



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB)
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS (CCSA)
DEPARTAMENTO DE FINANÇAS E CONTABILIDADE (DFC)
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS ATUARIAIS (CCA)

RAFAELA MERIELE COELHO SILVA

ANÁLISE DOS PLANOS DE BENEFÍCIO DEFINIDO OFERTADOS PELOS
FUNDOS DE PENSÃO NO BRASIL: SOLVÊNCIA, AGRUPAMENTOS E
DISCRIMINAÇÃO DE PLANOS

JOÃO PESSOA, PB

2022

RAFAELA MERIELE COELHO SILVA

**ANÁLISE DOS PLANOS DE BENEFÍCIO DEFINIDO OFERTADOS PELOS
FUNDOS DE PENSÃO NO BRASIL: SOLVÊNCIA, AGRUPAMENTOS E
DISCRIMINAÇÃO DE PLANOS**

Trabalho de conclusão de Curso (TCC II) para o curso de Ciências Atuariais na UFPB, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Ciências Atuariais.

Área de Concentração: Previdência Complementar.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Santos Júnior.

JOÃO PESSOA, PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Rafaela Meriele Coelho.

Análise dos planos de benefício definido ofertados pelos Fundos de Pensão no Brasil: solvência, agrupamentos e discriminação de planos / Rafaela Meriele Coelho Silva. - João Pessoa, 2022.

58 f.

Orientação: Luiz Carlos Santos Júnior. TCC (Graduação) - UFPB/CCSA.

UFPB/CCSA

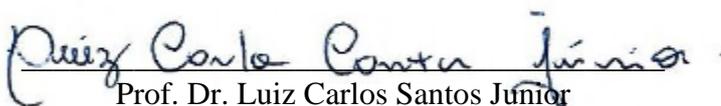
CDU 368

RAFAELA MERIELE COELHO SILVA

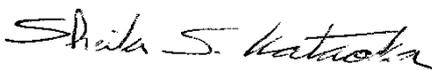
ANÁLISE DOS PLANOS DE BENEFÍCIO DEFINIDO OFERTADOS PELOS FUNDOS
DE PENSÃO NO BRASIL: SOLVÊNCIA, AGRUPAMENTO E DISCRIMINAÇÃO DE
PLANOS

Trabalho de Conclusão de Curso para o curso
de Ciências Atuariais na UFPB, como requisito
para a obtenção do título de bacharel em
Ciências Atuariais.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Carlos Santos Junior
Orientador
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Me. Sheila Sayuri Kataoka
Membro avaliador
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Me. Herick Cidarta Gomes de Oliveira
Membro avaliador
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Dedico este trabalho de conclusão de curso, bem como toda minha trajetória no curso de ciências atuariais, aos meus pais, que me deram toda base para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente à Deus, que me sustentou e me deu forças para chegar até aqui. Agradeço também aos meus pais, Victor e Érika, que sempre lutaram para me dar o melhor e estiveram ao meu lado durante toda minha vida, me apoiando e dando base para que eu pudesse buscar o melhor para mim. Agradeço aos meus irmãos, Nicole e Samuel, que estão sempre ao meu lado.

Quero agradecer também ao meu companheiro Tarciso, que foi fundamental para a construção deste trabalho e dos meus estudos durante todos esses anos de universidade, me ajudando e me apoiando em todas as circunstâncias e dificuldades.

Agradeço a todos os professores do curso de atuária, bem como os demais que apoiaram nesse crescimento; em especial o professor Dr. Luiz Carlos, que me apoiou e esteve sempre à disposição para construir este trabalho, além de toda paciência em todas as demais disciplinas.

Por fim, quero agradecer a todos os meus colegas de sala, Jake, Cris, Nelson, Fortunato e Mariano, por toda rede de apoio e estudos que construímos ao longo desses cinco anos de universidade.

Todos esses fatores foram essenciais para a minha formação e desempenho no curso de atuária. Serei eternamente grata a cada um de vocês!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota” (Madre Teresa de Calcutá).

