

## // 1. Introdução

A análise ALM (Assets Liability Management) é um instrumento de avaliação financeira que auxilia gestores de fundos de pensão e Regimes Próprios da Previdência Social na definição de estratégias de investimento de longo prazo baseando-se em uma formulação computacional estocástica formulada sob a ótica da programação estocástica em multiestágios. Na formulação do ALM como prevista neste relatório é possível identificar sugestões de alocações ótimas a serem aplicadas nas classes de investimentos de Renda Fixa (CDI, IMA-B e títulos do Tesouro IPCA até 2045 (antiga NTN-B 2045) com marcação na curva de juros) e Renda Variável (IBOVESPA, S&P500 e MSCI), as quais são as mais relevantes no aspecto do RPPS Macaíba.

A alocação ótima dos investimentos é determinada pela minimização da alíquota de contribuição esperada ao longo da janela de análise. Na modelagem, são considerados os fluxos de ativos e passivos esperados do fundo, bem como as restrições legais de alocação de recursos, conforme normas previstas em lei.

Na solução do problema de otimização adota-se uma estratégia estocástica em múltiplos estágios e baseada em uma árvore de cenários. A análise permite, assim, a obtenção de solução ao longo de um ciclo de 10 anos a frente, compreendendo-se um universo de 19.683 possibilidades num estado futuro projetado para a economia e considerando um período anual de 2022 a 2031. A seguir, são elencadas premissas consideradas na definição dos valores dos parâmetros e dos cenários utilizados pelo modelo:

- **Premissa 1:** A rentabilidade em investimentos de renda fixa será aproximada pelos retornos do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), do índice IMA-B e do título do Tesouro IPCA até 2045 com marcação na curva (antiga NTN-B 2045);
- **Premissa 2:** A rentabilidade em investimentos de renda variável será aproximada pelos retornos do índice Bovespa e de dos índices internacionais S&P500 (representando o mercado de ações americano) e MSCI (representando uma referência global dos mercados).
- **Premissa 3:** Considerando séries anuais de retornos para cada um dos índices listados (CDI, IMA-B, lesouro IPCA 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI), obtidas para o período de 2000 a 2021, o programa estima três referências medianas nas regiões delimitadas pelos 1º, 2º e 3º quartis das distribuições empíricas das séries de retornos das classes de investimentos consideradas. Essas regiões são consideradas, respectivamente, como cenários de baixa, média e alta, com respectivas probabilidades de ocorrência definidas em 25%, 50% e 25%. A árvore de cenários contempla 19.683( $3^9$ ) nós finais.

## // 2. As restrições do modelo

A modelagem ALM proposta considera as seguintes equações:

- 1. **Equação de saldo de caixa:** Em um dado período, o valor arrecadado pelas contribuições previdenciárias, acrescido de montantes referentes aos parcelamentos e compensações, é utilizado para pagamento de benefícios previdenciários e alocação financeira nas classes de investimentos CDI, IMA-B, Tesouro IPCA até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI, conforme política de investimentos do RPPS Macaíba.
- 2. **Equações de estoque financeiro de ativos de cada classe:** Em um dado período, os valores alocados nas classes de investimentos (CDI, IMA-B, Tesouro IPCA até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI) equivalem àqueles alocados até o período anterior (atualizados pelos retornos cumulativos) e pelas compras e vendas realizadas entre as classes de investimento.
- 3. **Equação do ativo agregado:** O valor agregado dos investimentos é atualizado de acordo com as rentabilidades auferidas período a período e sobre cada um dos cenários, considerando as probabilidades de ocorrência em cada cenário (baixa, média e alta).
- 4. **Equação de ajuste para déficit:** avalia o déficit baseando-se no valor de mínimo de 1,5 para a razão de garantia corrigida (caso haja déficit) período a período.
- 5. **Equações de intervalo de variação para alíquota de contribuição:** essas equações permitem que a gestão do fundo defina restrições de política para uma alíquota de contribuição média, especificando limites inferior e superior e um parâmetro de incremento/redução sob os cenários.
- 6. **Equações para política de investimentos:** definem a política de investimento do fundo para para o mix de ativos.

## // 3. Definição do Salário agregado e obrigações do fundo

A análise ALM realizada para o RPPS Macaíba considera o período de 2022 (meses de Agosto a Dezembro) a 2031, para o qual são projetadas as séries (anuais) representativas dos fluxos financeiros de salários, arrecadação sobre os salários, outras fontes de receita (parcelamentos, amortizações e compensação financeira)<sup>1</sup>, receita total e fluxo de caixa descontado para as despesas previdenciárias<sup>2</sup>. Os dados são baseados na avaliação atuarial do RPPS Macaíba e são mostrados na Tabela 1. As séries de valores atualizados foram obtidas utilizando-se as projeções atuariais do RPPS Macaíba refletidas para o período de 2022 a 2096.

**Tabela 1:** Descrição do salário agregado, arrecadação sobre os salários, outras receitas, receita total e fluxo de caixa descontado para as despesas previdenciárias do fundo Macaíba entre 2022 e 2031 (valores em milhões de reais) - Modelo patrimônio.

Ano	Salário Agregado <sup>3</sup>	Arrecadação sobre salários	Outras receitas	Receita total	Valor presente do fluxo de Despesas Previdenciárias
2022 <sup>4</sup>	R\$27,827	R\$4,174	R\$6,792	R\$10,966	R\$457,534

Ano	Salário Agregado <sup>3</sup>	Arrecadação sobre salários	Outras receitas	Receita total	Valor presente do fluxo de Despesas Previdenciárias
2023	R\$49,590	R\$7,439	R\$16,334	R\$23,773	R\$470,431
2024	R\$38,683	R\$5,802	R\$18,299	R\$24,102	R\$472,618
2025	R\$37,591	R\$5,639	R\$18,503	R\$24,142	R\$470,600
2026	R\$36,488	R\$5,473	R\$18,753	R\$24,226	R\$467,954
2027	R\$35,375	R\$5,306	R\$18,928	R\$24,234	R\$464,078
2028	R\$34,250	R\$5,137	R\$19,137	R\$24,275	R\$459,900
2029	R\$33,114	R\$4,967	R\$19,311	R\$24,278	R\$454,988
2030	R\$31,966	R\$4,795	R\$19,521	R\$24,316	R\$449,789
2031	R\$30,808	R\$4,621	R\$19,706	R\$24,327	R\$443,838

## // 4. Política de investimentos

A política de investimentos considerada na modelagem é descrita na Tabela 2 a seguir:

**Tabela 2:** Descrição da política de investimentos atual do fundo Macaíba.

Classe de investimento	Limite inferior	Limite superior
CDI	0%	60%
IMA-B	0%	100%
Tesouro IPCA até 2045	0%	100%
IBOVESPA	0%	30%
S&P500	0%	5%
MSCI	0%	5%

## // 5. Apontamentos de Alta e Baixa

A definição dos apontamentos das classes é feita considerando situações extremas e relativamente ao CDI. Nesse sentido, apontam-se as classes de investimentos em Alta ou Baixa, conforme o CDI apresente cenário de alta ou baixa. A Tabela 3 ilustra as combinações de apontamentos (Alta/Baixa) das classes utilizados como referência na presente análise.

