ficando mais em conta do meio da vigência para frente.

Há também muitos questionamentos sobre se ter

investimentos ao invés do seguro de vida. Neste caso, temos que lembrar que além da disciplina de investir de forma persistente e consistente, temos que estar vivos. Caso esta seja a única forma de poupança, a morte do indivíduo cessa o ato de investir, logo a família terá direito ao montante que se acumulou, que será proporcional ao tempo investido. Não necessariamente atenderá às necessidades financeiras à época.

Por isso não há uma resposta certa para esta dúvida. Na realidade, a velha história de não ter todos os

ovos na mesma cesta segue valendo. A diversidade de ativos é que de fato trará a tranquilidade que tanto se busca, seja para a proteção familiar, seja para sua própria proteção. O importante é saber desenhar as opções possíveis e adequar o orçamento. Lembrando que, de tempos em tempos, qualquer que seja o desenho escolhido, será necessário revê-lo. E sempre que possível compartilhar suas experiências boas e ruins com familiares e amigos, com o intuito de ajudar na disseminação da educação financeira que tanto nos faz falta. ⌚



A IMPORTÂNCIA (BENEFÍCIOS) DO ATUÁRIO NA MENSURAÇÃO DE RISCOS DOS PASSIVOS JUDICIAIS

questão: “Será que após a pandemia (Covid-19) não estamos vivendo o Ano 1 de uma Nova Era”? Penso que não conseguiremos tomar este ponto como uma verdade, mas caminhando lado a lado com a inovação, é facilmente perceptível que as pessoas e suas relações também vêm mudando, especialmente tratando-se de inclusão social, ambiguidades políticas e tudo mais que estamos assistindo.

De fato, tudo mudou e está mudando de modo acelerado, mas para nós, atuários, há uma verdade absoluta que não se altera, acompanha-nos por décadas e que norteia a nossa jornada acima de qualquer outro objetivo profissional: zelar pela solvência técnica das companhias (empresas ou entidades) nas quais operamos, desafio cada vez mais presente em nosso dia a dia, agora dentro deste novo cenário “on-line” que o mundo nos entrega, onde tudo é para “agora”.

Esta tarefa exige dos atuários uma visão em “3D” acerca do que acontece “em cada canto” das empresas, antevendo possibilidades, calculando provisões técnicas e capitais de riscos,

O mundo tem evoluído a passos largos em recursos técnicos, cujo progresso em todos os segmentos profissionais tem sido muito rápido. Um tsunami de inovações por todos os lados, inteligência artificial e uma série de novidades a cada dia, e nós, profissionais da área atuarial, estamos embarcados nesta realidade. Ouvimos falar em disrupção, que significa “a quebra ou descontinuação de um processo já estabelecido”, disrupção tecnológica definida como “a mudança radical provocada pelo surgimento de uma nova tecnologia”, e por aí afora.

Outro dia ouvi a seguinte

Divulgação



EDER OLIVEIRA

SÓCIO DIRETOR DA
ATUÁRIA BRASIL



sentindo os “batimentos cardíacos” do “cliente”, enfim, checando ponto a ponto, mês a mês, os riscos que batem à porta a todo momento. Trabalhamos com a Ciência Atuarial, que concilia métodos matemáticos/estatísticos aplicados aos contratos cujo objeto é a transferência de risco, designando ao atuário a tarefa de traduzir estes riscos, continuamente modificados pelas transformações sociais (hábitos, costumes, valores, etc.), em equações matemáticas. Dentro deste compromisso profissional de entender, mensurar e quantificar riscos, podemos afirmar que um dos mais severos, presente no âmago das empresas que

atuamos, se encontra no contencioso judiciário, envolvendo especialmente as demandas com sinistros e seus respectivos passivos atuariais.

Cada processo judicial possui um risco a ele atrelado, seja com elevada probabilidade de perda ou não, mas todos, invariavelmente, possuem seu risco de perda e, consequentemente, de desembolso financeiro. Daí decorre a necessidade de que esses processos estejam adequadamente provisionados pelo seu atuário. São demandas que envolvem desde discussões simples, cujo risco é menor, até processos mais complexos, que permitem provisões atuariais de alta monta, conforme o modelo presente na Nota Técnica

Atuarial para registro da Provisão de Sinistros Ocorridos e Não Avisados (IBNR) e, principalmente, da Provisão de Sinistros a Liquidar (PSL).

A questão é que, independentemente da metodologia deste provisionamento, o risco é latente e está presente em cada processo judicial; logo, quanto mais científico for o modelo de cálculo das provisões atuariais, mais próximo estará de se obter um equilíbrio neste cenário, evitando, assim, surpresas com elevados desembolsos financeiros não esperados (não provisionados adequadamente), que, por vezes, podem ameaçar os níveis de solvência técnica da empresa, situação que,

apesar de parecer difícil quando lidamos com os riscos das ações judiciais, dependendo de seu contexto e do tamanho da empresa, pode não ser tão difícil assim.

O acompanhamento constante que o atuário faz do ambiente judicial, sob o crivo de sua especialidade, possibilita proceder a análises bem mais aprofundadas da matéria. Esse processo vai além da mensuração do passivo específico e pode chegar, conforme o caso, ao ponto de avaliar o nível de risco de cada grupo de ações judiciais segundo o seu objeto. Através deste tipo de análise, é possível adentrar nos reflexos destes riscos em relação ao equilíbrio financeiro e

“

Na prática, vemos que muitos processos chegam para elaboração de perícia ou mesmo para a decisão do Magistrado sem terem sido elucidados com maior precisão os pontos atuariais básicos acerca do equilíbrio

”

econômico da entidade, envolvendo o tripé provisões técnicas, capitais e solvência, além de desenvolver metodologias que podem simplificar as rotinas operacionais e permitir maior tranquilidade para as áreas jurídica e de sinistros. E o atuário pode avançar ainda mais, pois seus estudos possibilitam indicar a revisão de determinado produto de seguro e/ou de previdência em relação ao ajuste de taxas e/ou revisão das condições gerais, visando mitigar a ocorrência de surpresas já mencionadas.

Dentre os modelos para provisionamento atuarial, podemos elencar aqueles que dividem seu estoque de ações por probabilidade de perda, ou seja, riscos de perdas prováveis, possíveis e remotas, cuja classificação provém dos advogados. O saldo da provisão é a resultante da aplicação de percentuais (mais ou menos agravados conforme a probabilidade de perda) sobre o valor da causa, da cobertura e/ou da estimativa de perda calculada. Conforme o caso, podemos utilizar modelos mais científicos, que buscam premissas para provisionamento

extraídas do que se observou em todo o estoque de ações encerradas, retroagindo a um lapso de tempo pretérito (maior intervalo de tempo possível). Além do objeto, é possível segregar a classificação de perda de cada ação, buscando encontrar, por meio de modelos estatísticos, premissas mais realistas para um provisionamento assertivo, que permitam alcançar maior segurança técnica e proporcionem uma gestão direcionada ao equilíbrio técnico e financeiro da empresa.

Por outro lado, depois da conquista assegurada por Recurso Repetitivo do STJ, que reconhece a imprescindibilidade de realizar-se perícia atuarial nos feitos da previdência complementar fechada, uma outra e fundamental ação, que qualifica o desenvolvimento dos processos judiciais, é a participação do atuário como perito assistente das ações técnicas das entidades. Na prática, vemos que muitos processos chegam para elaboração de perícia ou mesmo para a decisão do Magistrado sem terem sido elucidados com maior precisão os pontos atuariais básicos acerca do equilíbrio (ou outros pontos específicos), ou mesmo sem que a entidade junte um parecer atuarial esclarecedor sobre o que se discute. No caso de o Juiz confirmar a necessidade de perícia judicial e nomear o perito para o trabalho, os quesitos precisam ser elaborados em uma sequência lógica, direcionada ao entendimento da tese pelo Magistrado, tarefa que é altamente técnica, onde o atuário vai evidenciar os pontos com maior precisão, juntamente com a expertise

do advogado, o que vai lhe permitir estimar os prováveis passivos oriundos destas ações, considerando as probabilidades de perda, culminando em um provisionamento mais assertivo ao respectivo risco pela entidade.

Por fim, com a crescente judicialização de pleitos, o volume de processos que envolvem os setores que trabalham com risco e concorrem para o exame massivo e perfunctório das demandas pelo Judiciário, a área jurídica das empresas ou mesmo o profissional do direito não estão habilitados a aferir esse risco com a precisão técnica requerida, ainda que orientados por metódico e detalhado

manual para preenchimento da análise do potencial de derrota contido em cada demanda judicial, com repercussão direta na formação da garantia. É justamente em relação à especialidade técnica privativa do atuário que cabe atuar no âmbito de um segmento que tem na base de seus pilares o elemento solvência, transitando em um ambiente de supervisão baseada em riscos e de elevado nível de inovação e agilidade. Sendo assim, considerando a expertise de antever possibilidades e mitigar os riscos atuariais presentes nestas demandas, certamente o profissional atuário vai entregar mais segurança aos gestores das empresas. ⌚





INTEGRAÇÃO LATINA

Estudo feito pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV/IBRE) revelou que os atuários estão entre os profissionais mais bem valorizados no Brasil. Num recorte dos últimos dez anos, passaram a figurar entre o segundo grupo dos mais bem pagos do país – junto com matemáticos e estatísticos – com um aumento de salário de 50% durante o período.

Os números confirmam as diversas notícias que ganham a mídia mapeando as melhores profissões. Reconhecimento, na prática, da excelência que pertence ao cotidiano do atuário brasileiro.

Mas será que o cenário na América Latina seria o mesmo? O panorama em alguns países contrasta com a realidade nacional. Entre nossos vizinhos, a busca pelo reconhecimento mais amplo para as Ciências Atuariais ainda demanda um trabalho de maior prazo, como acontece no México, Chile e Peru.

Para a presidente do Instituto Brasileiro de Atuária (IBA), Raquel Marimon, no mercado brasileiro o empregador vinha sentindo dificuldade de encontrar profissionais graduados em atuária com experiência. “Acreditamos que a valorização na remuneração da profissão se dá em razão da escassez do profissional frente à demanda. O IBA vem acompanhando o aumento no anúncio de vagas para atuários, mas não imaginávamos que a remuneração tinha sofrido um aumento tão significativo”, reflete.

Os números e a exposição favoráveis que regularmente ganham a mídia (a própria pesquisa da FGV ganhou repercussão em diversos veículos especializados), contribuem para divulgar a profissão. É preciso levar em conta que, no Brasil, existem áreas pouco exploradas em que o atuário pode ter uma participação mais efetiva. Com um número maior de profissionais é possível ter uma profissão mais forte.

“Passei minha vida toda explicando o que é minha profissão e digo: isso não me cansa, cada nova pessoa para quem explico é mais um que sabe que a profissão existe! Não somos conhecidos, isso é um fato. Mas somos sim, muito reconhecidos. Na América Latina somos o segundo país com maior número de membros. Somos de médio porte em termos internacionais, com uma representatividade bem interessante no painel internacional”, afirma.

Outro fator que pode ser levado em conta é a capacidade dos atuários de superar requisitos regulamentares. “Quando o profissional começa a desempenhar suas atividades, vai se destacando dentro da organização

pela formação diferenciada, o que faz com que os gestores passem a desejar ter atuários em suas equipes, mesmo quando a natureza das atividades não é apenas atuarial”, avalia Raquel Marimon.

O cenário pode ser ainda mais favorável no mercado de trabalho, seja nas áreas de gestão de riscos como nas áreas de implementação de normas internacionais como o IFRS 17. Claro que quando se fala em salário há uma infinidade de variáveis que vão interferir neste aspecto, mas certamente é uma das profissões bem-posicionadas com relação a remuneração no Brasil.

ATUÁRIOS, SEGUNDO NO RANKING DE VALORIZAÇÃO

O estudo é assinado pela doutora em economia Janaina Feijó, pesquisadora da Fundação Getúlio Vargas. Tomou por base as 126 profissões listadas na Pnad Contínua do IBGE. A pesquisa usou como filtros trabalhadores do setor privado e com ensino superior que atuam nas ocupações com rendimento médio do trabalhador no Brasil (R\$ 2.836). Os dados foram feitos a partir do recorte temporal comparativo do segundo trimestre de 2012 e o segundo trimestre de 2023.

Os atuários, junto com os matemáticos e estatísticos, ficaram na segunda colocação deste ranking, atrás apenas dos médicos especialistas. Em contrapartida, enquanto estes últimos tiveram perda salarial na casa dos 13%, os profissionais da atuária e os demais da mesma faixa apresentaram valorização de 50%.

Segundo a pesquisadora, houve aumento da demanda por trabalhadores com conhecimentos nas áreas STEM (da sigla em inglês para ciências,

tecnologia, engenharia e matemáticas). A pandemia de Covid-19 acelerou as transformações tecnológicas que estavam em curso e deverá amplificar a busca de profissionais desta área.

Mesmo assim, as habilidades socioemocionais serão necessárias da mesma forma. Janaina Feijó confirma que profissões de caráter mais repetitivo e operacional vão ser substituídas por máquinas. Já as profissões que demandam soft skills que não se restringem ao conhecimento específico não deverão ser substituídas.

Estas habilidades já são inerentes ao atuário, como a resolução de problemas complexos, pensamento analítico e uso da tecnologia. Mas é possível desenvolver muitas outras. “Muitos atuários estão sendo treinados pelos seus empregadores. Quanto mais aperfeiçoam os atuários, melhor eles se posicionam no mercado”, analisa Raquel Marimon.



AMANDA
JHUSEY

FERNANDO
ULLOA



ANAYELLE
MONTAGNER
MIRANDA

México: Pensando nos futuros atuários



A realidade no México se mostra bastante favorável aos atuários. Segundo a vice-presidente da Associação Mexicana

de Atuários (AMA), Anayelli Montagner Miranda, o profissional é valorizado por possuir formação muito completa, mentes analíticas, capacidade numérica aplicada para resolver problemas, controle e avaliação de riscos. Isso garante perfil atrativo para qualquer empregador em várias áreas de empresas que buscam um suporte estável na tomada de decisões e precisão nos números.

Os atuários contam com uma base numérica robusta, com cerca de 12 mil

profissionais registrados. “Considero que somos bem valorizados no ambiente de trabalho, qualquer que seja a indústria. Em particular na Indústria de Seguros, é uma carreira essencial com bom campo de trabalho. No México existem cerca de 85 Companhias de Seguros, além de considerar outros jogadores como intermediários e resseguradores”, analisa Anayelle.

A posição consolidada das Ciências Atuariais no país permite que os atuários alcancem altos níveis na hierarquia das empresas e ocupem cargos que antes não eram oferecidos ou estabelecidos para eles, como na área de Marketing. “Há ainda aqueles que levam alguma vantagem na área comercial do setor segurador ou até mesmo de Recursos Humanos”.

Se os profissionais formados garantem seu espaço, a questão preocupante tem sido os futuros atuários. Segundo a dirigente da AMA, os estudantes ainda não conseguem vislumbrar muitas possibilidades profissionais, como na área de Ciência de Dados, por exemplo. “A Associação e o Colégio Nacional de Atuários (CONAC) procuram esta aproximação com os acadêmicos, pois pretendem informá-los da importância e do valor que terão no mundo do trabalho. Em nível individual, o trabalho forte e preciso, a perseverança, a análise e o compromisso são notórios para os demais em um ambiente de trabalho pelo qual o atuário é muito valorizado”, aponta.

FORMAÇÃO ACADÊMICA

Para atuar no país, é preciso concluir o curso de Ciências Atuariais em alguma das 32 Universidades autorizadas, públicas ou privadas, cuja duração leva de quatro a quatro anos e meio. As instituições de ensino interessadas em

ministrar o curso precisam se registrar e obter previamente a autorização da Direção Geral de Profissões da Secretaria de Educação Pública (SEP) do México.

A Comissão Técnica Consultiva de Atuária (CTC-AC), formada por representantes das diferentes universidades que ministram a carreira de atuária, o CONAC, a AMA, a AMAC, a SEP, O Colégio do México, o Instituto Nacional de Estatísticas, Geografia e Computação (INEGI), e o Banco do México, entre outros, vem realizando trabalhos que incluem a adequação dos planos e programas de estudo aos padrões internacionais e ao programa educacional da Associação Internacional de Atuários conhecido como “Syllabus”.

Em 2002, as reformas à Lei Geral de Instituições e Sociedades Mutualistas de Seguros exigiram a criação de uma certificação atuarial, a ser outorgada pelo Colégio da Profissão, necessária para que um atuário realize trabalho especializado no campo de seguros. Como consequência do anterior, o CONAC, junto com a Associação Mexicana de Atuários (AMA) e a Associação Mexicana de Atuários Consultores (AMAC), estabeleceu um processo de certificação para os profissionais da Atuária que se desenvolvem em áreas de seguros, fianças e passivos trabalhistas.

As Universidades fornecem o Título Universitário, já a Cédula Profissional é expedida pela Direção Geral de Profissões da SEP e tem efeitos de patente para o exercício profissional. O documento vale como credenciamento de identidade em todas as suas atividades profissionais, permitindo à sociedade identificar plenamente e com certeza a pessoa de quem recebe a prestação de um serviço.

O CONAC tem um programa de Educação Continuada para atuários certificados. Em 2002, as reformas à Lei Geral de Instituições e Sociedades Mutualistas de Seguros exigiram a criação de uma certificação atuarial, a ser outorgada pelo Colégio da Profissão, necessária para que um atuário realize trabalho especializado no campo de seguros. Como consequência do anterior, a instituição juntamente com a Associação Mexicana de Atuários (AMA) e a Associação Mexicana de Atuários Consultores (AMAC) estabeleceram um processo de certificação para os profissionais da Atuária que se desenvolvem em áreas de seguros, fianças e passivos trabalhistas.

Para acessar esta certificação é necessário ser membro do CONAC e, para isso, conforme seus estatutos, é indispensável ser formado em uma Universidade reconhecida pelo CONAC ou comprovar os conhecimentos correspondentes.

O Atuário deverá sustentar o exame correspondente de acordo com os seguintes campos básicos de credenciamento: Operação de vida, com exceção dos Seguros de pensões; Seguros de pensões; Operação de acidentes e doenças, Operação de danos; e fianças. Em termos gerais, para o atuário manter o seu certificado e obter o referendo a cada dois anos deve reunir 80 horas de Educação Continuada neste período, das quais 12 horas (mínimo) devem estar relacionadas à normatividade mexicana. Há várias maneiras de obter as horas, a mais comum é participar de seminários e congressos.

“As Companhias de Seguros têm interesse em apoiar os atuários certificados porque são eles que têm o poder de assinar Notas Técnicas e Reservas perante o regulador. Além disso, sob este programa, o empregador tem a certeza de que seus atuários estão atualizados e capacitados”, conclui Anayelli.

Chile: Desafios e Perspectivas



Os atuários enfrentam desafios e buscam reconhecimento no país andino. Segundo o presidente do

Instituto de Atuários Matemáticos do Chile AG (IAMCH), Fernando Ulloa, não há regulamentação específica para a atividade profissional no país. No entanto, há uma proposta em trâmite legislativo local que busca incluir a figura do atuário responsável, conferindo à atividade atuarial um status legal comparável ao dos auditores externos. Essa medida, se aprovada, pode representar um passo significativo para a valorização da

profissão no país.

A formação e certificação dos atuários no Chile ainda não possuem requisitos específicos. O IAMCH está desenvolvendo programas em parceria com a Universidade de Talca, oferecendo um Diploma de Matemática Atuarial. Além disso, a Comissão para o Mercado Financeiro (CMF) estuda a possibilidade de ter uma entidade que certifique os profissionais atuários, sendo o IAMCH um forte candidato.

A atuária no Chile ainda não é completamente reconhecida pela comunidade local. Ulloa ressalta que isso se deve, em parte, ao desconhecimento sobre a profissão e sua aplicabilidade. No entanto, o mercado de trabalho para atuários é positivo, com demanda constante e oportunidades de desenvolvimento nas seguradoras. “Há demanda permanente, certa rotação e desenvolvimento dentro das seguradoras e promoção profissional”, aponta.

Apesar dos desafios, o dirigente destaca uma crescente demanda por atuários qualificados no Chile. Uma análise da CMF identificou aproximadamente 400 pessoas atuando como atuários, enquanto o IAMCH conta com 80 membros ativos.

“Não estabelecemos formalmente a educação continuada, embora promovamos e sejamos patrocinadores do ‘Diplomado de Matemática Atuarial’, ministrado pela Universidade de Talca, tomando cuidado para que as matérias ministradas no Diplomado estejam de acordo com as diretrizes do Syllabus

da IAA. Além disso, fornecemos os profissionais para as matérias específicas do curso. Com essas ações, tomamos cuidado para que o treinamento específico atuarial esteja de acordo com as necessidades de treinamento da IAA e as necessidades do mercado”, esclarece.

Existem outras entidades que promovem a educação atuarial, sendo a mais significativa a “Escola de Seguros”, entidade dependente da Associação de Seguradores da Chile AG (AACH), que capacita o pessoal das companhias de seguros nas matérias de seu quefazer, oferecendo cursos e programas atuariais.

“O Instituto está empenhado em elevar o status da atuária no Chile. O IAMCH busca a adesão plena à Associação Internacional de Atuários (IAA), almejando a certificação profissional dos atuários e a inclusão da atividade atuarial na legislação sobre solvência e capital baseado em risco como atuário responsável”, explica o dirigente.

Ulloa destaca que a atuária no Chile enfrenta o desafio de não ser uma profissão de graduação, mas sim uma atividade “adquirida” por profissionais de diversas áreas. O IAMCH trabalha para superar esse desafio, promovendo a certificação, a formação contínua e estabelecendo padrões éticos para a profissão.

A atuária no Chile está em um estágio de desenvolvimento, buscando reconhecimento e valorização. O compromisso do IAMCH com a formação, certificação e regulamentação é um passo importante para fortalecer a posição dos atuários no mercado chileno. O

Peru: Atuária ainda sem regulamentação específica



A atuária é uma profissão em ascensão no Peru, enfrentando desafios, mas também colhendo oportunidades em um mercado que demanda cada vez mais especialistas em seguros, saúde, bancos e outros setores. A presidente da Associação de Atuários do Peru (AAP), Amanda Jhusey, explica que a atuação profissional no país ocorre em um contexto peculiar, pois ainda não existe uma regulamentação específica para a profissão. Embora no Regulamento de Função Atuarial o regulador peruano indique a necessidade de conhecimentos em matemática, estatística, cálculo de reservas e precificação, não são exigidas credenciais específicas. Essa situação leva profissionais de diversas áreas numéricas, como matemáticos e estatísticos, a exercerem atividades atuariais. Atualmente, são 150 profissionais atuando na área – destes, somente 12 estão inscritos na Associação.

A falta de uma carreira de pós-graduação em atuária no

Peru contribui para a escassez de profissionais formalmente treinados. A UNI é a única universidade que oferece um programa de Mestrado Atuarial, e a AAP está empenhada em promover a valorização da profissão no país. Amanda Jhusey ressalta que a demanda por atuários é significativa, especialmente no setor de seguros, onde as regulamentações locais e internacionais impulsionam a busca por especialistas.

No entanto, a profissão ainda não é amplamente reconhecida no Peru. A dirigente destaca que, embora seja valorizada no setor financeiro, especialmente no mercado de seguros, a atuária não é muito conhecida em outros setores. A AAP está empenhada em mudar esse cenário, promovendo eventos como colóquios e seminários atuariais, além de buscar a integração regional por meio de iniciativas como o Evento Regional Atuarial (ERA).

A remuneração dos atuários no Peru não é facilmente quantificada devido ao tamanho do mercado, mas Amanda enfatiza a importância de promover a profissão como uma alternativa profissional atraente para os jovens. Ela destaca a necessidade de atualização constante diante da competição com outras profissões relacionadas à análise de dados, inteligência artificial e engenharia de dados.

Encontro Regional Atuarial (ERA): Fortalecendo os Vínculos Profissionais na América Latina



No cenário dinâmico da atuária, a importância de eventos de integração regional é cada vez mais evidente. O Encontro Regional Atuarial (ERA), realizado em novembro de 2023, representou uma iniciativa conjunta das nove associações atuariais da América Latina. O evento surge como uma resposta inovadora à necessidade de aprimoramento e colaboração na profissão.

“O ERA é uma oportunidade única de unir profissionais atuariais da América Latina, superando as barreiras geográficas e promovendo a homogeneização de conhecimentos”, aponta Raquel Marimon, presidente do IBA e uma das instituições organizadoras do evento.

Foram dois dias de evento, com uma programação de mais de 15 horas e que envolveu 34 palestrantes do Brasil, México, Colômbia, Peru, Argentina e Equador, além de outros não integrantes do bloco latino-americano, como Estados Unidos, Espanha, França e Bélgica. O ERA teve cerca de mil inscritos e confirmou seu propósito de proporcionar um ambiente de aprendizado e troca de experiências entre profissionais atuariais de toda a região.

“O ERA não é apenas um evento; é um movimento que busca consolidar uma rede robusta de atuários latino-americanos. Seu formato online e gratuito refletiu o compromisso de eliminar barreiras e democratizar o acesso ao conhecimento atuarial, abordando desafios e tendências emergentes”, reflete Raquel Marimon.

Ao avaliar a integração do Instituto Brasileiro de Atuária (IBA) por meio do ERA, Fernando Ulloa destacou a importância da

união entre atuários latino-americanos. “Este evento contribuiu para a integração, homogeneização de conhecimentos e no compartilhamento de experiências. Muito positivo, descobrimos a existência do IBA, sua participação ativa com os atuários do Brasil e apoio ao ERA”, analisa.

Anayelle Montagner elogiou a atuação proativa do IBA e frisou a importância da integração promovida pelo ERA: “A união faz a força, há muito talento na América Latina. É importante nos fazer sentir como equipe. Aprender e compartilhar uns com os outros nos fortalece mais”, reconhece.

Amanda Jhusey ressaltou a importância da relação entre os atuários latino-americanos. “Atualmente, essa integração não é tão tangível. O trabalho atuarial próprio de cada país é mais apreciado. Por isso esperamos que o ERA ajude a concretizar essa integração”. Ela destaca ainda que o Encontro fincou um marco na história da atuação na região, sendo um evento inédito que busca expandir o conhecimento atuarial e promover a integração entre as associações.

Em um mundo globalizado, iniciativas como o ERA desempenham um papel crucial na homogeneização do conhecimento, desenvolvimento profissional e no fortalecimento da identidade regional. A parceria entre as associações atuariais latino-americanas promete buscar sinergias, realizar pesquisas conjuntas e consolidar a região como uma referência em matéria atuarial. O ERA não é apenas um evento, mas um catalisador para o crescimento e fortalecimento da profissão atuarial na América Latina.

“Temos excelentes profissionais, preparados para lidar com as situações de mundo real”

Como você avalia a qualidade técnica dos atuários do Brasil?

Raquel Marimon – Entendo que temos excelentes profissionais, preparados para lidar com as situações de mundo real. O exame de qualificação realizado pelo IBA garante que todo profissional tem os conhecimentos mínimos determinados pelo International Actuarial Association (IAA), atendendo aos padrões internacionalmente aceitos. Vejo que ainda há muita oportunidade para o desenvolvimento acadêmico científico no Brasil, pois como o mercado remunera de forma mais atrativa não temos muitos profissionais que se dedicam à vocação do ensino e da pesquisa.



O que sugere em relação a planejamento de carreira para os atuais e futuros atuários?

Raquel Marimon – Penso que no início do curso de atuária ainda é difícil saber quais serão seus interesses ou quais áreas de atuação vão fazer seu coração bater mais forte. Então o conselho que dou para estudantes nesta fase: dedique-se muito a tudo que estiver vendo e aprendendo e vá separando em caixas: “gosto” ou “não gosto muito”. A partir do terceiro ano do curso você já terá uma boa ideia das matérias que tem mais afinidade (se economia ou estatística, se contabilidade ou administração, etc) e assim vai construindo seu autoconhecimento.

Descobri, como gestora de pessoas, que elas se tornam muito boas naquilo que gostam de fazer. Abrace todas as oportunidades que cruzarem seu

caminho, elas podem te mostrar outras possibilidades de atuação profissional e realização pessoal. Para o estudante em final de curso a principal recomendação é: faça o exame de admissão do IBA. Este é o melhor momento, seus conhecimentos ainda estão vivos em sua memória e ter esta certificação vai te diferenciar por toda sua carreira, mesmo que você não esteja trabalhando na área neste momento. Ao estar no IBA, inclusive quando for sócio Estudante (EIBA) ou Associado (AIBA), faça questão de se engajar e participar das discussões técnicas que acontecem nos Comitês Técnicos, um ambiente de constante aprendizado e construção de relacionamentos.

Quais as dicas para os profissionais e futuros profissionais para que a profissão seja ainda mais valorizada?

Raquel Marimon – Seja voluntário do IBA! Nós precisamos da sua contribuição

em diferentes frentes. O voluntariado é o que constrói um IBA mais forte, é com ele que conduzimos as eleições, garantimos o processo de certificação, criação de Pronunciamentos Atuariais e principalmente maior reconhecimento da profissão.

Que mensagem pode passar para os seus colegas e futuros colegas atuários que estão no mercado de trabalho e não estão encontrando recolocação?

Raquel Marimon – Fale com as pessoas. Enfrente o seu medo, todos já estivemos nesta situação em algum momento. Fale para seus conhecidos que está em busca de novas oportunidades, deixe claro o que procura. A oportunidade está por aí, ela só precisa de uma chance para te encontrar.

E para os que ainda não absorveram os novos paradigmas do mercado de trabalho?

Raquel Marimon – Abrace o novo ou crie oportunidades com o seu conhecimento. A experiência também é uma riqueza. Se você se vê em um contexto de não se adaptar às mudanças do ambiente de trabalho, busque oportunidades em que possa aplicar o conhecimento adquirido. Conectar-se a outros profissionais pode ser a chave para complementar seus gaps de adaptabilidade, então foque em desenvolver soft skills direcionadas à construção de rede de relacionamentos e trabalho colaborativo. Entendo que essas duas habilidades serão chaves para ser reconhecido como um bom atuário.

Perspectivas futuras para os atuários latinos

Na sua opinião, qual será o próximo passo para a evolução da atuação atuarial no mercado de trabalho?

Fernando Ulloa – Criar maior difusão da atividade, valorizar sua contribuição ao desenvolvimento dos países, participar das decisões estratégicas em segurança social, saúde e pensões.

Anayelle Montagner Miranda – A proximidade e convivência com inteligência artificial e ferramentas tecnológicas. Atrair estudantes para a carreira atuária, fazendo-os perceber os benefícios que teriam sobre outras profissões e oportunidades que a carreira lhes proporciona.

Amanda Jhusey – No caso peruano, considero que continuará aumentando o número de profissionais com estudos formais atuariais por contar atualmente com um Mestrado Atuarial (na

Universidade Nacional de Engenharia – UNI) e também pelas novas regulamentações locais que serão implementadas nos próximos anos como Capital Baseado em Riscos, regulamento de ativos e passivos, NIIF17, etc.

Quais desafios sua entidade considera mais relevantes para os próximos anos?

Fernando Ulloa – Alcançar a “certificação atuarial” dos profissionais que exercem a atividade no Chile, por meio da associação total na IAA, ter o controle das creditações e programas universais de formação contínua dos atuários.

Anayelle Montagner Miranda – Como AMA, atrair estudantes para o Setor Segurador e transmitir o âmbito da nossa carreira no mesmo. No ambiente de trabalho, ter a capacidade de colaborar entre diferentes gerações e enaltecer nossa profissão.

Amanda Jhusey – Continuar impulsionando os estudos atuariais formais e atualizar o currículo do mestrado atuarial com as novas tendências.

Quais são as oportunidades em relação à inovação tecnológica? Quais são as oportunidades para atuários em seu país?

Fernando Ulloa – A tecnologia hoje é um elemento fundamental para o desenvolvimento da atividade atuarial mundial, através de ferramentas mais sofisticadas, acessos a diversas e completas bases de dados que permitem análises de informação relevantes e de alta qualidade preditiva.

Anayelle Montagner Miranda – Uma nova maneira de observar e analisar riscos, acompanhar mudanças rápidas na tecnologia, transformar dados em valor para os negócios, evoluir como empresa e setores.

Amanda Jhusey – Considero que a profissão atuarial está enfrentando uma dura competência de outras profissões relacionadas com análise de dados, engenharia de dados, inteligência artificial e outros. Por isso, devemos nos atualizar e adotar as novas tendências, de tal maneira que possamos complementar nosso know-how “tradicional” com os novos conhecimentos, buscando potencializar nossa contribuição às instituições e sociedade. Além disso, devemos procurar chamar a atenção dos jovens e fazer da profissão atuarial uma alternativa profissional atraente para eles, considerando o desenvolvimento profissional e econômico que podem alcançar, bem como o impacto que podem ter em seu ambiente.

Como será o futuro em sua visão? Em um mundo globalizado, eventos de maior impacto em outras regiões do mundo interferem na América Latina?

Fernando Ulloa – A globalização elimina

as fronteiras para o conhecimento, hoje tudo é conhecido em tempo real e as experiências das diversas regiões são “inputs” para a nossa.

Anayelle Montagner Miranda – Claro que interferem, tudo isso conectado e a tecnologia nos aproximou mais (mais para melhor do que para pior). É claro que a América Latina tem seus temas particulares, cultura marcada que difere de vários países, controla as estratégias do setor público e com impacto no privado. As economias são impactadas por eventos globais e isso influencia muitos padrões e comportamentos em nossos países. Devemos estar prontos e ter planos com uma boa margem de manobra e, claro, diversificar.

Amanda Jhusey – Em um mundo globalizado, eventos de maior impacto em outras regiões do mundo interferem na América Latina.

Como você analisa esse cenário em relação ao atuário local? Isso pode ajudar a aumentar a relevância dos atuários em seu país?

Fernando Ulloa – Obviamente, a existência e difusão da atividade atuarial a partir de outros países da região, o intercâmbio de experiências, a realização de fóruns ou seminários internacionais, bem como as referências profissionais a partir de outros países sobre problemas comuns, são itens de desenvolvimento para atuários locais.