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi analisar os planos de benefício definido ofertados pelas EFPC no Brasil, a partir de dados coletados nos Demonstrativos Atuariais de 2020 disponibilizados pela Superintendência Nacional de Previdência Complementar. Para isso, foram utilizados os dados presentes nos demonstrativos atuariais de 229 planos BD no ano de 2020, que possuíam apenas um grupo de custeio. Primeiramente foram analisados os índices de cobertura, com base na Reserva Matemática, conforme proposto por Rodrigues (2008). A partir disso, foi verificado que 44,54% dos planos possuíam o Índice de Cobertura Total dentro do parâmetro satisfatório, enquanto 55,46% estavam abaixo do desejado – ressaltando que o ICT não considera valores de reserva especial e/ou de contingência. Para os Índices de Cobertura Parcial, no que se refere aos benefícios concedidos (Reserva Matemática de Benefícios Concedidos), 72,49% dos planos estavam dentro do parâmetro desejado, enquanto 27,51% estavam abaixo do valor ótimo, indicando que não seriam capazes de arcar com os benefícios presentes; no que se refere aos benefícios a conceder (Reserva Matemática de Benefícios a Conceder), 78,60% dos planos possuíam índice satisfatório, contra 21,40% fora do parâmetro desejado, indicando que não seriam capazes de arcar com os benefícios que irão ocorrer. Posteriormente, foi realizada a análise de *cluster*, visando agrupar os planos conforme suas similaridades, com isso, baseando-se nas variáveis contidas na seção 4.3, foram sugeridos 05 grupos para alocar os planos, onde no grupo 05 estão planos de maior porte, decrescendo até o grupo 01. A partir disto, foi realizada a análise discriminante, buscando discriminar as características dos grupos conforme o agrupamento realizado anteriormente. Para tanto, o modelo de teste obteve êxito em 85,48%, tendo como as variáveis que melhor discriminam os planos: participantes ativos, reserva matemática, tábua de mortalidade modificada, patrimônio de cobertura, insuficiência de cobertura, ativo líquido, *duration* do passivo, custo normal do ano e fundo previdencial.

Palavras-Chave: Solvência. Benefício Definido. Fundos de Pensão. Análise de *Cluster*. Análise Discriminante.

ABSTRACT

The objective of this work was to smooth out the defined benefit plans offered by the EFPC in Brazil, based on data collected in the 2020 Actuarial Statements made available by the National Superintendence of Supplementary Pension. For this, the data present in the actuarial statements of 229 BD plans in 2020, which had only one costing group, were used. First, the coverage indexes were analyzed, based on the Mathematical Reserve, as proposed by Rodrigues (2008). From this, it was verified that 44.54% of the plans had the Total Coverage Index within the satisfactory parameter, while 55.46% were below the desired – emphasizing that the WAI does not consider special reserve and/or contingency values. For partial coverage indices, with regard to the benefits granted (Mathematical Reserve of Granted Benefits), 72.49% of the plans were within the desired parameter, while 27.51% were below the optimal value, indicating that they would not be able to afford the benefits present; with regard to the benefits to be granted (Mathematical Reserve of Benefits to Be Granted), 78.60% of the plans had satisfactory index, against 21.40% outside the desired parameter, indicating that they would not be able to afford the benefits that will occur. Subsequently, cluster analysis *was performed*, aiming to group the plans according to their similarities, with this, based on the variables contained in section 4.3, 05 groups were suggested to allocate the plans, where in group 05 are larger plans, decreasing to group 01. From this, the discriminant analysis was performed, seeking to discriminate the characteristics of the groups according to the grouping performed previously. Therefore, the test model was successful in 85.48%, with the variables that best discriminate the plans: active participants, mathematical reserve, modified mortality table, coverage equity, insufficient coverage, net assets, *duration* of liabilities, normal cost of the year and social security fund.

