

Relatório da modelagem ALM (Ano 2021)

Responsáveis técnicos:

Prof. Dr. Wilton Bernardino (coordenador do projeto - UFPE)

José Marcos (Gerente de investimentos - Reciprev)

1. Comentário inicial

A ferramenta ALM é um item de análise importante, pois auxilia o gestor do fundo de pensão na definição de sua estratégia de investimento baseando-se em uma formulação computacional estocástica. Na formulação do ALM como previsto na aplicação de Gestão Econométrica é possível identificar a quantidade ótima a ser aplicada nas frentes de investimento de Renda Fixa CDI, Renda Fixa IMA-B, Renda Variável IBOVESPA, Internacional S&P500 e Internacional MSCI, as quais são as mais relevantes no aspecto do fundo Reciprev.

A alocação ótima dos investimentos poderá ser determinada através de dois modelos, a saber, o modelo alíquota e o modelo patrimônio. No primeiro, a alocação ótima será determinada através da minimização de uma função objetivo que representará os pagamentos das contribuições feitas ao fundo de pensão por parte dos seus participantes/patrocinadores, levando em consideração o fluxo do passivo e restrições legais, as quais o plano de pensão está sujeito pelas autoridades reguladoras. No modelo de patrimônio, o objetivo será a maximização do patrimônio líquido do fundo, sujeito às mesmas restrições previstas no modelo alíquota.

Para resolver o referido problema de otimização, o sistema adotará um modelo de programação estocástica em múltiplos estágios que se baseia numa decisão sob incerteza estruturada em uma árvore de cenários que representa o futuro do mercado e da economia como um todo. Esta característica permite a obtenção de uma solução dinâmica, materializada em uma alocação ótima para cada estado futuro projetado para a economia. São apresentadas a seguir algumas premissas consideradas na definição dos valores dos parâmetros e dos cenários que utilizados pelo modelo:

- (1) O retorno dos ativos de renda fixa será aproximado pelo Certificado de Depósito Interbancário (CDI) e pelo índice IMA-B, o qual representa uma referência de juro real no Brasil;
- (2) O retorno dos ativos de renda variável será aproximado pelo índice Bovespa e por dois índices internacionais, o S&P500 representando o mercado de ações americano e o MSCI, que representa uma referência global dos mercados.

Considerando séries históricas, para cada um dos índices listados (CDI, IMA-B, IBOVESPA, S&P500 e MSCI), o programa estima três referências medianas nas regiões delimitadas pelos 1º, 2º e 3º quartis das distribuições empíricas das séries de dados. Essas regiões são consideradas, respectivamente,

como cenários de baixa, média e alta, com probabilidades definidas em 25%, 50% e 25%, respectivamente.

2. As restrições do modelo

A modelagem ALM proposta na aplicação Econométrica considera as seguintes equações:

3. Equação de saldo de caixa: Em um dado período, o valor arrecadado pelas contribuições é alocado em uma das classes de investimento.
4. Equações de estoque de ativos de cada classe: o valor investido em um dado período é igual ao valor investido no período atualizado pela rentabilidade do período e das compras e vendas realizadas.
5. 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.
6. Equação de ajuste para déficit: avalia o déficit baseando-se no valor de mínimo predefinido pelo usuário para a razão de garantia do fundo, garantindo a razão ativos/passivos conforme definido pela gestão do fundo.
7. Equações de variação para alíquota de contribuição: essa equação está presente apenas no modelo alíquota e permite que a gestão do fundo defina restrições de política para as taxas de contribuições, especificando o limite inferior/superior e a taxa de variação de aumento/redução. Para o modelo patrimônio, a alíquota é fixada no valor definido para a arrecadação total sobre os salários dos participantes do fundo.
8. Equações para política de investimentos: definem a política de investimento do fundo para para o mix de ativos.

1. Definição do Salário agregado e obrigações do fundo

A análise ALM considera o período de 2021 a 2028, para o qual foram projetadas as séries de salários e obrigações, conforme mostrados no Quadro 1 a seguir. A série de valor atual das despesas previdenciárias foi obtida utilizando as projeções de despesas para o período de 2021 a 2096.

Ano	Salário Agregado ¹	Valor atual das Despesas Previdenciárias (projeções) ²
2021	R\$831.991.276,23	R\$6.868.172.347,00
2022	R\$823.046.431,81	R\$6.961.591.239,60

¹ O salário agregado é descrito pela base de contribuição previdenciária considerando a alíquota previdenciária (empregado+patronal) de 28,23%. A alíquota patronal considerada é de 15,41%.

² A taxa de desconto considerada na atualização das despesas previdenciárias foi de 4,86% a.a.

2023	R\$810.165.749,49	R\$7.045.536.080,90
2024	R\$796.443.342,76	R\$7.118.236.301,90
2025	R\$783.871.051,01	R\$7.179.159.980,30
2026	R\$767.902.610,10	R\$7.232.427.317,10
2027	R\$748.228.551,58	R\$7.275.082.388,60
2028	R\$731.465.167,66	R\$7.305.490.544,40

Quadro 1: Descrição dos salários e despesas previdenciárias projetadas para o fundo Reciprev entre 2021 e 2028.

2. Política de investimentos

A política de investimentos considerada na modelagem é descrita no Quadro 2 abaixo.

Classe de investimento	Limite inferior	Limite Superior
Renda Fixa CDI	0	40%
Renda Fixa IMA-B	0	100%
Renda Variável IBOVESPA	0	35%
Internacional S&P500	0	5%
Internacional MSCI	0	5%

Quadro 2: Descrição da política de investimentos atual do fundo Reciprev.

3. Cenários Econômicos

A definição dos cenários econômicos extremos é feita posicionando as classes de investimento em cenários de Alta ou Baixa. A Figura 1 mostra a definição dos os cenários para a realização da presente análise.

Cenário Econômico Ruim	Cenário Econômico Bom
IPCA Alto	IPCA Baixo
CDI Alto	CDI Baixo
IMA-B Alto	IMA-B Baixo
Ibovespa Baixo	Ibovespa Alto
S&P500 Baixo	S&P500 Alto
MSCI Baixo	MSCI Alto

Figura 1: Descrição dos cenários para os índices considerados em análise.

4. Outros parâmetros e entradas do modelo

- Montante inicial (em milhões): R\$ 1,00 (valor em conta corrente)
- Razão de garantia (corrigida de déficit) mínima: 1,2
- Limite inferior para a alíquota de contribuição: 25% (aplicável apenas no modelo alíquota)
- Limite superior para a alíquota de contribuição: 30% (aplicável apenas no modelo alíquota)
- Parâmetro de aversão ao risco: 32 (valor não negativo e quanto maior, maior será a aversão ao risco)
- Valor inicial da alíquota: 28,23% (patronal + empregado)
- Taxa de variação absoluta da alíquota: 0,5% por período (aplicável apenas no modelo alíquota)

5. Alocação inicial dos investimentos (considerando fechamento em outubro de 2021)

- Renda Fixa (CDI): R\$101.282.985,31
- Renda Fixa (IMA-B): 1.436.221.185,85
- Renda Variável (Ibovespa): R\$736.693.564,54
- Internacional (S&P500): R\$178.704.349,63
- Internacional (MSCI): R\$95.951.030,99
- Saldo em conta corrente: R\$1,00
- Total: R\$2.548.853.117,32

5.1 Referências centrais para dados históricos

O Quadro 3 mostra as referências centrais (valores medianos) nas regiões dos quartis 25%, 50% e 75% da distribuição empírica dos retornos reais dos índices quando consideramos o período de análise de 1995 a 2020. As rentabilidades reais (subtraídas da inflação) são consideradas como referências de retornos face aos cenários de baixa, média e alta para cada índice (CDI, IMAB, IBOVESPA, S&P500 e MSCI)³.