**Tabela 3:** Descrição dos cenários e apontamentos extremos para os índices considerados em análise.

Índice	CDI em alta	CDI em baixa
IPCA	Alta	Baixa
IMA-B	Baixa	Alta
Tesouro IPCA até 2045	Alta	Baixa
IBOVESPA	Baixa	Alta
S&P500	Baixa	Alta
MSCI	Baixa	Alta

## // 6. Outros parâmetros e entradas do modelo

- **Montante inicial em conta corrente (em milhões):** R\$ 0,00
- **Razão de garantia (corrigida de déficit) mínima:** 1,5
- **Parâmetro de aversão ao risco<sup>5</sup>:** 32
- **Alíquota de arrecadação previdenciária sobre os salários dos servidores ativos, atuais inativos e futuros inativos (correspondente ao salário 1):** 14%
- **Alíquota de arrecadação patronal para servidores ativos (correspondente ao salário 2):** 16%
- **Outros aspectos sobre as contribuições previdenciárias:** No modelo alíquota, a taxa de contribuição inicial é fixada no valor médio entre as alíquotas dos empregados (14%) e patronal (16%), resultando na taxa média de 15%, a qual é aplicada sobre a arrecadação agregada entre servidores ativos, atuais inativos e futuros inativos, bem como sobre as respectivas contribuições de entidade.

## // 7. Alocação inicial dos investimentos (considerando fechamento em Setembro de 2022)

- **Renda Fixa CDI:** R\$16.371.419,59
- **Renda Fixa IMA-B:** R\$ 28.734.664,04
- **Renda Fixa Tesouro IPCA até 2045:** R\$0,00
- **Renda Variável IBOVESPA:** R\$6.774.380,52
- **Internacional S&P500:** R\$0,00
- **Internacional MSCI:** R\$4.572.706,85

- **Saldo em conta corrente:** R\$0,00
- **Total:** R\$ 56,453,171.00

## // 8. Referências centrais de retornos reais para dados históricos

A Tabela 4 mostra as referências centrais (valores medianos) nas regiões quartílicas 0% – 25%, 25% – 75% e 75% – 100% da distribuição empírica dos retornos reais (corrigidos pelo IPCA) dos índices, quando consideramos o período de análise de 2000 a 2021.<sup>6</sup> As rentabilidades reais são consideradas como referências de retornos face aos cenários de baixa, média e alta para cada índice (CDI, IMAB, IBOVESPA, S&P500 e MSCI) e tendo como base a hipótese de CDI em alta, média ou baixa.<sup>7</sup> Para a classe de investimentos Tesouro IPCA até 2045, são consideradas as taxas de retorno reais em investimentos projetados para marcação na curva

**Tabela 4:** Referências centrais de retornos reais (anuais) por classe de investimento considerando os valores medianos nas regiões quartílicas 0% – 25%, 25% – 75% e 75% – 100%. Séries anuais históricas consideradas a partir de 2000 e até 2021.

Classe/Cenário	CDI em alta	CDI mediano	CDI em baixa
CDI	7,89%	5,59%	3,46%
IMAB	-2,23%	7,05%	13,21%
Tesouro IPCA até 2045	7,39%	5,94%	3,97%
IBOVESPA	-27,27	5,10%	59,98%
S&P500	-18,85%	6,46%	42,16%
MSCI	-16,32%	1,63%	38,48%

A Tabela 5 mostra as referências centrais de retornos reais<sup>8</sup> por classe de investimentos auferidas em cada um dos apontamentos feitos para o CDI (alta ou baixa), conforme descritos na Tabela 3.

**Tabela 5:** Referências centrais de retornos reais (anuais) por classe de investimento considerando os valores medianos nas regiões quartílicas 0% – 25%, 25% – 75% e 75% – 100% e para cenários econômicos extremos. Séries anuais históricas consideradas a partir de 2000 a 2021.

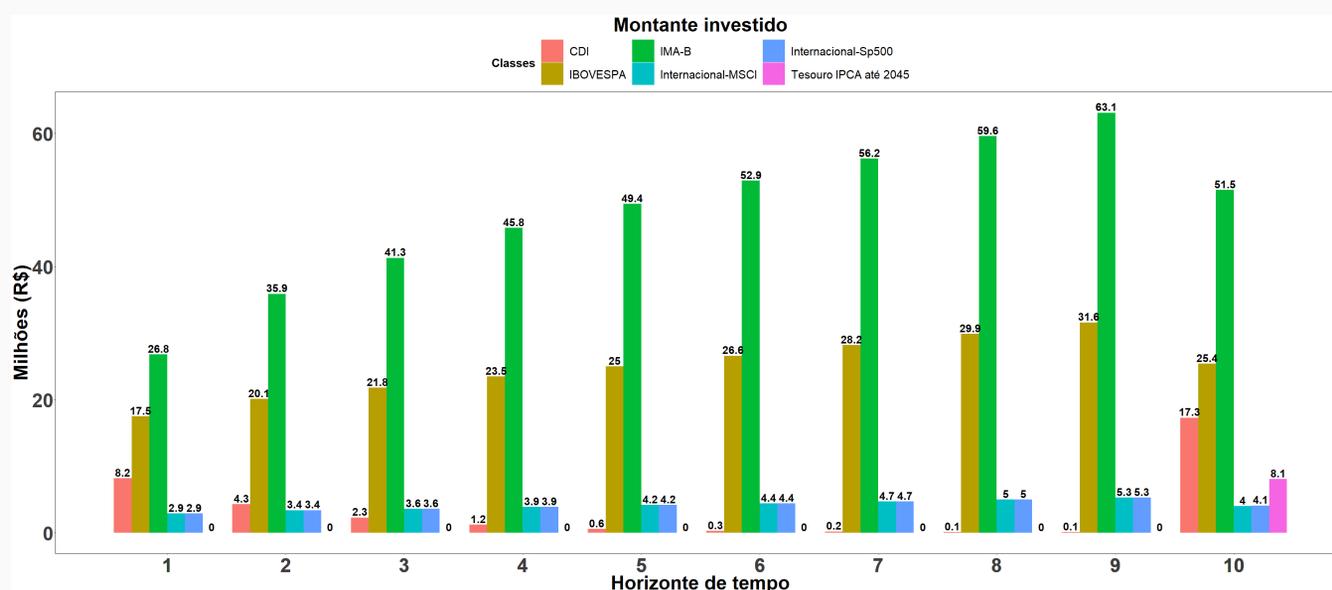
Classe	CDI em alta	CDI em baixa
CDI	7,89%	3,46%
IMA-B	-2,23%	13,21%
Tesouro IPCA até 2045	7,39%	3,97%
IBOVESPA	-27,27%	59,98%
S&P500	-18,85%	42,16%