Keywords: Solvency. Defined Benefit. Pension funds. Cluster Analysis. Discriminant Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formalização dos Fundos de Pensão e principais contratos	21
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tábuas de mortalidade e status de solvência dos planos analisados	35
Tabela 2 - Tábuas de mortalidade modificadas e status de solvência dos planos analisados..	36
Tabela 3 - Tábuas de entrada em invalidez e status de solvência dos planos analisados	36
Tabela 4 - Tábuas de entrada em invalidez modificadas e status de solvência dos planos analisados	37
Tabela 5 – Número de planos por Cluster observado de acordo com a análise de agrupamentos.....	40
Tabela 6 - Solvência dos planos em cada cluster	41
Tabela 7 – Probabilidade a priori dos grupos	42
Tabela 8 - Coeficientes dos discriminantes lineares.....	43
Tabela 9 - Percentuais alcançados pelas funções discriminantes	44
Tabela 10 - Previsão do Modelo de Treinamento.....	45
Tabela 11 - Previsão do Modelo de Teste	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais características das modalidades de plano de benefício definido, contribuição definida e contribuição variável	22
Quadro 2 – Disponibilidades, compromissos e status de equilíbrio técnico.....	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Taxas de juros atuariais adotadas pelos planos BD analisados em 2020.....	33
Gráfico 2 – Insuficiência de cobertura, taxas de juros atuariais e status de solvência dos planos analisados	34
Gráfico 3 - Scree Plot	39
Gráfico 4 - Dendrograma.....	40
Gráfico 5 - Histograma LD1	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BD	Benefício Definido
CD	Contribuição Definida
CNPB	Cadastro Nacional do Plano de Benefícios
CNPC	Conselho Nacional de Previdência Complementar
CV	Contribuição Variável
EAPC	Entidade Aberta de Previdência Complementar
EFPC	Entidade Fechada de Previdência Complementar
IBA	Instituto Brasileiro de Atuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICD	Índice de Cobertura Dinâmica
ICFG	Índice da Capacidade do Fundo Garantidor
ICMA	Índice de Correlação à Meta Atuarial
ICP	Índice de Cobertura Potencial
ICPC	Índice de Cobertura parcial
ICT	Índice de Cobertura Total
IMFA	Índice de Maturidade Financeira Ampliada
IMFR	Índice de Maturidade Financeira Restrita
IUP	Índice de Utilidade do Plano de Benefícios
LC	Lei Complementar
LD	Linear Discriminante
NI	Não-Iminentes
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PREVIC	Superintendência Nacional de Previdência Complementar
RGPS	Regime Geral de Previdência Social
RMBaC	Reserva Matemática de Benefícios a Conceder
RMBC	Reserva Matemática de Benefícios Concedidos
RN	Resolução Normativa
RPC	Regime de Previdência Complementar
RPPS	Regime próprio de Previdência Social
OTUs	Unidades Taxonômicas Operacionais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Contextualização e problema	15
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificativa	17
1.4 Estrutura do Trabalho	18
2 FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICA E EMPÍRICA	19
2.1 Previdência no Brasil	19
2.2 Entidades fechadas de previdência complementar	20
2.3 Demonstrativo atuarial	22
2.4 Solvência dos planos previdenciários e seus indicadores	22
2.5 Evidências empíricas	24
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	27
3.1 Tipo de pesquisa, universo, amostra e coleta de dados	27
3.2 Variáveis analisadas	27
3.3 Tipos de análise	28
3.3.1 Análise descritiva	28
3.3.2 Análise de indicadores de solvência em planos de benefícios	28
3.3.3 Análise multivariada de dados	30
4 RESULTADOS	33
4.1 Análise descritiva	33
4.2 Análise de indicadores de solvência em planos de benefícios	37
4.3 Análise multivariada de dados	38
4.3.1 Análise de agrupamentos (cluster)	38
4.3.2 Análise multivariada discriminante.....	42
5 CONCLUSÃO	46
APÊNDICE A – CÓDIGOS EXECUTADOS	54
APÊNDICE B – FORMAÇÃO DOS <i>CLUSTERS</i>	57

1 INTRODUÇÃO

Esta introdução apresenta, inicialmente, o contexto e o problema de pesquisa relativos à solvência em planos previdenciários do tipo benefício definido e ofertados pelas Entidades Fechadas de Previdência Complementar no Brasil, seguidos pelos subitens concernentes aos objetivos, justificativa e estrutura do presente trabalho.