Anayelle Montagner Miranda – Sim, tudo o que envolva riscos também envolverá atuários com seus modelos matemáticos para obter resultados ideais e fornecer informações fidedignas aos líderes do negócio.

Amanda Jhusey – Além disso, agora com o trabalho virtual é fácil poder sediar em um país e trabalhar como atuário independente ou em uma empresa com sede em outro país. Por isso, as oportunidades de trabalho foram ampliadas, tanto para prestar serviços de atuário como para contratar atuários que vivem em outros países.



ATUÁRIOS NOS COMITÊS DE INVESTIMENTOS DAS ENTIDADES DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR

deliberativos. A diferença entre os dois se resume em dois pontos: o comitê consultivo possui poder decisório sobre a gestão da carteira, podendo estar delimitado por métricas ou outras determinações estatutárias, além de imputar maior responsabilidade a seus membros. O comitê deliberativo remete a análises e aconselhamentos na gestão dos investimentos.

Geralmente os comitês de investimentos exigem certificações de seus membros vinculados a conhecimentos do mercado financeiro para dar a posse ao exercício do cargo. Essas certificações podem ser obtidas por provas ou por experiência em instituições autorizadas e reconhecidas pela Superintendência Nacional de Previdência Complementar.

O primeiro passo para o exercício de membro de um comitê de investimentos é estudar a legislação do Conselho Monetário Nacional que dispõe sobre as diretrizes que as Entidades devem aplicar para administrar e investir os recursos garantidores dos planos previdenciários.



NADILENE SAMAHA
GESTORA ATUARIAL
EM PREVIDÊNCIA
COMPLEMENTAR

Há algum tempo, comitês de investimento fazem parte da governança de Entidades de Previdência Complementar; contudo, a figura do atuário representando o segmento do passivo nesses comitês vem ganhando força nos últimos anos. E qual seria o papel do atuário nesses comitês? Como o atuário pode contribuir nas dinâmicas de investimento para formação da poupança previdenciária?

Parte da resposta para essa questão deve ser analisada em função da estrutura e regimento dos comitês de investimento. Existem comitês de investimentos consultivos e

A correlação mencionada pela legislação na direção do que deve ser aplicado e diversificado nos investimentos encontra nas obrigações contratadas a chave para a estrutura da carteira. A chave é o fluxo do passivo previdenciário, observando os aspectos regulamentares do plano de benefícios, pois a gestão conjunta entre ativo e passivo proporciona segurança aos participantes e assistidos do plano.

POLÍTICA DE INVESTIMENTOS

Na legislação das Entidades Fechadas de Previdência Complementar a existência da Política de Investimentos é peça fundamental para se estabelecer as diretrizes de aplicação dos recursos garantidores. Muitas Entidades costumam mencionar nesses documentos elementos de mitigação de riscos e referências sobre o passivo dos planos previdenciários. Nesse contexto, o atuário pode contribuir com informações relevantes.

VÍNCULOS ATUARIAIS

Merece destaque a menção da *duration* do passivo de planos previdenciários com componentes atuariais no cálculo, cujo resultado referencia o prazo médio das prestações contratadas para pagamentos de benefícios, posicionados num pilar. No outro pilar desse equilíbrio está a duração dos ativos financeiros, para que haja liquidez suficiente ao longo do tempo.

Falar em taxa de juros do passivo para a qual o retorno financeiro deve estar correlacionado é fator

determinante na Política de Investimento. A definição da taxa de juros ou taxa de desconto do passivo do plano de benefícios é algo complexo de se determinar, pois além de mensurar diversas variáveis relacionadas ao passivo, existem critérios legais de enquadramento e cenários econômicos que projetam o retorno das carteiras de investimento, sujeitos a quaisquer acontecimentos da vida das pessoas deste planeta.

A pandemia Covid-19 é um exemplo interessante nesse contexto. A interferência dessa doença

desencadeou na grande maioria das Entidades um cenário oposto ao que se havia projetado, prejudicando retorno de investimentos e, consequentemente, dificuldade no cumprimento de sua meta atuarial, composta da taxa de juros e inflação. Assim, ao compreender a dinâmica da rentabilização dos ativos financeiros, certamente o atuário obterá melhores análises em suas projeções da taxa de juros do passivo.

Além desse ponto, em muitos planos previdenciários existem títulos públicos marcados na

curva, precificados a mercado para fechamento de Avaliações Atuariais, seja de exercício ou de fato relevante. Por meio de um sistema de captação de dados do órgão supervisor e fiscalizador, o Sistema Venturo, na maior parte das Fundações, recebe os *inputs* de atuários objetivando calcular a duração do passivo e o ajuste de precificação de um determinado plano previdenciário. Por conseguinte, traz a valor presente títulos públicos objetos do ajuste de precificação, bem como os resultados obtidos para o enquadramento





de requisitos diante da norma regulatória. Nessa análise busca-se alinhar a valor presente o fluxo de pagamentos de benefícios com os valores dos papéis.

Interessante nessa abordagem é que, de alguma forma, todos esses componentes financeiros fazem parte de uma estrutura interrelacionada. Havendo segregação patrimonial por modalidade de plano, seja de Benefício Definido ou Contribuição Definida, deve se prestar maior atenção para que as alocações dos papéis façam parte do modelo ao qual pertencem.

MITIGANDO RISCOS

Como podemos observar, o atuário tem muito a contribuir para comitês de investimento, considerando suas habilidades técnicas sobre o passivo e riscos a mitigar. Um exemplo rápido pode ser visto quando ocorrem programas de demissão voluntária nas empresas patrocinadoras, cujos reflexos podem recair imediatamente no patrimônio do plano. Nesse cenário, é importante dimensionar os custos previdenciários desses programas demissionários para que a liquidez esteja adequada a quaisquer

movimentos de desinvestimentos que se façam necessários.

Operações com participantes alocados na carteira de empréstimo constituem um tema relacionado ao comitê de investimentos. Nesta categoria muitos atuários desenvolvem estudos relacionados à taxa de risco da carteira vinculado à morte, doença/invalidez ou inadimplência para que não haja prejuízos ao plano previdenciário. Para executar o referido estudo, no mínimo, há de se conhecer a estrutura da carteira. O atuário certamente pode modelar e calcular as taxas de equilíbrio desses fundos de risco, cujos detalhes compreendem questões demográficas e financeiras.

FATORES AMBIENTAIS, SOCIAIS E DE GOVERNANÇA

Recentemente os comitês de investimento estão angariando, preferencialmente, papéis voltados para a sustentabilidade ambiental, social e de governança corporativa, ou ESG como amplamente conhecido (ESG em inglês: *Environmental, Social and Governance*). Os atuários, face às suas habilidades, são capazes de visualizar *insights* que ajudam a direcionar análises robustas, recomendações e tomadas de decisão.

O foco, segundo as Nações Unidas, é o mercado de capitais sintonizado com os recursos naturais e a sociedade, sob uma governança qualitativa, onde os profissionais, entre outras oportunidades, podem aplicar modelagens métricas quantitativas, mensuração de passivos, administração e mitigação de riscos, entre outras demandas e

“

O atuário tem muito a contribuir para comitês de investimento, considerando suas habilidades técnicas sobre o passivo e riscos a mitigar

”

oportunidades. O Guia Melhores Práticas de Investimentos da Superintendência Nacional de Previdência Complementar dispõe de direcionamentos sobre esse tema. E no exterior há atuários se especializando somente em matérias ESG.

INTEGRAÇÃO DO ATUÁRIO NOS COMITÊS

Fazem parte da formação dos atuários matérias relacionadas às ciências econômicas, como macroeconomia, microeconomia e análise de investimento. Essa abordagem tem um fundamento. Para realizar os cálculos de precificação, o atuário tem por base a compreensão da mecânica financeira, visando promover a visão sistêmica entre o processo previdenciário e financeiro.

O tema relacionado a investimentos e interligado a aspectos atuariais pode ser aprofundado com o objetivo de evoluir em diversas frentes e mitigar riscos, seja demonstrando as contribuições do atuário em comitês de investimentos e desenvolvendo modelagens com melhores dinâmicas para legislações nas quais casam-se ativos e passivos no contexto previdenciário. ⌚



FINANCIAMENTO DA ASSISTÊNCIA À SAÚDE NO BRASIL: “NÃO HÁ NADA DE TÃO ABSURDO QUE O HÁBITO NÃO TORNE ACEITÁVEL.”

chegada de D. João, em 1808, às terras tupiniquins e trouxe ares civilizatórios: um de seus primeiros decretos foi a criação da Escola de Cirurgia da Bahia – mais de 300 anos depois do descobrimento. Embora não seja *oficial*, a chegada da Corte, com seus 15 mil integrantes – pensadores, escritores, lacaios, exceto plebeus, e, claro, família – além de toda reserva financeira de Portugal, indicava que D. João não acreditava no retorno à Europa, buscando então, estabelecer o Reino Português em solo, hoje, brasileiro.

Embora a medicina mundial da época fosse limitada se comparada aos dias atuais, Portugal já formava médicos. Porém, o custo desse conhecimento era inacessível a grande parte da população. Enquanto a Nobreza possuía recursos para sustentar atendimentos privados dos médicos portugueses, à população restava o atendimento das Santas Casas de Misericórdia. Fundadas pelo Frei Miguel Contreiras (Lisboa, 1498), tinham o propósito de atender a população mais necessitada. O modelo português foi exportado para a Colônia e se manteve até o século passado.

Divulgação



LUIS FILIPE MOURA

ATUÁRIO
ESPECIALISTA EM
PRICING E RISCOS
EM SAÚDE

A frase acima, atribuída ao pensador grego Cícero, responde com maestria a uma velha pergunta que me assombra como atuário especialista no mercado da Saúde: por que pessoas vinculadas a produtos de risco do ramo saúde são chamadas de *beneficiários*? De quais benefícios eles gozam enquanto participantes desses contratos? Parece uma pergunta simples, sem importância, mas a repetição de sentenças sem significado pode transformar o entendimento das palavras. A história nos ajuda a entender esse cenário.

O expansionismo promovido por Napoleão Bonaparte culminou na



A Abolição assinada pela Família Real em 1888 foi o ápice da insatisfação da alta classe brasileira e culminou no primeiro Golpe de Estado Brasileiro – a Proclamação da República, um ano depois. Embora se acreditasse na verdadeira República Federativa, com a descentralização do poder e autonomia estadual, a história brasileira demonstra que o poder continuou centralizado, apenas trocando de mãos. O fim da Monarquia prometia a ascensão de

uma nova classe ao poder: pessoas com destacado saber poderiam discutir e promover o bem social, entregando à sociedade brasileira melhores soluções em termos de desenvolvimento humano e nação. Na saúde, nada havia mudado.

O desenvolvimento e crescimento das ferrovias trouxe relevância às empresas e a quantidade de pessoas empregadas cresceu substancialmente. No entanto, a abolição e o modelo empregatício

não foram suficientes para satisfazer as necessidades imediatas dos trabalhadores, que ainda amargavam poucos recursos para atendimentos médicos ou mesmo gozar de aposentadoria.

A promulgação da Lei Elói Chaves, em 1923, atribuiu às empresas e aos empregados a responsabilidade de custeio dos atendimentos à saúde e aposentadoria dos empregados. Surgia o primeiro modelo de atendimento à saúde e previdência da população,

totalmente privado, criando-se os Institutos de Aposentadorias e Pensões (IAP), vinculados a um grupo de trabalhadores (industrialistas, ferroviários, ferroviários) e com sistema de custeio definido em lei.

Ainda assim, parte da população mostrava-se insatisfeita. Enquanto empregados de grandes categorias demonstravam contentamento com a estrutura criada, trabalhadores de categorias menos populosas (pequenas empresas de serviços diversos) ficavam às margens desse sentimento, pois não havia recursos suficientes para o suporte dos atendimentos. Aos desempregados restava o modelo de atendimento humanitário pelas Santas Casas. Com isso, promessas de resolução coletivista ganharam protagonismo, culminando na vitória de Getúlio Vargas com seu discurso sobre a capacidade do Estado de promover a universalização da saúde sem distinção de trabalhador.

Com o desmantelamento desses IAP privados e o repasse da gestão financeira ao Governo Federal, o resultado foi lógico: com alta variação de salários e faturamentos, a entrega tendeu à média. A medida alterou o público insatisfeito forçando o Governo a buscar como alternativa a criação de um *convênio* entre as empresas e o Governo Federal. As empresas que assim o fizessem teriam uma redução das contribuições mensais à União, desde que fornecessem aos seus empregados **benefícios** nessa área.

A partir da década de 50, foram criadas as Medicinas de Grupo, que prestavam serviços



médicos básicos às empresas em troca de um valor fixo por pessoa, promovendo previsibilidade ao orçamento empresarial e satisfação ao empregado. As Cooperativas Médicas surgiram na sequência, em resposta às medicinas de grupo, objetivando a valorização do trabalho médico e maior liberalidade na execução dos atendimentos prestados. Autogestões são a evolução do modelo antigo (IAP), sendo empresas vinculadas ao patrocinador.

Com isso chegamos ao que se conhece por plano de saúde, que é um dos itens mais desejados pelos brasileiros, perdendo apenas para a casa própria. Esse sentimento cresceu como resultado das regras de financiamento da saúde pública no país, alterando sistematicamente a quantidade de procedimentos e de pessoas asseguradas pela responsabilidade pública, ao tempo que a quantidade de trabalhadores teve um crescimento inferior. Com

o advento da última constituinte, em 1988, a garantia a qualquer pessoa em território brasileiro da universalidade da saúde fez com que os planos de saúde ganhassem ainda mais prestígio frente ao cenário apresentado.

Hoje temos dois sistemas de financiamento da saúde no Brasil: público e privado. Ao primeiro, são inerentes os conceitos de universalidade, equidade e integralidade como prerrogativas que independem de contribuição pelo cidadão, isto é, a garantia constitucional do “acesso igualitário, concretização da justiça e ações intersetoriais, além de uma nova governança na gestão de políticas públicas” sem a necessidade de qualquer contrapartida financeira da pessoa que irá usufruir do serviço.

No sistema privado, a remuneração do profissional ou serviço é de responsabilidade do tomador, sendo de vital importância para a execução dos atendimentos de saúde do cliente. Não menos importante e de amplo saber, o contrato entre prestador, serviço ou Operadora de Planos é objetivo, uma vez que os recursos do cliente são limitados.

Eis, então a dúvida: porque a identificação do cidadão no Sistema Público é *usuário*, enquanto no Sistema Privado a alcunha é de *beneficiário*, o que levaria a acreditar que há um benefício em participar do sistema privado? Isto é, no sistema em que o cidadão possui as benesses constitucionais, a identificação é de usuário, enquanto no sistema privado a definição sugere a entrega de benefícios, em detrimento de deveres e direitos contratuais. Tal

“

Com o desmantelamento desses IAP privados e o repasse da gestão financeira ao Governo Federal, o resultado foi lógico: com alta variação de salários e faturamentos, a entrega tendeu à média

”

dissonância da realidade só pode ser explicada pela ligação histórica da concessão de benefícios trabalhistas e o atendimento à saúde.

Como sabemos, planos e seguros saúde são, operacional e conceitualmente, idênticos em forma, cálculo e garantias, diferenciando apenas pela obrigatoriedade da existência de rede credenciada, característica que visa a desoneração do cliente na execução do serviço. O objeto do contrato continua sendo a segurança financeira do cliente, através do custeio dos serviços médicos a um preço preestabelecido – típica transferência de risco.

A história demonstra que o povo brasileiro sempre compreendeu a importância e a qualidade do serviço privado. Este interesse, inclusive, propiciou a evolução da medicina brasileira. Resta que o mercado – contratantes, contratadas, usuários, funcionários e prestadores – impede que hábitos incorretos permitam enxergar os planos e seguros de saúde como fornecedores de benefícios, o que os confundiria com as premissas constitucionais e de obrigação do Estado Brasileiro. ⌚

MODELAGEM ESTATÍSTICA APLICADA NA INDÚSTRIA DE SEGUROS

zação da apólice que teve início timidamente em 2004 e ganhou mais forma em 2020, enquanto alguns segmentos já operavam com assinaturas eletrônicas desde 2001. Porém, há alguns assuntos relacionados ao segmento em que a inovação é levada com mais cautela ainda, e aqui entramos na nossa pauta, Modelagem de Seguros.

A Modelagem em Seguros é um assunto abrangente. Quando falamos em Seguros estamos entrando na imensidade de objetivos dessa modelagem e de uma vasta legião de ramos/produtos relacionados, cada um com suas singularidades. Os objetivos da Modelagem em Seguros vão desde reservas técnicas à modelagem mirando fraude, aceitação e precificação, tema que será mais aprofundado no artigo. Temos produtos com vigência de apólices abertas, como Transportes, em que as viagens são averbadas com os sinistros. Há produtos plurianuais pré-determinados como uma apólice de Garantia e Engenharia. Há produtos com vigência anual em que o risco se difere gradualmente a cada renovação por conta do aumento da idade do segurado, como Seguros de Vida.

Se há um segmento fiel às tradições, esse segmento é o de Seguros. A frente de Seguros até tenta, mas acaba sendo uma das últimas a chegar ao patamar de inovação ao se comparar com outros segmentos, como seu “primo” mais próximo de Instituições Financeiras. Isso ocorre principalmente devido a questões peculiares do negócio de Seguros, como o envolvimento de mais stakeholders do que demais segmentos, asoberbando assim a ágil evolução por depender de mais aprovadores e aprendizado de uso. Um exemplo clássico é a digitali-



ANGÉLICA GOZZANI TOZETTI
GERENTE DE
MODELAGEM
ANALYTICS DA SERASA
EXPERIAN



E há os produtos de linhas mais tradicionais no mercado de Seguros brasileiro, que são os de vigência anual com coberturas pré-estabelecidas como Automóvel e Property, também conhecidos como RE.

A grande diferença entre os produtos de seguros mencionados acima e os demais é a questão da vigência. Quando um segurado entra como cliente da Seguradora em questão, ele passa a fazer parte da carteira de clientes por toda dimensão de sua vigência, em geral para os produtos mais tradicionais, doze meses. Da mesma forma, a possibilidade de ocorrer um sinistro está presente desde o primeiro dia de vigência até o último.

Além da questão de provisões técnicas, como da Provisão de Prêmios não Ganhos, PPNG, por conta da vigência a decorrer, volto à questão mencionada no primeiro parágrafo sobre a cautela da inovação no nosso segmento no quesito de modelagem. A modelagem proveniente do Prêmio de Risco no Seguro deve considerar a questão da exposição. Isso se difere do mundo do crédito, usual dos segmentos “primos” das instituições financeiras (IF). Ao aceitar/taxar o cliente dentro de algum produto, se ele deixar de pagar, passa a ser inadimplente dentro da carteira daquela IF, reduzindo os benefícios do produto escolhido, como redução do limite ou extinção do cartão de crédito. Além da perda em relação ao produto estabelecido, outra característica do mundo de crédito é a negativação em Bureau, que causa problemas não só para a carteira específica, mas para o mercado em

questão. Isso tem como resultado um inconveniente maior para o cliente inadimplente: caso ele precise de crédito, terá que resolver sua dívida na IF a qual deve. Já no segmento de Seguros, na grande maioria de produtos, caso o segurado deixe de pagar, ele perde o direito a cobertura e há a apropriação do valor do prêmio decorrido.

O motivo de abordar essas diferenças entre segmentos “primos” é esclarecer como as características mencionadas acima – não ter exposição a longo prazo e penalização de negativação – fazem o mundo de crédito em modelagem ser algo binário, com bom e mau pagador, possibilitando modelos que podem ser

substituídos a curto prazo, sem precisar considerar um cenário de 12 meses e a explicação ao cliente sobre taxas.

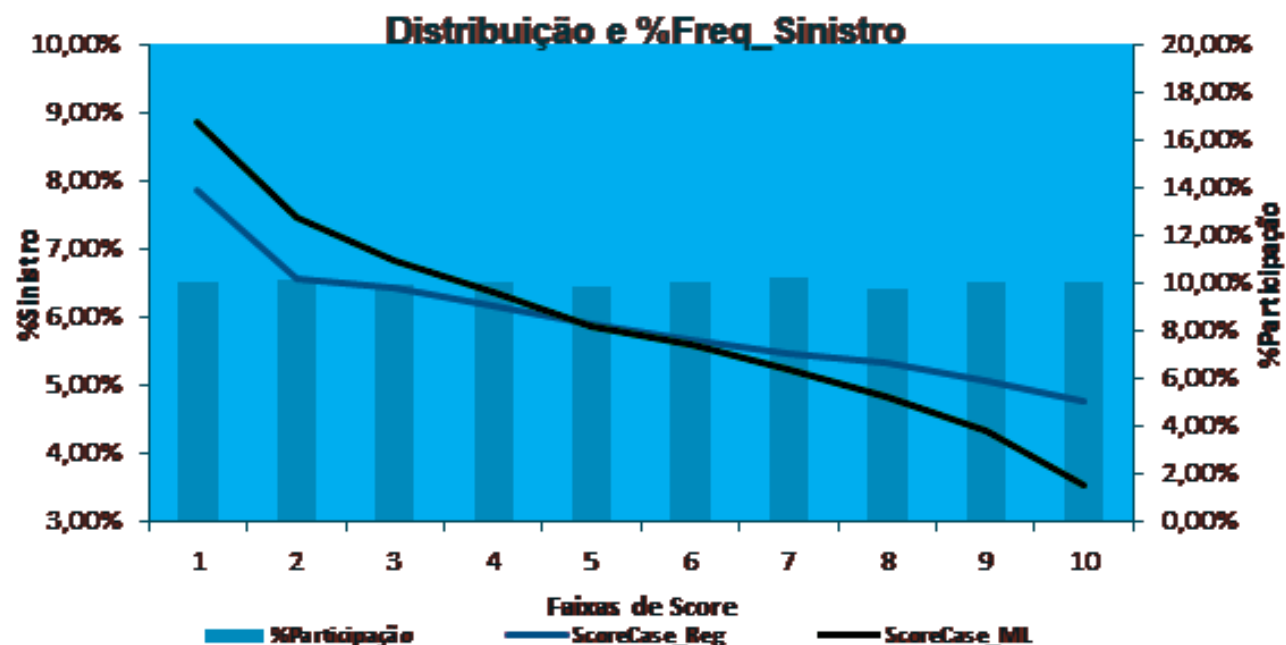
Já em Seguros, tradicionalmente os modelos precisam ser interpretados de forma factível a todos os stakeholders envolvidos na operação. Variáveis como idade, estado civil, gênero e localização devem entrar de forma explicativa no modelo, pois caso algum stakeholder questione o Prêmio estabelecido, a área de Analytics/Modelagem responsável pela construção da tarifa deverá saber justificar e a explicação precisará ser tangível para qualquer stakeholder, desde o mais técnico ao mais leigo. Por esse motivo, metodologias tradicionais como Gamma, GLM e

Regressão Linear são as mais usuais:

Essas metodologias fazem mais sentido dependendo da natureza dos dados, do objetivo da análise e da complexidade do problema. Porém, para essa equiparação ser justa, os testes com novas metodologias devem ser feitos.

Os modelos de Machine Learning (ML) são considerados a técnica mais avançada em modelagem estatística. Esses tipos de modelos são usados nas Instituições Financeiras a fim de otimizar a precisão e identificação de padrões de risco. Isso porque as técnicas por trás do ML conseguem lidar com grandes volumes de dados e complexas interações entre variáveis, permitindo previsões mais





Fonte: Dados SES-SUSEP e Simulações de Modelagem em Python

precisas e modelagem de cenários mais complexos, usando métodos como árvores de decisão, random forests, redes neurais e algoritmos de aprendizado profundo. Os modelos de ML combinados com poder computacional e processamento em big data com um grande banco de dados de variáveis trazem excelentes resultados, como podemos ver em tecnologias avançadas como o ChatGTP.

Os modelos de ML estão sendo testados no mundo de Seguros, mas sua adesão ainda é muito tímida pelo aspecto da Interpretabilidade, principalmente ao serem comparados a modelos tradicionais de Regressão Linear, que trazem a relação entre variáveis independentes e dependentes. No passado recente, vimos que modelos de ML não mantinham resultados concisos ao longo do tempo, perdendo performance. Novamente um problema específico do mundo de

Seguros, pois perder performance condiz em precificar erroneamente um segurado que entrou hoje e pode dar sinistro nos próximos doze meses. Esse problema foi se resolvendo com o avanço das técnicas. A questão das safras de validação, novas técnicas de ML e o aprendizado através do tempo têm possibilitado um grande avanço.

O gráfico acima demonstra a performance de dois modelos com técnicas diferentes: Regressão Linear e Machine Learning com técnica de XGBoost de LightGBM – categoria de algoritmo baseada em Árvores de Decisão, aumentando o gradiente com adição de técnicas de amostragem e empacotamento de recursos. As técnicas miram como target a frequência de sinistro de uma Carteira de Automóvel.

Pelo gráfico, observamos a divisão da carteira em dez faixas iguais. A primeira faixa de clientes corresponde aos mais arriscados, que possuem

uma frequência de risco atribuída de quase 8% no modelo tradicional de Regressão Linear (RL), enquanto para a mesma faixa há um valor de quase 9% de frequência na metodologia de ML. A leitura para a faixa 10, melhores clientes em relação ao risco, demonstra uma amplitude maior, com pouco mais de 4% de identificação de frequência de sinistro na RL enquanto o número é inferior a 2% no ML.

O exemplo acima é um case que nos provoca em alguns questionamentos. Essa melhoria de performance, que resulta em um incremento considerável, originando a precificação com mais exatidão, traz como resultado um market share otimizado para a carteira. Valeria o risco da interpretabilidade? Ou melhor, como transformar esse modelo de ML interpretável?

Em relação ao primeiro questionamento, diria que sim em alguns casos em que o número de variáveis seja mais controlado. Para um objetivo em que os controles são outros, como Acurácia, a proximidade de um resultado experimental com seu valor de referência real, seria suficiente para monitoramento da qualidade do modelo ao longo do tempo, como modelos internos de políticas, provisões, capital, etc. No entanto, para modelos de precificação, cujo resultado fim será observado e interrogado por alguns stakeholders envolvidos, de diversas áreas, formações e com objetivos distintos, para seguir com o ML, o segundo questionamento precisa ser desmistificado.

Essa interpretabilidade está em fase de testes. Existem alguns

“

Os modelos de ML estão sendo testados no mundo de Seguros, mas sua adesão ainda é muito tímida pelo aspecto da Interpretabilidade, principalmente ao serem comparados a modelos tradicionais de Regressão Linear, que trazem a relação entre variáveis independentes e dependentes

”

formatos sendo feitos, como, por exemplo, “estressar” o modelo de ML ao ponto de fazer as inúmeras combinações possíveis com diversas variáveis entrantes, mapeando as possibilidades para cada uma. Pela dimensão dos números de variáveis que entram em modelo de ML, em geral o quádruplo do que entra em um modelo de RL, pode-se imaginar o quanto esse tipo de teste despenderia tempo de processamento de máquina.

No cenário que temos hoje, testar técnicas de ML vem demonstrando ganho em relação ao RL em algumas frentes no mundo de modelagem em Seguros. Se vale ou não a questão da interpretabilidade, cabe à Companhia Seguradora assumir por sua conta e risco, mirando os prós e contras. Quem conseguir trazer a técnica junto com a interpretabilidade sairá (ou já saiu, quem sabe?) na frente, ainda mais na Era dos Dados e Tecnologia Avançada que vivemos, em que novos dados chegam a cada dia, exigindo testes de aplicabilidade e mirando ganho. ⌚



SOBREVIVÊNCIA DA PREVIDÊNCIA

Divulgação



RITA PASQUAL ANZOLIN

ATUÁRIA
CONSULTORA
DA ATUAPREV -
CONSULTORIA
ATUARIAL

Não basta que os gestores da previdência governamental ou da previdência complementar adotem boas práticas de governança, transparência e responsabilidade na administração dos recursos. Além disso, é importante que os segurados e participantes estejam claramente informados sobre custos dos benefícios e responsabilidade de custeio associadas à previdência.

Ao longo do tempo, temos visto um desvirtuamento do objetivo principal da previdência. As pessoas em geral veem a aposentadoria como um prêmio de loteria. Veem como um sonho lindo, sentado numa cadeira na praia, apreciando o mar num “*dolce far niente*”, como aparece na maioria das propagandas de planos de aposentadoria. E não há nada de errado sonhar, no entanto vida boa tem custo.

Em geral, o sistema previdenciário no

Brasil não se sustenta porque as pessoas não focam no propósito da previdência e sim no sonho de ganhar sem trabalhar, ter uma vida boa ainda jovem, mesmo tendo muita saúde, plena capacidade e disposição para o trabalho sem pagar nada por isso.

O princípio fundamental que é o amparo pela incapacidade de produzir renda para o seu próprio sustento, ou para seus familiares em caso de morte, não tem sido o objetivo da maioria das pessoas. As pessoas não pensam na coletividade, apenas em si próprios.

Dentro deste princípio previdenciário, necessidade de amparo é quando a incapacidade de produzir seu sustento se dá pela idade avançada, pela invalidez, ou desamparo de filhos menores decorrente de sua morte. Este deveria ser o foco. O coletivo sustentando a aposentadoria dos incapazes.

Se a cultura previdenciária fosse embasada no princípio de que o coletivo daria amparo apenas àqueles que se tornam incapazes, a necessidade de recursos para cobertura deste grupo que demanda de sustento seria possivelmente suportada sem muito esforço pelo coletivo.

As pessoas não têm noção de quanto custa uma boa vida, nem qual é o valor que seria necessário acumular para ter uma vida boa no futuro, mesmo que não seja através de uma renda de aposentadoria.

Quanto mais jovem for a idade pretendida para aposentadoria, maior será o recurso necessário. Em contrapartida, se a pessoa é muito jovem, não há tempo de acumular muito dinheiro para ter uma boa vida como aposentado.

Temos que resgatar o princípio da coletividade para dar amparo àqueles que realmente precisam e não têm recursos para sua subsistência. Somente a coletividade vai permitir que uma pessoa incapaz tenha uma vida mais tranquila e amparo para sua subsistência. A coletividade é necessária para cobertura de qualquer tipo de risco seja na área humana, ou de ramos elementares.

Outro princípio fundamental da previdência é a renúncia ao consumo e a necessidade de desembolso de recursos para constituir o amparo seja de outros, na coletividade, ou para si próprio.

Não há como dar suporte, seja na coletividade ou de forma individual, sem que haja um investimento. O desembolso de um valor insignificante para cobertura de um risco significativo somente é possível na coletividade. Assim, é primordial resgatar a ideia da coletividade, de cobertura real de riscos, abandonando a ideia mesquinha de olhar somente para o próprio umbigo.

Atuarialmente existe o custo, mas não cabe ao atuário estabelecer quem vai custear o amparo vitalício para um grupo de pessoas. A ideia de ter a participação de empresas patrocinadoras para auxiliar no subsídio para o custeio, como forma de pagamento pelo trabalho, tem sido um meio de sobrevivência da previdência, visto a falta de cultura previdenciária que as pessoas têm.

No entanto, existem milhões de autônomos sem vínculo a uma empresa. Bastaria que estas pessoas tivessem consciência previdenciária da necessidade de recursos para amparo a um determinado risco e que a coletividade reduz ao máximo este custo.

Ao longo do tempo, muitos planos deram quase de graça, ou até de graça, os benefícios previdenciários. Como não há cultura previdenciária ou financeira para a maioria da população, formou-se uma cultura do gratuito, de que não custa ou custa muito pouco.

A formação da previdência, seja oficial, básica, governamental, ou privada, depende da cultura da população. A maioria nem sabe que existem fundamentos atuariais apropriados e pensa de forma errada, enquanto uma minoria de profissionais se esforça para alavancar o sistema e garantir a subsistência.

Há como reduzir o custo dos benefícios numa coletividade. Para garantir o amparo previdenciário, dentro do princípio fundamental da incapacidade, uma ideia seria que todos os planos de previdência proporcionassem uma renda vitalícia, (a partir de 85 anos, por exemplo, idade que provavelmente a pessoa estaria incapaz) garantida pelo regime de capitalização, seja no sistema oficial governamental ou seja no sistema privado. Esta previdência custaria muito pouco, caso fosse construída de forma coletiva e consciente.

De forma autônoma individual, com ou sem ajuda de patrocinadores, conforme o caso, seria possível formar um patrimônio para parar de trabalhar a partir da idade que constituísse um patrimônio suficiente para sobreviver até os 85 anos referido acima, como exemplo,

que seria a idade do início da renda vitalícia, caso chegasse vivo a esta idade.

Teríamos duas modalidades de previdência: uma de forma autônoma e outra de forma coletiva. A forma coletiva seria de grande importância pois provavelmente a partir dos 85 anos, como exemplo, a pessoa necessitaria realmente de amparo financeiro e estaria incapaz de produzir a sua própria renda.

Outro detalhe importante é a minimização de riscos. A ideia que se tem de que um benefício vitalício tem alto risco é um fato que levou muitas empresas a se retirarem ou alterarem os planos excluindo benefícios vitalícios. Essa ideia deveria ser revista.

O reajuste dos benefícios vitalícios aplicando-se a correção monetária de acordo com a variação de um índice econômico é o maior fator de risco, além do aumento da longevidade.

No entanto, estes riscos podem ser eliminados se ajustarmos os benefícios de acordo com a rentabilidade efetiva (deduzida a taxa de desconto utilizada na concessão do benefício) e com o aumento da longevidade.

Atuarialmente é possível, visto que a rentabilidade esperada, ou seja, a meta atuarial estabelecida pode não ter relação com um índice de inflação.

O risco fica somente com o participante? Sim. Contudo melhor ter uma renda garantida, mesmo que oscilante ao longo do tempo, do que não ter renda alguma.