Classe	CDI em alta	CDI em baixa
MSCI	-16,32%	38,48%

## // 9. Análise de resultados

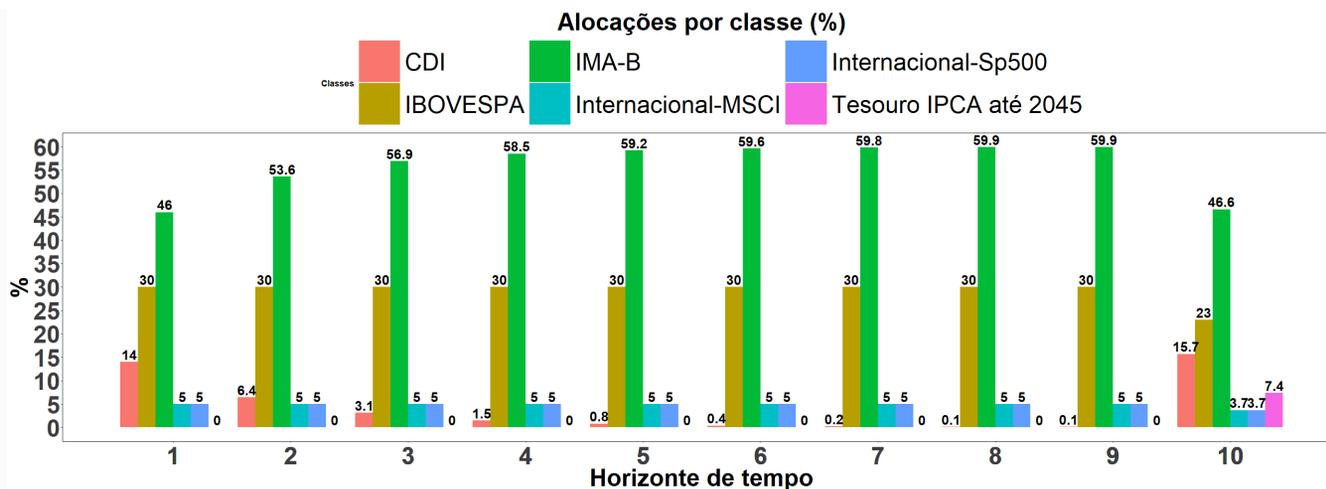
### 9.1 Alocação ótima, saldos de compra e venda

A Figura 1 contém os resultados para as sugestões de alocações ótimas obtidas pelo modelo ALM e considerando dados reais do RPPS Macaíba, conforme descritos nas Seções 1 a 8. Os valores são mostrados em milhões de reais para cada classe de investimento (CDI, IMA-B, Tesouro NTN-B até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI). Como pode-se observar, o modelo sugere crescimento de posição, incluindo a rentabilidade entre os períodos, nas classes IMA-B (de mínimo em 26,8 para máximo em 63,1 milhões em 2030) e IBOVESPA (de mínimo em 17,5 para máximo em cerca de 31,6 milhões em 2030) no horizonte de tempo de 2022 a 2031. As alocações na classe CDI são superiores em 2022 ( $\approx$  8,2 milhões) e em 2031 ( $\approx$  17,3 milhões), apresentando tendência descendente entre 2022 e 2030, com crescimento em 2031. A classe Tesouro IPCA até 2045 recebe sugestões de alocação apenas em 2031 (8,1 milhões). Para os ativos internacionais, projetam-se trajetórias ascendentes no período de 2022 a 2030 (de  $\approx$  2,9 milhões para  $\approx$  5,3 milhões em cada classe. Ante o exposto, e dada a composição do passivo do RPPS, configura-se como bom cenário para o RPPS Macaíba.



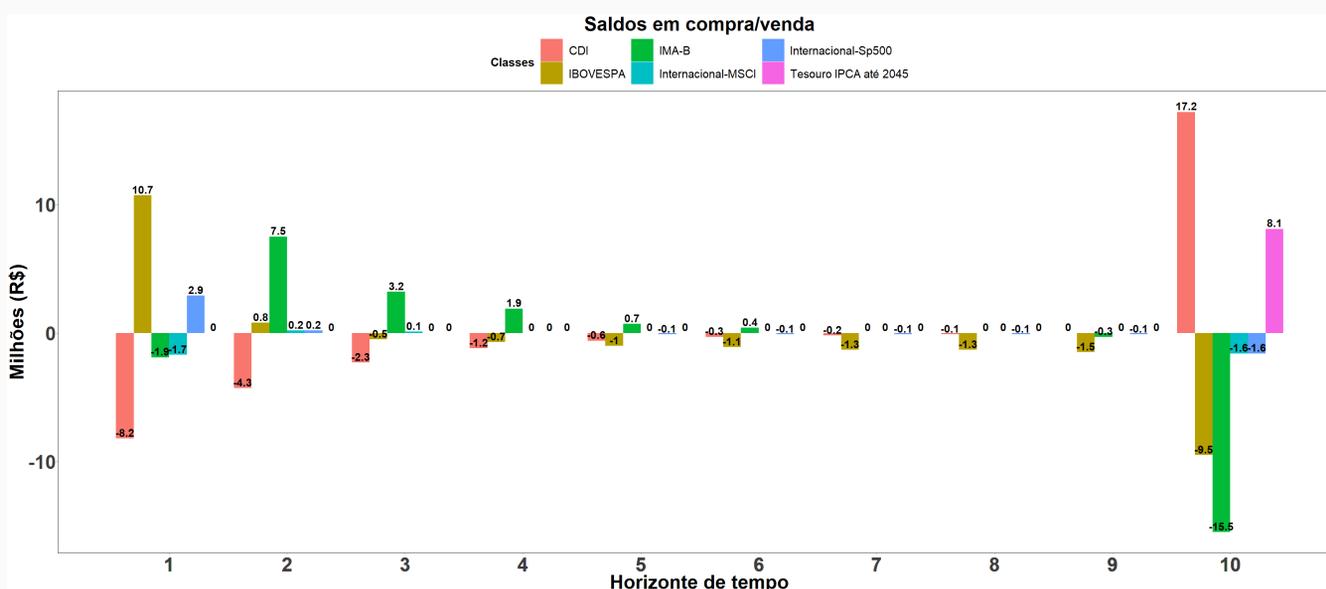
**Figura 1:** Alocações (em milhões de reais) sugeridas entre as classes de investimento de 2022 a 2031. Valores aproximados em uma casa decimal.