1.1 Contextualização e problema

Segundo Lazzari e Castro (2016), previdência social é o sistema que, mediante contribuição, assegura aqueles que exercem algum tipo de atividade laborativa, bem como resguarda seus dependentes, em casos de morte, invalidez, idade avançada, doença, acidente de trabalho e desemprego voluntário, considerados eventos de causa infortunistica; são também assegurados em caso de maternidade, prole ou reclusão, consideradas situações que exigem amplo amparo financeiro.

De uma forma macro, a estrutura previdenciária brasileira é formada pela Previdência Social – PS (obrigatória a todos os trabalhadores) e pela Previdência Complementar – PC (facultativa aos trabalhadores). Esta última nos leva ao nosso objeto de estudo.

A previdência complementar (ou previdência privada), por sua vez, subdivide-se em dois pilares: Entidades Abertas de Previdência Complementar (EAPC) e Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC). A principal diferença conceitual entre ambas se refere aos requisitos para adesão, uma vez que para ingressar em um plano de EFPC, o indivíduo, necessariamente, deve integrar determinado grupo, normalmente vinculado à uma empresa ou conglomerado; enquanto os planos ofertados por EAPC são abertos ao público em geral (BELTRÃO et al., 2004).

De acordo com o Relatório Gerencial de Previdência Complementar (2022), o Regime de Previdência Complementar contempla uma população de 17 milhões de pessoas em quantidade de contratos. Entre 2012 e dezembro de 2021 houve um aumento de 30% no ingresso de novos contribuintes ao RPC.

Sobre o volume financeiro das contribuições, ao final do ano de 2020, o patrimônio do Regime de Previdência Complementar atingiu o valor de R\$ 2,12 trilhões, representando um crescimento de 6,53% em relação ao ano anterior. Em relação às entidades fechadas, o ano de 2020 foi encerrado com superávit de 7,62 bilhões (PREVIC, 2021).

Dentro da previdência complementar, tem-se as modalidades de plano CD (Contribuição Definida), CV (Contribuição Variável) e BD (Benefício Definido). Com o desenvolvimento dos métodos de cálculos atuariais, surgiu a necessidade de mensurar e gerenciar os riscos para os planos previdenciários, de forma a manter o equilíbrio, ou seja, sem déficit ou superávit (DIAS; SANTOS, 2009). O plano de Benefício Definido, dentre os três tipos citados, possui solvência condicionada à concretização das premissas atuariais, segundo Rodrigues (2008), a solvência em planos de Benefício Definido - BD (detalhado no próximo capítulo) deve ser garantida a partir da relação entre os ganhos de investimento em função da manutenção do estoque de capital, que, necessariamente, deve fazer frente às reservas matemáticas, e dos fluxos previdenciais, que são de suma importância no pagamento de benefícios em acontecimento.

Segundo a Revista de Fundos de Pensão (2016, p. 13), a entidade deve “promover a correção de distorções no tratamento de desequilíbrios dos planos e gerar benefícios e incentivos regulatórios bem alinhados com a visão de longo prazo dos fundos de pensão”. Para o ex-superintendente da PREVIC, José Roberto Ferreira, quando a EFPC perceber que pode haver alguma incapacidade para pagamento dos benefícios, levando risco de problemas estruturais, é importante que a gestão esteja preparada para garantir a solvência da entidade (capacidade de honrar com seus compromissos futuros).

Diante da possibilidade de déficit em planos previdenciários e do impacto que isso provoca sobre participante e patrocinador, indaga-se: no âmbito da solvência, qual o panorama geral dos planos BD ofertados por EFPC no Brasil? Quais as similaridades e as diferenças entre os referidos planos?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar os planos de benefício definido ofertados pelas EFPC no Brasil, no âmbito da solvência, das similaridades e diferenças dos referidos planos, a partir de dados coletados nos Demonstrativos Atuariais de 2020 disponibilizados pela Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC).