Classe/ cenário	Baixa	Média	Alta
CDI	4,31%	7,71%	15,55%
IMAB	5,13%	8,63%	13,38%
IBOVESPA	-26,57%	9,12%	60,01%
S&P500	-18,14%	6,67%	42,20%
MSCI	-36,06%	11,19%	59,34%

Quadro 3: Referências centrais de retornos reais por classe de investimento considerando os valores medianos nas regiões quartílicas 25%, 50% e 75%.

O Quadro 4 mostra as referências centrais de retornos reais por classe de investimento auferidas em cada um dos cenários econômicos extremos (ruim e bom), conforme descritos na Figura 1.

Classe/ cenário econômico	Ruim	Bom
CDI	15,55%	4,31%
IMAB	13,38%	5,13%
IBOVESPA	-26,57%	60,01%
S&P500	-18,14%	42,20%
MSCI	-36,06%	59,34%

Quadro 4: Referências centrais de retornos reais por classe de investimento considerando os valores medianos nas regiões quartílicas 25%, 50% e 75% para cenários econômicos extremos.

6. Resultados do Modelo Alíquota

6.1 Alocação ótima e saldos de compra e venda

³ 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/>).

A Figura 2 mostra os resultados sugeridos pelo modelo para a alocação ótima (em percentual sobre o patrimônio) para cada classe de investimento. Como pode-se observar, o modelo sugere aumento progressivo no percentual de alocação da classe IMA-B entre 2022 e 2027 (19,13%, 24,84%, 33%, 41,61%, 54,29% e 71,57%), reduzindo o percentual para 57,42% em 2028. Os percentuais sugeridos para o CDI iniciam em 40% para 2022, decrescendo para valores entre 34,79% e 11,17% entre 2023 e 2027 e finalizando em 33,20% em 2028. Na classe IBOVESPA, os percentuais sugeridos para os anos de 2022 e 2023 são próximos a 35%, decrescendo nos anos seguintes (de 32,77% para 8,25%). No lado internacional, para 2022, os resultados sugerem alocações de 4,4% e 1,47% para o MSCI e S&P500, respectivamente. Esses percentuais decrescem entre 2023 e 2028 (para MSCI = 0,76% e S&P500 = 0,38%).

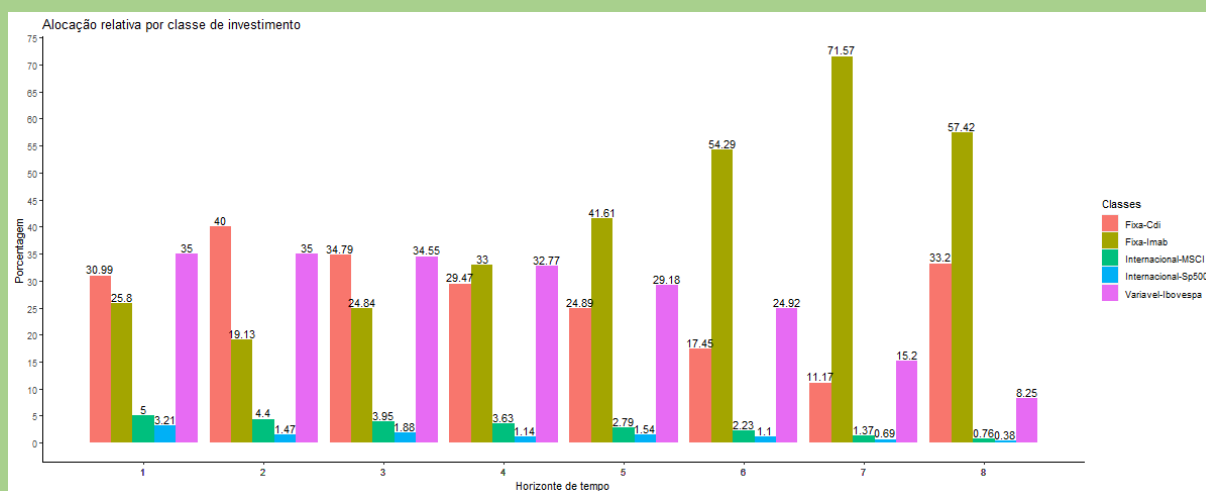


Figura 2: Alocações percentuais sugeridas para as classes de investimento de 2021 a 2028 (modelo alíquota).

A Figura 3 mostra os montantes (em milhões de reais) alocados em cada uma das classes de investimento. Como pode-se observar, o modelo sugere aumento gradativo de posição em investimentos na classe IMA-B, partindo de 635,4 milhões em 2022 para 4.899,72 milhões em 2027 e reduzindo para 4.413.26 milhões em 2028. O montante alocado na classe CDI fica na casa de 1.300,00 milhões entre 2022 e 2025, reduzindo para 764,61 milhões em 2027 e finalizando em 2.551.43 milhões em 2028. Para a classe IBOVESPA, sugerem-se alocações levemente progressivas entre 2022 e 2025 (partindo de 1.162,45 para 1.534,91), decrescendo para 633.88 entre 2026 e 2028. Observa-se, então, uma sugestão de alocação a médio prazo (oito anos a frente) mais concentrada em ativos indexados pelo IMA-B, seguindo pelo CDI e IBOVESPA (4.413.26, 2.551.43 e 633.88, respectivamente). Relativamente às classes S&P500 e MSCI, devido aos limites máximos estabelecidos em 5% de aplicação em cada um dos índices, o modelo sugere uma alocação absoluta iniciando em MSCI = 146,16 milhões e S&P500 = 48,92 milhões em 2022 e finalizando em MSCI = 58,09 milhões e S&P500 = 29,46 milhões em 2028.

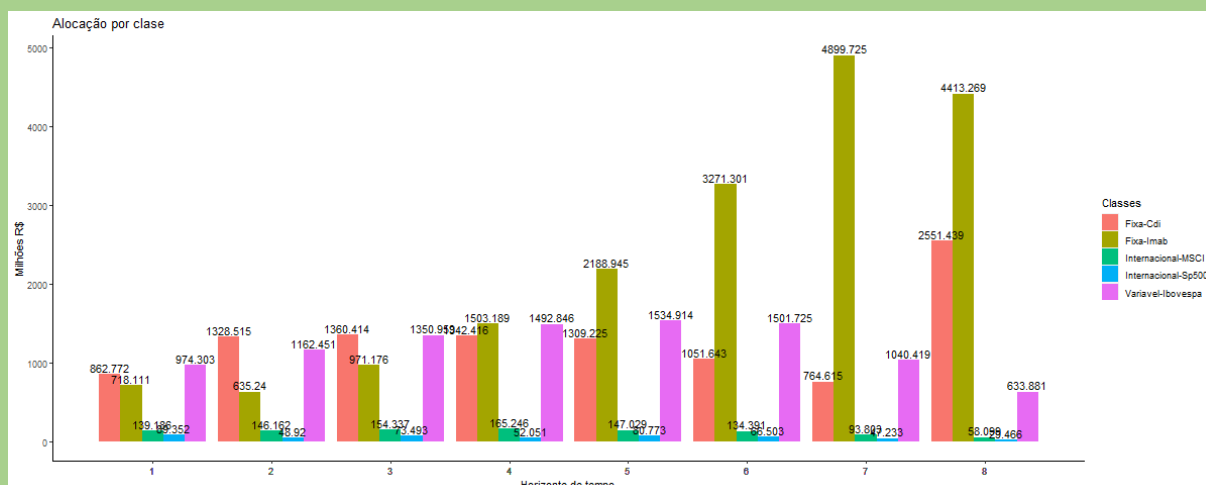


Figura 3: Montante investido em cada classe de investimento entre 2020 e 2028 (modelo alíquota).