A Figura 2 mostra as referências de alocações ótimas (entre as classes de investimento) relativas às projeções de patrimônio para o RPPS Macaíba. De acordo com os resultados, no período de 2022 a 2031, o modelo sugere uma alocação mais concentrada nas classes IMA-B ( $\approx$  46% – 60%), seguido da classe IBOVESPA ( $\approx$  23 – 30%). A classe CDI apresenta valores percentuais superiores em 2030 e 2031 ( $\approx$  14% e  $\approx$  15,7%, respectivamente). A classe Tesouro IPCA até 2045 recebe sugestões de alocações apenas em 2031 ( $\approx$  7,4%). No lado internacional, a modelagem sugere alocações em cerca de 5% para cada índice (MSCI e S&P500) entre 2022 e 2030 e finalizando em cerca de 3,7% em 2031.



**Figura 2:** Alocações relativas sugeridas entre as classes de investimento de 2022 a 2031. Valores aproximados em uma casa decimal.

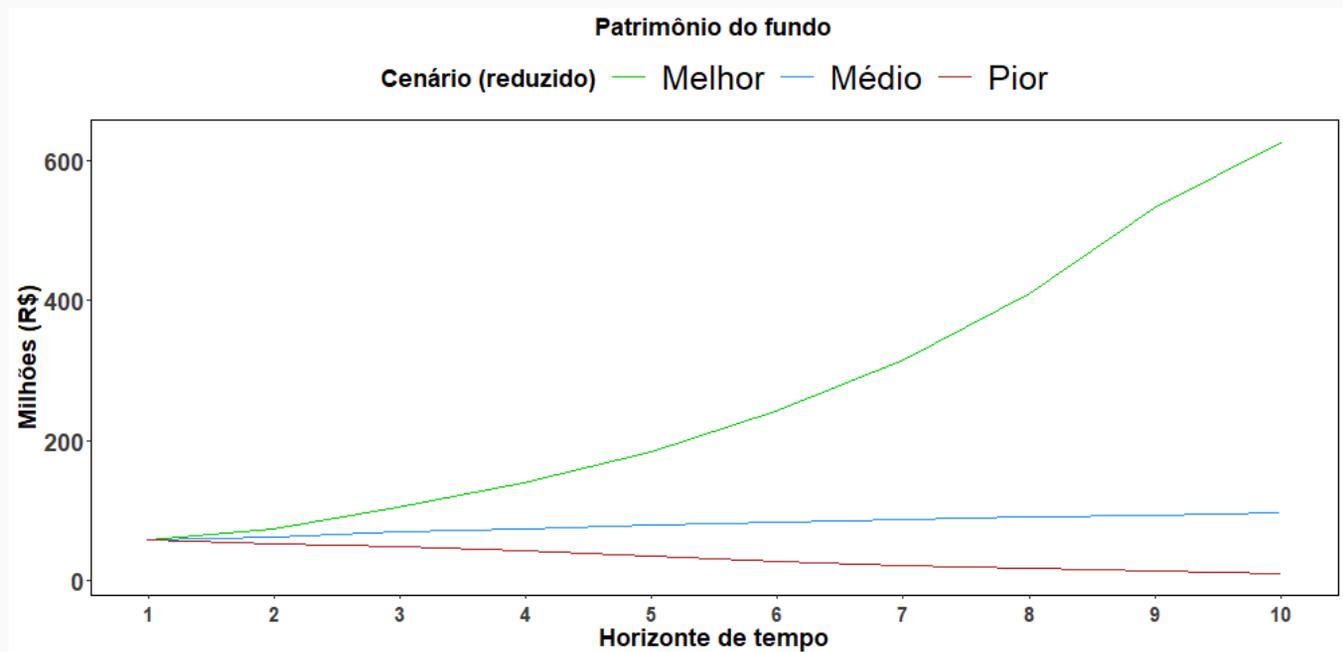
A Figura 3 mostra as evoluções anuais dos saldos em compras/vendas entre as classes de ativos CDI, IMA-B, Tesouro NTN B até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI. Como é possível observar, em 2022 (horizonte de tempo 1), as sugestões do modelo são de aportes aproximados em 10,7 e 2,9 milhões nas classes IBOVESPA e S&P500, respectivamente e de vendas nos montantes aproximados de 8,2, 1,9 e 1,7 milhões na classes CDI, IMA-B e MSCI, respectivamente. Nesse sentido, entendem-se as vendas nas classes CDI, IMA-B e MSCI como sendo realizações parciais de lucro nas posições alocadas entre Dezembro/2021 e Julho/2022 ou ajustes nas posições compradas desse período. Para o ano de 2023 (horizonte de tempo 2), são sugeridos saldos de compra nas classes IMA-B, IBOVESPA, S&P500 e MSCI ( $\approx 7,5, 0,8, 0,2$  e  $0,2$  milhões, respectivamente), e posição de venda em cerca de 4,3 milhões na classe CDI. Ao longo dos anos 2024 e 2027, há sugestões de venda nas classes CDI, IBOVESPA e de compras em IMA-B. No período de 2028 a 2030 (horizontes de tempo 7 a 9), observam-se, essencialmente, pequenas indicações de venda na classe IBOVESPA. Em 2031, são observadas sugestões de compra nas classes CDI ( $\approx 17,2$  milhões) e Tesouro IPCA até 2045 ( $\approx 8,1$  milhões) e vendas no IBOVESPA ( $\approx 9,5$  milhões), IMA-B ( $\approx 15,5$  milhões) e nos índices internacionais ( $\approx 1,6$  milhão em cada índice).