É ilusória a ideia de que a correção monetária garante o benefício sem oscilação do poder de compra. No final das contas, uma eventual insuficiência será equacionada com contribuições extraordinárias que reduzem o benefício ou eventual superávit será distribuído

“

A ideia que se tem de que um benefício vitalício tem alto risco é um fato que levou muitas empresas a se retirarem ou alterarem os planos excluindo benefícios vitalícios. Essa ideia deveria ser revista

”

aumentando o benefício. E o que acaba se aplicando no reajuste do benefício é a rentabilidade obtida ou a longevidade ajustada.

É essencial termos um modelo de previdência sustentável, com participação de empresas patrocinadoras, porém sem o risco de registro de passivo nos seus balanços.

Assim, diante do exposto, é possível oferecer um plano vitalício, prioritariamente cumprindo os princípios previdenciários com real amparo pela incapacidade na velhice e, essencialmente de baixo custo e risco.

No entanto, para possibilitar a sobrevivência deste modelo precisamos de população robusta, ou seja, de coletividade, diante de tantos planos no sistema com população reduzida que não suportariam pagar eventual sobrevivência do participante que chegasse vivo aos 85 anos de idade, do referido exemplo, para receber uma renda vitalícia.

Para sobrevivência e sucesso da previdência é essencial a participação da boa técnica atuarial, além de boas práticas de governança, mudança de cultura e responsabilidade de participantes e/ou patrocinadores quanto ao custo e custeio dos benefícios. ⌚

A ATUAÇÃO DO ASSISTENTE TÉCNICO JUDICIAL

técnica e na resolução dos conflitos entre as partes.

LEGISLAÇÃO E NORMATIVOS

Antes de adentrar nos detalhes da atuação dos assistentes técnicos nos processos judiciais, é oportuno pontuar que o Comitê de Pronunciamento Atuarial nº 21 (CPA nº 021) emitido pelo IBA trata do papel deste profissional no âmbito de atuação do Atuário:

“O Assistente Técnico Judicial Atuarial não submetido ao compromisso de Perito judicial busca amparar, tecnicamente, o interesse da parte que o contratou e que o indicou, da forma mais favorável possível para o deslinde da lide, em conformidade com a lei e com a razoabilidade.” (CPA 021 – Perícia Atuarial)

Desta forma, diferentemente do perito nomeado pelo Juízo, o assistente técnico busca amparar a parte que o contratou para atuação em um determinado processo judicial, sem, contudo, deixar de possuir compromisso com a verdade técnica e a razoabilidade, sempre buscando o melhor desfecho para a lide.

Por sua vez, no âmbito da

Divulgação



MARCO MALTA

SÓCIO DA LUMENS
ATUARIAL

Atualmente está em destaque no meio atuarial a função de perito judicial e cada vez mais colegas ingressam neste mercado. O Instituto Brasileiro de Atuária (IBA) realiza um trabalho junto ao Poder Judiciário, visando a conscientização dos Juízes e Desembargadores acerca da importância da nomeação de peritos com formação específica em Ciências Atuariais, para a atuação nos processos judiciais cujas matérias adentram em questões privativas à nossa profissão.

Diante do protagonismo crescente do perito atuário, os assistentes técnicos, considerados peritos de confiança das partes, vêm sendo cada vez mais demandados, assumindo importância na busca da verdade

organização e normatização dos procedimentos a serem observados pelos processos judiciais, temos que a atuação do assistente técnico é estabelecida pelo Código de Processo Civil, sendo sua participação prevista quando da produção da prova pericial.

“Art. 465. O juiz nomeará perito especializado no objeto da perícia e fixará de imediato o prazo para a entrega do laudo.

§ 1º Incumbe às partes, dentro de 15 (quinze) dias contados da intimação do despacho de nomeação do perito:

I - arguir o impedimento ou a suspeição do perito, se for o caso;

II - indicar assistente técnico;

III - apresentar quesitos.

(...)

Art. 466. O perito cumprirá escrupulosamente o encargo que lhe foi cometido, independentemente de termo de compromisso.

§ 1º Os assistentes técnicos são de confiança da parte e não estão sujeitos a impedimento ou suspeição.

§ 2º O perito deve assegurar aos assistentes das partes o acesso e o acompanhamento das diligências e dos exames que realizar, com prévia comunicação, comprovada nos autos, com antecedência mínima de 5 (cinco) dias.

(...)

Art. 477. O perito protocolará o laudo em juízo, no prazo fixado pelo juiz, pelo menos 20 (vinte) dias antes da audiência de instrução e julgamento.

§ 1º As partes serão intimadas para, querendo, manifestar-se sobre o laudo do perito do juízo no prazo comum de 15 (quinze) dias, podendo

o assistente técnico de cada uma das partes, em igual prazo, apresentar seu respectivo parecer.

(...)

§ 3º Se ainda houver necessidade de esclarecimentos, a parte requererá ao juiz que mande intimar o perito ou o assistente técnico a comparecer à audiência de instrução e julgamento, formulando, desde logo, as perguntas, sob forma de quesitos.”
(Lei nº 13.105/2015 - Código de Processo Civil)

Neste sentido, como garantido pela lei, os assistentes técnicos possuem papel importante na produção da prova pericial, possuindo a prerrogativa de provocar a perícia a apresentar esclarecimentos acerca dos resultados do seu trabalho, bem como exarando suas próprias conclusões técnicas, que podem, inclusive, subsidiar as decisões a serem lavradas nos autos processuais.

Assim, os assistentes técnicos servem como verdadeiro instrumento de condução do trabalho pericial, buscando aliar a defesa do interesse de seu cliente com a verdade técnica.

ATUAÇÃO DO ASSISTENTE TÉCNICO

Apesar da legislação prever a participação do Assistente Técnico especificamente quando da produção da prova pericial, o trabalho deste não se limita apenas a analisar o trabalho do perito do Juízo, indo muito além desta função.

Neste sentido, os processos judiciais em que é passível a atuação do profissional Atuário, tais como em ações que versam sobre Entidades de Previdência Complementar, Seguros, Saúde Suplementar, entre outros,

ensejam conhecimentos técnicos que extrapolam o campo jurídico do Advogado, sendo necessária a elaboração de pareceres técnicos que traduzam o “atuariês” para o “juridiquês”, viabilizando assim a compreensão do Juízo acerca da controvérsia instaurada.

Desta forma, usualmente os Assistentes Técnicos são demandados a confeccionarem pareceres para fundamentar a tese de acusação ou de defesa, buscando explicitar tecnicamente o cabimento ou não de uma determinada demanda judicial. Ainda, em outros momentos processuais, como quando da confecção de memoriais finais e recursos, novamente o assistente técnico é demandado a esclarecer a controvérsia do ponto de vista do seu cliente, visando o convencimento do Juízo.

Transpassada a fase de conhecimento dos processos judiciais, quando da abertura da fase de execução, o assistente técnico acaba sendo o responsável pela elaboração dos cálculos de liquidação, bem como pela apresentação de impugnação técnica quando apresentado cálculo pela parte contrária, sendo assim indispensável para a definição do *quantum* devido e dos parâmetros a serem observados na liquidação dos valores devidos.

Assim, em síntese, temos a atuação do assistente técnico nas seguintes situações:

- Apresentação da “Petição Inicial”, auxiliando o Advogado de acusação na fundamentação técnica do pleito a ser perseguido no Judiciário;
- Apresentação da “Contestação”, auxiliando o Advogado de defesa na demonstração do descabimento técnico do pleito autoral;

- Apresentação de “Recursos” às decisões exaradas nos autos, auxiliando o Advogado na demonstração das incongruências técnicas que fundamentaram a decisão guerreada;
- Apresentação do “Cálculo de Liquidação”, quando elaborado o cálculo do quantum devido nos autos, sendo apresentado parecer técnico explicativo que fundamenta o valor apurado;
- Apresentação de “Quesitos” a serem atendidos pelo Perito nomeado pelo Juízo;
- Análise do “Laudo Pericial” e seus complementos, exarando seu parecer quanto ao resultado do trabalho pericial.

TEMAS RELEVANTES

A relevância do perito atuarial e, consequentemente, da figura do assistente técnico, tem sido cada vez mais latente devido às recentes decisões do Superior Tribunal de Justiça (STJ), que vem reconhecendo a necessidade de estudos técnicos com o intuito de viabilizar ou não certas condenações na esfera cível.

Nesta senda, os “responsáveis” por jogar luz ao trabalho atuarial no âmbito jurídico são as decisões exaradas nos TEMAS 955 e 1.021, onde o STJ firmou a tese de que verbas salariais devidas pelo empregador no curso do contrato de trabalho, as quais foram reconhecidas judicialmente, somente podem ser incluídas na apuração do benefício complementar pago após a prévia e integral recomposição da Reserva Matemática, sendo o valor desta recomposição apurado através de estudo atuarial.

TEMA 955:

“III - Modulação de efeitos (art. 927, § 3º, do CPC/2015): para as



demandas ajuizadas na Justiça Comum até a data do presente julgamento, e ainda sendo útil ao participante ou assistido, conforme as peculiaridades da causa, admite-se a inclusão dos reflexos de verbas remuneratórias (horas extras), reconhecidas pela Justiça do Trabalho, nos cálculos da renda mensal inicial dos benefícios de complementação de aposentadoria, condicionada à previsão regulamentar (expressa ou implícita) e à recomposição prévia e integral das reservas matemáticas com o aporte de valor a ser apurado por estudo técnico atuarial em cada caso;”

TEMA 1.021:

“c) “Modulação dos efeitos da decisão (art. 927, § 3º, do CPC/2015): nas demandas ajuizadas na Justiça comum até 8/8/2018 (data do julgamento do REsp n. 1.312.736/RS - Tema repetitivo n. 955/STJ) - se ainda for útil ao participante ou assistido, conforme as peculiaridades da causa -, admite-

se a inclusão dos reflexos de verbas remuneratórias, reconhecidas pela Justiça do Trabalho, nos cálculos da renda mensal inicial dos benefícios de complementação de aposentadoria, condicionada à previsão regulamentar de que as parcelas de natureza remuneratória devam compor a base de cálculo das contribuições a serem recolhidas e servir de parâmetro para o cálculo da renda mensal inicial do benefício, e à recomposição prévia e integral das reservas matemáticas com o aporte, a ser vertido pelo participante, de valor a ser apurado por estudo técnico atuarial em cada caso.””

Desta forma, a necessidade de ser realizado estudo atuarial em cada processo que versa sobre a inclusão de verbas salariais extemporâneas em benefício complementar vem impulsionando o papel do perito atuário e do assistente técnico atuarial, haja vista a necessidade de conhecimento técnico específico para a apuração e crítica dos valores das referidas Reservas. ⚖️

Artigos Científicos

Os artigos científicos que integram esta edição foram os três melhores da edição do VII Prêmio Ricardo Frischtak, promovido pelo IBA em 2023

Modelos robustos bayesianos para reservas de IBNR

Mariana Soares Sá

Análise da permanência em planos P/VGBL

Enrico Foianesi

Algoritmo Genético como ferramenta de otimização de segregação massa

Pedro Silva de Almeida e Jonas Antonio Cardozo Stocker

Mariana
Soares Sá



MODELOS ROBUSTOS BAYESIANOS PARA RESERVAS DE IBNR

RESUMO

Este trabalho tem como interesse calcular a estimativa da reserva de IBNR (*Incurred But Not Reported*), que é de particular importância para as seguradoras, pois reflete as perdas de sinistros que já ocorreram em um determinado período, mas que ainda não foram relatadas ou registradas formalmente pela seguradora. Por isso, obter uma estimativa precisa de IBNR é fundamental. Entretanto, alguns métodos e modelos existentes não são capazes de lidar com caudas pesadas, que é uma característica comumente encontrada em dados de IBNR. Logo, para obter resultados mais robustos, este trabalho apresentará uma abordagem Bayesiana dos modelos log-ANOVA, log-ANCOVA e linear dinâmico como modelos de misturas de escala da distribuição normal. Estes modelos conseguem capturar caudas pesadas e por isso produzem estimativas mais precisas de IBNR.

Palavras-Chave: IBNR; Reservas; Caudas Pesadas; Inferência Bayesiana.

1. INTRODUÇÃO

A reserva de provisão de sinistros é um dos componentes mais significativos dos passivos das seguradoras, desempenhando um papel crucial na gestão de riscos e na avaliação da saúde financeira da empresa. Para garantir uma visão precisa da situação financeira, é essencial estimar as reservas de forma cuidadosa e confiável.

Dentre os diferentes tipos de reservas, destaca-se a reserva de provisão de sinistros ocorridos, mas não avisados (IBNR é uma sigla que vem do inglês e significa *Incurred But Not Reported*). Essa reserva é de particular importância, pois reflete as perdas de sinistros que já ocorreram em um determinado período, mas que ainda não foram relatadas ou registradas formalmente pela seguradora. Por isso, uma estimativa precisa do IBNR é fundamental para que as seguradoras possam planejar suas reservas de capital de forma adequada, para que possam arcar com os compromissos que foram firmados com seus segurados (Taylor, 2000).

De forma a ilustrar, vamos supor que ocorreu o sinistro para um indivíduo que possui um seguro de vida (podemos considerar a morte como o sinistro). Por diversos motivos, seus beneficiários podem demorar a comunicar a segura-

dora da ocorrência do sinistro, mas quando ele for avisado, a seguradora precisa ter o valor necessário para arcar com os custos do sinistro. Esse é um caso simples, entretanto comum que constitui apenas um exemplo de um caso de IBNR.

Devido a sua importância, existem diversos métodos e modelos estatísticos que são usados para estimar a reserva de provisão IBNR. Segundo Chan et al. (2007), o mais conhecido e mais utilizado é o *Chain Ladder*, um método determinístico (Charpentier, 2014) que considera que os valores futuros seguirão o mesmo padrão das observações anteriores. Porém, ainda segundo Chan et al. (2007), esse método não é capaz de capturar algumas características que os dados de IBNR têm, como caudas pesadas e assimetria. Logo, a estimativa da reserva de IBNR utilizando este método é menos robusta.

Visando tornar a estimativa da reserva de IBNR mais robusta, Verrall (1989), Verrall (1991), Ntzoufras and Dellaportas (1999), Chan et al. (2007), Choy et al. (2015), Goudarzi and Zokaei (2018) e Vieira (2019) utilizam métodos estocásticos mais sofisticados com modelos que conseguem capturar caudas pesadas.

O interesse desse trabalho, portanto, é calcular a estimativa da reserva de IBNR de forma robusta, utilizando modelos que conseguem capturar as características dos dados de IBNR a partir do uso da inferência Bayesiana.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 1.1 faremos uma breve explicação da forma em que os dados de IBNR são representados, no Capítulo 2 teremos toda a metodologia utilizada, explicando o método *Chain Ladder*, os modelos que serão utilizados como uma abordagem mais robusta, utilizando distribuições de mistura de escala da normal. Neste capítulo também teremos uma breve explicação do uso da inferência Bayesiana, assim como especificaremos as distribuições a priori que serão utilizadas e algumas métricas de comparação e seleção dos modelos. No Capítulo 3, faremos um estudo simulado e um estudo de caso para avaliar os resultados dos modelos propostos neste trabalho em comparação ao método *Chain Ladder*. Por fim, no Capítulo 4 teremos as considerações finais do trabalho.

1.1. Triângulo de run-off

O triângulo de *run-off*, também conhecido como triângulo de desenvolvimento, é a forma usual de representar como os pagamentos dos sinistros se desenvolvem ao longo do tempo. O triângulo é uma matriz quadrada $n \times n$ incompleta, como pode ser visto pela Tabela 1.1, onde cada entrada X_{ij} , $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, n - i + 1$ da matriz representa o valor que uma seguradora pagou em indenizações aos seus segurados por sinistros ocorridos no período i (linha da matriz), mas que foram reportados apenas no período j (coluna da matriz). Com isso, i representa o período de ocorrência do sinistro e j o período de desenvolvimento, ou seja, o período em que a seguradora foi avisada da ocorrência do sinistro e n é o total de períodos que estão sendo avaliados no triângulo. Segundo Chadick et al. (2009), o período mais utilizado no triângulo é o anual, entretanto podemos encontrar triângulos mensais ou trimestrais.

Existem dois tipos de triângulo: o triângulo de *run-off* incremental que está representado na Tabela 1.1 e o triângulo de *run-off* acumulado que está representado na Tabela 1.2. O primeiro fornece os pagamentos incrementais ocorridos período a período, enquanto o segundo representa os pagamentos acumu-

lados até um determinado período. Por exemplo, X_{12} fornece o montante pago pela seguradora aos seus segurados por sinistros que ocorreram no período 1, mas que só foram reportados no período 2. Já $C_{23} = X_{21} + X_{22} + X_{23}$ representa o montante acumulado pago para sinistros ocorridos no período de desenvolvimento 1 até o período de desenvolvimento 3. Logo,

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^j X_{ik}, \quad 1 \leq i \leq n \text{ e } 1 \leq j \leq n - i + 1.$$

(1.1)

Para calcular a estimativa do valor total da reserva de IBNR precisamos do triângulo completo (preencher os valores faltantes embaixo da diagonal secundária da matriz). É nesse ponto que entrará toda a metodologia que será apresentada nos próximos capítulos, pois através da modelagem estatística teremos as estimativas $\widehat{X}_{ij}$ e $\widehat{C}_{ij}$, que são usadas para o cálculo da reserva estimada.

Então, seja $\widehat{R}$ a estimativa do valor total da reserva de IBNR, podemos calculá-la de duas formas distintas a depender do tipo do triângulo. Para o triângulo de *run-off* incremental usamos :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=n-i+2}^n \hat{X}_{ij}.$$

(1.2)

Por outro lado, para o triângulo acumulado usamos:

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n (\hat{C}_{i,n} - C_{i,n-i+1}).$$

(1.3)

Tabela 1.1: Triângulo de run-off ou triângulo de desenvolvimento incremental.

Período de ocorrência	Período de desenvolvimento							
	1	2	3	.	.	.	n - 1	n
1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	.	.	.	$X_{1,n-1}$	$X_{1,n}$
2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	.	.	.	$X_{2,n-1}$	
3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	.	.	.		
.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.				
.	.	.	.					
n - 1	$X_{n-1,1}$	$X_{n-1,2}$						
n	$X_{n,1}$							

Tabela 1.2: Triângulo de run-off ou triângulo de desenvolvimento acumulado.

Período de ocorrência	Período de desenvolvimento							
	1	2	3	.	.	.	n - 1	n
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	.	.	.	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	.	.	.	$C_{2,n-1}$	
3	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	.	.	.		
.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.				
.	.	.	.					
n - 1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$						
n	$C_{n,1}$							

2. METODOLOGIA

Neste capítulo abordaremos os métodos e modelos utilizados para o cálculo de reservas IBNR, o uso da inferência Bayesiana e as principais métricas utilizadas para a seleção de modelos. Na Seção 2.1 teremos uma breve abordagem do método determinístico *Chain Ladder*, já na Seção 2.2, apresentaremos os modelos que serão utilizados neste trabalho: log-ANOVA, log-ANCOVA e Linear Dinâmico como modelos de mistura de escala normal e na Seção 2.3 falaremos sobre o uso da inferência Bayesiana. Finalizando, na Seção 2.4 em que falaremos de critérios de informação e critérios preditivos, que desempenham um papel importante na escolha do modelo mais apropriado para estimar IBNR.

2.1. Método CHAIN LADDER

O método *Chain Ladder* ou método do fator de desenvolvimento (Charpentier, 2014) é a metodologia mais conhecida e mais utilizada para o cálculo de reservas IBNR. É um método determinístico e ingênuo que pressupõe que os padrões de pagamentos de sinistros observados no passado continuarão no futuro.

O objetivo deste método é prever as entradas vazias da matriz mostrada na Tabela 1.2, ou seja, neste método precisamos que o triângulo de *run-off* esteja em sua forma acumulada. Então, dado X_{ij} , o valor total das indenizações pagas no período de ocorrência i e período de desenvolvimento j , C_{ij} que é o montante acumulado pago para sinistros ocorridos no período i até o período de desenvolvimento j é dado por:

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^j X_{ik}, \quad 1 \leq i \leq n \text{ e } 1 \leq j \leq n - i + 1.$$

(2.1)

Com isso, dado o triângulo em sua forma acumulada (Tabela 1.2), o segundo passo é calcular os chamados fatores de desenvolvimento f_j para $j = 1, \dots, n - 1$. Estes são calculados como uma média ponderada de um período acumulado

j para o próximo período acumulado $j + 1$ e são utilizados para que possamos medir o desenvolvimento dos pagamentos de um período para o outro. Logo,

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j}}. \tag{2.2}$$

Vale ressaltar que este método assume que os fatores de desenvolvimento de um período de ocorrência de sinistro para o outro são os mesmos. Vamos supor um triângulo com $n = 4$ (Tabela 2.1) teremos então f_1, f_2 e f_3 como fatores de desenvolvimento.

Tabela 2.1: Triângulo de run-off ou triângulo de desenvolvimento acumulado para $n=4$.

Ocorrência	Desenvolvimento			
	1	2	3	4
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$\hat{C}_{2,4}$
3	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$\hat{C}_{3,3}$	$\hat{C}_{3,4}$
4	$C_{4,1}$	$\hat{C}_{4,2}$	$\hat{C}_{4,3}$	$\hat{C}_{4,4}$

Com os fatores de desenvolvimento calculados, o próximo passo será obter o triângulo acumulado completo. Dessa forma, para obter as estimativas para as observações faltantes no triângulo de *run-off* acumulado ($\hat{C}_{ij}$), multiplicamos o último pagamento acumulado em cada linha i pelo f_j correspondente. Por exemplo, para obter $\hat{C}_{2,4}$ no triângulo com $n = 4$ mostrado na Tabela 2.1, basta multiplicarmos $C_{2,3}$ por f_3 . Logo,

$$\hat{C}_{i,j+1} = f_j \hat{C}_{i,j}. \tag{2.3}$$

Com o triângulo acumulado completo, o último passo será obter a estimativa para o valor total da reserva de IBNR. Portanto, como dito na Seção 1.1, o valor total estimado da reserva de IBNR, $\hat{R}\hat{R}$, será a soma da última coluna do triângulo de *run-off* completo menos o último valor observado em cada linha (equação 1.3). No exemplo da Tabela 2.1 temos que $\hat{R} = (\hat{C}_{2,4} - C_{2,3}) + (\hat{C}_{3,4} - C_{3,2}) + (\hat{C}_{4,4} - C_{4,1})$.

2.2. Modelos de Misturas de Escala da Distribuição Normal

Nesta seção, iremos definir as distribuições de misturas de escala normal que serão utilizadas (T-Student e Slash), assim como os modelos log-ANOVA, log-ANCOVA e linear dinâmico que serão utilizados para calcular a estimativa da reserva de IBNR. Vale ressaltar que, diferente do método *Chain Ladder*, os modelos que serão apresentados aqui visam completar o triângulo incremental (Tabela 1.1).

2.2.1. Distribuições de Misturas de Escala Normal

Segundo Choy et al. (2015), a escolha da distribuição do erro é de suma importância quando estamos no contexto de reservas de IBNR. Isso acontece porque, como mencionado no Capítulo 1, os dados podem conter valores atípicos, *outliers*. Por esses motivos, os modelos que assumem um erro com distribuição normal e o método *Chain Ladder* não são eficientes em capturar essa característica dos dados. Portanto, o uso de distribuições com caudas pesadas surge como uma alternativa para que os modelos sejam mais robustos e mais realistas.

Neste trabalho, além do modelo básico que utiliza a distribuição Normal, iremos utilizar modelos com distribuições T-Student e Slash para os erros, porque como podemos ver na Figura 2.1, as distribuições Slash e T-Student podem ter caudas mais pesadas do que a Normal. Além disso, a Slash pode ter a cauda mais pesada do que a T-Student, a depender da escolha de um parâmetro ν que afetará ambas as distribuições. Vale mencionar que além das distribuições que serão utilizadas, podemos encontrar em Choy et al. (2015), Chan et al. (2007), Vieira (2019) e Goudarzi and Zokaei (2018) o uso de outras distribuições de caudas pesadas como Cauchy, Laplace, *Variance-Gamma*, T-Generalizada, entre outras.

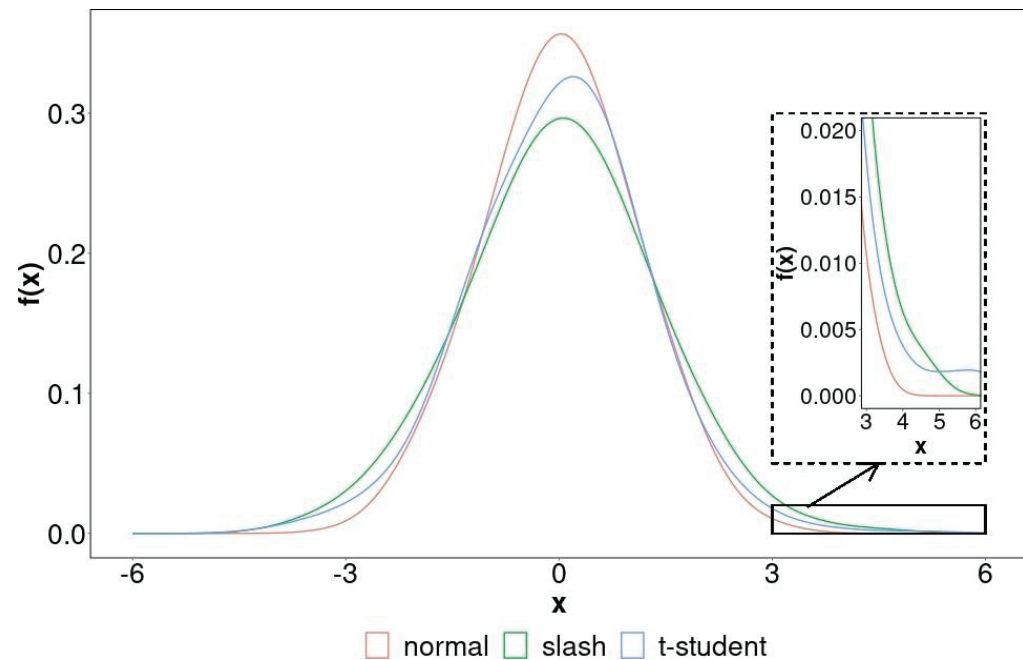
A implementação de modelos com as distribuições citadas pode ser difícil, entretanto Chan et al. (2007) mostra que utilizar essas distribuições expressas na forma de mistura de escalas da normal (MEN) torna a implementação mais fácil e mais rápida.

Andrews and Mallows (1974) definem que uma variável aleatória contínua X tem uma distribuição de mistura de escalas Normal (MEN) se pode ser expressa como $X = Z\lambda$ em que λ é uma variável aleatória definida no R^+ e Z é uma variável aleatória Normal padrão. Com isso, se X for uma variável aleatória com parâmetro de posição μ e de escala σ , a função densidade de probabilidade de X na forma de mistura de escalas Normal (MEN) pode ser expressa por:

$$f_X(x | \mu, \sigma) = \int_0^\infty N(x | \mu, k(\lambda)\sigma^2)\pi(\lambda) d\lambda, \tag{2.4}$$

em que $k(\lambda)$ é uma função positiva de λ e $\pi(\lambda)$ é uma função de densidade de probabilidade definida no R^+ . Logo, λ é a variável aleatória de mistura e $\pi(\lambda)$ é a densidade da mistura, a depender da distribuição da densidade da mistura podemos encontrar diversas distribuições para X . Se $\lambda = 1$, X será normalmente distribuído, ou seja, $X \sim N(\mu, \sigma^2)$.

Figura 2.1: Densidade das distribuições Normal padrão, T-Student central com $\nu = 5$ e Slash com parâmetros $\mu = 0, \sigma^2 = 1$ e $\nu = 5$.



2.2.1.1. A distribuição T-Student

Segundo Andrews and Mallows (1974), a distribuição T-Student com parâmetro de localização μ , escala σ e graus de liberdade ν pode ser escrita no formato da equação 2.4.

$$t_\nu(x|\mu, \sigma) = \int_0^\infty N\left(x \mid \mu, \frac{\sigma^2}{\lambda}\right) \text{Gama}\left(\lambda \mid \frac{\nu}{2}, \frac{\nu}{2}\right) d\lambda. \quad (2.5)$$

Neste caso, $k(\lambda) = \frac{1}{2}$ e $\pi(\lambda)$ é a função de densidade da distribuição Gama com parâmetros $\alpha = \frac{\nu}{2}$ e $\beta = \frac{\nu}{2}$; e $X \sim t_\nu(\mu, \sigma)$. Podemos escrever X de forma hierárquica, ou seja, condicional a λ, μ e σ , temos que X é normalmente distribuído:

$$X \mid \mu, \sigma^2, \nu, \lambda \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{\lambda}\right), \quad (2.6)$$

$$\lambda \mid \nu \sim \text{Gama}\left(\frac{\nu}{2}, \frac{\nu}{2}\right). \quad (2.7)$$

2.2.1.2. A distribuição Slash

Também podemos escrever a distribuição Slash com parâmetro de localização μ , de escala σ e parâmetro de forma ou peso da cauda ν , no formato da equação 2.4, como demonstrou Lange and Sinsheimer (1993).

$$s_\nu(x \mid \mu, \sigma) = \int_0^\infty N\left(x \mid \mu, \frac{\sigma^2}{\lambda}\right) \text{Beta}(\lambda \mid \nu, 1) d\lambda. \quad (2.8)$$

Neste caso $k(\lambda) = \frac{1}{\lambda}$ e $\pi(\lambda)$ é a função de densidade da distribuição Beta com parâmetros $\alpha = \nu$ e $\beta = 1$; e $X \sim s_\nu(\mu, \sigma)$. Portanto, condicional a λ, μ e σ , temos que X é normalmente distribuído e pode ser escrito na seguinte forma hierárquica:

$$X \mid \mu, \sigma^2, \nu, \lambda \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{\lambda}\right), \quad (2.9)$$

$$\lambda \mid \nu \sim \text{Beta}(\nu, 1). \quad (2.10)$$

2.2.2. Modelo Log-ANOVA

A análise de variância (ANOVA) com dois fatores é a forma mais simples de modelar reservas de IBNR. Seja X_{ij} o valor das indenizações pagas aos segurados ou beneficiários referentes aos sinistros ocorridos no período i , mas que foram reportados no período de desenvolvimento j e seja $Z_{ij} = \log(X_{ij})$. Então, para todo $i = 1, \dots, n$ e $j \leq n - i + 1$ temos:

$$Z_{ij} = \mu_{ij} + \lambda_{ij}^{-\frac{1}{2}} \epsilon_{ij}, \quad (2.11)$$

$$\mu_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j, \quad (2.12)$$

$$\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2). \quad (2.13)$$

Para garantir identificabilidade, as restrições $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 0$ e $\sum_{j=1}^n \beta_j = 0$ são impostas.

Podemos ver que este modelo considera que a média do log do valor das indenizações μ_{ij} pode ser decomposta em três componentes: μ um nível constante, α_i é o fator do período de ocorrência do sinistro e β_j é o fator do período de desenvolvimento. Vale ressaltar também a presença da variável aleatória de mistura λ_{ij} multiplicando os erros. Para obter uma demonstração do modelo ver Verrall (1991).

2.2.3. Modelo Log-ANCOVA

Na análise de covariância (ANCOVA), assumimos que um fator tem relação linear com a resposta. Segundo Chan et al. (2007), a forma mais utilizada do modelo log-ANCOVA no contexto de reservas é assumindo efeito linear no período de ocorrência do sinistro, ou seja, a covariável será o índice i das linhas do triângulo. Com isso, para todo $i = 1, \dots, n$ e $j \leq n - i + 1$ temos:

$$\mu_{ij} = \mu + i\alpha + \beta_j, \quad (2.14)$$

em que Z_{ij} e ϵ_{ij} seguem a mesma formulação dada em (2.11) e (2.13). Para garantir identificabilidade, a restrição $\sum_{j=1}^n \beta_j = 0$ é imposta. Podemos ver que este modelo considera que a média do valor das indenizações μ_{ij} pode ser decomposta em três componentes: μ um nível constante, $i\alpha$ é o efeito linear do período de ocorrência do sinistro e β_j é o fator do período de desenvolvimento.

2.2.4. Modelo Linear Dinâmico

Este modelo é uma versão mais complexa do modelo log-ANOVA descrito na Subseção 2.2.2, porque permite uma evolução dinâmica dos parâmetros e

interação entre o período de ocorrência do sinistro e o período de desenvolvimento. Verrall (1989) traz uma formulação matemática completa do modelo. Com isso, para todo $i = 1, \dots, n$ e $j \leq n - i + 1$ temos:

$$\begin{aligned} Z_{ij} &= \mu_{ij} + \lambda_{ij}^{-\frac{1}{2}} \epsilon_{ij}, \\ \mu_{ij} &= \mu + \alpha_i + \beta_{ij}, \\ \epsilon_{ij} &\sim N(0, \sigma^2). \end{aligned} \quad (2.15)$$

A evolução dinâmica dos parâmetros ocorre através das associações recursivas:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \alpha_{i-1} + h_i, & h_i &\sim N(0, \sigma_h^2), & i &= 2, \dots, n. \\ \beta_{ij} &= \beta_{i-1,j} + v_i, & v_i &\sim N(0, \sigma_v^2), & i, j &= 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Para garantir identificabilidade, as restrições $\alpha_1 = 0$ e $\beta_{11} = 0$ para $i = 1, \dots, n$ são impostas. Agora, diferente do modelo log-ANOVA, α_i depende de α_{i-1} e um erro h_i , enquanto β_{ij} depende de $\beta_{i-1,j}$ e um erro v_i , indicando que o efeito do período de desenvolvimento varia de acordo com o período de ocorrência do sinistro.

2.3. Inferência Bayesiana

A inferência estatística é utilizada para tirar conclusões sobre características de uma população através de uma amostra coletada dessa população. Pode-se dividir a inferência estatística em dois ramos: clássica ou frequentista e Bayesiana. Na inferência clássica, todas as conclusões são tiradas a partir dos dados observados disponíveis. Por outro lado, na inferência Bayesiana são acrescentadas informações subjetivas conhecidas previamente.