O gráfico da Figura 4 mostra a evolução (por período) dos saldos em compra/venda por classe de ativos, desconsiderando a rentabilidade (positiva ou negativa) auferida nas aplicações. Como é possível observar, considerando a alocação atual mostrada na Seção, a modelagem ALM sugere um ajuste de alocação com aporte de 761,48 milhões na classe CDI, redução de 718,11 milhões na alocação da classe IMA-B e aumento de 237,61 milhões na posição IBOVESPA. Para as referências internacionais, sugere-se aumento de 43,23 milhões na alocação da classe MSCI e redução de 89,35 milhões na classe S&P500. Observa-se uma progressão no saldo de compra em IMA-B entre 2023 e 2027 (278,76, 444,60, 550,47, 885,35 e 1.334,00), sugerindo um período de inflação progressiva até 2027. Os saldos referentes à classe CDI sugerem aumento de posição em 2022 (+388,09 milhões), reduzindo-se progressivamente entre 2023 e 2027 (-87,66, -140,48, -154,00, 375,41 e 381,67 milhões). Para 2028, observam-se saldos de venda na classe IMA-B (-927,48 milhões) e compra em CDI (+1.718,00 milhões). Esse movimento sugere que em 2028 haverá uma reversão na tendência de alta inflacionária, sugerindo-se um aporte maior (dentro da política de investimentos) em posições pré-fixadas no CDI.

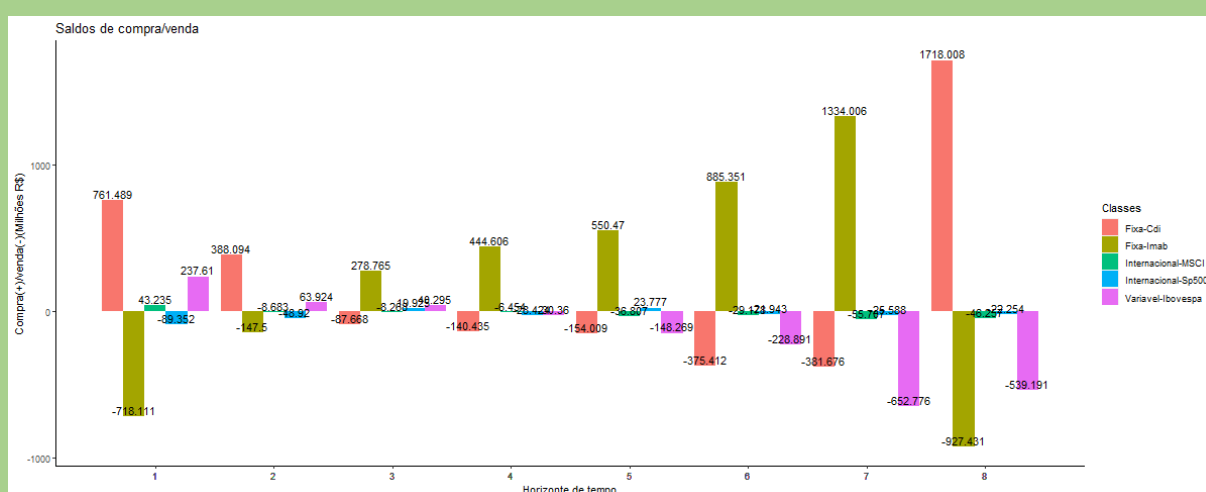


Figura 4: Saldos de compra e venda em cada classe de investimento entre 2021 e 2028 (modelo alíquota).

6.2 Gráficos de Ramos extremos e árvores de possibilidades

As Figuras 5 e 6 mostram os gráficos de ramos considerando apenas cenários de alta, média e baixa. Os gráficos são mostrados para a razão de garantia (Figura 5) e para o patrimônio do fundo (Figura 6). Em linhas gerais, as Figuras mostram as trajetórias das variáveis se apenas cenários de baixa/média/alta ocorrerem. Conforme visto nos gráficos, sobre cenários apenas medianos, espera-se uma razão de garantia em torno de 1,07 e patrimônio do fundo em cerca de 7,902 bilhões em 2028. Havendo apenas cenários de baixa, em 2028, espera-se uma razão de garantia de aproximadamente 0,43 e patrimônio do fundo em cerca de 3,508 bilhões em 2027. No lado extremamente otimista (apenas cenários de alta ocorrem), a razão de garantia é projetada ao nível de 1,94 e o patrimônio do fundo em cerca de 12,769 bilhões em 2028.

As Figuras 7 a 10 mostram os gráficos de árvores de possibilidades, reduzidas a partir do quarto período (2024). As trajetórias possíveis para a alíquota de contribuição podem ser vistas na Figura 7. Como se pode observar, o modelo considera uma redução da alíquota em cerca de -6,48% (de 28,23% para 26,4%) apenas sobre a ocorrência de cenários positivos entre os anos de 2021 e 2027 e elevação da alíquota para 29,98% em caso de que apenas cenários negativos ocorram durante esse período. Nos ramos finais da árvore, é possível observar a possibilidade de redução na alíquota ao nível de 25%, isso sendo observado em todos os cenários. Vale destacar que este fator que deve ser monitorado pela equipe de investimentos da Reciprev e que podem sofrer alterações ao longo dos períodos, sendo necessário reavaliar os resultados ao menos uma vez por ano. As projeções para o passivo atuarial são mostradas na Figura 8. A estrutura de cenários para o passivo atuarial é contruída com base nas projeções da equipe de investimentos da Reciprev e considerando margens de 10% acima/abaixo para cenários negativos/positivos. Como pode-se observar, projeta-se um valor (atualizado) em torno de 7,305 bilhões em 2028.

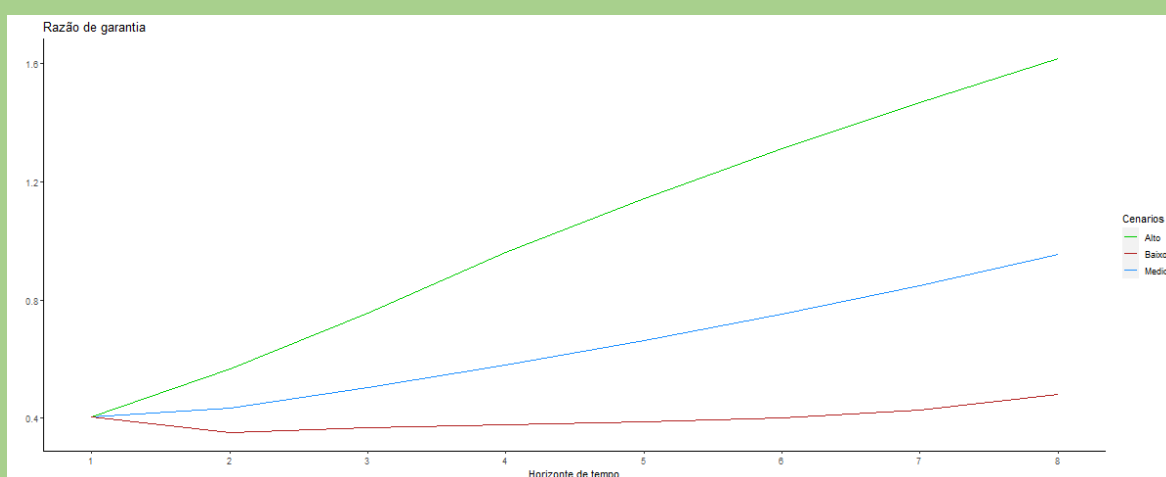


Figura 5: Gráfico de ramos extremos para a razão de garantia (modelo alíquota).