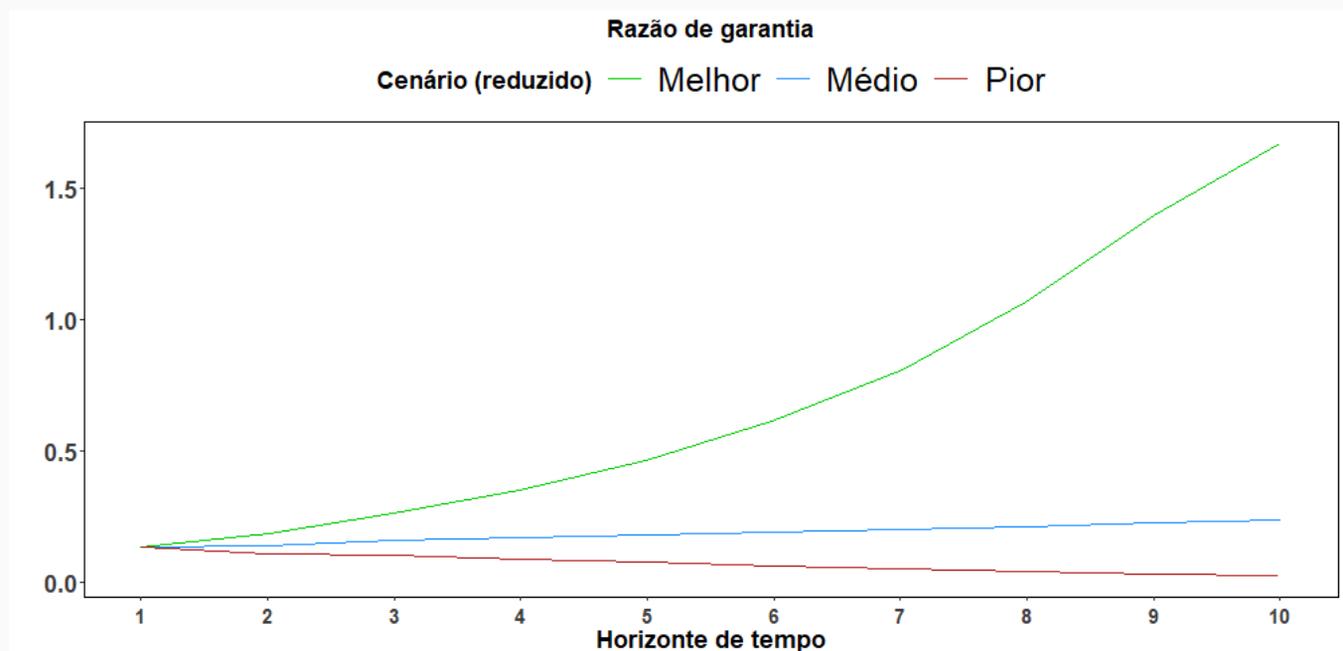
**Figura 3:** Saldos em compras/vendas para cada classe de investimento entre 2022 e 2031. Valores aproximados em uma casa decimal.

## 9.2 Gráficos de Ramos extremos e árvores de possibilidades

As Figuras 4 a 6 mostram os gráficos de ramos extremos considerando apenas cenários de alta, média ou baixa. Os gráficos são mostrados para patrimônio (Figura 4), razão de garantia (Figura 5) e passivos (Figura 6) do fundo. Em resumo, esses gráficos mostram as trajetórias das variáveis se apenas cenários de baixa/média/alta ocorrerem. Observando-se as Figuras 4 e 5, sob a ocorrência de cenários apenas medianos, esperam-se o patrimônio do fundo em cerca de 100 milhões de reais e uma razão de garantia em torno de 0,4 em 2031. Havendo apenas cenários de baixa, em 2031, esperam-se o patrimônio do fundo em cerca de 10 milhões e uma razão de garantia de aproximadamente 0,04. No lado extremamente otimista (apenas cenários positivos), a razão de garantia pode chegar ao nível aproximado de 1,7 e o patrimônio do fundo em cerca de 630 milhões em 2031.