Dito isto, a principal característica da inferência Bayesiana é o uso de distribuições de probabilidade para quantificar incertezas acerca de parâmetros desconhecidos. Para isso, faz-se uma combinação de toda informação subjetiva que o pesquisador tem conhecimento com a informação proveniente dos dados observados. Esta é conhecida como função de verossimilhança e aquela é conhecida como distribuição a priori. A combinação das duas tem como resultado a distribuição a posteriori, que representa o conhecimento sobre os parâmetros após a observação dos dados.

O uso da inferência Bayesiana pode ser mais vantajoso em relação ao uso da inferência clássica porque, conforme mais informações são coletadas, a distribuição de probabilidade a posteriori é atualizada. Isto é, permite a atualização contínua das crenças à medida que novos dados são coletados, assim como permite a estimação completa de toda a incerteza associada aos parâmetros de interesse. Isso ocorre porque em vez de fornecer um único valor estimado, oferece a distribuição de probabilidade a posteriori e através dela podemos obter diversas informações como média, mediana, desvio padrão, intervalos de credibilidade, quartis da distribuição, assimetria, curtose, entre outros.

A inferência Bayesiana surge a partir do Teorema de Bayes, a expressão matemática que descreve como as informações subjetivas (distribuição a priori) devem ser incorporadas na função de verossimilhança para obtermos a distribuição a posteriori. Logo, pelo Teorema de Bayes a distribuição a posteriori é

proporcional ao produto da função de verossimilhança com a distribuição a priori,

$$p(\theta|z) \propto L(\theta|z)\pi(\theta), \quad (2.17)$$

em que θ é o vetor de parâmetros do modelo, z é vetor de observações, $L(\theta|z)$ é a função de verossimilhança, $p(\theta|z)$ é a distribuição a posteriori e $\pi(\theta)$ é a distribuição a priori (Gelman et al., 2013).

Para os modelos definidos no Capítulo 2 temos que $Z_{ij} \sim N(\mu_{ij}, \lambda^{-1}\sigma^2)$ e λ é o vetor com todos os λ_{ij} . Com isso, assumindo independência entre os Z_{ij} , a função de verossimilhança é:

$$L(\theta, \lambda, z) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{n-i+1} \frac{1}{\sqrt{2\pi \frac{\sigma^2}{\lambda_{ij}}}} \exp\left\{-\frac{\lambda_{ij}}{2\sigma^2}(z_{ij} - \mu_{ij})^2\right\}, \quad (2.18)$$

onde μ_{ij} é a função da média para cada modelo descrito no Capítulo 2. Logo, pela equação (2.17) a distribuição a posteriori pode ser escrita por:

$$p(\mu, \sigma^2, \alpha, \beta, \lambda, \nu|z) \propto L(\theta, \lambda, z) \times \pi(\mu, \sigma^2, \alpha, \beta, \lambda, \nu). \quad (2.19)$$

Assume-se também independência dos parâmetros e com isso a distribuição a priori conjunta pode ser escrita como o produto das prioris:

$$p(\mu, \sigma^2, \alpha, \beta, \lambda, \nu|z) \propto L(\theta, \lambda, z) \times \pi(\mu) \times \pi(\sigma^2) \times \pi(\alpha) \times \pi(\beta) \times \pi(\lambda|\nu) \times \pi(\nu). \quad (2.20)$$

Obter a distribuição a posteriori pode ser difícil, pois muitas vezes a distribuição não tem uma forma fechada. Neste sentido, alguns métodos computacionais como o Método de Monte Carlo via Cadeias de Markov – MCMC (Gamerman and Lopes, 2006) vem sendo amplamente utilizados para gerar amostras da distribuição a posteriori.

Com o avanço computacional surgiram diversos softwares que podem ser utilizados para obter amostras da distribuição a posteriori via MCMC de forma simples e menos custosa. Neste trabalho, foi utilizado o software Stan Development Team (2023) em sua interface com o software R Core Team (2022) para implementar os modelos descritos na Seção 2.2. Todo código utilizado para a implementação dos modelos pode ser encontrado no GitHub¹.

2.3.1. Distribuições a Priori

A escolha das distribuições a priori utilizadas foi feita segundo os estudos realizados por Ntzoufras and Dellaportas (1999) e Goudarzi and Zokaei (2018). Para μ , σ^2 , α e β foram utilizadas prioris vagas, conforme faz Ntzoufras and Dellaportas (1999). Já para ν , a priori escolhida pode ser diferente a depender da distribuição do erro, Goudarzi and Zokaei (2018) faz um estudo simulado para avaliar qual seria a melhor priori para cada tipo de erro. Dessa maneira,

¹ Link para o repositório do GitHub com todas as implementações feitas neste trabalho: https://github.com/ptuyir/modelos_robustos

utilizamos a priori que ele considera ser a melhor para cada caso.

Vimos no Capítulo 2 que a depender da função da média μ_{ij} teremos um modelo diferente: log-ANOVA (Subseção 2.2.2), log-ANCOVA (Subseção 2.2.3) ou linear dinâmico (Subseção 2.2.4). Todos os modelos têm em comum μ e σ^2 , que terão as seguintes prioris para os modelos com erro Normal:

$$\begin{aligned}\mu &\sim N(0, 1000), \\ \sigma^2 &\sim InvGama(0.01, 0.01).\end{aligned}\tag{2.21}$$

Para o log-ANOVA, $\alpha, \beta_j \sim N(0, 100)$. Para o log-ANCOVA, a priori de β_j será a mesma e como temos apenas α , a única diferença dele em relação ao log-ANOVA será que $\alpha \sim N(0, 100)$. Já para o modelo linear dinâmico sabemos pelas equações em 2.16 que α_i e β_{ij} evoluem de forma dinâmica e tem associações recursivas. Logo, neste caso teremos as seguintes prioris para as variâncias de h_i e v_i :

$$\begin{aligned}\sigma_h^2 &\sim InvGama(0.01, 0.01), \\ \sigma_v^2 &\sim InvGama(0.01, 0.01).\end{aligned}\tag{2.22}$$

Para os modelos com erro T-Student, há a adição da variável aleatória de mistura λ_{ij} em que $\lambda_{ij}|\nu \sim Gama(\frac{\nu}{2}, \frac{\nu}{2})$. As distribuições a priori serão as mesmas que foram utilizadas para os modelos com erro normal, acrescentando-se apenas uma priori para ν . Desse modo, $\nu \sim Gama(12, 0.8)$, essa priori garante a existência dos dois primeiros momentos da distribuição T-Student e foi sugerida por Goudarzi and Zokaei (2018).

Já para os modelos com erro Slash, também há a adição da variável aleatória de mistura λ_{ij} em que $\lambda_{ij}|\nu \sim Beta(\nu, 1)$. As distribuições a priori serão as mesmas que foram utilizadas para os modelos com erro normal, acrescentando-se apenas uma priori para ν . Desse modo, $\nu \sim Gama(1, 0.1)$ como sugerido por Goudarzi and Zokaei (2018).

2.4. Critérios de Seleção

Ao realizar modelagens, é essencial escolher o modelo mais adequado para descrever os dados. Para ajudar nessa escolha, existem algumas medidas que visam avaliar a qualidade do ajuste dos modelos propostos, essas medidas são conhecidas como critérios de informação. Na Subseção 2.4.1, exploraremos alguns dos critérios de informação mais comumente usados no âmbito da inferência Bayesiana: *Deviance Information Criteria* (DIC) e o *Watanabe-Akaike Information Criteria* (WAIC). Segundo Gelman et al. (2013), os critérios de informação são úteis para que possamos comparar modelos diferentes e complexos através de uma escala comum.

No contexto de cálculo de reservas, também é importante avaliar o desempenho preditivo dos modelos propostos, pois como abordado no Capítulo 1 é de suma importância para as seguradoras ter estimativas precisas para a reserva de IBNR, afinal um cálculo errado dessa reserva pode gerar riscos financeiros para

a seguradora. Por isso, utilizaremos o erro quadrático médio (EQM) e a raiz do erro quadrático médio (REQM) para avaliar a qualidade preditiva dos modelos.

2.4.1. Critérios de Informação

As medidas apresentadas aqui são baseadas na *deviance* $D(\hat{\theta}) = -2 \log p(z|\hat{\theta})$, em que $\log p(z|\hat{\theta})$ é a log-verossimilhança avaliada em uma estimativa pontual dos parâmetros do modelo proposto.

Deviance Information Criteria - DIC

O DIC é um critério de informação muito utilizado para comparar modelos no contexto da inferência Bayesiana, nos quais a incerteza é expressa em termos de distribuições de probabilidade a priori e a posteriori. O DIC é considerado uma versão Bayesiana do *Akaike Information Criteria* – AIC (para mais informações, ver Gelman et al., 2013).

$$DIC = -2 \log p(z|\hat{\theta}_{Bayes}) + 2p_{DIC},\tag{2.23}$$

Em que $\hat{\theta}_{Bayes} = E(\theta|y)$ é a média a posteriori dos parâmetros do modelo e p_{DIC} representa a penalização do número efetivo de parâmetros no modelo que é importante para evitar o overfitting. Logo, dado uma amostra da distribuição a posteriori de θ de tamanho S e θ^s a s -ésima iteração, para $s = 1, \dots, S$:

$$p_{DIC} = 2 \left(\log p(z|\hat{\theta}_{Bayes}) - \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \log p(z|\theta^s) \right).\tag{2.24}$$

Na qual o segundo termo é a média da log-verossimilhança calculada para cada θ^s . Com isso, ao comparar diferentes modelos, o modelo com o menor valor de DIC é considerado o mais apropriado em termos de ajustes.

Watanabe-Akaike Information Criteria - WAIC

Segundo Gelman et al. (2013), o WAIC pode ser visto como uma melhoria do DIC pois, diferentemente do DIC, que é baseado em uma estimativa pontual, o WAIC usa toda informação da distribuição a posteriori e por isso é considerado um critério totalmente Bayesiano. O WAIC é calculado utilizando a log-verossimilhança avaliada nas amostras a posteriori dos parâmetros.

$$WAIC = -2(lppd - p_{WAIC}),\tag{2.25}$$

Em que $lppd$ é a soma do log do valor esperado da verossimilhança avaliada em cada θ amostrado.

$$lppd = \sum_{i=1}^n \log \left(\frac{1}{S} \sum_{s=1}^S p(z_i|\theta^s) \right).\tag{2.26}$$

A correção para *overfitting* através do número efetivo de parâmetros é:

$$p_{WAIC} = 2 \sum_{i=1}^n \left(\log \left(\frac{1}{S} \sum_{s=1}^S p(z_i | \theta^s) \right) - \left(\frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \log p(z_i | \theta^s) \right) \right). \quad (2.27)$$

Com isso, ao comparar diferentes modelos, aquele com menor valor de WAIC é considerado o mais apropriado em termos de ajuste.

2.4.2. Critério Preditivo — Erro quadrático médio (EQM)

O EQM é uma medida muito comum e é utilizado para avaliar a capacidade preditiva dos modelos, fornecendo uma medida quantitativa de quão bem o modelo está realizando suas previsões em relação aos dados reais, a partir da média dos erros quadráticos. Para o cálculo do EQM, o valor predito pelo modelo para cada observação dos dados é obtido. Em seguida, calculamos o erro (diferença entre o valor observado e o valor predito) e então, fazemos a média do quadrado dos erros.

$$EQM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (z_{ij} - \hat{z}_{ij})^2.$$

O EQM é uma medida mais sensível a grandes erros de previsão, ou seja, penaliza erros maiores de forma mais significativa e quanto menor o seu valor, melhor é o desempenho do modelo em termos preditivos, porque indica que as previsões estão mais próximas dos valores observados.

3. APLICAÇÃO

Neste capítulo, apresentaremos os resultados de um estudo com dados simulados para analisar a capacidade de recuperar os parâmetros dos modelos propostos. Além disso, faremos um estudo de caso com dados de valores de sinistros pagos para seguro médico (dado utilizado pela SOA – Society of Actuaries, Chadick et al., 2009), em que utilizaremos os modelos descritos no Capítulo 2 para calcular o valor estimado da reserva de IBNR em cada caso.

Os modelos utilizados foram ajustados utilizando o software Stan Development Team (2023) e os códigos podem ser encontrados no GitHub². Em todos os resultados que serão mostrados neste capítulo utilizamos as seguintes especificações para implementação do método de MCMC:

- Modelo log-ANOVA e log-ANCOVA
10 mil iterações de aquecimento e 40 mil iterações no total, com 2 cadeias;
- Modelo Linear Dinâmico
150 mil iterações de aquecimento e 300 mil iterações no total, com 2 cadeias.

Vale ressaltar que após a implementação do método de MCMC foi feita uma análise de convergência para todos os modelos.

² Link para o repositório do GitHub com todas as implementações feitas neste trabalho: https://github.com/ptuyir/modelos_robustos

3.1. Estudo Simulado

Um estudo simulado foi feito para analisar a convergência dos parâmetros para os modelos descritos no Capítulo 2, esse estudo foi feito conforme Vieira (2019). Para cada tipo de modelo e distribuição dos erros foi simulado um triângulo com $n = 20$ e parâmetros iguais a $\mu = 200$, $\sigma^2 = 1$ e $\mathbf{v} = 3$. Os dados simulados para os modelos log-ANOVA seguem a estrutura apresentada na equação 2.11. Portanto:

$$\mu_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j, \quad (3.1)$$

Em que:

$$\alpha_i \sim N(0, 4), \quad i = 1, \dots, n-1. \quad (3.2)$$

$$\beta_j \sim N(0, 16), \quad j = 1, \dots, n-1. \quad (3.3)$$

Como falado na Subseção 2.2.2, essa classe de modelos está sujeita a restrições. Com isso, $\alpha_n = -\sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i$ e $\beta_n = -\sum_{j=1}^{n-1} \beta_j$.

Já para os modelos log-ANCOVA, a estrutura é quase a mesma que para o log-ANOVA, exceto por 3.1 e 3.2 que passarão a ser $\mu_{ij} = \mu + \alpha + \beta_j$ e $\alpha \sim N(0, 4)$, respectivamente e apenas a restrição $\beta_n = -\sum_{j=1}^{n-1} \beta_j$ será aplicada.

Os dados simulados para os modelos dinâmicos seguem a estrutura apresentada nas equações 2.15 e 2.16. Logo,

$$\alpha_i \sim N(\alpha_{i-1}, 4), \quad i = 2, \dots, n. \quad (3.4)$$

$$\beta_{ij} \sim N(\beta_{i-1j}, 16), \quad i = 1, \dots, n-j+1 \quad j = 2, \dots, n. \quad (3.5)$$

Como falado na Subseção 2.2.4, essa classe de modelos também está sujeita a restrições. Com isso, $\alpha_1 = 0$ e $\beta_{i1} = 0$; para todo $i = 1, \dots, n$.

Ao todo teremos 9 triângulos simulados, porque são 3 modelos que podem ter 3 formas diferentes para a variável de mistura. Logo, conforme visto na Subseção 2.2.1, a depender da distribuição atribuída à variável aleatória de mistura λ_{ij} , teremos:

- Quando $\lambda_{ij} = 1$ e $\epsilon_{ij} \sim N(0, 1)$, para todo $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, n-i+1$, a distribuição do erro é a Normal padrão;
- Quando $\lambda_{ij} \sim \text{Gama}(\frac{\mathbf{v}}{2}, \frac{\mathbf{v}}{2})$ e $\epsilon_{ij} \sim N(0, 1)$ para todo $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, n-i+1$, a distribuição do erro é T-Student;
- Quando $\lambda_{ij} \sim \text{Beta}(\mathbf{v}, 1)$ e $\epsilon_{ij} \sim N(0, 1)$, para todo $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, n-i+1$, a distribuição do erro é Slash.

Após o ajuste dos modelos, calculamos os valores estimados para os parâmetros μ , σ^2 e $\mathbf{v}$ utilizando a mediana das amostras de MCMC, assim como seus intervalos de credibilidade de 95% e os resultados encontram-se nas Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3. Podemos observar que todos os intervalos de credibilidade contêm os valores verdadeiros dos parâmetros que são $\mu = 200$, $\sigma^2 = 1$ e $\mathbf{v} = 3$, garantindo assim que todos os modelos ajustados conseguem recuperar o valor verdadeiro dos parâmetros.

Tabela 3.1: Estimativas dos parâmetros para dados simulados assumindo modelos com erro normal em que $\mu = 200$ e $\sigma^2 = 1$.

Log Anova			Log Ancova			Linear Dinâmico			
	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %
μ	199,87	200,12	200,37	199,68	199,93	200,17	198,51	200,21	201,84
σ²	0,78	0,95	1,17	0,72	0,88	1,07	0,73	0,90	1,12

Tabela 3.2: Estimativas dos parâmetros para dados simulados assumindo modelos com erro T-Student em que $\mu = 200$, $\sigma^2 = 1$ e $\nu = 3$.

Log Anova				Log Ancova			Linear Dinâmico		
	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %
μ	199,37	199,89	200,44	199,65	200,17	200,58	194,85	199,68	202,14
σ^2	0,93	1,54	2,50	0,73	1,18	1,86	0,65	1,12	1,85
ν	1,57	2,34	3,72	2,55	3,48	4,73	2,31	3,11	4,18

Tabela 3.3: Estimativas dos parâmetros para dados simulados assumindo modelos com erro Slash em que $\mu = 200$, $\sigma^2 = 1$ e $\nu = 3$.

Log Anova				Log Ancova			Linear Dinâmico		
	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %
μ	199,36	199,73	200,10	199,42	199,85	200,23	195,81	198,16	201,47
σ²	0,46	0,78	1,25	0,71	1,12	1,69	0,67	1,08	1,68
ν	1,82	2,90	4,98	1,86	2,80	4,58	2,18	3,48	6,4

3.2. Estudo de Caso

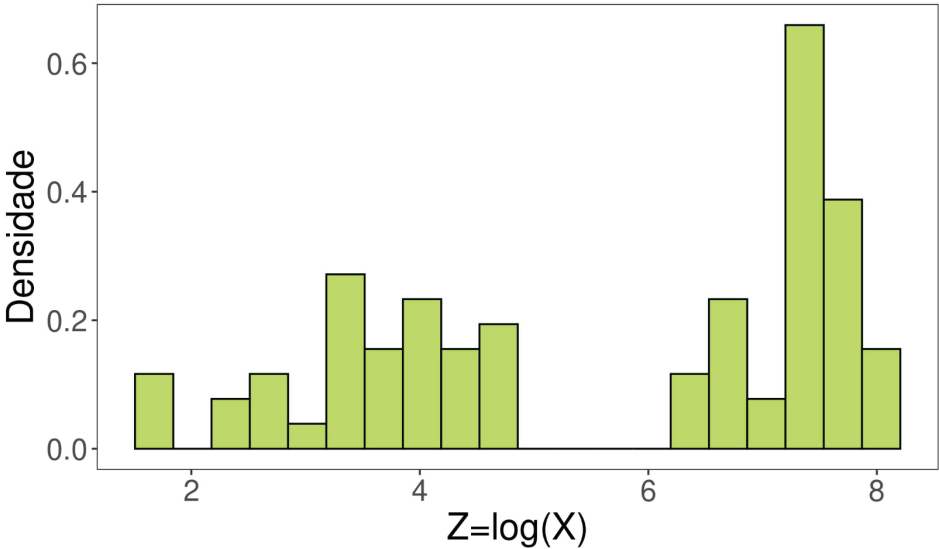
Após a validação dos modelos utilizando os dados simulados, os mesmos foram aplicados no estudo de caso com intuito de calcular o valor total de reserva de IBNR. O triângulo incremental referente aos dados utilizados no estudo pode ser encontrado no Apêndice A (Tabela A.1).

O estudo de caso foi feito com o dado utilizado por Chadick et al. (2009), que é referente ao valor total de sinistros pagos por uma seguradora aos seus segurados no ramo de saúde durante os meses de um determinado ano. Desta forma, o triângulo (Tabela A.1) é mensal com $n = 12$.

Para fazer uma análise exploratória dos dados calculamos a média, a mediana, o desvio padrão, a assimetria e a curtose, que são 5,451, 6,533, 2,308, -1,209 e 5,642, respectivamente, e na Figura 3.4 podemos ver o comportamento e estrutura do log dos valores pagos pelas seguradoras aos seus segurados.

Logo, observa-se que o estudo de caso tem caudas pesadas, porque possui valor de curtose maior que 3 (valor da curtose da distribuição normal). Isso pode ser um indicativo de que os modelos com erro T-Student e Slash podem ter melhor desempenho do que os modelos com erro normal. Também podemos observar que os dados são assimétricos, como pode ser visto pelo gráfico e pelo cálculo da assimetria (-1,209).

Figura 3.4: Histograma do log dos valores pagos.



Como foi visto na Seção 2.4, iremos utilizar dois tipos de critérios para avaliar os resultados dos modelos, sendo eles: critérios de informação e critério preditivo. Para uma boa prática e utilização do critério preditivo, a base de dados foi dividida em um conjunto de treinamento e em um conjunto de teste com objetivo de treinar os modelos no conjunto de treino e avaliar sua capacidade preditiva no conjunto de teste. Por esse motivo, as duas últimas diagonais do triângulo foram removidas e guardamos essas informações para calcular o EQM nesse conjunto de teste.

Após o ajuste dos modelos, avaliamos a convergência do método MCMC para todos os parâmetros. Os resultados dos valores estimados para os parâmetros de todos os modelos, assim como seus intervalos de credibilidade de 95%, encontram-se nas Tabelas B.1, B.2 e B.3 no Apêndice B.

Para comparar a qualidade do ajuste dos modelos utilizamos os critérios informativos WAIC e DIC. A partir dos resultados que encontram-se na Tabela 3.4, temos que os modelos que produzem menores valores de DIC e WAIC são os Log-Ancova com erro T-Student e Slash. Além disso, é possível observar que os valores de WAIC e DIC para os modelos com erro Normal são maiores, tendo em vista que a distribuição normal não é robusta para outliers, enquanto a T-Student e Slash são mais robustas a outliers porque são distribuições de caudas pesadas.

Segundo Chan et al. (2007), o estudo dos parâmetros de mistura nos ajuda a identificar possíveis outliers, por isso valores de λ_{ij} altos indicam que a observação ij pode ser um outlier.

Tabela 3.4: Critérios de informação.

Modelos	WAIC	DIC
Log-ANOVA Normal	39,892	48,494
Log-ANOVA T-Student	22,148	40,497
Log-ANOVA Slash	-5,319	38,928
Log-ANCOVA Normal	29,126	33,454
Log-ANCOVA T-Student	11,245	25,440
Log-ANCOVA Slash	-3,507	24,775
Linear Dinâmico Normal	30,977	36,311
LinearDinâmico T-Student	9,535	27,865
Linear Dinâmico Slash	-13,184	25,767

Com esse intuito, analisamos a Figura 3.5, em que temos o box-plot da amostra da distribuição a posteriori de σ^2 para os modelos com caudas pesadas. Já para os modelos com distribuição normal, temos a mediana e o intervalo de credibilidade de 95% para σ^2 (mediana em vermelho e intervalo de credibilidade em azul). Na Figura 3.5 podemos ver claramente que há um outlier, este ponto é a entrada $X_{28} = 10$, da Tabela A.1 (vale lembrar que para implementação dos modelos utilizamos o triângulo removendo as duas últimas diagonais).

Por conta dos modelos com erro segundo distribuição normal não conseguem capturar o comportamento desse ponto discrepante, este faz com que o valor de σ^2 seja alto. Já os modelos que comportam caudas pesadas conseguem capturar esse ponto através da variável aleatória de mistura λ_{ij} .

Além disso, é necessário avaliar a capacidade preditiva dos modelos, porque o importante no contexto de reservas é termos a melhor estimativa da reserva de IBNR, para que a seguradora não tenha problemas. Por isso, é importante analisar o critério preditivo EQM que foi calculado no conjunto de teste.

Logo, podemos ver pela Tabela 3.5 que os modelos log-ANCOVA tiveram melhor performance preditiva. Quando comparamos esses modelos com o método usual *Chain Ladder* vemos que houve um ganho preditivo significativo.

Tabela 3.5: Critérios preditivos.

Modelos	EQM
Chain Ladder	123216,100
Log-ANOVA Normal	87256,720
Log-ANOVA T-Student	92157,280
Log-ANOVA Slash	94219,350
Log-ANCOVA Normal	1766,797
Log-ANCOVA T-Student	1532,842
Log-ANCOVA Slash	1384,242
Linear Dinâmico Normal	2958,153
Linear Dinâmico T-Student	3654,334
Linear Dinâmico Slash	4282,409

Na Figura 3.6 podemos ver um resultado comparativo entre o método *Chain Ladder* e os melhores modelos segundo os critérios informativos e preditivos (modelos log- ANCOVA). Nesta figura temos o mapa de calor da diferença entre o valor predito ($Z^{\wedge}_{ij}$) e o valor observado (Z_{ij}). Quanto mais verde ou mais roxo estiver o ponto, maior é a diferença e quanto mais claro estiver o ponto, mais próximo de 0 é a diferença. Vemos que o método *Chain Ladder* tem diferenças com valores mais altos e o modelo log-ANCOVA Slash parece ter melhores resultados pois as diferenças estão mais próximas de 0.

Por último, é necessário avaliar o resultado da reserva total de IBNR estimada por cada modelo apresentado. Com isso, pela Figura 3.7, vemos que para os modelos log-ANOVA temos um resultado muito próximo (observando a mediana do box-plot) do encontrado pelo método *Chain Ladder* e esses modelos apresentam resultados mais dispersos, ou seja, com maior incerteza associada. Já olhando os modelos log-ANCOVA e linear dinâmico, vemos que o resultado encontrado pelo método *Chain Ladder* encontra-se nas caudas dos box-plot. Esses modelos produzem resultados mais concentrados, ou seja, com menos incerteza associada, sendo os modelos log-ANCOVA aqueles com os box-plot mais concentrados.

Figura 3.5: Box-plot das amostras das distribuições a posteriori de σ^2 para os modelos com erro T-Student e Slash com o intervalo de credibilidade de 95% e a mediana para σ^2 dos modelos com erro normal.

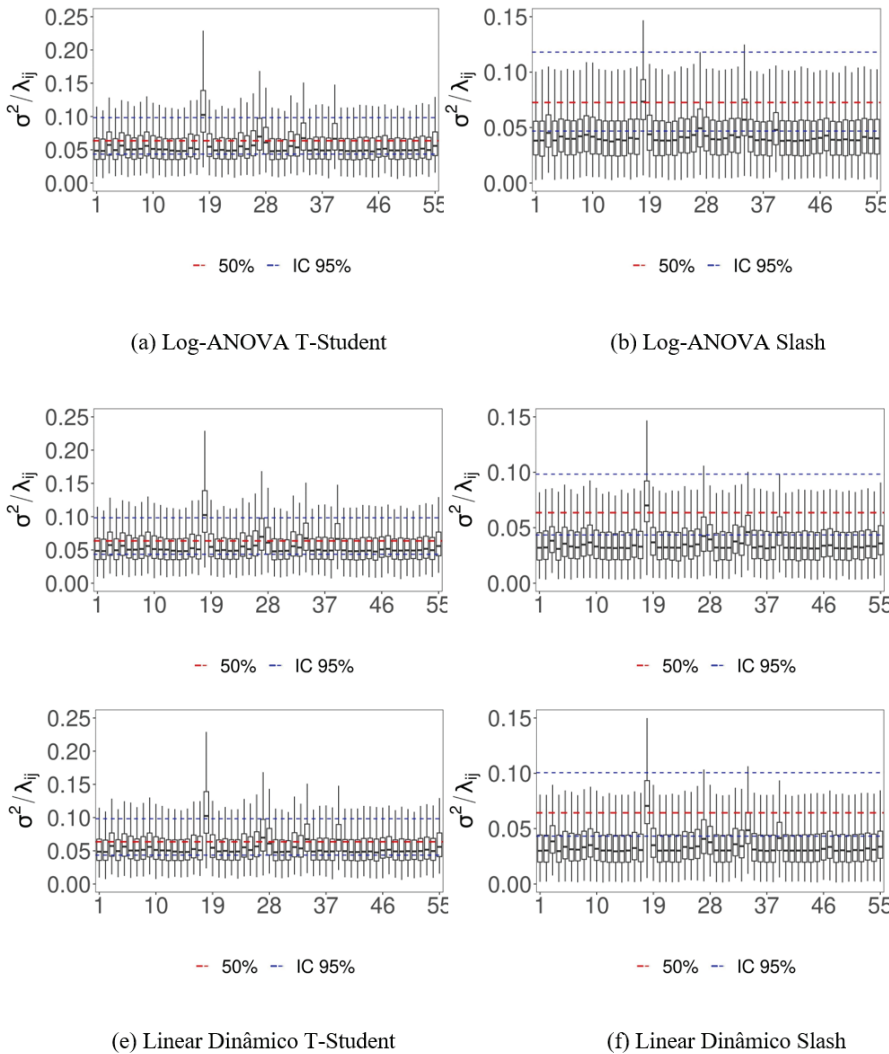


Figura 3.6: Estudo de caso 1: Mapa de calor da diferença entre o valor predito e valor observado para o conjunto de treino.

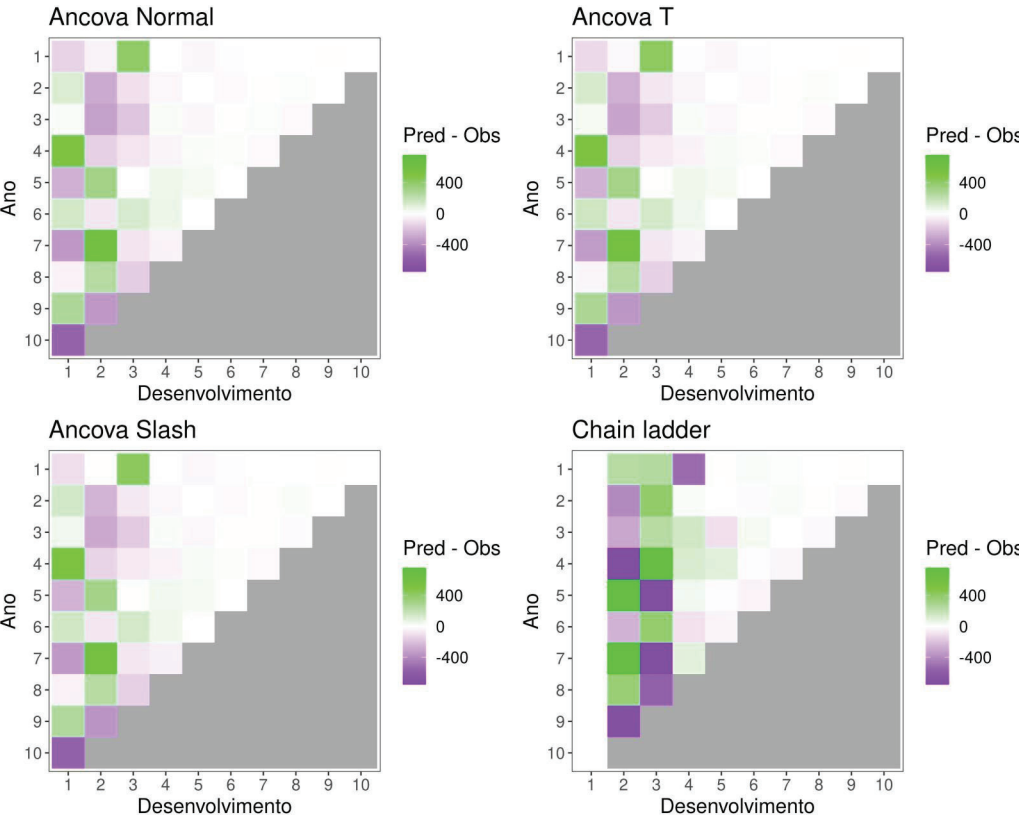
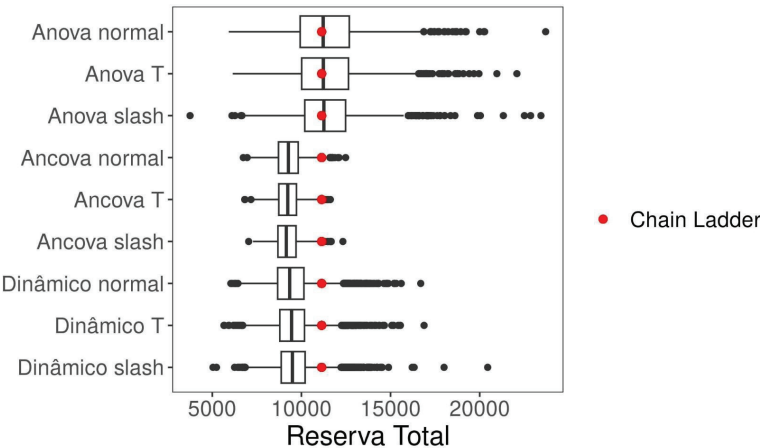


Figura 3.7: Estudo de caso 1: Box-plot da distribuição preditiva da reserva total de IBNR estimada por cada modelo em comparação ao método Chain Ladder.



4. CONCLUSÃO

Visto que as reservas de provisão constituem o maior passivo financeiro das seguradoras, torna-se fundamental desenvolver metodologias que possam estimá-las com a máxima precisão possível.

Neste contexto, este trabalho buscou modelar as reservas de provisão de

IBNR por meio do uso da inferência Bayesiana. Os modelos empregados foram o log-ANCOVA, log-ANOVA e o modelo linear dinâmico, representados na forma de modelos de mistura de escala da distribuição normal. Esses modelos foram utilizados devido a sua robustez, ou seja, pela capacidade de detectar outliers e, conseqüentemente, acomodar caudas pesadas, característica frequentemente presente nos dados de IBNR.