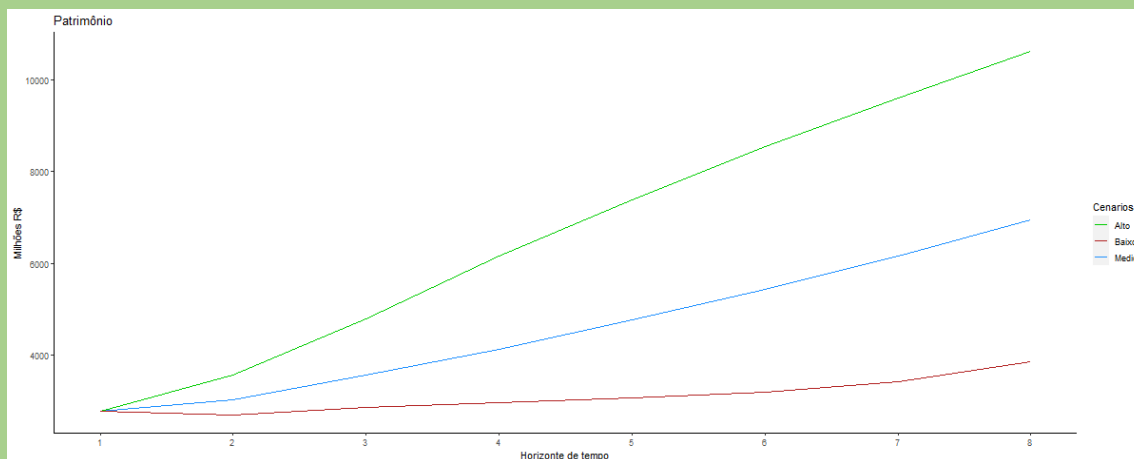


Figura 6: Gráfico de ramos extremos para o patrimônio do fundo (modelo alíquota).

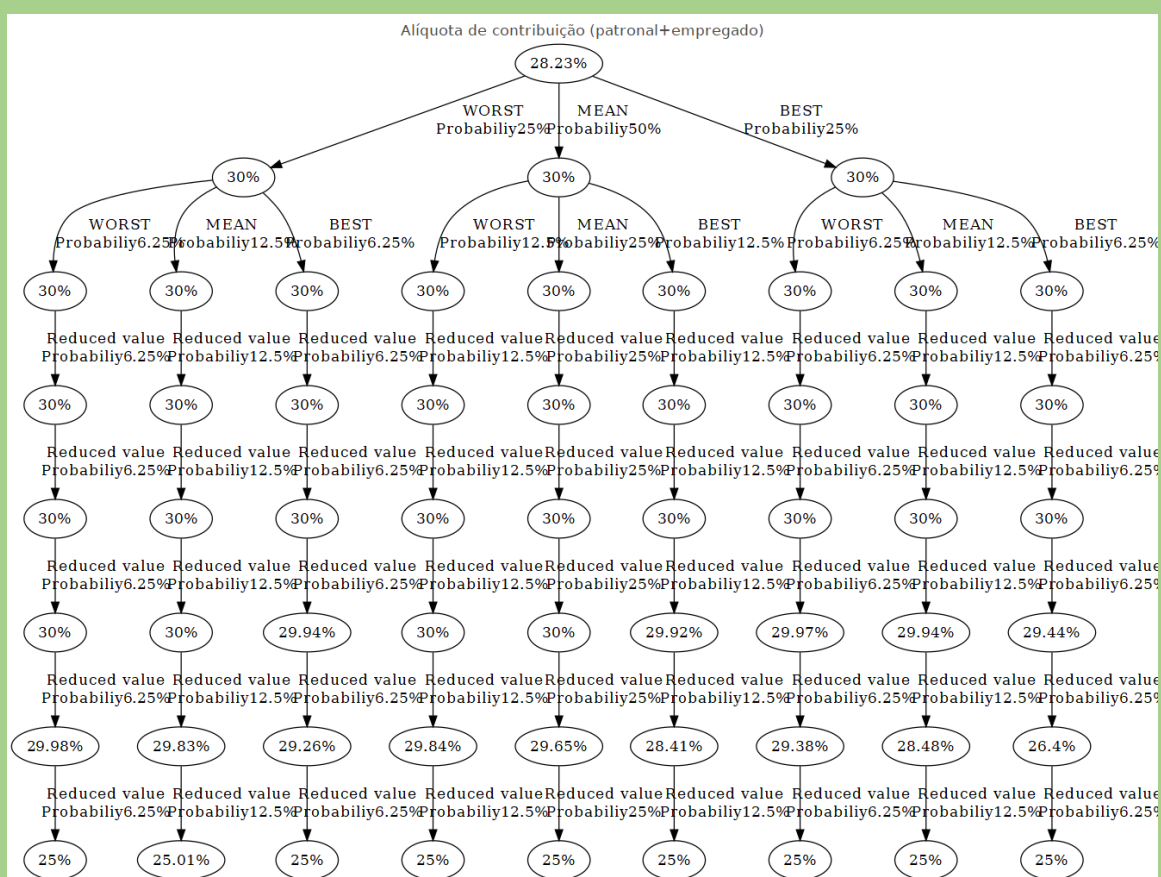


Figura 7: Árvore de possibilidades para a alíquota de contribuição (modelo alíquota).

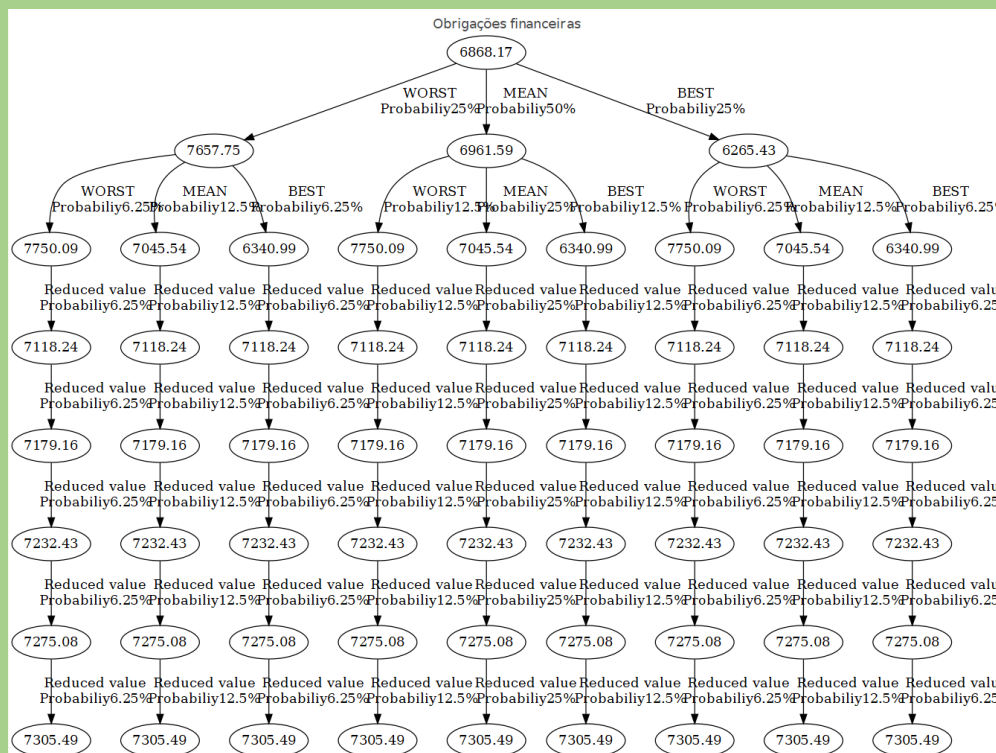


Figura 8: Árvore de possibilidades para as despesas com aposentadoria (em valor presente) - modelo alíquota.