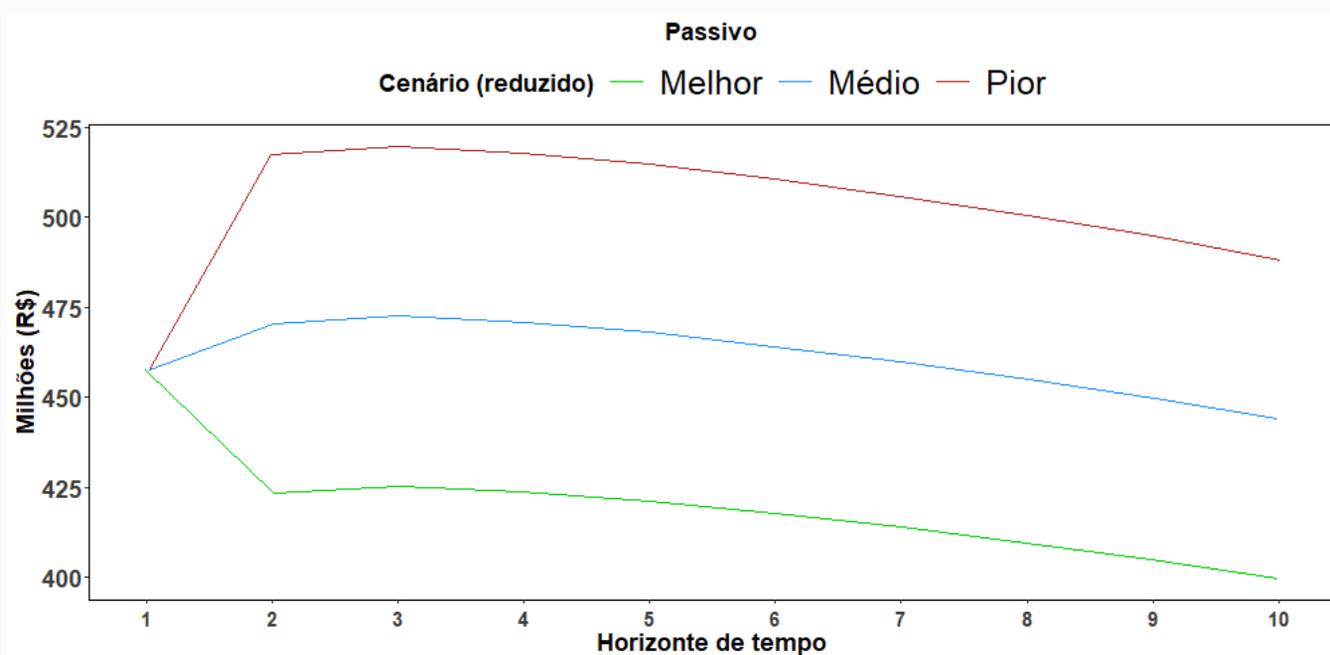


**Figura 4:** Gráfico de ramos extremos para o patrimônio do fundo (projeções para o período de 2022 a 2031).



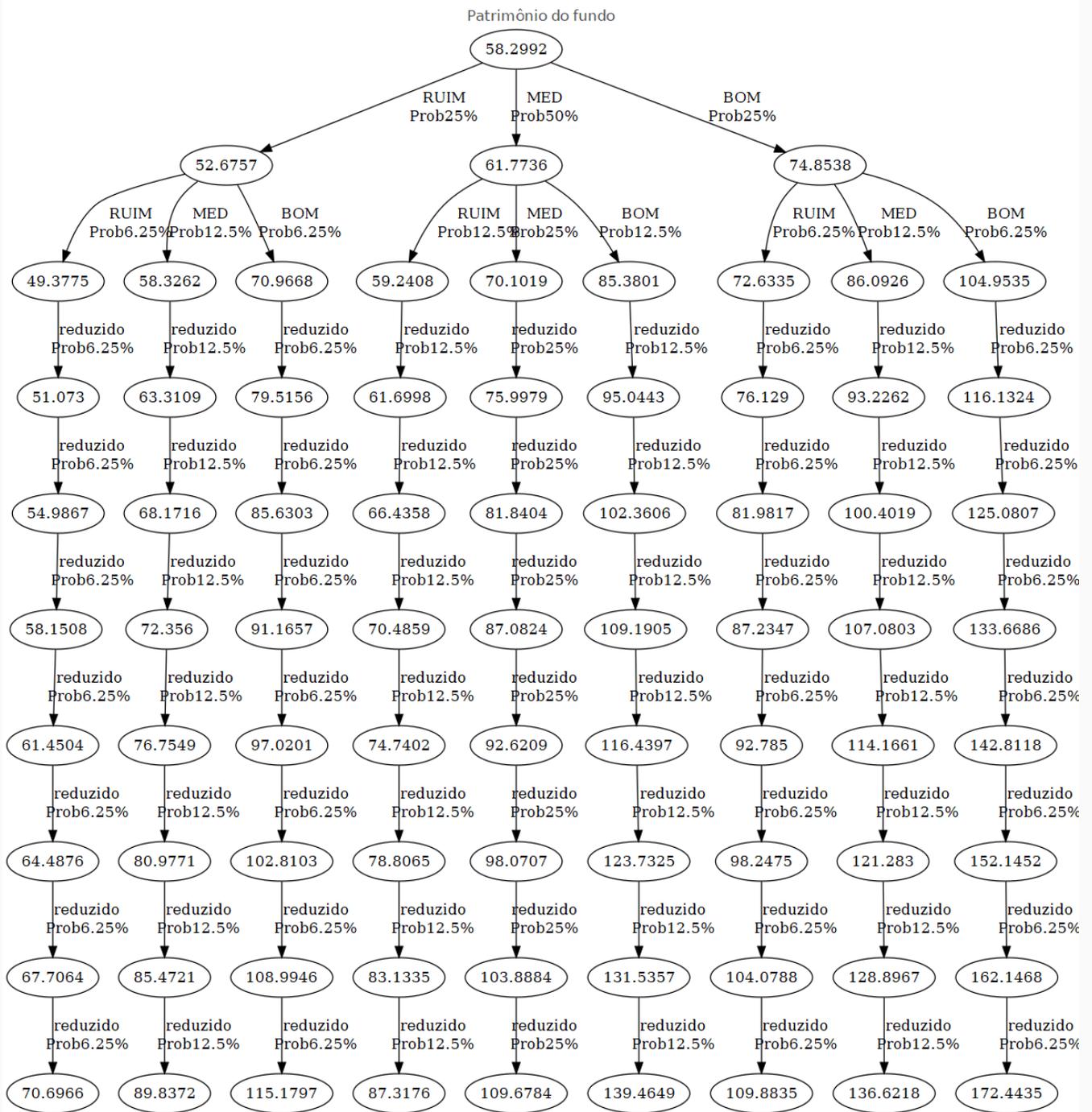
**Figura 5:** Árvore de possibilidades para a razão de garantia do fundo (projeções para o período de 2022 a 2031). Valores obtidos considerando o fluxo descontado de despesas previdenciárias no período de 2022 a 2097.

A Figura 6 contém o gráfico de ramos extremos para as trajetórias de baixa/média/alta do passivo esperado do RPPS Macaíba no período de 2022 a 2031. Na presente análise, consideram-se os valores médios como sendo aqueles divulgados na atuarial do fundo projetada para o referido período, com os valores de alta e baixa sendo obtidos por uma margem de 10% abaixo (cenário melhor) ou 10% acima (cenário pior). Na avaliação, consideram-se as projeções nos anos 2022 a 2031 para o fluxo de caixa descontado de despesas previdenciárias no período de 2022 a 2097. Como pode-se observar, sob a ocorrência de apenas cenários ruins (bons), a projeção final (em 2031) para o fluxo de caixa das despesas previdenciárias se estabelece em torno de 500 (400) milhões de reais. Sob a ocorrência de apenas cenários de média, a projeção final (em 2031) para o fluxo de caixa das despesas previdenciárias se estabelece em cerca de 450 milhões de reais.