De maneira geral, os resultados obtidos no estudo de caso revelaram que os modelos log-ANCOVA, com distribuições de erro T-Student e Slash, demonstraram desempenho superior em comparação com os modelos que utilizaram a distribuição normal e o método convencional *Chain Ladder*, considerando tanto os critérios informativos (este não se aplica ao método *Chain Ladder*) quanto a capacidade preditiva.

A aplicação dos modelos de mistura de escala da distribuição normal, com o suporte da inferência Bayesiana, possibilitou uma melhor compreensão da variabilidade dos dados de reservas de provisão de IBNR, porque foi possível detectar pontos extremos e acomodar caudas pesadas, permitindo assim provisões de reservas mais precisas e isso permitirá uma gestão mais eficiente dos riscos inerentes ao setor de seguros.

Esses resultados encorajam a utilização de modelos mais flexíveis e robustos para a estimativa de reservas de sinistros, garantindo uma abordagem mais confiável e precisa. A continuidade deste trabalho, considerando outras distribuições de mistura de escala e a incorporação de outros fatores relevantes, certamente contribuirá para o avanço e aprimoramento das metodologias de modelagem de reservas, beneficiando todo o setor de seguros.

Vimos ao longo do estudo de caso apresentado na Capítulo 3, que além de caudas pesadas os dados apresentam assimetria. Logo, seria interessante estudar em trabalhos futuros a utilização de distribuições assimétricas combinadas com as caudas pesadas para termos ainda mais robustez no cálculo da reserva de IBNR.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, D. F. AND MALLOWS, C. L. (1974). Scale mixtures of normal distributions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 36(1):99–102.

CHADICK, C., CAMPBELL, W., AND KNOX-SEITH, F. (2009). Comparison of incurred but not reported (ibnr) methods. *Health section, Society of Actuaries (SOA)*.

CHAN, J. S., CHOY, S. B., AND MAKOV, U. (2007). Robust bayesian analysis of loss reser- ves data using the generalized-t distribution. *Quantitative Finance Research Centre, University of Technology, Sydney, Research Paper Series*, 38.

CHARPENTIER, A. (2014). *Computacional Actuarial Science with R*. Chapman and Hall/CRC.

CHOY, S. B. AND CHAN, J. S. (2008). Scale mixtures distributions in statistical

modelling. Australian & New Zealand Journal of Statistics, 50(2):135–146.

CHOY, S. B., CHAN, J. S., AND MAKOV, U. E. (2015). Robust bayesian analysis of loss reser- ving data using scale mixtures distributions. Journal of Applied Statistics, 43(3):396– 411.

GAMERMAN, D. AND LOPES, H. F. (2006). Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simu- lation for Bayesian Inference. Chapman and Hall/CRC.

GELMAN, A., CARLIN, J., STERN, H., DUNSON, D., VEHTARI, A., AND RUBIN, D. (2013). Bayesian Data Analysis. Chapman and Hall/CRC.

GOUDARZI, M. AND ZOKAEI, M. (2018). Bayesian modeling of multivariate loss reser- ving data based on scale mixtures of multivariate normal distribu- tions: estimation and case influence diagnostics. Communications in Statis- tics - Theory and Methods, 50(21):4934–4962.

LANGE, K. AND SINSHEIMER, J. S. (1993). Normal/independent distribu- tions and their applications in robust regression. Journal of Computational and Graphical Statistics, 2(2):175–198.

NTZOUFRAS, I. AND DELLAPORTAS, P. (1999). Bayesian modelling of outs- tanding liabilities incorporating claim count uncertainty. North American Actuarial Journal, 6:113–225.

R CORE TEAM (2022). R: A Language and Environment for Statistical Compu- ting. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

STAN DEVELOPMENT TEAM (2023). RStan: the R interface to Stan. R packa- ge version 2.21.7.

TAYLOR, G. (2000). Loss Reserving: An Actuarial Perspective. Springer.

VERRALL, R. J. (1989). A state space representation of the chain ladder linear model.

JOURNAL OF THE INSTITUTE OF ACTUARIES, 116(3):589–609.

VERRALL, R. J. (1991). Chain ladder and maximum likelihood. Journal of the Institute of Actuaries (1886-1994), 118(3):489–499.

VIEIRA, F. V. G. (2019). Bayesian Quantile Analysis for Loss Reserving Models. Mestrado em Estatística, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Apêndice A - Dados do estudo de caso

Na Tabela A.1 encontram-se os dados referentes ao estudo de caso.

Tabela A.1: Dados estudo de caso												
mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jan	1750	2500	1050	700	125	70	35	25	15	30	5	0
Fev	1500	2750	1550	725	100	75	30	10	25	25	5	
Mar	1600	2800	1650	675	125	50	25	40	20	10		
Apr	1125	2650	1550	740	70	45	55	15	5			
Mai	1900	2200	1475	650	60	60	40	15				
Jun	1500	2600	1350	650	100	60	30					
Jul	2000	1950	1570	750	90	60						
Ago	1700	2300	1650	700	115							
Set	1400	2900	1440	725								
Out	2225	2400	1525									
Nov	1700	1950										
Dez	1575											

Apêndice B - Parâmetros estimados do estudo de caso

Nas Tabelas B.1, B.2 e B.3 encontramos os resultados das estimativas dos parâme- tros utilizando a mediana das amostras de MCMC, assim como seus interva- los de credibilidade de 95% para o estudo de caso.

Tabela B.1: Estimativas dos parâmetros assumindo modelos com erro normal.									
Log Anova			Log Ancova			Linear Dinâmico			
	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %
μ	4.975	5.093	5.211	4.920	5.047	5.183	7.181	7.392	7.605
σ²	0.047	0.073	0.118	0.043	0.064	0.098	0.043	0.064	0.101

Tabela B.2: Estimativas dos parâmetros assumindo modelos com erro T-Student.									
Log Anova			Log Ancova			Linear Dinâmico			
	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %
μ	4.969	5.102	5.226	4.934	5.068	5.196	7.195	7.398	7.588
σ²	0.032	0.056	0.096	0.030	0.048	0.084	0.029	0.049	0.083
v	6.913	13.377	23.441	6.546	12.983	23.443	6.551	13.044	23.033

Tabela B.3: Estimativas dos parâmetros assumindo modelos com erro Slash.									
Log Anova			Log Ancova			Linear Dinâmico			
	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %	2,5 %	50 %	97,5 %
μ	4.977	5.106	5.237	4.932	5.081	5.201	7.203	7.399	7.579
σ²	0.007	0.029	0.081	0.007	0.024	0.064	0.005	0.023	0.066
v	1.219	3.504	29.003	1.173	3.126	19.837	1.232	3.048	20.501

Enrico Foianesi



ANÁLISE DA PERMANÊNCIA EM PLANOS P/VGBL

RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar quais fatores se relacionam com o tempo de permanência dos participantes em um plano de previdência complementar aberta, com ênfase nos planos PGBL e VGBL. Para isso utilizamos modelos em análise de sobrevivência, como o Modelo de Cox. Além disso, são realizados os testes de Wald, razão de verossimilhança, log-rank para validar os resultados do modelo. Também utilizamos uma medida de performance importante, chamada “índice de concordância”, gráfico do log dos riscos acumulados e resíduos de Schoenfeld. Com base nos resultados obtidos, verifica-se que a probabilidade de um participante sair de um plano de previdência que se encontra inserido no VGBL é 25,9% maior que a de um participante no PGBL. No que se refere ao regime tributário, para os participantes que optam pelo regressivo, a probabilidade da ocorrência de um evento que resulte na saída é 23,6% menor em relação aos que optam pelo regime progressivo. Estes resultados são de grande importância para mensuração de obrigações atuariais destes planos no período de diferimento quando da precificação, por exemplo, de opções de conversão em renda.

Palavras-chave: análise de sobrevivência; permanência; P/VGBL; previdência complementar.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva identificar quais fatores estão relacionados ao tempo de permanência dos participantes em planos do tipo PGBL e VGBL. Com objetivos específicos, serão investigadas hipóteses relacionadas às características dos participantes, a fim de verificar sua significância para o tempo de permanência nestes planos, como idade, sexo, tipo e regime de plano, dentre outras. Dessa forma, tem-se a relação da permanência de determinado participante em um plano de previdência complementar aberta, de acordo com seu perfil e produto escolhido.

O estudo da permanência dos participantes é relevante para o setor de seguros por alguns motivos. Um deles é a eficácia de políticas de incentivos fiscais para aumentar o prazo de investimento em veículos/planos previdenciários. Este estudo permite traçar um determinado perfil de participante mais suscetível a permanecer em um plano de previdência por um longo período. Dessa forma, torna-se significativo para as companhias, pois auxilia no direcionamento

to desse perfil para o investimento mais adequado, de acordo com sua visão e prazo. Além disso, outra aplicação desta modelagem é na avaliação atuarial de opções embutidas em planos do tipo PVGBL, como a opção de anuidade garantida ou de conversão em renda (do inglês GAO ou GAR), cujo valor depende da permanência projetada dos participantes no período de diferimento até a conversão em renda.

A partir dos resultados obtidos, vê-se que a probabilidade de uma pessoa permanecer em planos do tipo VGBL é menor em relação à permanência no PGBL. Possivelmente, a diferença dos planos pode estar influenciando esse ponto, uma vez que aplicar no PGBL traz um benefício para quem realiza a declaração completa do IRPF, que é facilmente mensurável na declaração do imposto de renda, enquanto o VGBL deveria ser utilizado para valores que superam os 12% da renda bruta anual ou para quem não declara pelo modelo completo do IRPF.

Quanto aos regimes tributários, com base nos resultados obtidos, os participantes que optam pelo regime regressivo tendem a permanecer por mais tempo nos planos de previdência, visto que seus benefícios estão diretamente relacionados ao tempo de permanência. O progressivo é mais vantajoso, por exemplo, em duas situações: participantes com baixa renda ou para quem possui dedução na renda tributável, como despesas médicas, na declaração de imposto de renda.

O presente estudo está estruturado na seguinte forma: na seção 2 é feita uma revisão da literatura relacionada. Em seguida, na seção 3, é realizada uma análise exploratória dos dados. Na seção 4 é apresentada a metodologia, enquanto na seção 5 estão seus resultados. Por último, algumas considerações finais são feitas.

2. LITERATURA RELACIONADA

A previdência é um assunto de extrema relevância, principalmente quando tratamos de aposentadoria que, por sua vez, está diretamente relacionada com educação financeira e planejamento financeiro. Segundo Leite (2016), o orçamento da Previdência Social há muito tempo encontra-se em situação de desequilíbrio fiscal, fruto de diversos fatores, dentre os quais o regime de financiamento e a mudança demográfica e de mercado de trabalho experimentados pela população brasileira. Considerando o sistema de financiamento de repartição simples adotado no Brasil, o número de contribuintes ativos não é mais suficiente para financiar os benefícios dos inativos sem a participação do Estado, ou seja, da população pagadora de impostos. Apesar da grande falta de conhecimento em relação à Previdência Social, a população ainda não compreende com clareza como se dá o equilíbrio financeiro previdenciário, nem os critérios técnicos que norteiam quesitos como tempo de contribuição e idade para aposentadoria.

Görge (2015) afirma que, com o envelhecimento da população brasileira, o plano de previdência nacional tende a se tornar uma incerteza, no que diz respeito à aposentadoria futura do trabalhador, acrescido do fato de que, como as pessoas estão sendo induzidas cada vez mais ao consumo, acumular reservas se torna não só mais importante, mas também desafiador. Para Luquet (2001, p. 40), as pessoas que não poupem e dependerem única e

exclusivamente da Previdência Social não terão a garantia de uma aposentadoria tranquila.

Idealmente, a aposentadoria não deveria trazer nenhum impacto significativo no padrão de vida de cada pessoa. Contudo, sem o planejamento financeiro necessário e a falta de aproveitamento dos recursos disponíveis, esse pode ser um dos maiores desafios de um indivíduo, caso ele não se preocupe com isso ao longo da vida, e deixe para poupar apenas quando estiver próximo de se aposentar.

Regimes tributários

Há dois tipos de regime tributário para planos de previdência complementar: o primeiro é denominado progressivo, e o segundo, regressivo. O regime tributário via tabela progressiva baseia-se a partir da renda anual do participante, independentemente de ser PGBL ou VGBL. Quanto maior a renda tributável, mais elevada é a alíquota do imposto de renda. Ou seja, supondo que um indivíduo ganhe R\$ 20.000, ele estará isento do imposto de renda que deveria ser pago no resgate ou contratação da renda, pois sua remuneração anual encontra-se abaixo do limite de R\$ 22.847,76, no qual há isenção tributária. No caso de uma pessoa que recebe R\$ 25.000, ela se encontra na faixa de renda R\$ 22.847,77 e R\$ 33.919,80, com alíquota de 7,5% sobre o salário. Assim, o imposto pago é calculado da seguinte forma: 7,5% de R\$ 25.000, que resulta em R\$ 1.875. Dessa quantia é deduzido o montante de R\$ 1.713,58, que corresponde a uma parcela a deduzir do IRPF dessa faixa, conforme exemplificado na Tabela 1, resultando em um imposto devido de R\$ 161,42. Tal lógica se aplica para as demais faixas.

O regime progressivo costuma ser mais indicado para participantes próximos da aposentadoria, isentos de imposto de renda ou que recebem renda na alíquota mínima de 7,5% de imposto.

Tabela 1: Tabela Progressiva do IR 2022.

Base de cálculo anual	Alíquota de IR	Parcela a deduzir do IRPF
Até R\$ 22.847,76	Isenta	R \$0,00
Entre R\$ 22.847,77 e R\$ 33.919,80	7,50%	R\$ 1.713,58
Entre R\$ 33.919,81 e R\$ 45.012,60	15,00%	R\$ 4.257,57
Entre R\$ 45.012,61 e R\$ 55.976,16	22,50%	R\$ 7.633,51
Acima de R\$ 55.976,16	27,50%	R\$ 10.432,32

Fonte: Instrução Normativa RFB nº 1.756, de 31 de outubro de 2017.

O regime regressivo, por sua vez, consiste na alíquota do imposto ser decrescente à medida que a pessoa permanece com recursos mais tempo no plano, ou seja, valeria a pena para participantes que escolhem investir por um horizonte de tempo maior. A Tabela 2 ilustra seu funcionamento.

Tabela 2: Tabela regressiva do IR 2022.

Prazo de acumulação	Alíquota retida na fonte
Até 2 anos	35%
De 2 anos até 4 anos	30%
De 4 anos até 6 anos	25%
De 6 anos até 8 anos	20%
De 8 anos até 10 anos	15%
Acima de 10 anos	10%

Fonte: Elaboração própria.

Uma grande vantagem deste regime diz respeito à alíquota do IR atingir o valor de 10%, que ocorre com prazo de acumulação acima de 10 anos. Para explicitar essa variação, demonstra-se o seguinte exemplo: no momento do resgate, suponha duas aplicações. A primeira foi feita em 2023, no valor de R\$ 1.000, e a segunda foi feita em 2028, no valor de R\$ 1.500. De acordo com o modelo regressivo, em 2034, daqui a 11 anos, a incidência da tributação será de 10% para a primeira aplicação. Por outro lado, a alíquota sobre aplicação de R\$ 1.500, nesse mesmo ano, será de 25%, pois o dinheiro estará aplicado por um período de 5 anos. Somente em 2039, quando esse investimento de R\$ 1.500 estiver acima de 10 anos, a alíquota incidirá sobre 10% de todo o valor investido.

A diferença entre o PGBL e o VGBL, a despeito dos regimes tributários, se refere à base de aplicação das alíquotas. Enquanto no PGBL as alíquotas incidem sobre todo o montante do resgate ou do benefício, no VGBL elas incidem apenas sobre o rendimento. Adicionalmente, as contribuições para o PGBL são dedutíveis para fins de apuração do IRPF até o limite de 12% da renda bruta anual. As contribuições ao VGBL não são dedutíveis.

Análise de sobrevivência e ciências atuariais

Há alguns estudos que utilizam análise de sobrevivência no contexto das ciências atuariais no mercado de seguros, de saúde e de previdência. Lima (2019) utiliza a análise de sobrevivência para investigar o tempo de permanência dos segurados em um plano de saúde específico, oferecendo insights sobre os fatores que podem influenciar essa permanência. Os resultados da análise são apresentados e discutidos em termos das taxas de sobrevivência dos segurados ao longo do tempo e dos fatores associados à saída do plano de saúde. Esses fatores incluem idade, sexo, histórico médico prévio, entre outros. Por fim, são feitas conclusões com base nos resultados obtidos, destacando a importância da análise de sobrevivência na compreensão da permanência do segurado em um plano de saúde.

Carvalho et al. (2012) aborda a análise de sobrevivência como uma técnica atuarial/estatística aplicada também à área da saúde. São apresentados os principais modelos estatísticos utilizados na análise de sobrevivência, como o modelo de Kaplan-Meier, o modelo de risco proporcional de Cox e o modelo paramétrico de regressão de riscos proporcionais. Além disso, os autores discutem diferentes métodos para comparar grupos de sobrevivência, como o teste de log-rank e o teste de Wilcoxon.

Outro estudo utilizando a técnica no contexto atuarial é Araujo (2022). O

autor aborda a aplicação da análise de sobrevivência para a previsão da rotatividade de clientes (*churn*) em um seguro de vida do Banco do Brasil para desenvolver um modelo de previsão baseado em análise de sobrevivência. Os dados utilizados envolvem informações sobre os clientes de seguro de vida, características demográficas, histórico de pagamentos e dados de churn. Esses dados são utilizados para realizar a análise de sobrevivência e desenvolver o modelo de previsão. O autor indica que os resultados fornecem insights valiosos para a gestão desses clientes e a tomada de decisões estratégicas no setor de seguros.

3. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Os dados utilizados para este estudo são referentes aos planos PGBL e VGBL de aproximadamente 140 mil participantes, de uma seguradora brasileira, e que possuem saldo em 31 de dezembro de 2022. Tal valor permite que a base de dados utilizada seja significativa para investigar o comportamento, de acordo com o perfil, de uma relevante amostra que aplica na previdência complementar aberta. A base de dados em questão contém as seguintes variáveis (Tabela 3):

Tabela 3: Descrição da base de dados.	
Variável	Descrição
faixa_etaria	Variável categórica com as faixas etárias
ds_fundo_categoria	Tipo do fundo
sexo_participante	Sexo do participante
tp_plano	Tipo de plano (PGBL ou VGBL)
ds_modalidade	Regime tributário (progressivo ou regressivo)
ds_periodicidade	Periodicidade das contribuições (mensal ou esporádica)
faixa_posicao	Variável categórica do valor acumulado de cada certificado

Fonte: Elaboração própria.

Os participantes estão subdivididos por sexo e tipo de plano. Entre o sexo masculino e feminino, o primeiro é predominante, com 60% dos participantes (Tabela 4).

Tabela 4: Distribuição da base por sexo.		
Sexo	Quantidade	Quantidade %
Masculino	84.525	60%
Feminino	56.124	40%
Total	140.649	100%

Fonte: Elaboração própria.

A distribuição está concentrada no VGBL, em termos de quantidade de certificados e valor – ver Tabela 5.

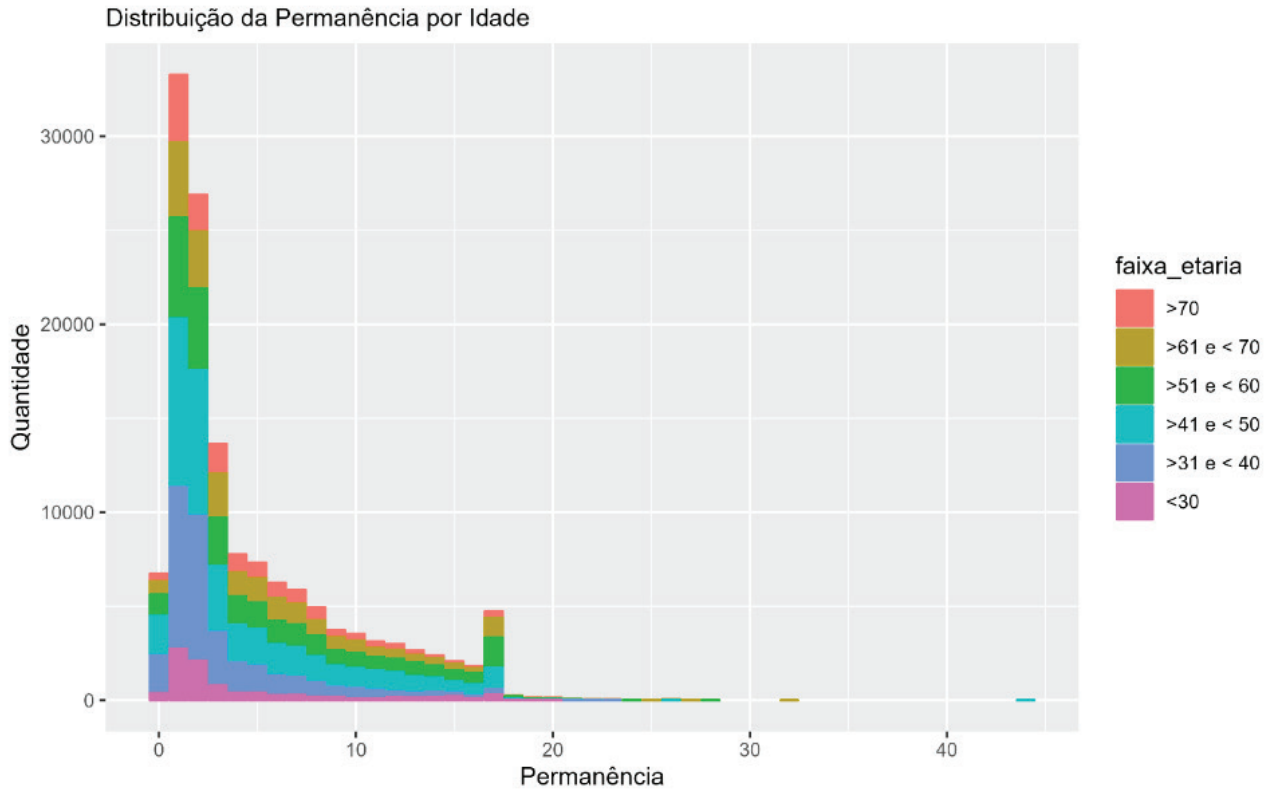
Tabela 5: Distribuição da base de dados por plano.

Tipo Plano	Quantidade	Quantidade %	Valor	Valor %
PGBL	57.768	41%	R\$ 5.230.160.408	25%
VGBL	82.881	59%	R\$ 15.711.099.317	75%
Total	140.649	100%	R\$ 20.941.259.725	100%

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, a variável resposta do estudo é a permanência. Esta foi definida como o tempo desde a primeira contribuição do participante, seja ela no plano atual ou em planos anteriores, até 31 de dezembro de 2022.

Gráfico 1: Distribuição da permanência por idade.



Fonte: Elaboração própria.

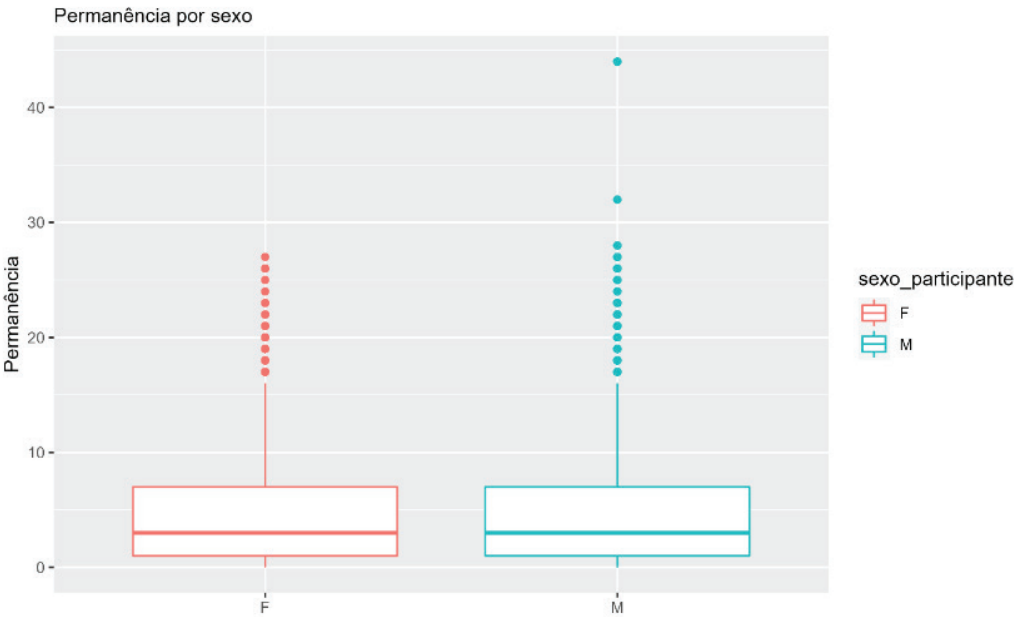
Pelo Gráfico 1, a distribuição da permanência por idade traz algumas discussões sobre o perfil dos participantes que está sendo estudado. Independente da faixa etária, 68% dos participantes estão nos primeiros 5 anos de permanência. Isso pode ser um reflexo da dificuldade da população brasileira de conseguir poupar. Uma pesquisa publicada pela Confederação Nacional de Dirigentes Lojistas (CNDL) em conjunto com o Serviço de Proteção ao Crédito (SPC), em setembro de 2019, aponta que 67% dos brasileiros não conseguiram guardar nenhuma parte de seus rendimentos no mês de agosto de 2019 e uma parcela pequena desse percentual não conseguiu poupar por conta de algum imprevisto. Ou seja, para mais da metade da população, a falta de hábito de realizar poupança é comum.

Os produtos de previdência privada são complexos e com foco no longo prazo. Apesar disso, as pessoas tendem a permanecer por períodos curtos, demonstrando a necessidade de evolução da educação financeira, que é pouco difundida.

Após 5 anos, a quantidade de pessoas que permanecem nos planos de previdência diminui até atingir o décimo oitavo ano de permanência. A partir da análise gráfica, vê-se que pessoas na faixa etária entre 31 e 40 anos são mais frequentes nos três primeiros anos de permanência, o que demonstra a possibilidade da adoção de uma nova mentalidade da população, isto é, maior investimento na previdência.

Além disso, constata-se que pessoas com menos de 40 anos estão presentes em praticamente todo o gráfico. Outra percepção é a existência de pessoas com 30 anos presentes na previdência há 20 anos. Isso ocorre porque, em algumas famílias, os pais aplicam recursos em nome do filho (menor de idade), e guardam a reserva para outras ocasiões, como pagamento da faculdade ou transferência de herança para menores de idade. Este último ponto também explica o motivo de pessoas acima de 70 anos iniciarem investimentos em fundos de previdência privada, visando ao planejamento sucessório. A previdência privada é uma forma simples e eficiente de transferir recursos entre gerações no caso do falecimento, pois estes não são considerados no inventário, ou seja, não são tributados pelo ITCMD estadual.

Gráfico 2: Permanência por sexo.



Fonte: Elaboração própria.

O sexo, por sua vez, não aparenta impactar, significativamente, o tempo de permanência na previdência privada (Gráfico 2). A dispersão dos dados é semelhante, e as medianas são traçadas próximas ao primeiro quartil. Isso evidencia que tanto o sexo feminino quanto o masculino, em sua maioria, estão há menos de cinco anos inseridos na previdência. Além disso, os outliers também são semelhantes. O que

difere são alguns do sexo masculino, que permanecem por mais de 30 e 40 anos.

A distribuição por faixa etária, conforme Tabela 6, demonstra uma concentração de participantes entre 31 e 50 anos, com 49% dos dados, enquanto a faixa etária superior a 50 anos concentra 44% do total. Por fim, de forma surpreendente, a faixa etária com menor participação é abaixo de 30 anos, com apenas 7% de representatividade, ilustrando a baixa presença dos jovens na previdência privada.

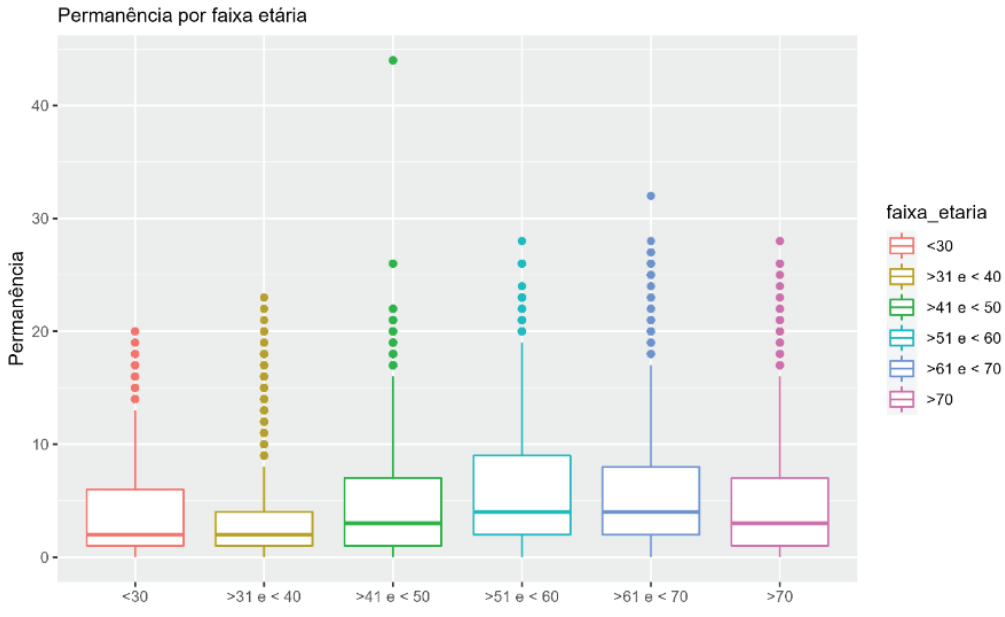
Tabela 6: Distribuição da base de dados por faixa etária.

Faixa Etária	Quantidade	Quantidade %
>70	14.079	10%
>61 e < 70	20.732	15%
>51 e < 60	27.084	19%
>41 e < 50	39.434	28%
>31 e < 40	30.062	21%
<30	9.258	7%
Total	140.649	100%

Fonte: Elaboração própria.

O box-plot (Gráfico 3) apresenta uma visão da permanência dos participantes por faixa etária:

Gráfico 3: Permanência por faixa etária.



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se, na faixa etária de participantes menores que 30 anos, uma permanência maior, em comparação com a próxima faixa. Duas hipóteses podem ser levantadas para explicar esse fato (comentadas anteriormente): o planejamento sucessório e as pessoas que “ganham de presente” a previdência de algum familiar. Em seguida, entre 31 e 40 anos, a distribuição da permanência é

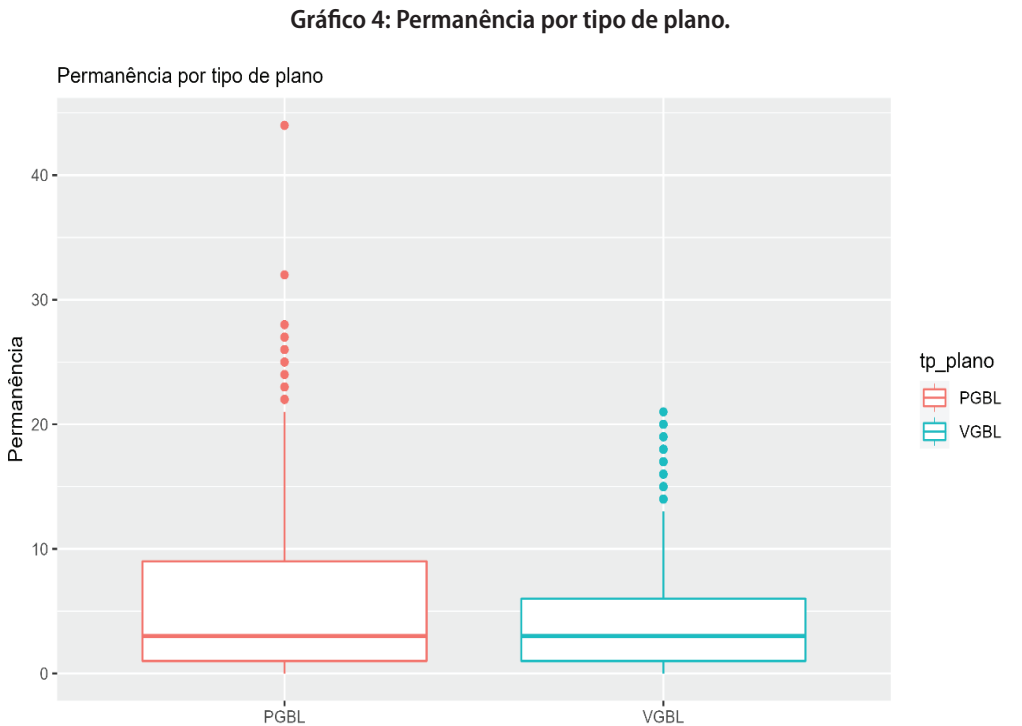
compacta. Tal fato parece indicar que as pessoas que receberam algum tipo de recurso previdenciário, que não foi feito por meio de um aporte próprio, já realizaram o resgate, ou que o volume de novos investidores é tão grande que faz com que os casos mencionados anteriormente não tenham impacto significativo para ficar entre o primeiro e o terceiro quartis.

Ademais, é possível observar crescimento na permanência a partir da faixa etária acima de 31 anos e abaixo de 40 anos, até a faixa acima de 51 anos e abaixo de 60 anos. Isso ocorre porque o terceiro quartil e a mediana aumentam ao longo do tempo, embora não seja atingida a faixa dos 10 anos, que é quando os benefícios da previdência são acentuados. Ou seja, dos participantes que optam pelo regime tributário regressivo, 62% não usufruem de todos os benefícios possíveis desse sistema. Os dados da Tabela 7 demonstram que grande parte dos participantes estudados opta pelo regime regressivo:

Tabela 7: Distribuição da base de dados por regime tributário.		
Regime Tributário	Quantidade	Quantidade %
Progressivo	24.151	17%
Regressivo	116.498	83%
Total	140.649	100%

Fonte: Elaboração própria.