A árvore de possibilidades para a razão de garantia é mostrada na Figura 9, em que se pode verificar uma razão de garantia variando entre 0,86 (pior cenário), 1,01 (cenário médio) e 1,25 (cenário otimista) em 2028. As trajetórias do patrimônio são mostradas na Figura 10, em que se pode observar projeções variando entre 6,240 bilhões (pior cenário), 7,366 bilhões (cenário médio) e 9,130 bilhões (cenário otimista) em 2028. Nesse sentido, a aplicação do modelo ilustra como é possível realizar alocações ótimas em busca de resultados atuariais consistentes.

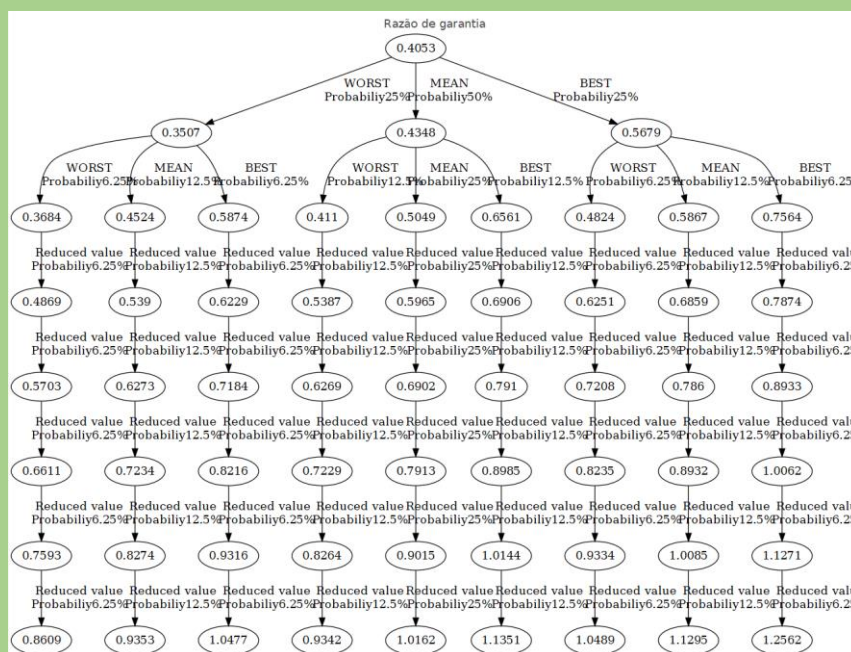


Figura 9: Árvore de possibilidades para a razão de garantia (modelo alíquota).

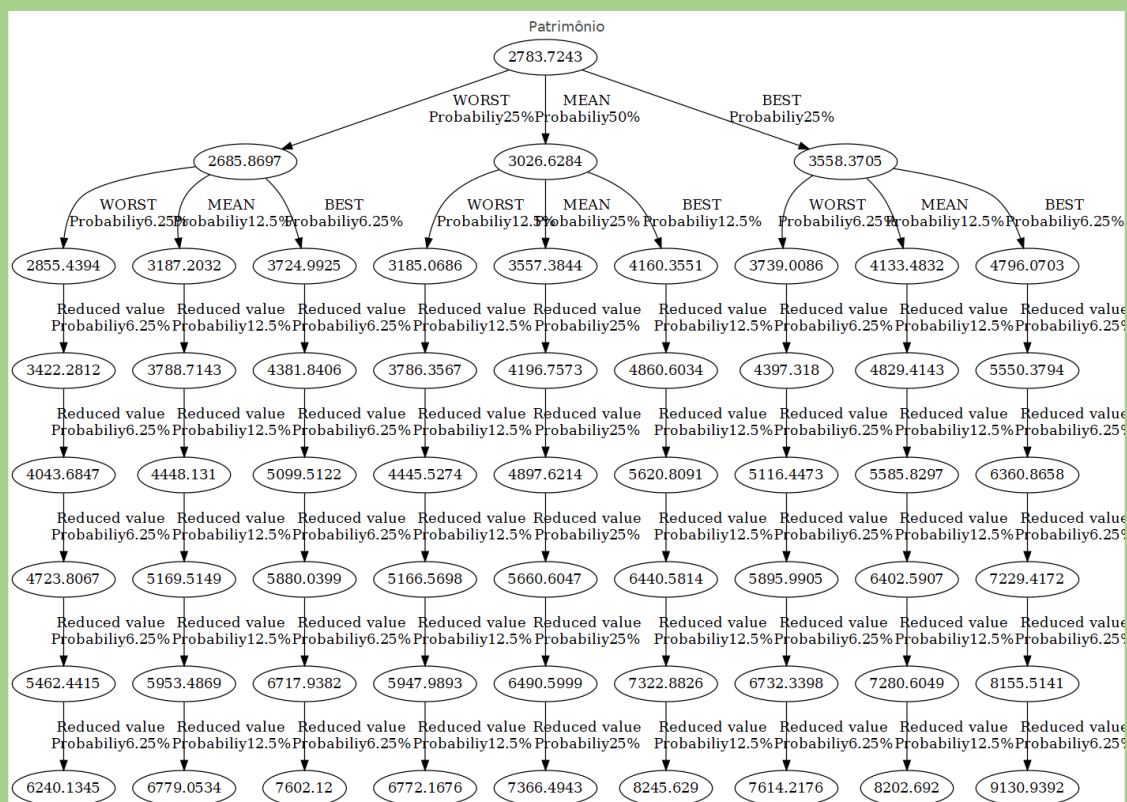


Figura 10: Árvore de possibilidades para o patrimônio do fundo (modelo alíquota).

Por fim, o modelo retorna o gráfico mostrado na Figura 11, o qual representa uma curva de fronteira eficiente, em que se confronta uma variável associada ao potencial de segurança, em caso de declínio de valor (uma variável de *downside risk*), contra o custo retratado pela alíquota de contribuição ótima. O gráfico é obtido após rodarmos o modelo ALM para um conjunto de valores para o parâmetro de aversão a risco no intervalo de 1 a 32. Por meio desse gráfico, uma vez que seja possível o cálculo do *downside risk* atual do fundo Reciprev, é possível observar se o portfólio atual do fundo está próximo da fronteira eficiente sugerida pelo modelo ALM.

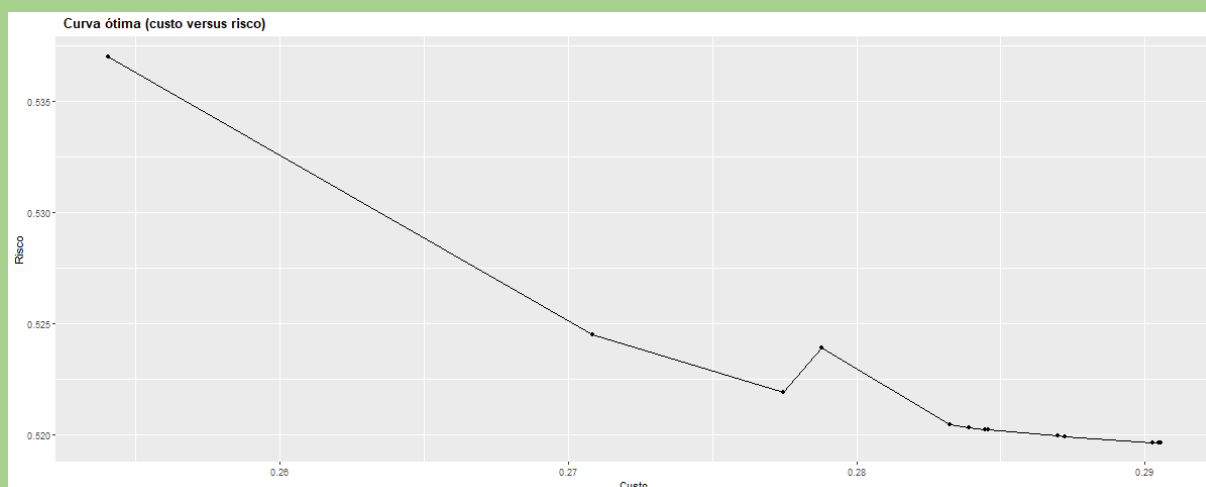


Figura 11: Gráfico da fronteira eficiente associada ao modelo ALM (modelo alíquota).