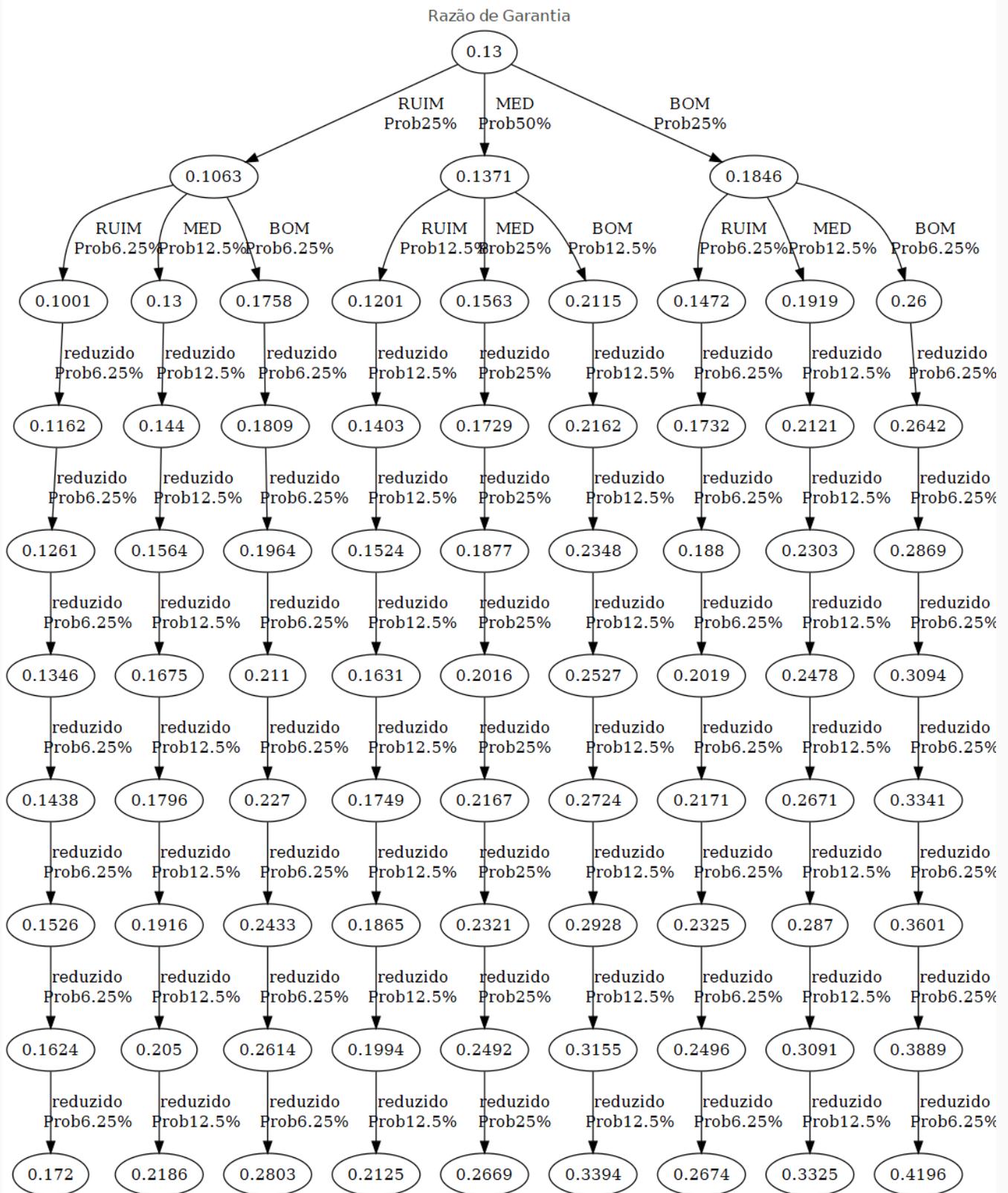


**Figura 6:** Gráfico de ramos extremos para o passivo do fundo (projeções para o período de 2022 a 2031). Valores obtidos considerando o fluxo descontado de despesas previdenciárias no período de 2022 a 2097.

As árvores de possibilidades para o patrimônio do fundo, razão de garantia e pagamentos de benefícios são mostradas nas Figura 7 a 9. Como pode-se observar, a trajetória do patrimônio esperado do fundo (Figura 7) finaliza com valores entre 70,69 (pior cenário), 172,44 milhões (melhor cenário) e 109,67 milhões no cenário mediano. A Razão de garantia (Figura 8), calculada considerando-se o fluxo de caixa descontado de despesas previdenciárias no período de 2022 a 2097, finaliza com valores entre 0,17 (pior cenário), 0,42 (melhor cenário) e 0,26 no cenário mediano. As projeções de pagamentos em benefícios (Figura 9) indicam um fluxo de pagamentos variando entre 17,94 e 21,93 milhões em 2023 e finalizando em aproximadamente 26,8 milhões em todos os cenários econômicos finais (em 2031).



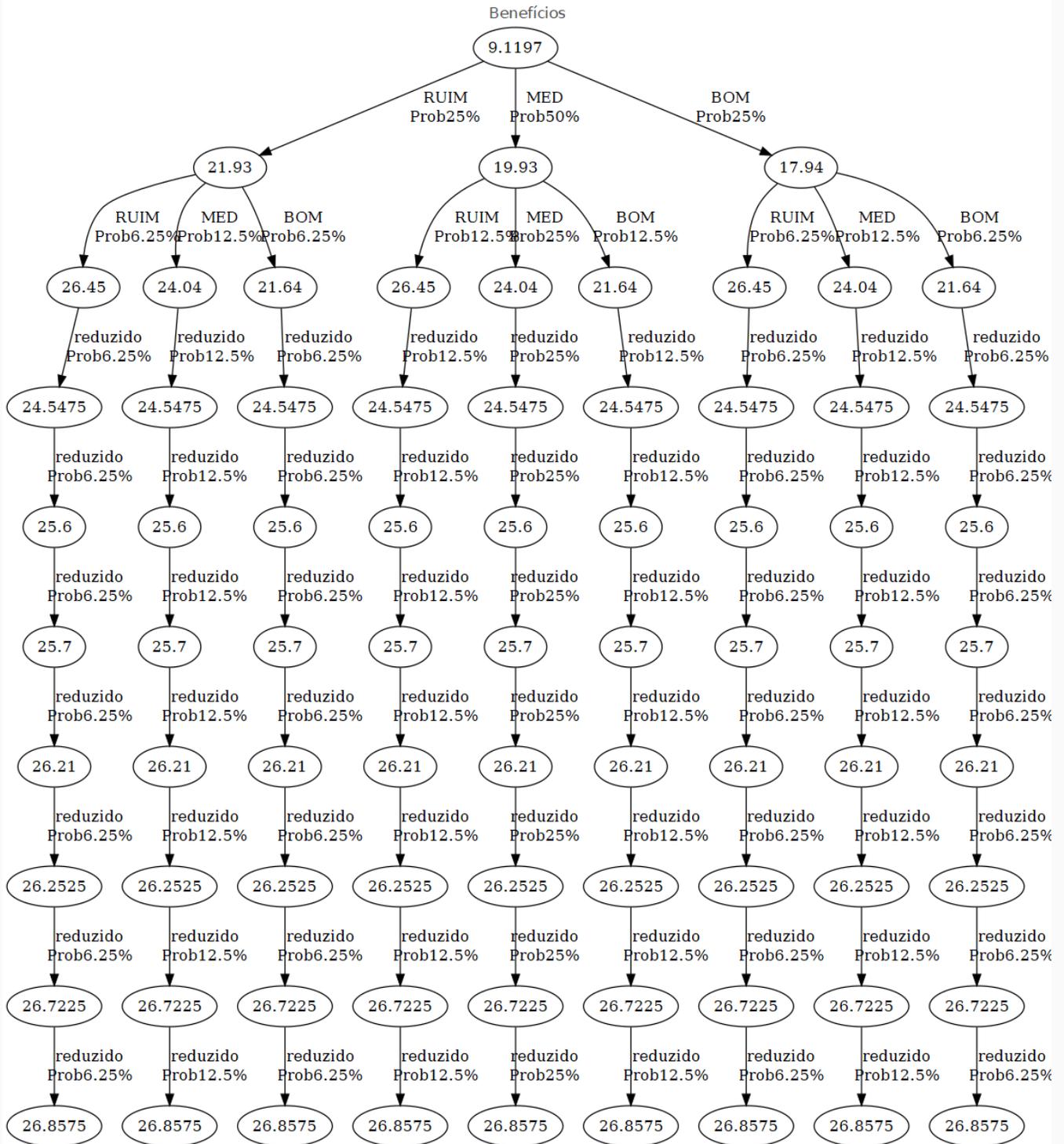
**Figura 7:** Árvore de possibilidades para o patrimônio do fundo (projeções para o período de 2022 a 2031).



**Figura 8:** Árvore de possibilidades para a razão de garantia do fundo (projeções para o período de 2022 a 2031). Valores obtidos considerando o fluxo descontado de despesas previdenciárias no período de 2022 a 2097.

As projeções para a trajetória do fluxo de caixa descontado do passivo atuarial são mostradas na Figura 10 (cenários ruim, médio e bom). A estrutura de cenários para o fluxo do passivo atuarial é construída com base nas projeções da equipe de investimentos do RPPS Macaíba e considerando

margens de 10% (para cima ou para baixo) para os cenários ruim (+10%) e bom (-10%). Como pode-se observar, projeta-se um valor (em fluxo de caixa descontado) em torno de 443,83 milhões para 2031.