Posteriormente, com base no *box-plot* da permanência por tipo de plano no Gráfico 4, observam-se diferenças significativas entre PGBL e VGBL.

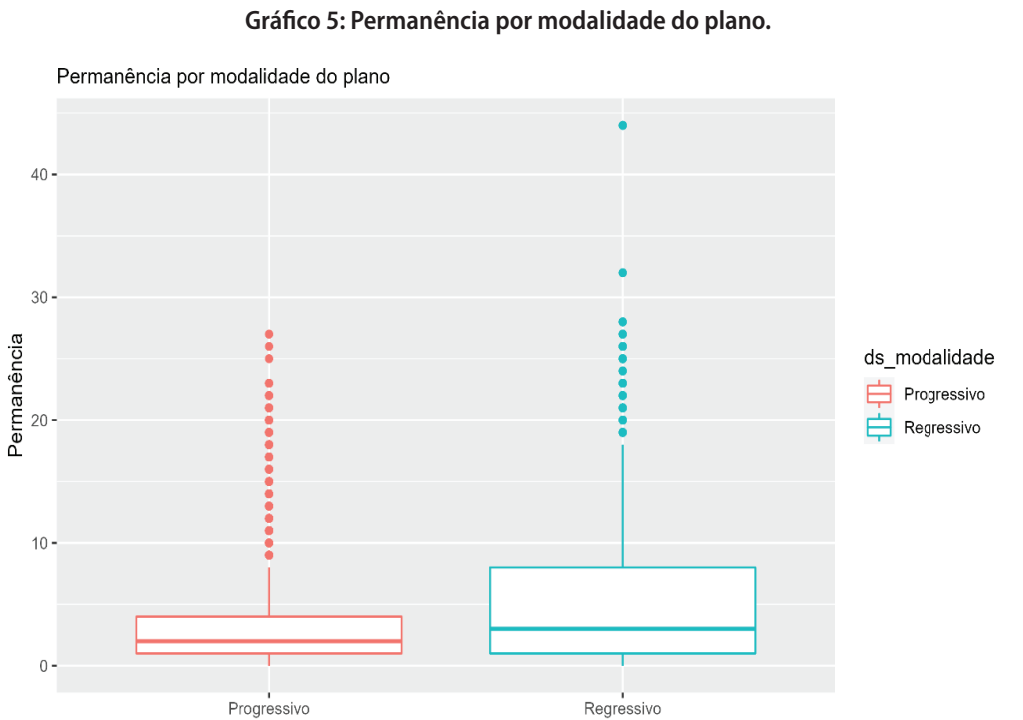


Fonte: Elaboração própria.

No VGBL existe maior simetria nos dados. No plano PGBL, por sua vez, a mediana está mais próxima do primeiro quartil, indicando maior concentração no período entre 0 e 3 anos de permanência. A dispersão entre o primeiro e terceiro quartis do tempo de permanência também é maior no PGBL, porque estes vão de 1 a 9 anos e, no VGBL, essa diferença é de 1 até 6 anos. Os planos também exibem divergências devido ao tamanho de suas caudas e *outliers*. Enquanto o comprimento da cauda do PGBL é levemente maior que 20 anos de permanência, o do VGBL não alcança 15 anos. Em relação aos *outliers*, os do VGBL vão de 15 a 20 anos de permanência, ao passo que os do PGBL se iniciam acima de 20 anos, atingindo praticamente 45 anos.

Levando-se em consideração as características dos planos, o *box-plot* apresenta uma visão que não necessariamente segue a lógica, uma vez que, no VGBL, o imposto é cobrado somente sobre os rendimentos do valor investido, ao passo que, no PGBL, incide sobre o total dos valores aportados mais os juros, durante o tempo da contribuição. Uma hipótese que pode ser levantada para explicar esses resultados é o efeito imediato do PGBL, da dedução de 12% da base de cálculo IR, o que leva a pessoa a investir nesse plano, mantendo o dinheiro aplicado. Já os benefícios do VGBL, por outro lado, só são notados no momento do resgate da aplicação, podendo se tornar menos atrativo para os participantes.

A seguir são analisadas as diferenças entre os regimes tributários progressivo e regressivo.



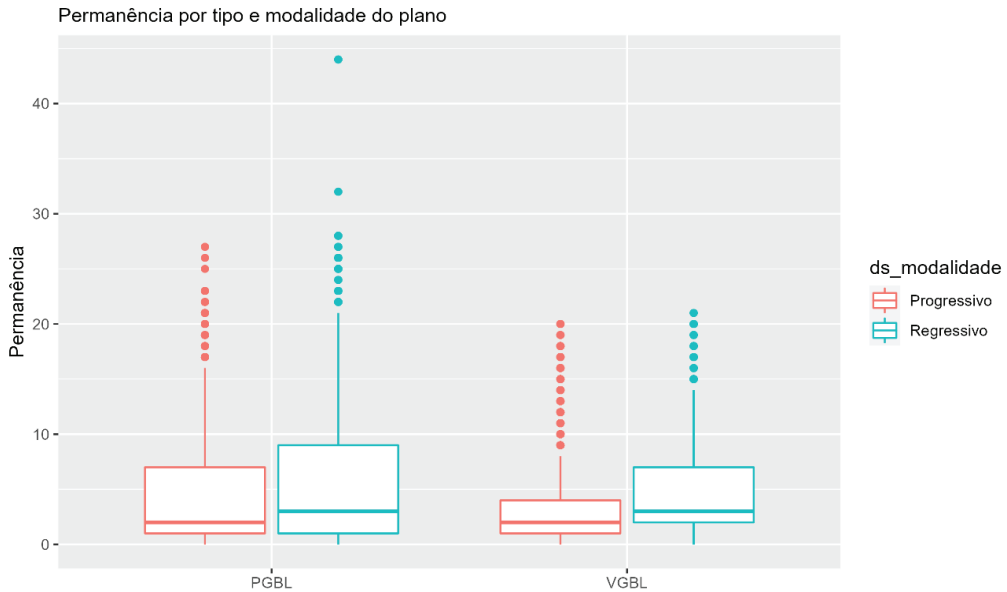
Fonte: Elaboração própria.

A partir da análise da distribuição dos dados por regime tributário (Gráfico 5), observa-se grande diferença entre o regime progressivo e o regressivo. Como esperado, o regime regressivo tem permanência maior, visto que os seus

benefícios dependem do tempo no plano. No progressivo, por sua vez, esses benefícios dependem da renda do participante. Tal fato pode ser interessante em cenários específicos: por exemplo, uma pessoa cuja renda não supera os R\$ 22.000, como um estagiário, pode aproveitar os benefícios do regime progressivo para rentabilizar seu patrimônio, sem a incidência de imposto, ou até para usufruir apenas da dedução da base de cálculo do imposto de renda. Caso o rendimento da aplicação seja de até R\$ 55.000, o participante pode realizar o resgate no ano seguinte e pagar 22,5% de imposto, alíquota padrão para fundos de investimento.

Por fim, a mediana do regime regressivo quase supera o terceiro quartil do progressivo, o que reforça, novamente, a grande disparidade entre os dois modelos. A partir deste ponto, a análise da permanência se dará de forma segregada, isto é, por regime tributário e tipo do plano, de acordo com o Gráfico 6.

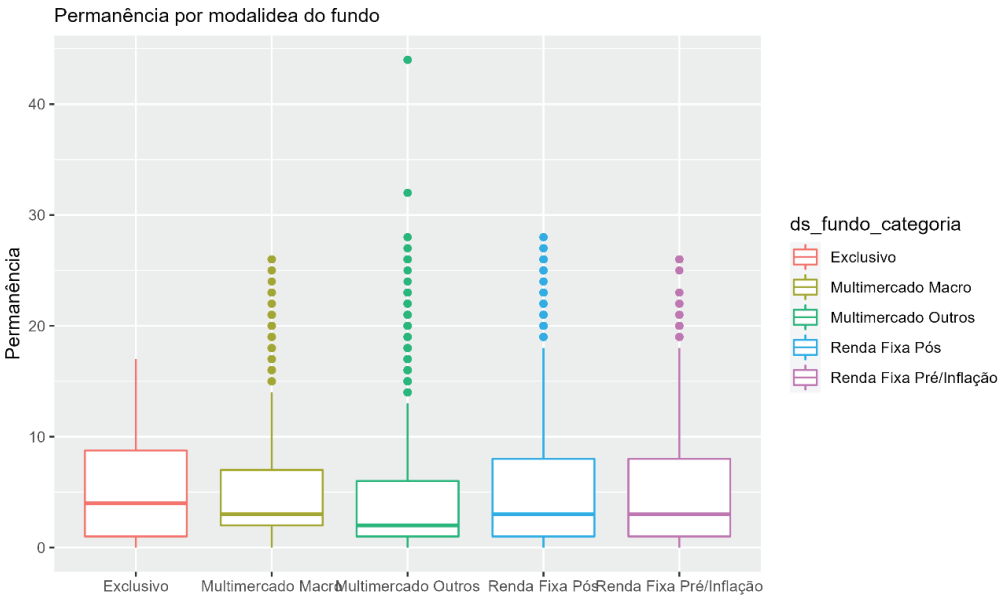
Gráfico 6: Permanência por tipo e modalidade do plano.



Fonte: Elaboração própria.

O *box-plot* da permanência por regime tributário e tipo de plano combina informações já comentadas em gráficos anteriores. No Gráfico 6, destaca-se a grande diferença no tempo de permanência dos participantes no plano PGBL com relação ao VGBL e entre os regimes progressivo e regressivo. Neste último, aliás, a permanência é superior. Com essa abertura dos dados de permanência, é possível identificar que os participantes do plano PGBL, no modelo regressivo, se comportam de forma similar ao VGBL, na mesma modalidade.

Gráfico 7: Permanência por modalidade do fundo.

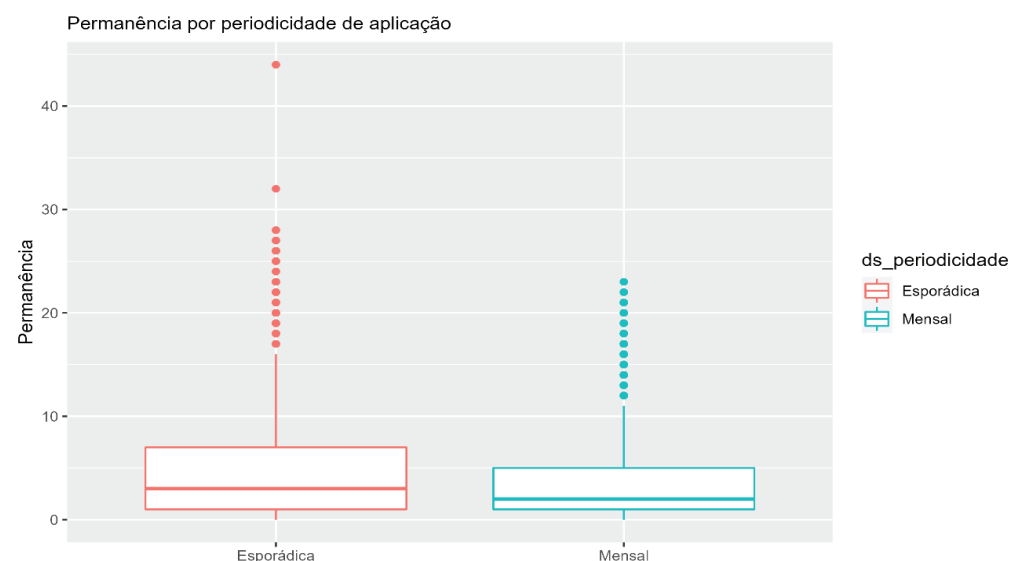


Fonte: Elaboração própria.

A segregação da permanência por tipo de fundo (Gráfico 7) é um retrato momentâneo, pois os participantes podem fazer realocações de suas carteiras e transitar entre os fundos, desde que respeitem a carência estipulada nas circulares SUSEP nº 563/2017 e nº 564/2017. Apesar dessa momentaneidade, tal segregação revela que os participantes em fundos de renda fixa são os que estão há mais tempo no plano, o que também pode ser apenas reflexo do cenário econômico brasileiro em 2022, pois a taxa de juros estava bem alta no final daquele ano – uma rentabilidade bem atrativa, próxima a 13% ao ano, mesmo para pessoas com perfis de risco mais arrojados.

Por fim, há os fundos exclusivos, voltados para participantes com alto patrimônio e que geralmente têm acesso a serviços de *private banking*. Mesmo sem possuírem grande conhecimento sobre planos de previdência, serão instruídos por profissionais especializados, que darão orientações para convencê-los a permanecer no plano.

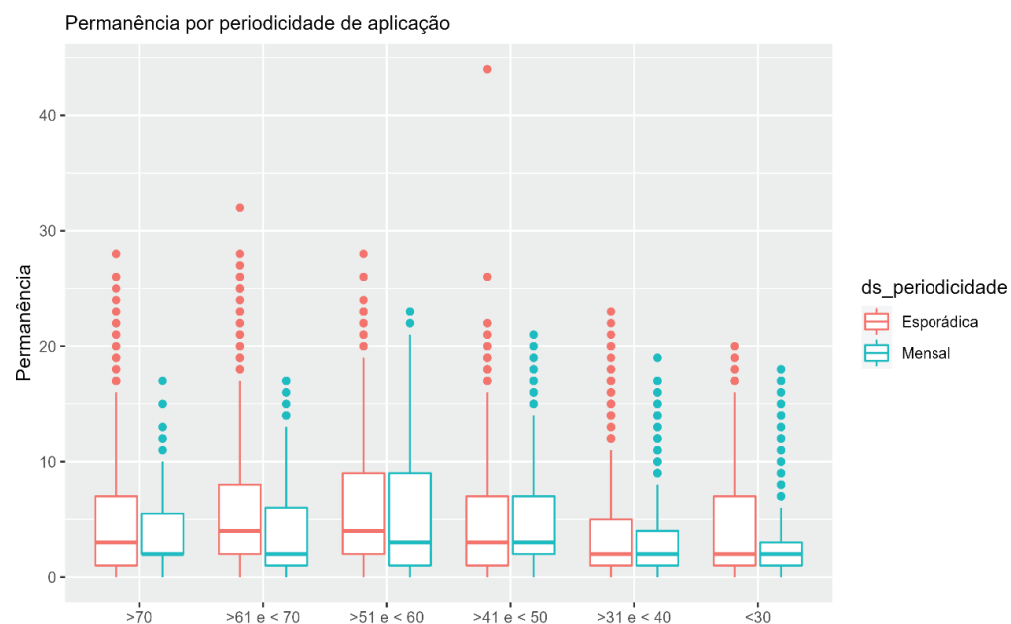
Gráfico 8: Permanência por periodicidade de aplicação.



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o *box-plot* no Gráfico 8, a permanência por frequência da aplicação apresenta diferenças entre aplicações mensais e esporádicas. Os participantes que não realizam aportes mensais encontram-se mais tempo inseridos em planos previdenciários. Com isso, pode-se levantar a hipótese de que essa diferença ocorre porque o perfil de quem contrata uma contribuição mensal é de pessoas mais jovens, que ainda se encontram na fase de acumulação de recursos financeiros. Quando essas pessoas atingirem uma idade mais próxima da aposentadoria, irão cessar com essas contribuições, migrando para o *box-plot* de quem realiza contribuições esporádicas.

Gráfico 9: Permanência por periodicidade de aplicação.



Fonte: Elaboração própria.

Segundo pesquisa feita em 2017 pela empresa MAG Seguros (2017), 52% dos brasileiros sentem que são responsáveis em garantir uma renda suficiente para a aposentadoria. Além disso, apenas 21% dos entrevistados afirmaram ter um plano formal para o planejamento financeiro, quando deixarem de trabalhar. Tal pesquisa é refletida no *box-plot* (no Gráfico 9), visto que, quanto mais próximo da idade de aposentadoria, maior a frequência de participantes realizando contribuições mensais, ou seja, grande parte da população se preocupa com a aposentadoria, mas apenas quando está próxima dela – embora seja melhor o planejamento desde jovem para poupar recursos com essa finalidade, dado que o valor financeiro das contribuições mensais é significativamente menor se diferido ao longo de 30 anos de carreira do que apenas 10 anos, por exemplo.

Além disso, os principais benefícios da previdência são tributários, que contam a partir da data de cada contribuição. Por exemplo, um participante no regime regressivo que realizou um aporte 11 anos atrás e realiza um novo, no mesmo plano, terá uma alíquota de 10% para o primeiro, e de 35% para o mais recente. Desta forma, para se obter maior proveito da previdência, levando-se em consideração que a população brasileira pretende se aposentar aos 60 anos (pesquisa de 2018 da MAG), as contribuições devem ser feitas até os 50, a fim de possibilitar o aproveitamento de 100% dos benefícios.

Por fim, o saldo acumulado também foi estudado. Porém, como esperado, a variância dos dados é consideravelmente grande. O terceiro quartil dos dados representa saldo acumulado de, aproximadamente, R\$ 125.000. Além disso, temos participantes com saldos superiores a R\$ 10.000.000, ou seja, para fazer parte do grupo dos participantes com 25% mais recursos, é preciso um valor acima de R\$ 125.000 na previdência. Para fins do modelo estatístico adotado, essa variável foi transformada em dicotômica, com grupos acima ou abaixo de 125 mil reais, acumulados em um plano de previdência.

4. METODOLOGIA

Nesta seção é descrita a metodologia adotada para realizar a análise de sobrevivência para o presente estudo, bem como o método utilizado para testar os resíduos e variáveis de resposta. O modelo selecionado é o de Cox (Cox, 1975), um dos mais utilizados em análise de dados de sobrevivência. Como consideramos a sobrevivência no plano até a data de 31 de dezembro de 2022, os dados são censurados “pela direita”, isto é, os indivíduos que não observaram o evento de interesse foram censurados no término do acompanhamento (Borges, 2014). Para validar o resultado do modelo são utilizados os testes de Wald, índice de concordância, teste da razão da verossimilhança, teste do log-rank, a análise gráfica do log dos riscos cumulativos (*Log Cumulative Hazard Plot*) e, por fim, os resíduos de Schoenfeld (Schoenfeld, 1981).

Segundo Colosimo e Giolo (2006), o modelo de regressão de Cox possibilita a análise de dados advindos de estudos de tempo de vida, em que a resposta é o tempo até a ocorrência de um evento de interesse, ajustado por covariáveis. Para uma única covariável, é representado abaixo, pela equação (1):

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(\beta x) \quad (1)$$

Onde os tempos $i = 1, \dots, n$, são independentes. Genericamente, considerando p covariáveis, tal que $\mathbf{x}$ é um vetor de componentes $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_p)$. A expressão geral é dada por:

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) g(\mathbf{x}'\beta) \quad (2)$$

Um ponto importante diz respeito ao parâmetro β_0 não se fazer presente no modelo, pois seu efeito está sendo capturado pelo componente não paramétrico. Além disso, para Colosimo e Giolo (2006), é um modelo flexível devido ao seu componente não paramétrico e, por hipótese, as taxas de falha são proporcionais. A equação (3) abaixo nos mostra que a razão da taxa de falha de dois indivíduos diferentes é constante no tempo:

$$\frac{\lambda_i(t)}{\lambda_j(t)} = \frac{\lambda_0(t) \exp \{x'_i \beta\}}{\lambda_0(t) \exp \{x'_j \beta\}} = \exp \{x'_i \beta - x'_j \beta\} \quad (3)$$

Colosimo e Giolo (2006) afirmam que o Modelo de Cox é caracterizado pelos coeficientes, que representam o efeito das covariáveis sobre a taxa de falha. Em geral, a inferência é feita a partir da estimação através do método de máxima verossimilhança. No entanto, nesse modelo, não é possível estimar dessa forma, devido ao componente não paramétrico. Com isso, Cox (1975) propôs, em seu artigo, estimar o modelo através da máxima verossimilhança parcial.

Teste de Wald

De acordo com Brito e Assaf Neto (2008), o teste de Wald é utilizado para analisar a significância dos coeficientes de uma regressão, ou seja, avaliar a hipótese nula que um determinado parâmetro seja igual a 0. É semelhante ao teste t aplicado em modelos lineares, calculado através da razão entre o coeficiente e o erro padrão. No entanto, diferentemente do teste t , o teste de Wald segue uma distribuição qui-quadrada, em que a significância de uma determinada variável é dada pela mesma fórmula de cálculo do teste t (coeficiente/erro padrão), elevada ao quadrado.

Índice de Concordância

Segundo Raykar *et al.* (2007), o índice de concordância é uma das medidas de performance mais utilizadas em modelos de sobrevivência, que corresponde à probabilidade de concordância entre a sobrevivência prevista e a observada. O índice de concordância pode ser interpretado como a fração de todos os indivíduos, cujos tempos de sobrevivência previstos estão corretamente ordenados entre todos os possíveis de serem ordenados. Em outras palavras, é a probabilidade de concordância entre o previsto e o observado (Raykar *et al.*, 2007, p.3).

Teste da Razão de Verossimilhança (Likelihood Ratio Test)

O teste da razão de verossimilhança está naturalmente associado aos estimadores de máxima verossimilhança. Como afirmado em Casella e Berger (2004), tal teste é usualmente empregado para testar a hipótese nula de que um determinado parâmetro da população satisfaz ou não a certa restrição, ou ainda, como sugerido em Bickel e Doksum (2001), para testar a hipótese nula de que

um modelo restrito é ou não apropriado. Neste segundo caso, poderíamos dizer que o teste também cumpre a função de comparar modelos.

Teste de Log-Rank (Log-Rank Test)

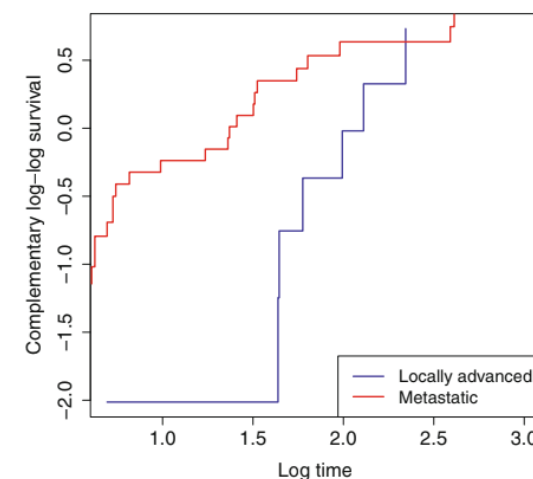
O teste de log-rank é utilizado para testar a hipótese nula (H_0), que diz respeito a não existir distinção entre as populações, em relação à probabilidade de ocorrência de um determinado evento (permanência ou saída do participante de um plano de previdência aberta), em qualquer ponto do tempo. É baseado no número de vezes em que um evento ocorreu. Além disso, quando há diferença entre os grupos, rejeita-se H_0 . Isso ocorre quando as chances de um evento acontecer em um grupo são maiores em relação ao outro (BLAND; ALTMAN, 2004, p.1073).

Gráfico do log dos riscos acumulados (Log Cumulative Hazard Plot)

A fim de atermos à hipótese de proporcionalidade do Modelo de Cox, a análise gráfica do log dos riscos acumulados é uma ferramenta que auxilia na criação dos grupos das variáveis categóricas. De acordo com Moore (2016), a proporcionalidade dos riscos é fundamental na construção da função de verossimilhança parcial. Esse tipo de gráfico é feito com a finalidade de verificar se as variáveis são constantes. Em outras palavras, não é esperada a existência de intersecção entre as linhas do gráfico. Na ausência disso, pode-se afirmar que os riscos são constantes ao longo do tempo e, conseqüentemente, proporcionais.

Portanto, após as devidas manipulações algébricas, conforme Moore (2016, p. 94), é possível obter a equação função de transformação complementar log-log, que irá gerar um gráfico semelhante ao demonstrado abaixo. Este irá possibilitar a verificação sobre a premissa de riscos proporcionais, ou seja, se é verdadeira para cada variável.

Gráfico 10: Log-log complementar entre dois grupos de câncer no pâncreas.



Fonte: Elaboração própria.

Resíduos de Schoenfeld

Outra maneira de testar e validar a hipótese de riscos proporcionais se dá através dos resíduos de Schoenfeld. Inicialmente, considere-se a função parcial de log-verossimilhança, dada pela equação:

$$l(\beta) = \sum_{i \in D} \{ \log(\psi_i) - \log(\sum_{k \in R_i} \psi_k) \} = \sum_{i \in D} \{ z_i \beta - \log(\sum_{k \in R_i} e^{z_k \beta}) \} \quad (8)$$

Quando derivamos esta equação, temos a função score, representada por:

$$l'(\beta) = \sum_{i \in D} \{ z_i - \sum_{k \in R_i} z_k p(\beta, z_k) \} \quad (9)$$

Onde:

$$p(\beta, z_k) = \frac{e^{z_k \beta}}{\sum_{j \in R_k} e^{z_j \beta}}$$

Os resíduos de Schoenfeld são os termos entre chaves da função score. Cada termo corresponde ao valor observado da covariável para o paciente i menos o valor esperado de Z , dado por $E(Z_i) = \bar{z}(t_i)$, que é uma soma ponderada, representada pelos pesos $p_k(\beta)$ do valor das covariáveis. Os termos de ponderação correspondem à probabilidade de selecionar uma determinada pessoa de um conjunto de riscos, em um determinado tempo t_i . Portanto, para uma estimativa de beta chapéu, o resíduo para o i -ésimo tempo de falha é dado por:

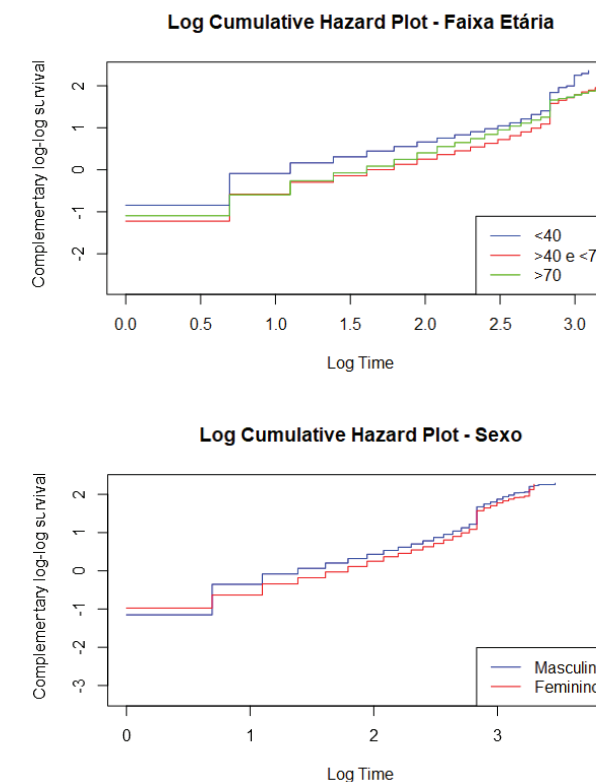
$$\hat{r}_i = z_i - \sum_{k \in R_i} z_k \cdot p(\hat{\beta}, z_k) = z_i - \bar{z}(t_i)$$

Utilizando-se os resíduos de Schoenfeld, pode-se realizar um teste no qual, pela hipótese nula (H_0), os riscos não são proporcionais. Dessa forma, ao rejeitar (H_0), pode-se concluir a proporcionalidade dos riscos.

5. RESULTADOS

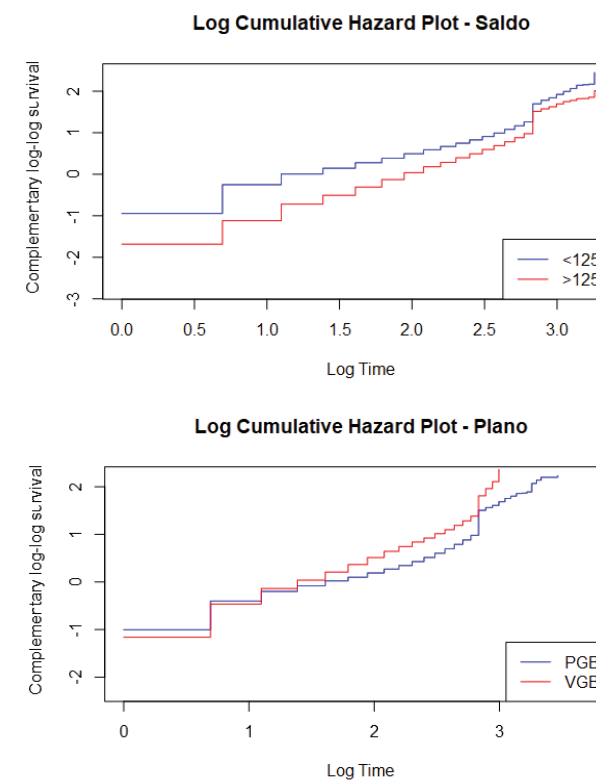
Conforme Colosimo e Giolo (2006, p. 113), a suposição básica para o uso do modelo de regressão de Cox é a proporcionalidade das taxas de falha. Para não infringir os princípios básicos do modelo, as variáveis apresentadas, na análise exploratória, são agrupadas, de forma que minimizem as intersecções. Com tal procedimento, foi adotada a análise gráfica do log dos riscos cumulativos (*Log Cumulative Hazard Plot*), conforme Moore (2016, p. 94). Os resultados obtidos estão nos Gráficos 11, 12, 13 e 14.

Gráfico 11: Log Cumulative Hazard Plot – Faixa Etária e Sexo.



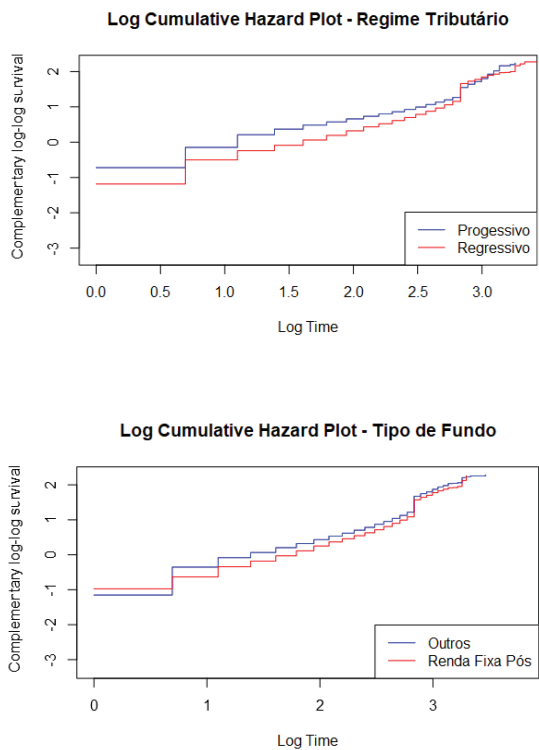
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 12: Log Cumulative Hazard Plot – Saldo e Plano.



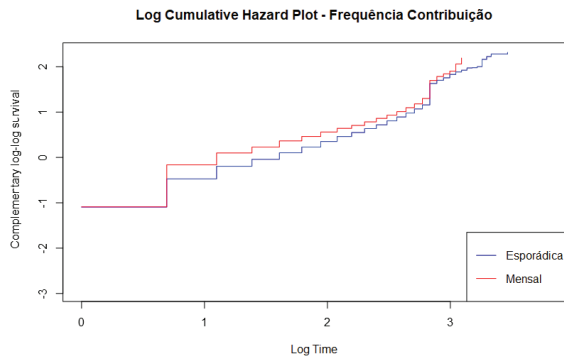
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 13: Log Cumulative Hazard Plot – Regime Tributário e Tipo de Fundo.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 14: Log Cumulative Hazard Plot – Frequência Contribuição.



Fonte: Elaboração própria.

Em sua grande maioria, o princípio da proporcionalidade dos riscos se mantém. Ocorrem poucas intersecções nos gráficos, sempre em suas extremidades. Dessa forma, o impacto desses casos não é significativo para a análise. Além disso, para garantir que não sejam incluídas variáveis que não respeitem o princípio fundamental do modelo da proporcionalidade dos riscos, é feito o teste dos resíduos de Schoenfeld (1981) sobre o modelo final selecionado, e realizados possíveis ajustes, caso necessário.

O modelo que apresentou os melhores resultados, levando-se em consideração os p-valores significativos de cada coeficiente e os testes de hipótese, está na Tabela 8.

Tabela 8: Resultado modelo Cox.

	coef	exp(coef)	se(coef)	z	Pr(> z)
faixa_etaria>41 e < 70	-0.282515	0.753885	0.006296	-44.87	<2e-16 ***
faixa_etaria>70	-0.134229	0.874389	0.010310	-13.02	<2e-16 ***
tp_planoVGBL	0.230606	1.259363	0.005626	40.99	<2e-16 ***
ds_modalidadeRegressivo	-0.269849	0.763495	0.007178	-37.59	<2e-16 ***
ds_fundo_categoriaRenda Fixa Pós	-0.065195	0.936885	0.006009	-10.85	<2e-16 ***
faixa_posicao> 125K	-0.382462	0.682180	0.006666	-57.38	<2e-16 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Concordance 0.596 (se = 0.001)					
Likelihood ratio test = 10860 on 6 df, p=<2e-16					
Wald test = 10766 on 6 df, p=<2e-16					
Score (logrank) test = 10911 on 6 df, p=<2e-16					

Fonte: Elaboração própria.

As covariáveis que compõem o melhor ajuste são compostas por:

- faixa_etária: faixa etária segregada em três grupos, menor do que 40 anos, entre 41 e 70 anos e maior do que 70 anos;
- tp_plano: PGBL ou VGBL;
- ds_modalidade: Progressivo ou regressivo;
- ds_fundo_categoria: categoria do fundo investido, segregado em dois grupos, se é de renda fixa pós-fixada ou demais fundos;
- faixa_posição: se o saldo acumulado é superior a R\$ 125.000 ou inferior.