7. Resultados do Modelo Patrimônio

7.1 Alocação ótima, saldos de compra e venda

A Figura 12 mostra os resultados sugeridos pelo modelo para a alocação ótima (em percentual sobre o patrimônio) para cada classe de investimento. Como pode-se observar, entre 2022 e 2028, o modelo sugere uma alocação mais concentrada nas classes CDI (entre 35% e 40%), seguido da classe IBOVESPA (variando entre 29,35% e 35%) e IMA-B (alocações progressivas entre 15,74% e 25,58% e 18% em 2028). No lado internacional, a modelagem sugere alocação máxima em 2021 (MSCI = 5% e S&P500 = 5%), apresentando um comportamento decrescente entre 2022 e 2027 até alcançar a alocação em 2028 (MSCI = 3,8% e S&P500 = 4,31%).

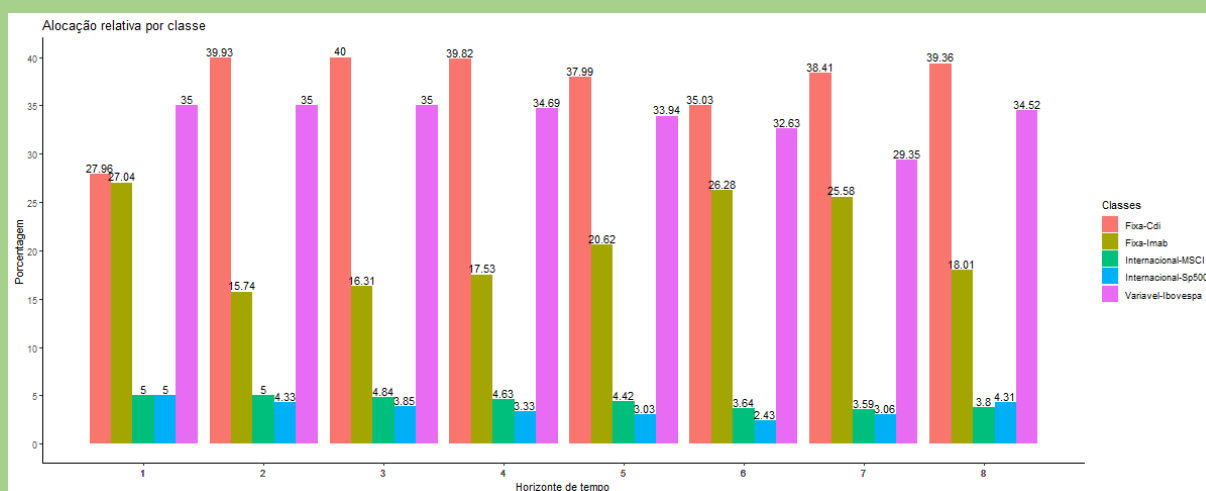


Figura 12: Alocações percentuais sugeridas para as classes de investimento de 2021 a 2028 (modelo patrimônio).

A Figura 13 mostra os montantes (em milhões de reais) alocados em cada uma das classes de investimento. Como pode-se observar, o modelo sugere aumento de posição no montante aproximado de 929,43 milhões (incluindo a rentabilidade do período) na renda variável Bovespa (classe IBOVESPA) em 2021. Nos períodos seguintes, entre 2022 e 2028 o modelo sugere posições progressivas, variando de 1.063,48 milhões em 2022 para 1.644,21 milhões em 2027 e saltando para 2.163,60 milhões em 2028 (incluindo-se a rentabilidade do período). A classe IMA-B mostra-se em uma crescente relativamente às posições compradas de 2022 a 2027, variando de 478,23 para 1.433,26 milhões, sinalizando um cenário de crescente inflação, reduzindo para 1.128,79 milhões em 2028. Essa trajetória é justificada por uma provável crescente na trajetória de inflação. Em vista a esse cenário, espera-se uma alta dos juros, justificando-se as alocações progressivas na classe CDI (de 742 para 2.466,69 milhões), em maior aporte para 2028, onde se projeta reversão na tendência de alta de juros, favorecendo as operações pré-fixadas. Relativamente às classes S&P500 e MSCI, devido aos limites estabelecidos em 5% de aplicação em cada um dos índices, o modelo sugere uma alocação absoluta iniciando em MSCI = 132 milhões e S&P500 = 132 milhões em 2021 e finalizando em MSCI = 237,94 milhões e S&P500 = 270,25 milhões em 2028.

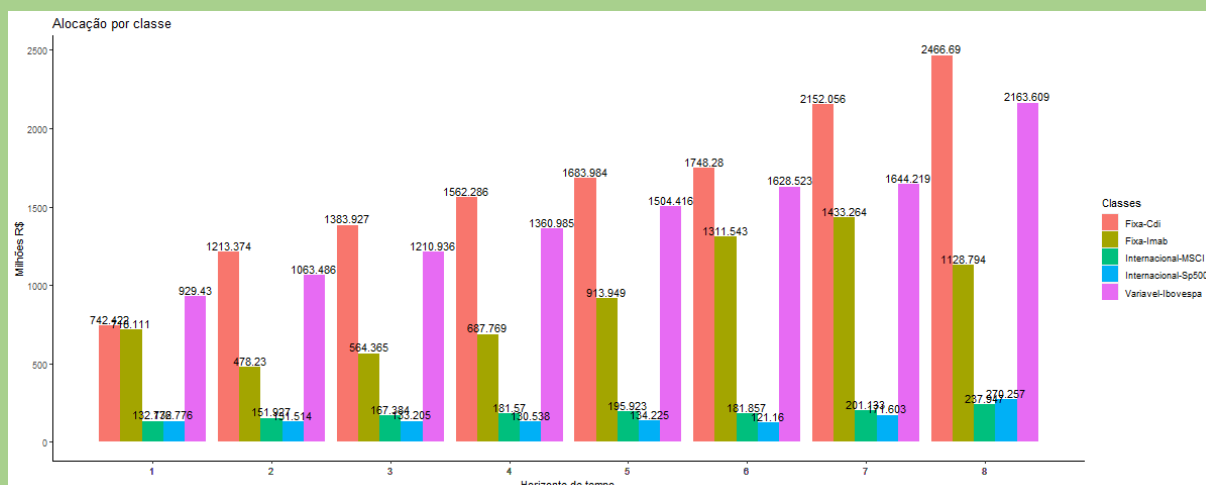


Figura 13: Montante investido em cada classe de investimento entre 2021 e 2028 (modelo patrimônio).

O gráfico da Figura 14 mostra a evolução (por ano) dos saldos em compra/venda por classe de ativos, desconsiderando a rentabilidade (positiva ou negativa) auferida nas aplicações. Como é possível observar, em 2021, a sugestão do modelo é um aporte em 641,13, 192,73 e 36,82 milhões nas classes CDI, IBOVESPA e MSCI, respectivamente e de venda no montante de 718,11 e 45,92 milhões nas classes IMA-B e S&P500, respectivamente. Nesse sentido, entendem-se as vendas nas classes IMA-B e S&P500 como sendo realizações parciais de lucro nas posições alocadas em 2021 ou ajustes nas posições compradas no período anterior às análises. O ano de 2022 repete o padrão de 2021, mas em magnitudes inferiores. Ao longo dos anos 2023 e 2026, o modelo sugere compras gradativas na classe IMAB, reduzindo-se o volume comprador entre 2026 e 2027 (de 315 para 3,6 milhões) e projetando venda de 433,46 milhões em 2028. Para a classe CDI, projetam-se saldos compradores em 2023, 2027 e 2028 (61,35, 246 e 120,94 milhões, respectivamente), e volume vendedor mais elevado em 2026 (-87,26 milhões). Na classe IBOVESPA têm-se pequenos saldos compradores em 2023 (11,85 milhões) e 2024 (1,3 milhão), vendas progressivas entre 2025 e 2027 (-30,09, -67,7 e -191,9 milhões) e maior saldo comprador em 2028 (309,75 milhões). Para as classes MSCI e S&P500 são projetadas vendas entre 2023 e 2026 e saldos de compra em 2027 (MSCI = 1,18 milhões e S&P500 = 38,93 milhões) e 2028 (MSCI = 14,18 milhões e S&P500 = 82,35 milhões).