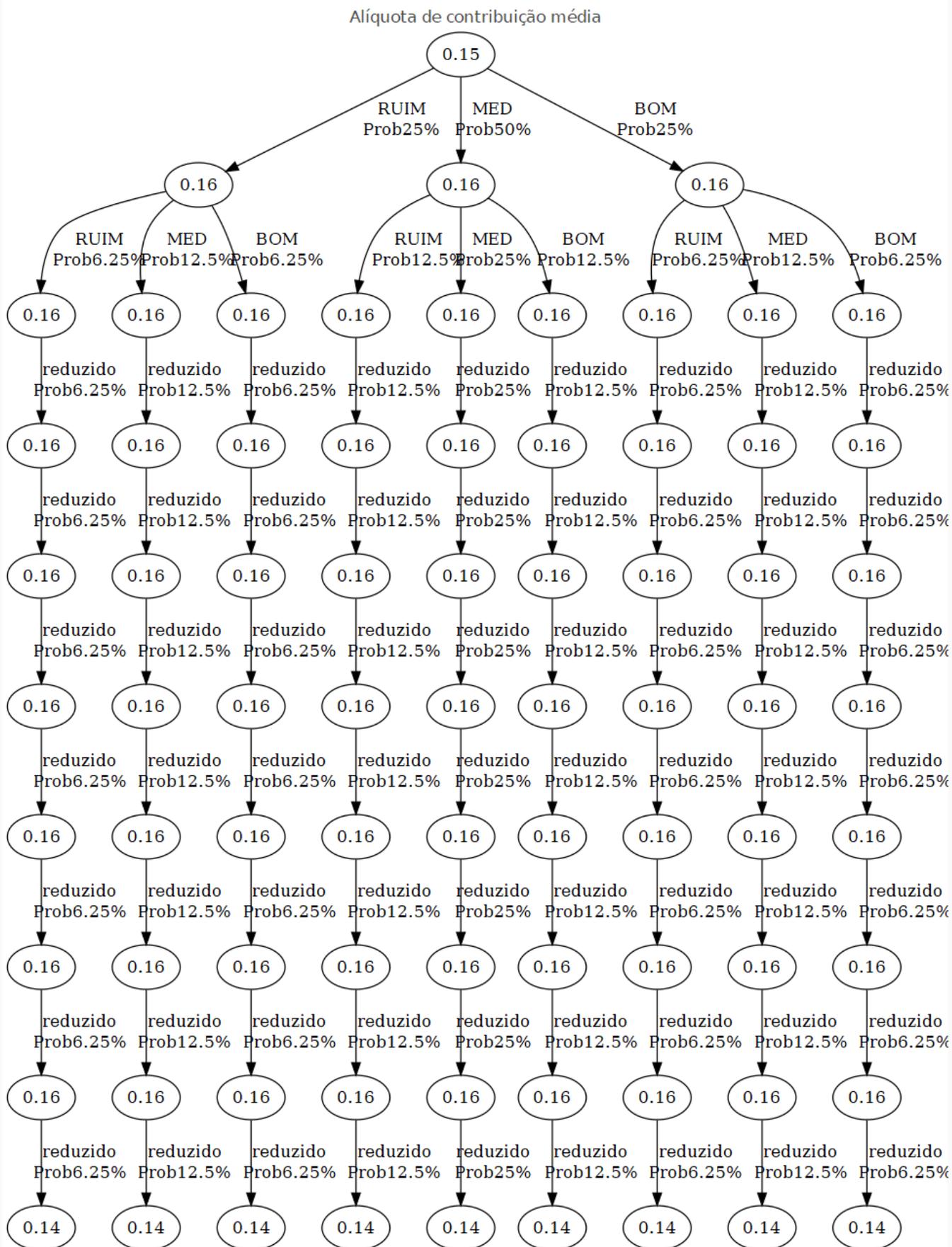


**Figura 9:** Árvore de possibilidades para os pagamentos em benefícios pelo fundo (projeções para o período de 2022 a 2031). Valores obtidos considerando o fluxo financeiro disponível na reavaliação atuarial com data base em dezembro de 2021.



**Figura 10:** Árvore de possibilidades para o fluxo de caixa descontado do passivo atuarial (projeções para o período de 2022 a 2031). Valores obtidos considerando o fluxo financeiro disponível na reavaliação atuarial com data base em dezembro de 2021.

As trajetórias possíveis para a alíquota de contribuição podem ser vistas na Figura 11. Como se pode observar, o modelo projeta o valor da alíquota de contribuição média em cerca de 16% entre 2022 e 2030. A longo prazo (ramos finais da árvore - 2031), as projeções para a alíquota média mostram-se estáveis em cerca de 14%. Nesse sentido, é válido notar que, ao menos a curto e médio prazos, não se verifica margem para redução da alíquota média de contribuição previdenciária para o RPPS Macaíba.



**Figura 11:** Árvore de possibilidades para a alíquota de contribuição média do fundo Macaíba (projeções para o período de 2022 a 2031).

## Responsáveis técnicos<sup>9</sup>

Nome	CPF	Assinatura
José Marcos Alves de Barros <sup>10</sup>	334.326.354-00	
Wilton Bernardino da Silva <sup>11</sup>	047.697.504-20	

1. Os resultados apontados levam em consideração o plano de tarifa suplementar (plano de amortização) proposto para o RPPS Macaíba.↵
2. O período de 2022 refere-se aos meses de Agosto/2022 a Dezembro/2022.↵
3. O salário agregado é formado pela soma dos montantes relativos aos servidores ativos, atuais inativos e futuros inativos com as parcelas da entidade sobre os servidores ativos, servidores atuais inativos e futuros inativos.↵
4. O período de 2022 refere-se aos meses de Agosto/2022 a Dezembro/2022.↵
5. (valor não negativo e quanto maior, maior será a aversão ao risco)↵
6. Retornos reais calculados com base no Índice nacional de preços ao consumidor (IPCA) - (ver <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9258-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor.html?=&t=destaques>).↵
7. Os valores medianos foram obtidos com a utilização da base de dados Quantum (ver <https://quantumfinance.com.br/>), IPEADATA (<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>) e Yahoo Finance (<https://finance.yahoo.com/>).↵
8. Os retornos reais são obtidos tendo-se por referência o IPCA.↵
9. **Este relatório tem validade anual, sendo recomendado que seja revisado pelo menos uma vez por ano, com as novas políticas de investimentos do RPPS ou sempre que necessário.**↵
10. Diretor de Investimentos da Nui consultoria.↵
11. Professor Associado I na Universidade Federal de Pernambuco e coordenador do convênio 001/2021 celebrado entre a AMPASS e a UFPE.↵