Em resumo, (i) para faixas etárias entre 41 e 70 anos e acima de 70 anos, os participantes possuem uma probabilidade de saída menor que o caso base (faixa etária abaixo de 41 anos); (ii) para planos do tipo VGBL, a probabilidade de saída é 25% maior que planos do tipo PGBL; (iii) para regime tributário regressivo, fundos de renda fixa pós fixados e saldos acima de 125.000 reais, todos possuem probabilidade de saída menor que regime progressivo, fundos que não são de renda fixa pós-fixados e para saldos inferiores a 125 mil.

Observa-se que, em todos os testes de hipótese (*Likelihood Ratio*, Wald e log-rank), o p-valor é menor que zero. Desta forma, rejeita-se a hipótese nula, que os coeficientes não são significativos, em todos os casos. O teste de Wald nos permite concluir que os parâmetros estimados não são estatisticamente iguais a zero. O log-rank, por sua vez, possibilita concluir a existência de diferenças na permanência dos diferentes grupos.

Por fim, o teste da razão de verossimilhança (*Likelihood Ratio Test*), nos ajuda a verificar se a inclusão das variáveis explicativas compensa o ganho de complexidade, em comparação com um modelo mais simples. Nesse caso, a comparação é feita com um modelo sem covariáveis. Novamente, pelo resultado do p-valor, entende-se que o ganho de complexidade é justificado pelo ganho de assertividade do modelo.

O teste da verossimilhança apresentado na seção anterior compara apenas o cenário do modelo mais simples com o criado, com a finalidade de verificar se o acréscimo de cada covariável teve um ganho significativo para a precisão do modelo. Pode-se testar se a inclusão de cada uma das covariáveis utilizando a

função “anova” do pacote *R* para os modelos ajustados (Anderson, 2016). Assim, é possível comparar os modelos com relação aos anteriores e verificar se a inclusão de novas variáveis contribui para o modelo estatístico.

Tabela 9: Resultados ANOVA.

Analysis of Deviance Table				
Cox model:				
Model 1: ~ 1				
Model 2: ~ faixa_etaria				
Model 3: ~ faixa_etaria + SEXO_PARTICIPANTE				
Model 4: ~ faixa_etaria + tp_plano				
Model 5: ~ faixa_etaria + tp_plano + ds_modalidade				
Model 6: ~ faixa_etaria + tp_plano + ds_modalidade + ds_periodicidade + ds_fundo_categoria				
Model 7: ~ faixa_etaria + tp_plano + ds_modalidade + ds_periodicidade + ds_fundo_categoria + faixa_posicao				
Model 8: ~ faixa_etaria + tp_plano + ds_modalidade + ds_fundo_categoria + faixa_posicao				
Model	loglik	Chisq	Df	P(> Chi)
1	-1526614			
2	-1524713	3.801.820	2	< 2.2e-16 ***
3	-1524702	22.752	1	1.843e-06 ***
4	-1523914	1.576.548	0	< 2.2e-16 ***
5	-1523207	1.413.768	1	< 2.2e-16 ***
6	-1522848	718.648	2	< 2.2e-16 ***
7	-1521150	3.395.644	1	< 2.2e-16 ***
8	-1521184	69.251	1	< 2.2e-16

*** Fonte: Elaboração própria.

A partir da análise da tabela 9, pode-se observar que, em todos os modelos criados, o ganho de complexidade sempre foi compensado pelo ganho da precisão do modelo. A tabela é interpretada da seguinte forma: o p-valor do modelo 2 (Model 2) é igual a 0, isto é, em comparação com o modelo anterior (Model 1), incluir a variável faixa_etaria trouxe um ganho de precisão, que compensou o ganho de complexidade. A mesma interpretação pode ser feita para os demais modelos.

O último teste realizado é o teste de hipótese dos resíduos de Schoenfeld. Sua finalidade é garantir que não sejam considerados riscos não proporcionais no modelo, visto que o modelo de regressão (análise de sobrevivência) adotado é o de Cox, e essa é uma de suas premissas fundamentais. Caso alguma variável não passe no teste e não seja possível fazer nenhuma transformação, esta será retirada do modelo, uma vez que qualquer interpretação sobre seu coeficiente estará errada. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 10: Resíduos de Schoenfeld.

	Chisq	df	p
faixa_etaria	393	2	<2e-16
tp_plano	3136	1	<2e-16
ds_modalidade	756	1	<2e-16
ds_fundo_categoria	42	1	9,00E-11
faixa_posicao	2390	1	<2e-16
TOTAL	6743	6	<2e-16

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar que todas as variáveis possuem p-valor extremamente baixo, podendo ser considerado como zero. Desta forma, rejeita-se a hipótese nula, que corresponde à falta de proporcionalidade dos riscos.

Em resumo, os resultados do melhor modelo de análise de sobrevivência, superados os testes estatísticos feitos, indicam permanência maior em participantes de faixas etárias acima de 41 anos, planos PGBL, regime regressivo, com recursos aplicados em fundos de renda fixa pós-fixados e com saldos superiores a 125 mil reais. Tais indicativos são de muita relevância para diversas aplicações gerenciais de seguradoras e também para avaliação consistente de obrigações. Afinal, planos do tipo P/VGBL possuem embutidos uma opção de conversão em renda para cada participante. O participante, ao atingir a data de conversão em renda, pode decidir se converte seu saldo (total ou parcialmente) em uma aposentadoria. Essa opção possui valor e faz parte da obrigação de uma seguradora ou entidade de previdência, que tenha vendido o plano, para com o participante. Essas opções são chamadas em inglês de GAO (guaranteed annuity option) ou GAR (guaranteed annuity rate). O nível de conversão em renda, ou seja, a permanência de participantes no plano até a data da conversão influi diretamente no valor presente destas opções. Por isso, é fundamental para seguradoras e entidades de previdência aferir, de forma consistente, a permanência de participantes em planos com opções embutidas, como planos do tipo P/VGBL, levando em consideração o perfil de sua carteira. Como visto neste trabalho, o perfil influencia nas taxas de permanência.

6. CONCLUSÃO

O Modelo de Cox nos permite tirar algumas conclusões. Em primeiro lugar, deve-se interpretar o exponencial dos coeficientes do modelo, por exemplo, a probabilidade de um participante sair de um plano de previdência, dado que ele está em um VGBL, é 25,9% maior que a de um participante no PGBL. Para os participantes que optam pelo regime regressivo, a probabilidade da ocorrência de um evento que resulte na saída é 23,6% menor em relação aos que optam pelo regime progressivo. Essa mesma interpretação pode ser feita para as demais variáveis do modelo.

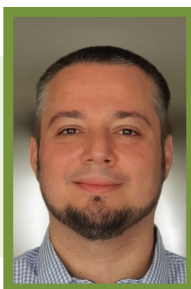
Com relação ao regime tributário, era esperado que quem optasse pelo regressivo permanecesse por mais tempo na previdência, visto que este se torna vantajoso apenas após 10 anos. Contudo, a comparação do PGBL e VGBL é

surpreendente, vez que o grande benefício do primeiro é a dedução da base tributável do imposto de renda, pois no resgate ou concessão é calculado sobre o total, ao passo que no VGBL o cálculo se dá somente sobre o rendimento no período. Reiteramos que essa é a principal contribuição do nosso trabalho.

O benefício do VGBL não é facilmente mensurável como no PGDL, que é a restituição do imposto de renda. Em muitos casos, sabemos o montante a receber na conclusão da declaração do IR, enquanto só é possível quantificar o benefício do VGBL no momento de retirada dos recursos, caso o participante se preocupe em realizar alguma comparação com outro plano, isto é, não é algo tão visível como o valor a restituir de imposto de renda. Para confirmar essa hipótese é necessária a realização de mais estudos sobre o tema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, F. Analysis by Example: Hands on Approach Using R. [s.l.]: [s.n.], 2016.
- ARAUJO, J.M.A. Análise de sobrevivência e previsão de churn de clientes de seguro de vida do Banco do Brasil. 2022. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/44013/1/2022_JoseMariaAmorimAra%C3%BAjo.pdf. Acesso em: 31 de janeiro de 2023.
- BICKEL, P.; DOKSUM, K. Mathematical Statistics: Basic Ideas and Selected Topics. London: Prentice Hall, 2001.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. The Logrank Test. BMJ: British Medical Journal, v. 328, 2004.
- BORGES, A. I. M. Análise de sobrevivência com o R. 2014. Disponível em: <https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/732/1/MestradoAlexandraBorges.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- BRITO, G. A. S.; ASSAF NETO, A. Modelo de classificação de risco de crédito de empresas. Revista Contabilidade & Finanças, v. 19, n. 46, p. 18-29, 2008.
- CASELLA, G.; BERGER, R. L. Statistical Inference. 2.ed. [s.l.]: Duxbury-Thomson Learning Publisher, 2004.
- CARVALHO, M.; ANDREOZZI, V. L.; CODEÇO, C. T.; CAMPOS, D. P.; BARBOSA, M. T. S.; SHIMAKURA, S. E. Análise de sobrevivência: teoria e aplicações em saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011.
- CNDL BRASIL. Em cada dez brasileiros, sete não conseguiram poupar dinheiro em agosto, revela indicador CNDL/SPC Brasil. CNDL. 26 set. 2019. Disponível em: <https://site.cndl.org.br/em-cada-dez-brasileiros-sete-nao-conseguiram-poupar-dinheiro-em-agosto-revela-indicador-cndlspc-brasil>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- COLOSIMO, E. A; GIOLO, S. R. Análise de sobrevivência aplicada. São Paulo: Blucher, 2006.
- COX, D. R. Partial Likelihood. Biometrika, London, v. 62, n.2, p. 269-276, 1975.
- GÖRGEN, R. Planejamento financeiro para a aposentadoria. 2015. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Universidade de Passo Fundo, Carazinho, RS, 2015.
- LEITE, S. M. R. Educação financeira e planos de aposentadoria: um estudo comparado sobre as perspectivas de alunos graduandos. 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16067/1/2016_SuelyMariaRochaLeite_tcc.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.
- LIMA, C. S. Análise de sobrevivência aplicada ao tempo de permanência do segurado em um plano de saúde: um estudo de caso. 2019. Disponível em: <http://www.ccsa.ufpb.br/atuariais/contents/documentos/caroline-da-silva.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- LUQUET, M. Guia valor econômico de planejamento da aposentadoria. São Paulo: Globo, 2001.
- MAG SEGUROS. Aposentadoria no Brasil: pesquisa mostra preocupação da população. Mag Seguros. 2018. Disponível em: <https://blog.mag.com.br/longevidade/aposentadoria-no-brasil-pesquisa-mostra-preocupacao-da-populacao>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- MAG SEGUROS. Brasil cai no ranking mundial de preparo para a aposentadoria. Mag Seguros. 2017. Disponível em: <https://blog.mag.com.br/longevidade/brasil-cai-no-ranking-de-preparo-para-aposentadoria>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- MOORE, D. F. Applied Survival Analysis Using R. [s.l.]: Springer Cham, 2016.
- RAYKAR, V.; STECK, H.; KRISHNAPURAM, B.; DEHING-OBERIJE, C.; LAMBIN, P. On Ranking in Survival Analysis: Bounds on the Concordance Index. 2007. Disponível em: http://www.umiacs.umd.edu/labs/cvl/pirl/vikas/publications/raykar_NIPS_2007_survival_analysis.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.
- SCHOENFELD, D. The Asymptotic Properties of Nonparametric Tests for Comparing Survival Distributions. Biometrika, v.68, n.1, p.316-319, 1981.

Pedro Silva de
Almeida eJonas Antonio
Cardozo Stocker

ALGORITMO GENÉTICO COMO FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO DE SEGREGAÇÃO DE MASSA

RESUMO

O equilíbrio atuarial em Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) tem previsão constitucional e a ocorrência de déficit atuarial passa a autorizar uma série de medidas que buscam conduzir a situação atuarial do RPPS ao equilíbrio. Entre as medidas de equacionamento do déficit atuarial está a segregação de massa, dividindo os beneficiários entre Fundo em Repartição e Fundo em Capitalização. Como cada beneficiário pode estar no Fundo em Repartição ou no Fundo em Capitalização, o número de possibilidades de composições destas submassas é dado por 2^n , onde n é a quantidade de beneficiários do RPPS. A investigação da eficiência e da economicidade na composição destas submassas se mostra uma tarefa bastante desafiadora e se caracteriza como um problema de otimização combinatória. A partir dessa perspectiva, o objetivo do presente artigo é apresentar o Algoritmo Genético, uma metaheurística para resolver problemas de otimização combinatória, no contexto da segregação de massas em um RPPS. Tal metodologia qualifica a busca pelo equilíbrio atuarial, se mostra como uma importante ferramenta para otimizar a composição das submassas e é uma ferramenta útil para atuários de diversas áreas de atuação, tanto na gestão de passivos quanto de ativos.

1. INTRODUÇÃO

Análises sobre como financiar sistemas previdenciários geraram uma vasta literatura ao longo dos anos. Grande parte desta bibliografia discute como financiar benefícios previdenciários e obter equilíbrio financeiro, fiscal e atuarial em um contexto demográfico de aumento da taxa de maturidade da massa segurada e de restrições econômicas. A estrutura técnica para financiamento de regimes previdenciários também ganha destaque na literatura (Coletânea World Bank).

Além das estruturas de financiamento, por meio da adoção do Regime Financeiro de Repartição Simples (RRS) ou do Regime Financeiro de Capitalização, a transição entre estes regimes e a velocidade desta transição do RRS para a Capitalização são capazes de gerar impactos financeiros significativos na busca pelo equilíbrio financeiro e atuarial (World Bank, 2005).

Trazendo o debate para a situação da previdência social brasileira, os entes

federativos que criaram seu Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) enfrentam dificuldades em obter o equilíbrio atuarial e muitos optaram por realizar segregação de massa como forma de equacionamento do déficit atuarial.

Não raro, os RPPS se depararam com os custos da manutenção simultânea de financiamento de benefícios previdenciários em RRS e em Capitalização. Esta dupla carga de financiamento está escrita em World Bank (2005), e faz com que os entes sejam obrigados a rever a segregação de massa efetuada no passado sem considerar suas restrições fiscais para manter fundos em repartição e em capitalização. Outra saída adotada é implementar em lei plano de amortização de déficit atuarial do fundo em Capitalização, adotando contribuições suplementares, na forma de alíquotas ou aportes mensais com valores preestabelecidos. Assim, existem entes que são responsáveis por insuficiência financeira no fundo em RRS, por equacionamento de déficit em fundo capitalizado, consumindo recursos públicos e gerando espaço para movimentos legislativos para reformas previdenciárias.

Outro desafio diante da opção de segregar a massa de segurados é a análise de sua efetividade em longo prazo e a determinação dos parâmetros para a regra de composição das submassas. A segregação só faz sentido caso tenha efeito financeiro positivo ou minimize os custos da transição do RRS para o regime financeiro de capitalização.

As realidades orçamentária, fiscal e financeira do ente que possui RPPS podem impor uma vasta gama de restrições, as quais demandam diferentes abordagens para solucionar o problema do equilíbrio atuarial.

Assim, são possíveis diferentes métricas para encontrar a melhor solução viável para o problema de definir a composição das submassas em cada fundo. Em determinada condição de restrição, pode ser interessante reduzir o Valor Atual das Contribuições Futuras do Ente. Em outra situação, o interesse pode ser em reduzir a necessidade de fluxo destas contribuições ou de aportes de insuficiência em determinado período. Ou ainda gerar segregação de massa que não cause necessidade de repasse para cobertura de insuficiência financeira nos próximos 10 anos.

A opção por segregar a massa de segurados em razão da data de ingresso do servidor no ente acaba por restringir excessivamente a análise e inviabiliza modelos de segregação mais eficientes que possibilitem a composição das submassas de modo mais eficaz e que reduzam os déficits atuariais ou outra métrica de interesse da gestão do ente ou da unidade gestora do RPPS.

Avaliar a totalidade de possíveis combinações para segregação de massa a fim de encontrar a melhor solução é uma tarefa que se mostra impossível na prática, em razão do número total de cenários de segregações existentes. Assim, uma metodologia que seja capaz encontrar soluções viáveis mesmo com esta limitação é uma importante ferramenta para a gestão atuarial de um RPPS.

Encontrar a melhor forma de segregar um conjunto de segurados se caracteriza como um problema de otimização combinatória, ramo da ciência da computação e matemática aplicada e que pode ser resolvido por meio da adoção de metaheurísticas – estratégias alternativas e métodos não-exatos de otimização.

Algoritmos gerados a partir de metaheurísticas resolvem instâncias de problemas difíceis, explorando o espaço de soluções geralmente grande dessas

instâncias. Esses algoritmos conseguem esse resultado reduzindo o tamanho efetivo do espaço de soluções e explorando esse espaço de forma eficiente. As metaheurísticas servem a três propósitos principais: resolver problemas mais rapidamente, resolver problemas grandes e obter algoritmos robustos. Além disso, são simples de projetar e implementar, além de muito flexíveis. (Talbi, 2009)

Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar a aplicação de um tipo de metaheurística, o Algoritmo Genético, para otimização da segregação de massa em RPPS.

2. EQUILÍBRIO ATUARIAL

O equilíbrio atuarial é elemento norteador na gestão de RPPS, com previsão na Constituição Federal (CF) em seu Art. 40 (BRASIL, CF, 1988). A ocorrência de déficit atuarial ganha estatura constitucional diante da Emenda Constitucional nº 103/2019, a partir da qual é autorizada uma série de medidas que buscam conduzir a situação atuarial do RPPS ao equilíbrio. Entre estas medidas com previsão constitucional estão a ampliação da base de cálculo da contribuição de aposentados e pensionistas e a contribuição extraordinária, no âmbito da União, para servidores ativos, aposentados e pensionistas (BRASIL, EC, 2019).

Outra forma para equacionamento do déficit atuarial, prevista na Portaria MTP nº 1.467/2022, a segregação de massa divide os beneficiários entre o Fundo em Repartição e o Fundo em Capitalização. A segregação deve observar aos princípios da eficiência e economicidade na alocação dos recursos financeiros do RPPS e na composição das submassas (Previdência, 2022).

A Portaria MTP 1.467/2022 disciplina os parâmetros e as diretrizes gerais para organização e funcionamento dos RPPS, limitando as formas de equacionamento de déficit atuarial e as possíveis estruturas atuariais do RPPS. Porém, abre-se a exceção no § 7º do art. 55 desta portaria, para, de acordo com o porte e o perfil de governança, serem adotadas outras estruturas atuariais que visem assegurar o equilíbrio financeiro e atuarial do regime.

No art. 67 da mesma portaria, está posto que, para garantir a solvência e liquidez do plano de benefícios, deverão ser adotadas medidas de aperfeiçoamento da gestão de ativos e passivos do RPPS.

Mesmo com uma extensa e rígida normatização para obtenção, apuração e equacionamento do déficit atuarial, é possível o desenvolvimento de metodologias para gerir o passivo previdenciário de modo técnico e que persigam o equilíbrio atuarial.

3. OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA

A investigação da eficiência e da economicidade na composição das submassas em uma segregação se mostra uma tarefa bastante desafiadora. Considerando que cada beneficiário pode estar no Fundo em Repartição ou no Fundo em Capitalização, o número de possibilidades de composições destas submassas é dado por 2ⁿ, onde n é a quantidade de beneficiários do RPPS. Assim, para um RPPS com 20 segurados apenas, o total de configurações para compor as submassas totaliza 2²⁰, o que representa 1.048.576 composições diferentes possíveis. Com 30

segurados, o total de composições diferentes ultrapassa 1 bilhão de possibilidades. Tal situação se caracteriza como um problema de otimização combinatória.

A otimização combinatória é um campo da matemática aplicada que utiliza técnicas de análise combinatória, programação e teoria de algoritmos para resolver problemas de otimização em estruturas discretas (Cook, Cunningham, Pulleyblank, & Schrijver, 1997).

Encontrar a melhor solução de um problema de otimização combinatória é um problema matemático de grande complexidade, conhecido como problema P-NP que o leitor pode se aprofundar mais em Talbi (2009) ou no livro seminal de Johnson (1979). Como incentivo ao leitor a se interessar pelo tema, o autor da solução do problema P-NP será premiado com US\$ 1.000.000,00¹.

A respeito da complexidade do problema e de sua intratabilidade computacional para exaurir a totalidade de casos em um problema de otimização combinatória, a Tabela 1 ilustra como o tempo de busca de um algoritmo cresce com o tamanho do problema usando diferentes complexidades de tempo de um algoritmo de otimização.

A tabela mostra claramente o crescimento abrupto das complexidades exponenciais em comparação com as polinomiais. Na prática, não se pode esperar alguns anos para resolver um problema. Assim fica evidenciada a necessidade de adoção de metaheurística para solucionar o problema de forma viável.

Tabela 1 - Tempo de busca de um algoritmo em função do tamanho do problema usando diferentes complexidades

Complexidade	n=10	n=20	n=30	n=40	n=50
O(x)	0,00001 s	0,00002 s	0,00003 s	0,00004 s	0,00005 s
O(x²)	0,0001 s	0,0004 s	0,0009 s	0,0016 s	0,0025 s
O(x⁵)	0,1 s	0,32 s	24,3 s	1,7 min	5,2 min
O(2 ^x)	0,001 s	1,0 s	17,9 min	12,7 dias	35,7 anos
O(3 ^x)	0,059 s	58,0 min	6,5 anos	3855 séculos	2x10 ⁸ séculos

Adaptado de (Johnson, 1979)

4. ALGORITMO GENÉTICO

No século XIX, Gregor Mendel foi o primeiro a estabelecer os fundamentos da hereditariedade de pais para filhos. Então, em 1859, Charles Darwin apresentou a teoria da evolução em seu famoso livro A Origem das Espécies. A partir da década de 1970, essas teorias de criação de novas espécies e sua evolução inspiraram os cientistas da computação a projetar algoritmos evolutivos para solução de problemas complexos. As principais escolas de algoritmos evolutivos se desenvolveram independentemente durante os últimos 40 anos. (Talbi, 2009)

Algoritmos Genéticos (AG) são algoritmos de busca baseados em populações de soluções para resolver problemas de otimização combinatória (Rajappa, 2012). Desenvolvido por J. H. Holland nos anos 1970, Algoritmos Genéticos

1 Prêmio oferecido pelo The Clay Mathematics Institute of Cambridge
<https://www.claymath.org/millennium-problems/>

buscavam compreender os processos adaptativos dos sistemas naturais (Holland, 1975). Em seguida, eles foram aplicados a problemas de otimização e aprendizado de máquina na década de 1980 (Goldberg, 1989) e (Jong, 1985).

Uma metodologia que possibilite investigar um grande número de configurações e que tenha o atributo de otimizar o resultado atuarial é ferramenta importante na busca pela eficiência e economicidade na composição das sub-massas. A partir dessa premissa, apresentaremos a aplicação de um AG, uma metaheurística para resolver problemas de otimização combinatória, no contexto da segregação de massas em um RPPS.

A ideia de utilizar um Algoritmo Genético para solucionar problemas atuariais já foi relatada há um bom tempo na comunidade atuarial internacional. Em artigo publicado em revista da Society of Actuaries no ano de 2011, um AG é aplicado para determinar o portfólio ideal da carteira de títulos em um problema de Asset Liability Management para seguros de vida (Wadsley, 2011).

Este artigo cita que existe um conjunto de características de um problema para os quais o AG pode ser benéfico:

1. A métrica a ser otimizada não é suave ou unimodal: Muitas técnicas tradicionais de busca e otimização acabam encontrando ótimos locais, ficando confinados nesta região.
2. O espaço de solução é vasto: Se o número de soluções for finito e pequeno, o melhor método é simplesmente tentar todas as opções e escolher a melhor. Havendo milhares ou milhões de opções, não é possível testar uma fração razoável de soluções.
3. Boas soluções para o problema tendem a compartilhar elementos: Se um conjunto de boas soluções tem semelhanças entre si, possivelmente estes elementos semelhantes são importantes para uma boa solução.

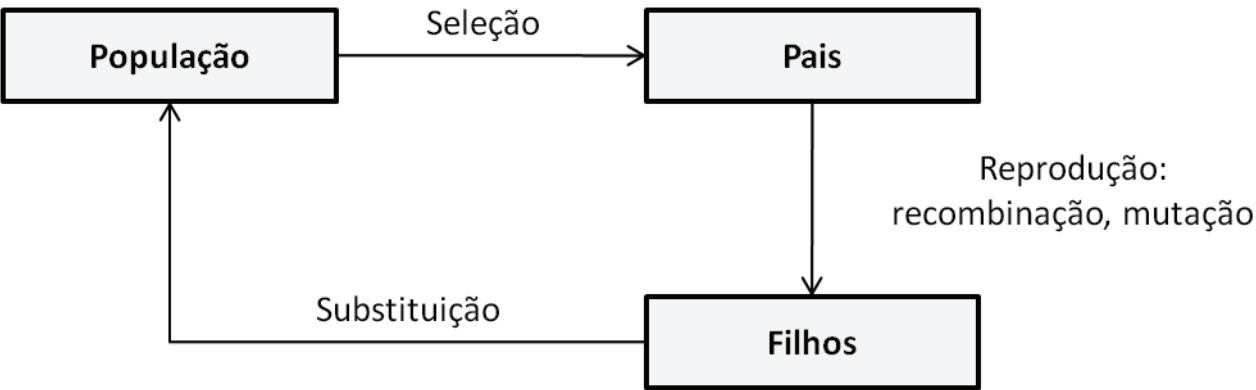
Em relatório do Institute and Faculty of Actuaries, AG é citado como método a explorar na prática atuarial. Como exemplo, citam o uso em otimização de portfólio e resseguro, para modelagem de capital em benefícios de saúde, seguro de vida e ramos gerais (Institute and Faculty of Actuaries, 2018).

De um modo geral, existem problemas atuariais sem solução determinística clara, para os quais uma busca completa está além das capacidades computacionais. Ainda assim, um conjunto muito simples de regras e uma técnica que imita a sobrevivência evolucionária do mais apto podem chegar a soluções muito práticas em tempo razoável (Snell, 2011).

4.1. Estrutura de Algoritmo Genético

Algoritmos Genéticos fazem parte de uma classe de algoritmos de otimização iterativos que simulam a evolução das espécies, chamados algoritmos evolucionários. Eles são baseados na evolução de uma população de indivíduos (Talbi, 2009).

Figura 1 - Uma geração em algoritmos evolucionários. Adaptado de (Talbi, 2009)



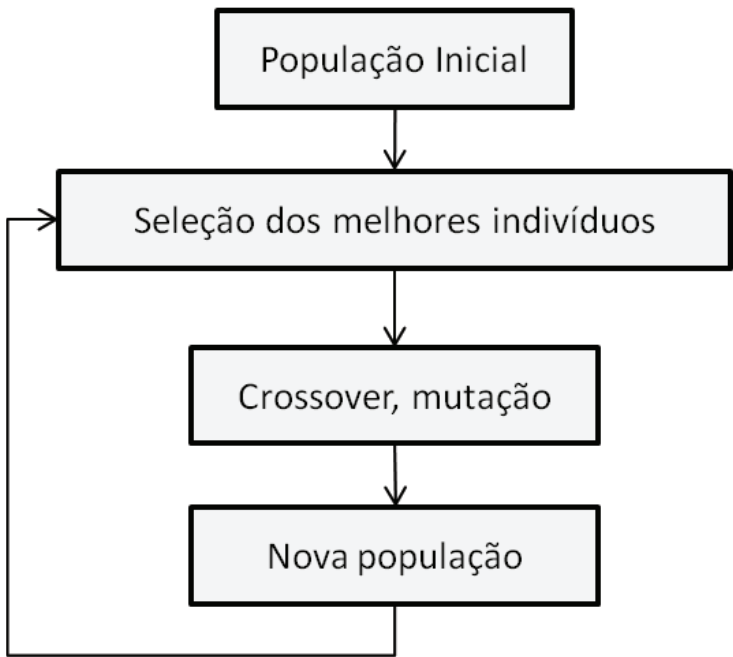
Tradicionalmente, AG são associados com representações binárias, porém já são encontradas aplicações que usam outras representações (Eremeev, 1998). Assim, tipicamente uma solução do problema de interesse pode ser denominada cromossomo, cada valor da variável de decisão é denominado gene e o conjunto de soluções, ou cromossomos, é a população. A figura 2 mostra as denominações para a representação binária.

Figura 2 - Representação binária: Gene, cromossomo e população

S1	0	0	0	0	Gene
S2	1	1	1	1	
S3	0	0	1	0	Cromossomo
S4	1	0	1	0	População

Algoritmos Genéticos geram soluções para problemas de otimização baseados na teoria da evolução usando conceitos como reprodução, cruzamento (*crossover*) e mutação, como mostra a estrutura na Figura 3. O conceito fundamental de um algoritmo genético estabelece um conjunto de condições para atingir ótimos globais. Essas condições descrevem o processo de reprodução e garantem que as soluções com mais aptidão para otimizar o problema permaneçam nas gerações futuras e as soluções mais fracas sejam eliminadas (Rajappa, 2012).

Figura 3 - Estrutura de um Algoritmo Genético. Adaptado de (Talbi, 2009)



A estrutura das etapas a ser efetuadas em um código de AG pode ser visualizada no algoritmo abaixo.

Figura 4 - Estrutura AG

Algoritmo Modelo de AG (Talbi, 2009)	
1.	Inicializar uma população de μ indivíduos;
2.	Avalie os μ indivíduos;
Repita	
3.	Gera λ descendentes de μ pais;
4.	Avalie os descendentes λ ;
5.	Substitua a população por μ indivíduos de pais e descendentes;
Até Critérios de parada	
Saída Melhor indivíduo ou população encontrada	

Assim, a estrutura do código consiste em três fases: avaliação da função de aptidão de cada solução na população, seleção de soluções com base em valores de aptidão e aplicação de operações genéticas como cruzamento e mutação para gerar novos descendentes.

Essas fases são repetidas enquanto um critério de parada não é atingido. Como, em geral, não se tem conhecimento prévio da solução ótima do problema, o algoritmo repete as operações genéticas em busca de soluções melhores durante um determinado número de vezes, avaliando e selecionando as soluções mais aptas. Cada seleção de soluções é denominada geração.

4.2. Operações Genéticas

As operações genéticas envolvem crossover e mutação. Em uma operação de crossover, as soluções pai são fragmentadas e as propriedades são trocadas entre os dois pais para gerar soluções descendentes. Na mutação ocorrem alterações pontuais e aleatórias em uma solução.

Por exemplo, considere dois pais com representação binária dados por P1: 1-0-0-1 e P2: 1-1-0-0. Um cruzamento pode ocorrer em qualquer ponto entre cada elemento do pai. Se o ponto de cruzamento estiver após a segunda posição para os pais acima, os dois novos descendentes são gerados da seguinte forma: F1: 1-0-0-0 e F2: 1-1-0-1. Assim, esses descendentes herdam certas características de seus pais a partir da operação genética de crossover (Rajappa, 2012). O ponto de cruzamento também pode ser indicado por um parâmetro, entre 0 e 1, que representa a posição do ponto de cruzamento no cromossomo sobre o total de genes. Neste exemplo, o parâmetro é 0,5 (2/4)

A mutação é a operação genética que promove alteração aleatória em genes. Assim, F1: 1-0-0-0 ao sofrer mutação, dá origem a outro cromossomo e pode assumir, por exemplo, a forma F3: 1-0-1-0. A mutação também pode ser indicada por um parâmetro, entre 0 e 1, que representa o total de alterações a serem efetuadas. A posição destas alterações, no entretanto são aleatórias. Neste exemplo, o parâmetro é 0,25 (1/4).

5. METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados os elementos metodológicos e a base de dados utilizados para aplicar o Algoritmo Genético na otimização da segregação de massa.

5.1. Regimes Financeiros

O plano de benefícios utilizado como base para aplicação do algoritmo genético busca otimizar a segregação de participantes em dois grupos com características distintas. A distinção feita é no regime financeiro aplicado.

5.2. Regime Financeiro de Capitalização

O regime financeiro de capitalização prevê a formação de patrimônio para fazer frente aos compromissos com futuros pagamentos de benefício. As receitas arrecadadas dentro do período analisado devem ser suficientes para pagar os benefícios vigentes e possibilitar a acumulação para gerar receitas financeiras para futuro pagamento de benefícios.

Neste regime, o valor atual de todo o fluxo de contribuições normais e suplementares futuras acrescido ao patrimônio do plano deve ser igual ao valor atual de todo o fluxo de pagamento de benefícios futuros. Demanda, pelo menos, a constituição de provisão matemática de benefícios a conceder e de provisão matemática de benefícios concedidos.

Neste trabalho, para segurados pertencentes ao fundo capitalizado, foi considerada a alíquota de contribuição do Ente como sendo a mesma do servidor para o cálculo do Valor Atual das Contribuições Futuras (VACF). Assim, alocar o servidor no fundo capitalizado gera valor menor de $VACF_{ente}$ quando comparado ao $VACF_{ente}$ do fundo em repartição simples.

O patrimônio inicial do fundo capitalizado foi fixado em R\$ 2.000.000,00.

5.3. Regime de Repartição Simples

No regime financeiro de repartição simples as receitas arrecadadas dentro

do período analisado devem ser suficientes para pagar todos os compromissos com benefícios neste mesmo período. Assim, não há constituição de patrimônio para garantir o pagamento de benefícios futuros, de tal forma que para este regime o valor atual do fluxo de contribuições normais futuras de um único exercício deve ser igual ao valor atual de todo o fluxo de benefícios futuros cujo pagamento venha a ocorrer nesse mesmo exercício.

Neste trabalho, para segurados que fazem parte do fundo financeiro, foi considerada a alíquota de contribuição do Ente como sendo o dobro da alíquota aplicada ao servidor para o cálculo do VACF.

Desta forma, a contribuição do ente observa o limite posto pelo Art. 11 da Portaria MTP N° 1.467, o qual define que o somatório do valor da contribuição do ente federativo para cobertura do custo normal do plano de benefícios do RPPS não poderá ser inferior ao somatório do valor da contribuição dos segurados nem superior ao dobro desta.