7.2 Gráficos de Ramos extremos e árvores de possibilidades

As Figuras 15 e 16 mostram os gráficos de ramos considerando apenas cenários de alta, média e baixa. Os gráficos são mostrados para a razão de garantia (Figura 15) e para o patrimônio (Figura 16) do fundo do fundo. Em linhas gerais, os gráficos mostram as trajetórias das variáveis se apenas cenários de baixa/média/alta ocorrerem. Conforme visto nas Figuras 15 e 16, sobre cenários apenas medianos, espera-se uma razão de garantia em torno de 1,07 e patrimônio do fundo em cerca de 6,201 bilhões em 2028. Havendo apenas cenários de baixa, em 2028, espera-se uma razão de garantia de aproximadamente 0,43 e patrimônio do fundo em cerca de 2,508 bilhões em 2028. No lado extremamente otimista (apenas cenários positivos), a razão de garantia pode chegar ao nível de 1,94 e o patrimônio do fundo em cerca de 10,428 bilhões em 2028.

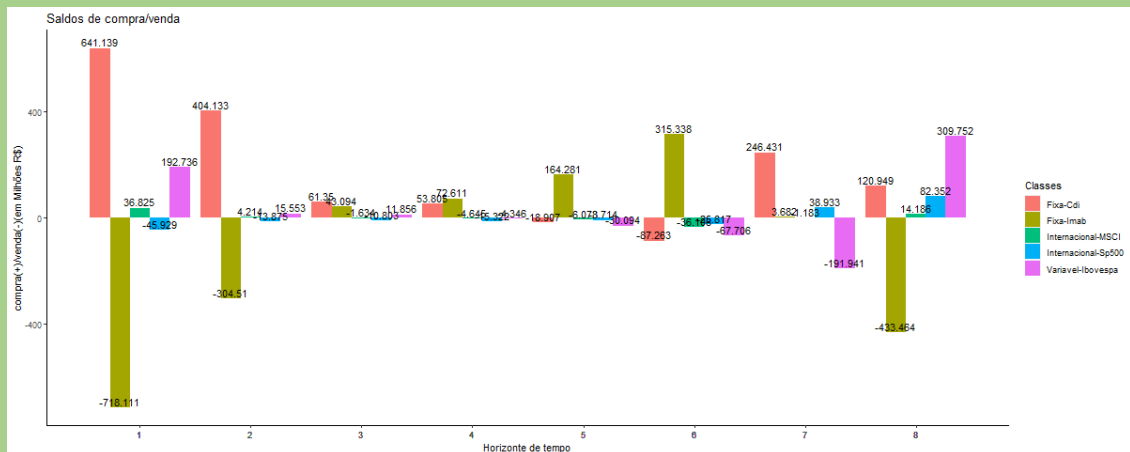


Figura 14: Montante investido em cada classe de investimento entre 2021 e 2028 (modelo patrimônio).

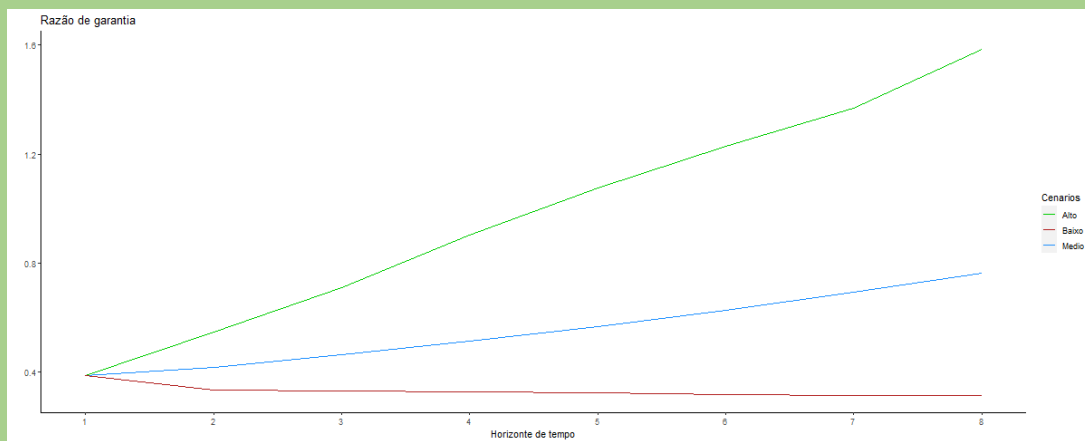


Figura 15: Gráfico de ramos extremos para a razão de garantia (modelo patrimônio).

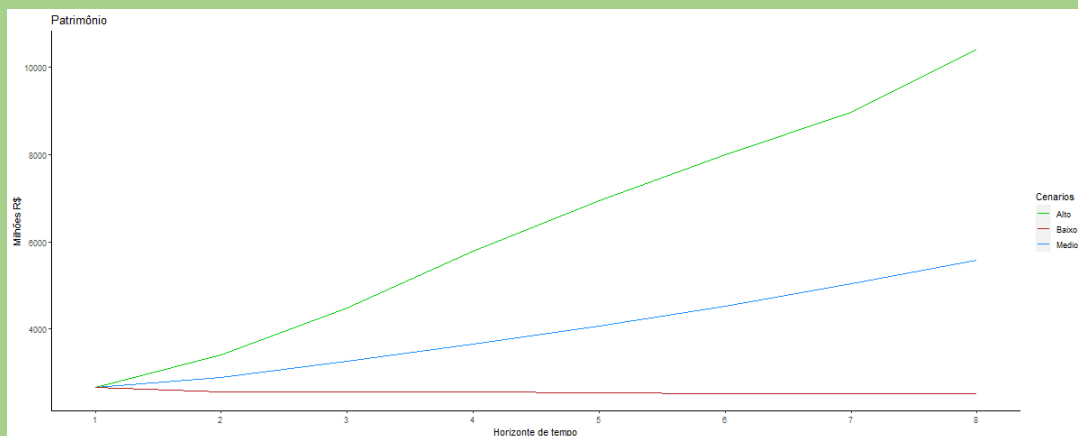


Figura 16: Gráfico de ramos extremos para o patrimônio do fundo (modelo patrimônio).

A árvore de possibilidades para a razão de garantia é mostrada na Figura 17, em que se pode verificar uma razão de garantia variando entre 0,67 (pior cenário), 0,83 (cenário médio) e 1,09 (cenário otimista) em 2028. As trajetórias do patrimônio são mostradas na Figura 18, em que se pode observar projeções variando entre 4,873 bilhões (pior cenário), 6,014 bilhões (cenário médio) e 7,915 bilhões (cenário mais otimista) em 2028.