5.4. Plano de Benefícios

Neste trabalho, para servidores ativos e inativos, será considerado apenas o benefício de aposentadoria programada na modalidade de benefício definido. Ainda que os RPPS garantam benefício de pensão, para o objetivo deste artigo – apresentar o AG como ferramenta de otimização – este não foi considerado por motivos de simplificação da modelagem e redução dos tempos de execução do algoritmo.

Esta opção não incorre em perdas para demonstrar a aplicação do AG para a finalidade proposta.

5.5. Resultado Atuarial

Para apuração dos valores atuais de contribuição futura e de benefício futuro, foram utilizadas formulações matemáticas e premissas amplamente adotadas em diversas notas técnicas de RPPS.

É importante destacar que o Valor Atual da Contribuição Futura do Ente (VACF_{ente}) pode ser expresso da seguinte forma, com base no Valor Atual da Contribuição Futura do Servidor:

VACF_{Ente} = { VACF_{Servidor}, se participante pertence ao fundo capitalizado
2 · VACF_{Servidor}, se participante pertence ao fundo financeiro

Portanto, para um determinado servidor i, é válida a relação abaixo a depender do fundo em que o servidor está vinculado:

VACF_{Financeiro(i)} = 3/2 · VACF_{Capitalizado(i)}

O resultado de cada fundo será calculado conforme as formulações abaixo:

Resultado_{Capitalizado} = Patrimonio - Σ_{i=1}ⁿ VABF_(i) - VACF_(i)
Resultado_{Financeiro} = - Σ_{i=1}^m VABF_(i) - VACF_(i)

Onde:

- n: é o número de pessoas pertencentes ao fundo capitalizado;
- m: é o número de pessoas pertencentes ao fundo financeiro;

5.6. Estrutura da base de dados

A base de dados utilizada é composta por 18 segurados. Esta é uma quantidade de segurados que resulta em um total de 2¹⁸ ou 262.144 possíveis formas de segregação de massa.

Todos os VABF e VACF foram calculados previamente a utilização do AG para otimização da segregação. Durante as rotinas de otimização não são calculados estes valores, nem os fluxos atuariais. Assim, há maior rapidez de processamento visto que não há repetições desnecessárias de cálculos.

A estruturação dos dados para otimização com base no VABF e VACF já calculados, além da redução da complexidade e do tempo de processo do algoritmo, também serve para evidenciar a aplicabilidade do AG de modo independente à formulação matemática dos VABF e VACF, e das premissas adotadas para este fim.

A base de dados utilizada fornece informações sobre cada segurado:

- Fundo: Indica a segregação inicial entre os fundos financeiro e capitalizado.
- Sexo: Indica o gênero do segurado.
- Data de nascimento: Indica a data de nascimento do segurado.
- Situação: Indica se participante é Ativo ou Inativo.
- VABF: É o valor atual dos benefícios futuros de aposentadoria programada.
- VACF_Servidor: É o valor atual das contribuições futuras do servidor.
- VACF_EnteCap: É o valor atual das contribuições futuras do ente quando o servidor pertence ao fundo capitalizado.
- VACF_EnteFin: É o valor atual das contribuições futuras do ente quando o servidor pertence ao fundo financeiro.
- PMBaC_Cap: Provisão matemática quando o servidor pertence ao fundo capitalizado.
- PMBaC_Fin: Provisão matemática quando o servidor pertence ao fundo financeiro.

Tabela 2 - Base de dados utilizada

Fundo	Segreg_inicial	Sexo	Data_nascimento	Situacao	VABF	VACF_Servidor	VACF_EnteCap	VACF_EnteFin	PMBaC_Cap	PMBaC_Fin
F		1 M	01/05/1941	Inativo	R\$ 178.680,35	R\$ 11.336,33	R\$ 11.336,33	R\$ 22.672,67	R\$ 156.007,69	R\$ 144.671,35
F		1 F	05/02/1967	Inativo	R\$ 422.679,90	R\$ 43.785,41	R\$ 43.785,41	R\$ 87.570,83	R\$ 335.109,07	R\$ 291.323,66
F		1 F	11/06/1963	Inativo	R\$ 395.512,92	R\$ 29.581,90	R\$ 29.581,90	R\$ 59.163,80	R\$ 336.349,12	R\$ 306.767,22
F		1 F	24/11/1952	Ativo	R\$ 578.218,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 578.218,51	R\$ 578.218,51
F		1 F	29/06/1949	Inativo	R\$ 582.614,28	R\$ 81.633,12	R\$ 81.633,12	R\$ 163.266,24	R\$ 419.348,04	R\$ 337.714,92
F		1 F	20/07/1958	Inativo	R\$ 887.554,62	R\$ 133.774,92	R\$ 133.774,92	R\$ 267.549,83	R\$ 620.004,78	R\$ 486.229,87
F		1 F	04/06/1983	Ativo	R\$ 62.085,47	R\$ 21.104,22	R\$ 21.104,22	R\$ 42.208,43	R\$ 19.877,04	-R\$ 1.227,18
F		1 F	03/10/1968	Inativo	R\$ 819.715,76	R\$ 108.920,88	R\$ 108.920,88	R\$ 217.841,76	R\$ 601.874,00	R\$ 492.953,13
F		1 F	16/02/1976	Ativo	R\$ 268.720,05	R\$ 40.205,09	R\$ 40.205,09	R\$ 80.410,18	R\$ 188.309,87	R\$ 148.104,78
F		1 F	03/07/1951	Inativo	R\$ 183.522,77	R\$ 6.170,96	R\$ 6.170,96	R\$ 12.341,93	R\$ 171.180,84	R\$ 165.009,88
F		1 F	11/08/1943	Inativo	R\$ 157.171,13	R\$ 7.290,91	R\$ 7.290,91	R\$ 14.581,82	R\$ 142.589,31	R\$ 135.298,40
F		1 F	31/07/1942	Inativo	R\$ 165.211,10	R\$ 8.950,06	R\$ 8.950,06	R\$ 17.900,12	R\$ 147.310,98	R\$ 138.360,92
F		1 F	06/11/1961	Ativo	R\$ 738.713,89	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 738.713,89	R\$ 738.713,89
F		1 F	05/11/1966	Inativo	R\$ 806.914,85	R\$ 147.799,39	R\$ 147.799,39	R\$ 295.598,79	R\$ 511.316,06	R\$ 363.516,67
F		1 F	22/01/1981	Ativo	R\$ 134.384,63	R\$ 96.840,33	R\$ 96.840,33	R\$ 193.680,65	-R\$ 59.296,02	-R\$ 156.136,35
F		1 F	11/09/1934	Inativo	R\$ 115.921,78	R\$ 6.552,00	R\$ 6.552,00	R\$ 13.104,01	R\$ 102.817,77	R\$ 96.265,77
F		1 F	12/08/1981	Ativo	R\$ 138.935,56	R\$ 52.177,58	R\$ 52.177,58	R\$ 104.355,17	R\$ 34.580,39	-R\$ 17.597,20
F		1 F	23/12/1955	Inativo	R\$ 192.133,89	R\$ 5.035,60	R\$ 5.035,60	R\$ 10.071,20	R\$ 182.062,69	R\$ 177.027,09

5.7. Problema de otimização

Dada uma segregação inicial da base de dados entre os fundos financeiro e capitalizado, o problema de otimização consiste em:

$$MIN VACF_{ente}$$
$$st: Resultado_{capitalizado} \geq 0$$

Assim, se busca minimizar o total do Valor Atual das Contribuições Futuras do Ente observando a restrição de não gerar déficit no fundo capitalizado. A redução do $VACF_{ente}$ se dá mediante a alocação do servidor no fundo capitalizado, dado que o ente contribui na mesma medida do servidor. Entretanto a alocação de servidores no fundo capitalizado deve observar a restrição do resultado do fundo capitalizado e deve ser positivo. Para iniciar a análise, definimos segregação inicial em que todos os participantes fazem parte do fundo financeiro e o patrimônio inicial do fundo capitalizado foi determinado em R\$ 2.000.000,00. Desta forma, a segregação inicial gera os seguintes resultados:

Segregação inicial	VACF_ente	Resultado_cap	Resultado_fin
[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]	R\$ 1.602.317,43	R\$ 2.000.000,00	-R\$ 4.425.215,33

O vetor de segregação inicial possui tamanho igual ao número de participantes do RPPS e indica a qual fundo o segurado pertence, caso o índice seja igual a 1, o servidor da respectiva linha pertencerá ao fundo financeiro, caso o índice seja igual a 0, o servidor pertencerá ao fundo capitalizado. Para testar a eficiência do algoritmo genético foi construída uma lista dos 20 melhores cenários nos quais as restrições acima são aplicadas:

Tabela 3 - As 20 melhores soluções do problema de otimização proposto

cenario	VACF_ente	Resultado_cap	Resultado_fin
[1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.001.495,03	R\$ 83.333,88	-R\$ 3.109.371,61
[0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.010.894,44	R\$ 7.034,38	-R\$ 3.023.672,70
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.013.280,72	R\$ 15.731,09	-R\$ 3.029.983,13
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.014.939,87	R\$ 20.452,76	-R\$ 3.033.045,65
[1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.016.047,23	R\$ 393,15	-R\$ 3.011.878,66
[0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.017.446,45	R\$ 109.852,15	-R\$ 3.119.938,47
[1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.018.650,45	R\$ 16.242,87	-R\$ 3.025.125,17
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.019.832,73	R\$ 118.548,86	-R\$ 3.126.248,90
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.021.491,88	R\$ 123.270,53	-R\$ 3.129.311,42
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.022.230,78	R\$ 163.042,07	-R\$ 3.168.344,05
[1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.022.599,24	R\$ 103.210,92	-R\$ 3.108.144,43
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.022.611,82	R\$ 94.679,00	-R\$ 3.099.599,94
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0]	R\$ 1.023.747,19	R\$ 83.797,15	-R\$ 3.087.582,73
[0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.023.811,77	R\$ 12.818,29	-R\$ 3.016.539,27
[1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.025.202,46	R\$ 119.060,64	-R\$ 3.121.390,94
[1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.026.198,05	R\$ 21.515,00	-R\$ 3.022.849,70
[1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.027.857,20	R\$ 26.236,67	-R\$ 3.025.912,22
[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.028.782,79	R\$ 265.859,84	-R\$ 3.264.609,82
[0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1]	R\$ 1.030.363,78	R\$ 115.636,06	-R\$ 3.112.805,04
[0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1]	R\$ 1.031.998,65	R\$ 26.911,42	-R\$ 3.022.445,52

Espera-se que um algoritmo eficaz gere a solução otimizada estando entre as melhores soluções possíveis. Desta forma, utilizaremos como métrica para esta medida um indicador para exprimir se a solução otimizada no experimento realizado está entre as 20 melhores soluções. Com 18 segurados na base de dados utilizada, foi gerado o resultado de todas as 262.144 segregações possíveis utilizando um código de programação em Python. Foram encontradas 58.773 formas de segregações que otimizam o problema respeitando as restrições impostas: o resultado do fundo capitalizado é maior do que zero e o $VACF_{ente}$ é menor do que o obtido com a segregação inicial. Esse número representa 22,42% do total de combinações possíveis. Entretanto, será considerada para medida da eficácia quando o experimento retornar solução otimizada que esteja entre as 20 melhores soluções.

5.8. Estrutura do Algoritmo Genético

- O AG aplicado segue a estrutura dada pela Figura 4 e detalhado abaixo.
- 1 É inicializada uma população inicial a partir da segregação com todos segurados no fundo em financeiro e 10 soluções aleatoriamente geradas a partir de mudanças pontuais em 10 posições desta segregação inicial, totalizando 11 segregações.
 - 2 São avaliados os indivíduos desta população inicial quanto a seus valores de resultado dos fundos e de $VACF_{ente}$ e 4 são selecionados,
 - 3 São gerados os descendentes desses 4 selecionados por meio de crossover entre todos os 4 selecionados, gerando 12 soluções, e aplicado mutações nos

- descendentes, outras 12 soluções, totalizando 28 soluções em cada geração.
- 4 São avaliados os mais aptos de acordo com a métrica de otimização e restrições impostas entre a população composta pelas 28 de soluções pais e descendentes.
 - 5 Substitui-se a população inicial pelos mais aptos
 - 6 Repete-se de 2 a 5 até cumprir o critério de parada do algoritmo.
 - 7 Solução otimizada é a solução com menor $VACF_{ente}$

Para as operações genéticas de crossover e mutação nos cromossomos, foram utilizados parâmetros de 0,1.

O número de gerações foi utilizado como parâmetro de parada do algoritmo. Foram realizados 100 experimentos com 15, 20, 30, 40 e 100 gerações, para um total de 500 experimentos.

5.9. Recursos computacionais

Foi utilizado um computador com processador Intel® Core (TM) i7-4770 CPU 3.40 GHz, 16 GB de RAM instalada.

Python foi utilizado para rodar o algoritmo descrito nesta seção.

6. RESULTADOS

Tendo por objetivo apresentar o AG como uma opção viável para otimizar a segregação de massas em um RPPS, realizou-se uma série de experimentos computacionais para verificar se o algoritmo implementado é capaz de obter solução entre as melhores soluções possíveis.

Para a base de dados contendo 18 segurados, foram efetuados 100 experimentos com 15, 20, 30 40 e 100 gerações. Ao final de cada experimento, é verificado se a solução otimizada está entre as 20 melhores soluções do total de 262.144 possíveis, ou seja, entre os 0,01%.

Tabela 4 - Resultados

Nº de experimentos	Nº de gerações	Soluções otimizadas entre as 20 melhores
100	15	42
	20	70
	30	81
	40	82
	100	99

Os resultados da Tabela 4 revelam que o algoritmo implementado é capaz de gerar soluções otimizadas que estejam entre as 20 melhores partindo de uma segregação inicial com segurados, todos vinculados ao fundo em repartição, independentemente do número de gerações utilizadas no experimento.

Também fica evidente que ao adotar mais gerações aumenta a probabilidade de a solução otimizada estar entre as melhores. Para acompanhar a evolução do $VACF_{ente}$, foram elaborados gráficos indicando o $VACF_{ente}$ da solução otimizada a cada geração.

As Figuras de 6 a 10 mostram como se comportam as soluções otimizadas geração a geração e para cada experimento. Sempre partindo do mesmo ponto,

no qual o $VACF_{ente}$ corresponde ao valor referente à segregação inicial, para todos os experimentos, de todos os números de gerações, ocorre uma tendência de decrescente do $VACF_{ente}$. Isto acontece pois sempre são mantidas as melhores soluções encontradas até aquela geração do experimento.

Na medida em que ocorrem as operações genéticas de crossover e de mutação, surgem na população novas soluções e, caso sejam melhores, são selecionadas como mais aptas e mantidas na população para próxima geração.

Conforme as gerações vão se sucedendo e aumentando os números de gerações nos experimentos, maior é a proporção de soluções otimizadas que chegam à solução ótima global, de aproximadamente R\$ 1,01 milhão, como visto na Figura 5.

Figura 5 - Evolução $VACF_{ente}$: Nº Gerações = 15

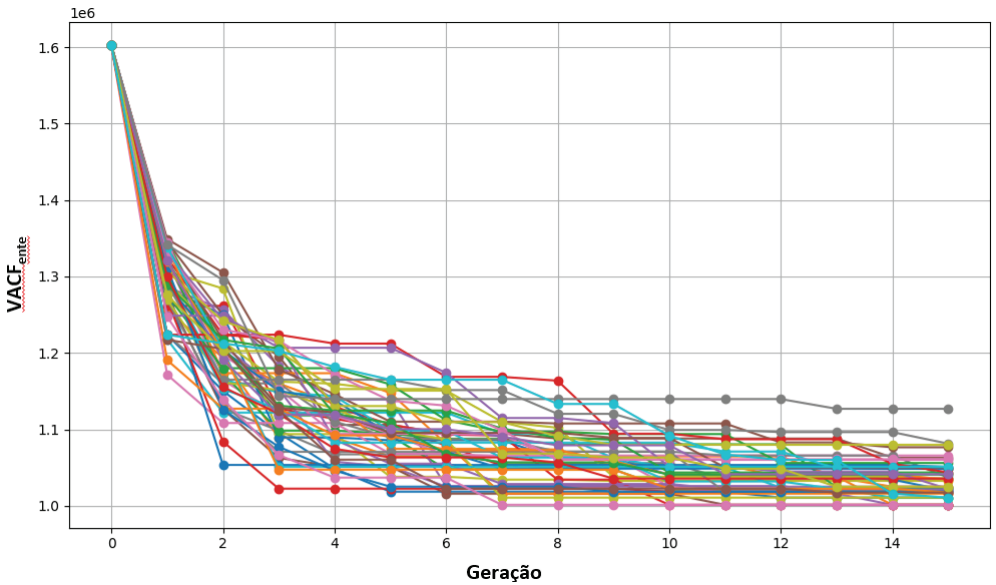
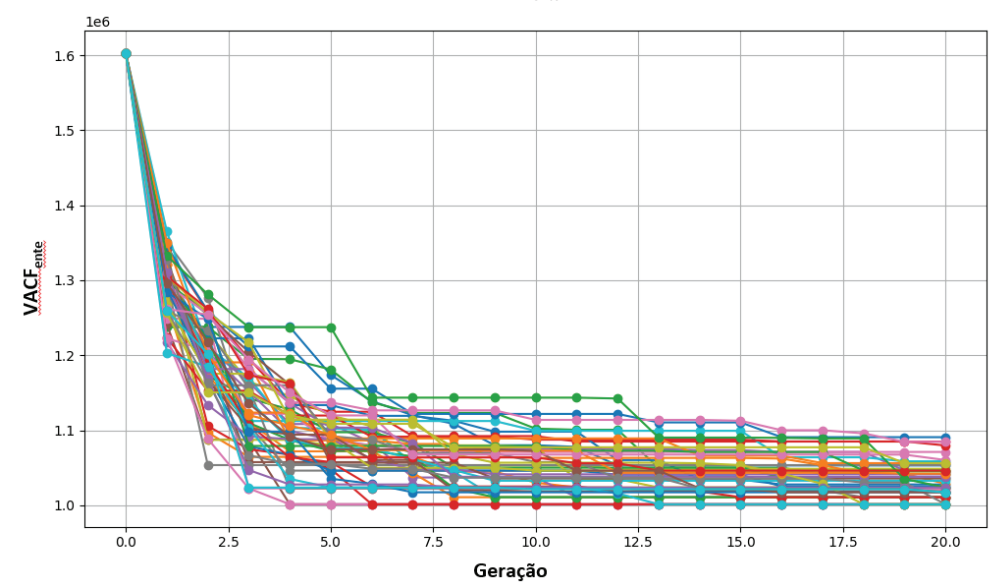


Figura 6 - Evolução $VACF_{ente}$: Nº Gerações = 20



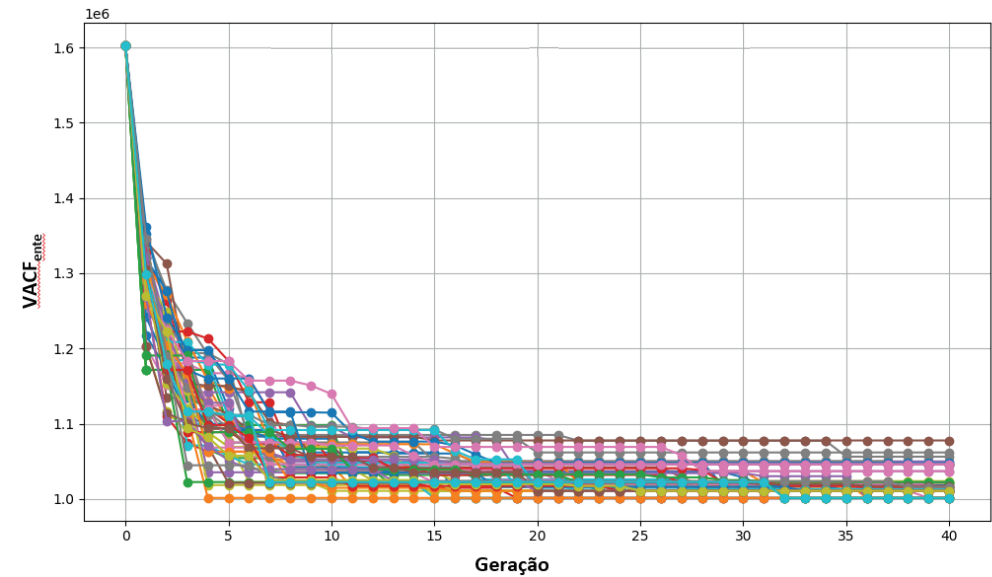
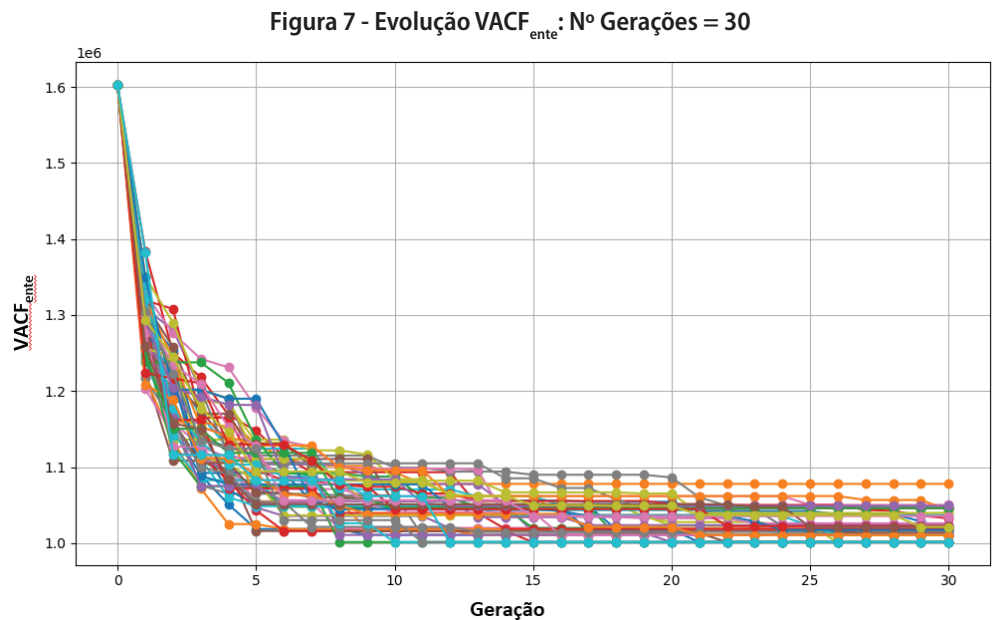
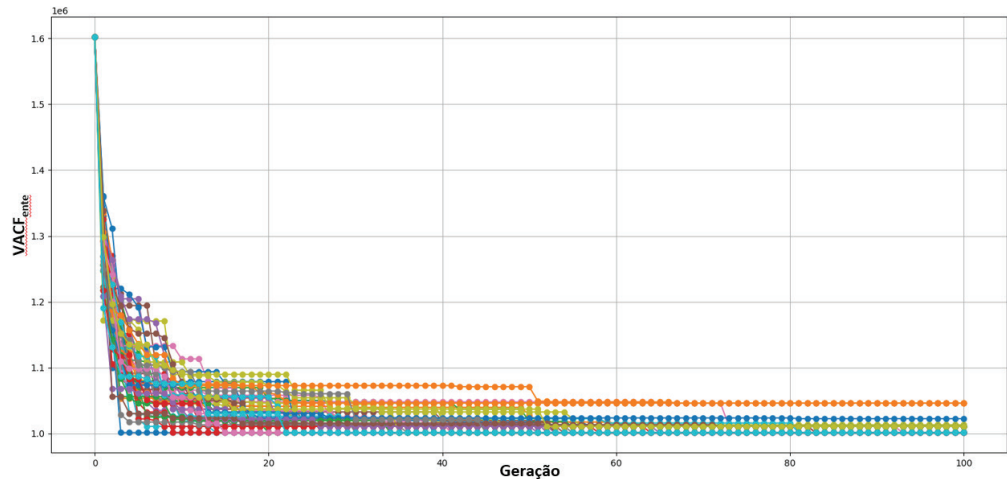


Figura 9 - Evolução $VACF_{ente}$: N° Gerações = 100



Os tempos de execução dos experimentos podem ser observados na Tabela 5. A tabela também traz dados referentes ao processamento com um número maior de segurados, para se ter uma sensibilidade do aumento de tempo em função do aumento de segurados.

Como era esperado, ocorre aumento do tempo de processamento de cada experimento em função do aumento de gerações, visto que são executadas mais operações genéticas e seleções de mais aptos. Entretanto, o aumento do número de segurados para 50 não ocasiona um incremento substancial. A variação observada dá elementos para inferir que a utilização de um algoritmo iterativo não-exato, que é o caso do AG, não é penalizado em seu tempo de execução de modo proibitivo ao aumentar o tamanho do grupo de segurados neste problema de otimização combinatória.

Tabela 5 - Tempos de execução

N° de experimentos	N° de gerações	Tempo de execução (s) 18 segurados	Tempo de execução (s) 50 segurados
100	15	52,46	58,57
	20	57,32	70,92
	30	77,86	124,15
	40	103,24	143,58
	100	229,68	278,17

7. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

É esperado de um AG que ele gere, de modo iterativo, soluções cada vez melhores de acordo com o problema de otimização proposto. Sua eficácia depende de uma série de parâmetros e características da modelagem e da base de dados a ser utilizada. Os resultados observados demonstram a aplicabilidade do AG para utilização em otimização da segregação de massas e sua utilidade na busca por eficiência e economicidade.

Ainda que sejam resultados baseados em base de dados reduzida, sua implementação em linguagem de programação possibilita a sua utilização em bases de dados maiores, e sem uma penalização proibitiva no tempo de execução.

Destaca-se ainda que é possível adotar a otimização em nível de grupos de segurados. É possível agrupar segurados que possuem semelhanças em seus fluxos esperados de contribuição e recebimento de benefício.

Desta forma, ao fazer agrupamentos de segurados conforme seu gênero, faixa etária, ano de ingresso no ente, tempo esperado até a aposentadoria programada, carreira e qualquer outra característica, se reduz a complexidade do problema de milhares ou até mesmo centenas de milhares de segurados para dezenas ou centenas de agrupamentos. Mesmo uma otimização combinatória para um tamanho de 50 segurados, ou grupos de segurados, possui uma

complexidade que inviabiliza encontrar as melhores soluções sem adoção de estratégias como a utilização de AG.

Diante do aumento da complexidade do problema, seja pelo aumento do número de segurados, ou pela estrutura de dados de $VACF_{ente}$, do volume de patrimônio ou pela mudança da métrica a ser otimizada, não é plausível esperar que poucos experimentos como os realizados neste estudo sejam suficientes para obter uma alta taxa de solução otimizada entre as melhores possíveis.

Para que sejam alcançadas altas taxas de obtenção de melhores solução será necessário um ajuste preciso dos parâmetros envolvidos na implementação do algoritmo: número de gerações, número de soluções na população, taxa de mutação, percentual de mutação na população e ponto cruzamento no crossover.

O controle do número de gerações é parâmetro importante, tanto para possibilitar que aleatoriedade dê efeitos em soluções mais aptas, mas também para evitar consumir tempo de processamento em experimentos que já encontraram um ótimo local e acabam confinados, sem apresentar evoluções. Insistir nesta situação pode consumir tempo que poderia ser utilizado para investigar o problema com novos experimentos e parâmetros mais adequados à base de dados do problema de otimização proposto.

Os parâmetros de crossover e mutação ampliam a localidade da busca e possibilitam os saltos de evolução na solução otimizada observados nas Figuras de 6 a 10. A otimização destes parâmetros é crucial ao lidar com problemas de maior complexidade.

O tamanho da população selecionada também é um parâmetro muito relevante, pois populações maiores carregam maior variabilidade de soluções, e a capacidade de explorar mais amplamente o espaço de soluções é fundamental para uma metaheurística.

Entre os próximos passos da pesquisa é realizar a otimização do problema de segregação de modo a encontrar cenário de segregação que maximiza o resultado atuarial, restrito a que o fluxo de financeiro em determinados horizontes de tempo não seja negativo. Ou seja, encontrar cenário de segregação que não demande aportes de insuficiência financeira dentro de um determinado período de tempo. Ainda que seja necessário ajustes na modelagem do problema de otimização, o AG se constitui em ferramenta adequada para este tipo de investigação.

Diante das possibilidades de aplicação, o AG se credencia como uma das medidas de aperfeiçoamento da gestão de passivos do RPPS previstas na Portaria MTP 1.467/2022, podendo ser utilizado para otimização da segregação de massa em RPPS de todos os tamanhos de massa segurada e diante de inúmeras restrições financeiras, fiscais e orçamentárias.

Com uma flexibilidade de modelagem e potencial de aplicação para gestão de passivo previdenciário demonstrada aqui, mas também com os possíveis usos em outros ramos da ciência atuarial, o Algoritmo Genético se revela uma ferramenta bastante interessante para abordagens inovadoras em problemas atuariais de longa data.

8.

9. REFERÊNCIAS

- BRASIL. (1988). CF. Acesso em 17 de 07 de 2023, disponível em Constituição Federal: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao-Compilado.htm
- BRASIL. (2019). EC. Acesso em 17 de 07 de 2023, disponível em Emenda Constitucional: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc103.htm
- COOK, W. J., CUNNINGHAM, W. H., PULLEYBLANK, W. R., & SCHRIJVER, A. (1997). Combinatorial Optimization.
- EREMEEV, A. V. (1998). A Genetic Algorithm with a Non-Binary Representation for the Set Covering Problem. (pp. 175–181). Springer.
- GOLDBERG, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley.
- HOLLAND, J. H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press.
- INSTITUTE AND FACULTY OF ACTUARIES. (2018). Practical Application of Machine Learning Within Actuarial Work by Modelling, Analytics and Insights in Data working party.
- JONG, K. A. (1985). Genetic algorithms: A 10 year perspective. International Conference on Genetic Algorithms,.
- PREVIDÊNCIA, M. D. (02 de 06 de 2022). Portaria 1.467. Acesso em 17 de 07 de 2023, disponível em https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/rpps/legislacao-dos-rpps/portarias/copy_of_PortariaMTPn1.467de02jun2022Atualizadaat28jun20231.pdf
- RAJAPPA, G. P. (2012). Solving Combinatorial Optimization Problems Using Genetic Algorithms and Ant Colony Optimization. The University of Tennessee.
- SNELL, D. (2011). Complexity Sciences - Simplified! Forecasting and Futurism Newsletter , 22-25.
- TALBI, E.-G. (2009). METAHEURISTICS - From Design to Implementantion. John Wiley & Sons.
- WADSLEY, B. (02 de 2011). Are Genetic Algorithms Even Applicable to Actuaries? Risks & Rewards , pp. 3-7.

WORLD BANK. (S.D.). Coletânea de estudos previdenciários. Acesso em 17 de 07 de 2023, disponível em <https://openknowledge.worldbank.org/collections/16d62ac2-7316-59fc-b401-717d374467bf>

WORLD BANK. (2005). Transition : Paying for a Shift from Pay-as-You-Go Financing to Funded Pensions. Acesso em 17 de 07 de 2023, disponível em <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e9c47c86-59b1-565c-8989-04b052a09469>

PROGRAMA DE MENTORIA DO IBA

Um programa inovador no IBA nasceu neste ano de 2023, com um único objetivo: acelerar o desenvolvimento dos atuários priorizando o componente humano em cada um.

Sim, porque atuários também são pessoas, e mais do que seres pensantes, somos seres que sentem! E são sentimentos dos mais diversos.

Sentimos alegrias por um projeto entregue no prazo; sentimos angústia quando não sabemos a resposta; sofremos de ansiedade, sofremos por medo, sofremos por vergonha, sofremos por dúvidas....

E quem melhor para entender os problemas pelos quais um atuário passa do que outro atuário, não é mesmo?

Assim, surgiu o Programa de Mentoria do IBA.

Um programa em que atuários ajudam outros atuários a navegarem de forma mais estruturada pelas dificuldades encontradas pela profissão.

Um programa em que atuários mais jovens contam com a experiência, a vivência, a maturidade, a visão compartilhada por um atuário mais experiente, ampliando assim o seu repertório para encontrar um caminho para a solução.

Um programa que lida com os relacionamentos interpessoais, o perguntar e a escuta ativa.

Um programa que busca acelerar o desenvolvimento dos profissionais mais jovens, ao mesmo tempo em que oferece aos mais experientes a oportunidade de colocar a serviço do outro a experiência adquirida, tornando-a perene e permanente; fazendo dela um legado.

Neste primeiro ano, contamos com 5 Mentores e 5 Mentorados, de diversos segmentos de atuação, com um Net Promoter Score (NPS) de 100%.

E queremos expandir em 2024!

Se você tem interesse em participar, fique atento às mensagens no site do IBA e nas redes sociais.

Quanto mais preparados para lidar com as adversidades estivermos, mais fortalecidos estaremos nós e a nossa profissão!

Comissão Organizadora

Karina Nita, Glace Carvas, J.A. Lumertz e Marco Pontes

#oibasomosnos





EVENTO REGIONAL ATUARIAL

ATUÁRIOS DA AMÉRICA LATINA
REUNIDOS EM UM SÓ EVENTO

O Evento foi realizado on-line através da plataforma zoom nos dias 16 e 17 de novembro de 2023 e foi um sucesso.

Agradecemos a audiência de tantos interessados que estiveram e investiram seu tempo para aprender sobre cenários complexos, desafiadores e a que foram expostos.

Este evento foi possível com o apoio dos nossos aliados e a dedicação inestimável das pessoas que estão a frente das associações profissionais da América Latina.



**VENHA VISITAR A PÁGINA DO MAIOR
EVENTO ATUARIAL DA AMÉRICA LATINA!**
O CONTEÚDO DO EVENTO ESTÁ DISPONÍVEL NO SITE
www.eraamericalatina.org

ORGANIZADORES



ALIADOS