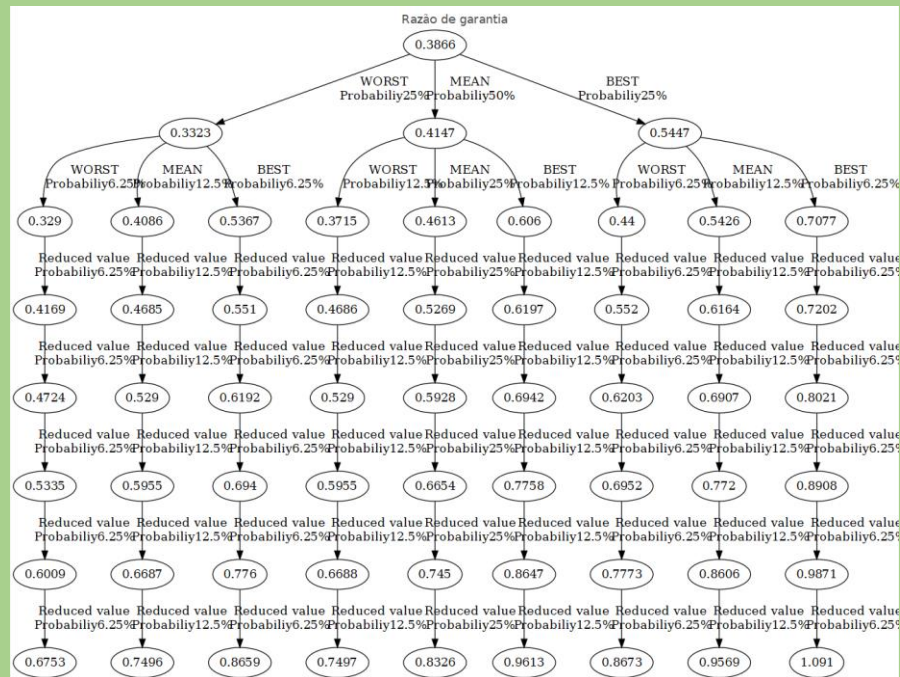


Figura 17: Árvore de possibilidades para a razão de garantia (modelo patrimônio).

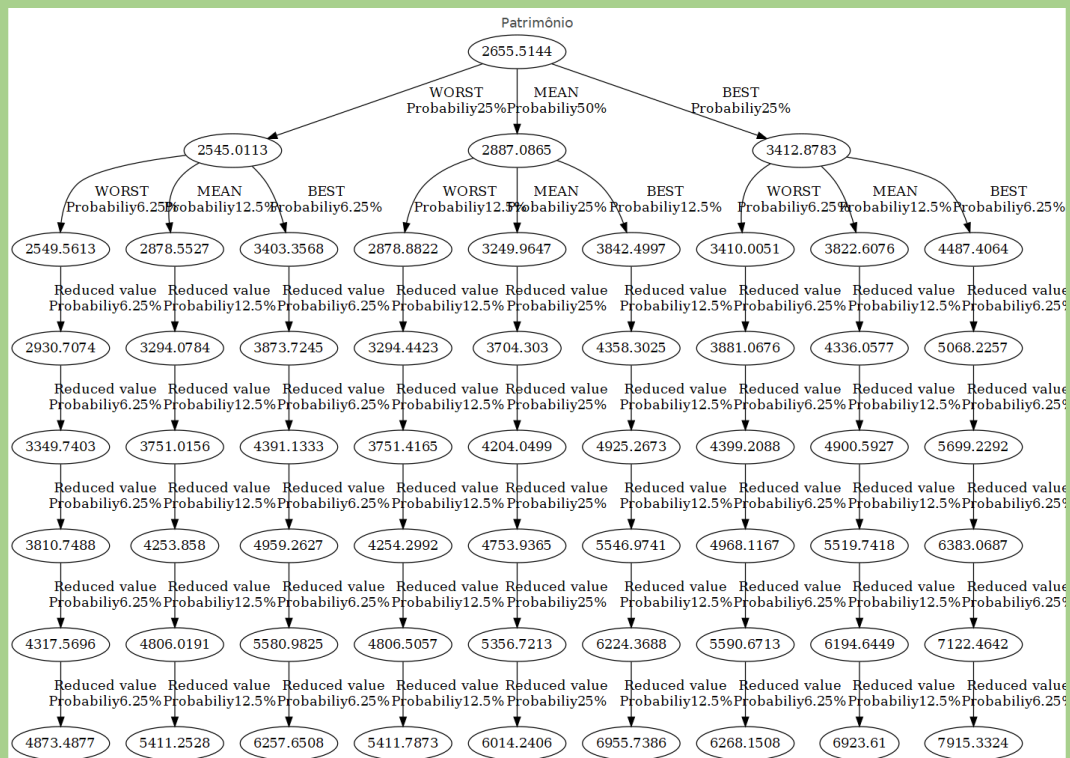


Figura 18: Árvore de possibilidades para patrimônio (modelo patrimônio).

As projeções para o passivo atuarial são mostradas na Figura 19. A estrutura de cenários para o passivo atuarial é contruída com base nas projeções da equipe de investimentos da Reciprev e considerando margens de 10% acima/abaixo para cenários negativos/positivos. Como pode-se observar, projeta-se um valor (atualizado) em torno de 7,305 bilhões em 2028.

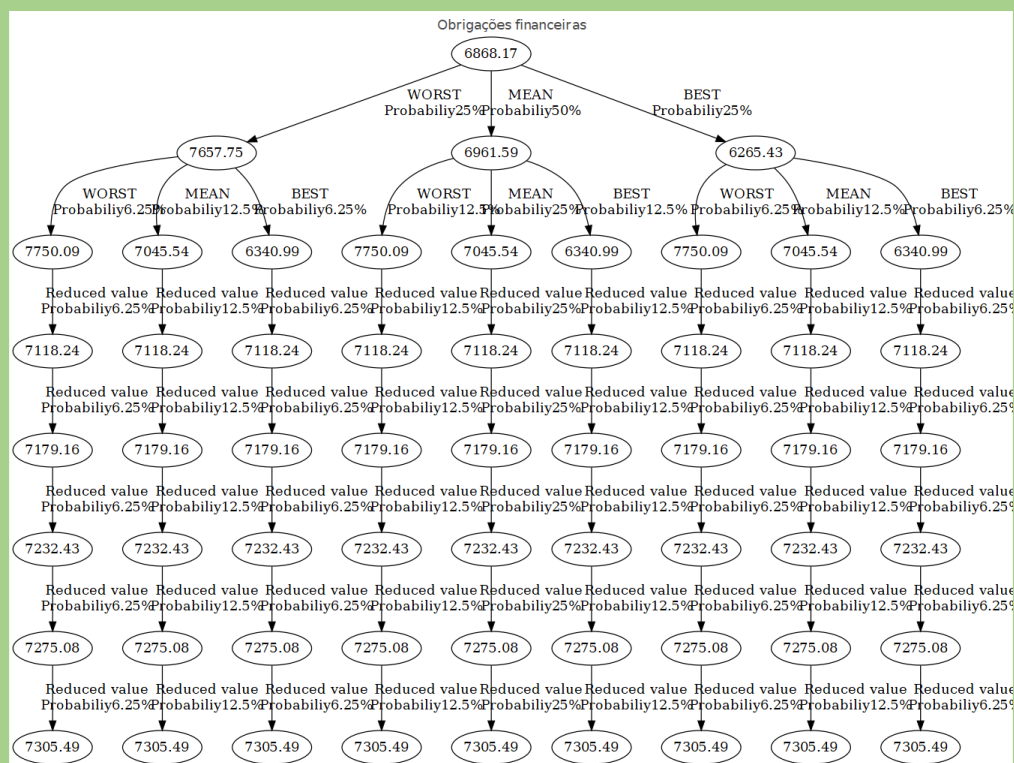


Figura 19: Árvore de possibilidades para o patrimônio do fundo (modelo patrimônio).

Recife, 17 de novembro de 2021.

Assinaturas:

Wilton B. de Silva

WILTON BERNARDINO DA SILVA (CPF: 047.697.504-20)

Prof. Associado I – UFPE (coordenador do projeto)

JOSE MARCOS ALVES DE BARROS (CPF: 334.326.354-00)

Gerente de Investimentos - Reciprev