1.2.2 Objetivos específicos

A partir do conjunto de dados disponibilizado nos Demonstrativos Atuariais (ano de 2020) dos planos BD, com grupo único de custeio, de EFPC brasileiros, os objetivos específicos são:

1. Analisar a solvência dos planos de forma exploratória por meio da análise estatística descritiva;
2. Analisar a solvência dos planos por meio dos indicadores de cobertura propostos por Rodrigues (2008);
3. Agrupar os planos de fundos de pensão similares por meio da análise multivariada de agrupamentos;
4. Classificar os planos de fundos de pensão, de acordo com os grupos formados na análise de agrupamentos, por meio da análise multivariada discriminante.

1.3 Justificativa

Em vista da possibilidade de insolvência em planos de Benefício Definido em Entidades Fechadas de Previdência Complementar, considerando a possibilidade de não concretização das premissas atuariais adotadas, torna-se necessário o entendimento e compreensão dos fatores que fazem com que um plano seja solvente e arque com seus compromissos financeiros correntes e futuros. Desta forma, o trabalho se mostra relevante, pois dá destaque a um tema pertinente a diversos agentes econômicos (trabalhadores, corporações e governo), conforme Santos Júnior (2020).

Além disso, contribui no que se refere à abordagem, analisando-se a solvência sob a perspectiva da análise estatística multivariada de dados, agrupando os planos de benefícios por similaridades e discriminando-os conforme as suas diferenças, a fim de compreender o que explica a solvência.

Tem ainda que o trabalho é viável e reproduzível, pois os dados necessários para a sua realização estão disponíveis no site da Secretaria de Previdência e o *software* a ser utilizado para a realização da análise é de acesso livre.

Por fim, mas não menos importante, o presente trabalho é um produto do projeto de iniciação científica chamado “análise estatística e atuarial da capacidade de pagamentos de benefícios em planos de entidades fechadas de previdência complementar no Brasil”. Tal projeto foi contemplado com bolsa de iniciação científica pelo Edital 01/2020/PROPESQ, que selecionou projetos de iniciação científica para a vigência 2020/2021.

1.4 Estrutura do Trabalho

Serão apresentadas, nos próximos capítulos: as fundamentações teóricas e evidências empíricas relativas à solvência em planos BD ofertados por EFPC no Brasil (capítulo 2); os aspectos metodológicos, com explicitação da amostra, do tipo de coleta, das variáveis analisadas e dos modelos utilizados (capítulo 3); os resultados obtidos a partir das análises propostas (capítulo 4); e a conclusão (capítulo 5).

2 FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICA E EMPÍRICA

2.1 Previdência no Brasil

No Brasil, os primeiros registros acerca do surgimento da previdência ocorreram em meados de 1820, quando fora emitido um decreto concedendo, aos mestres e professores, aposentadoria após 30 anos em atividade, além de um abono de um quarto àqueles que continuassem exercendo suas funções. Nos anos seguintes, o mesmo aconteceu para funcionários dos Correios e Ferroviários. Em 1891, a constituição previu a aposentadoria por invalidez aos servidores públicos e em 1892 foi instituída a aposentadoria por invalidez e pensão por morte aos operários do Arsenal de Marinha do Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, não se podia dizer que ambas as situações pertenciam a um sistema previdenciário contributivo, uma vez que os beneficiários não realizavam suas contribuições durante o período laboral. No ano de 1919 surgiu a primeira lei sobre a proteção do trabalhador em casos de acidentes de trabalho, considerado o marco inicial da previdência social no Brasil e, a partir disto, foram criadas normas e regulamentações para o aprimoramento acerca do tema. Em 1960 foi criado o Ministério do Trabalho e Previdência Social, com normas uniformes para o amparo aos beneficiários e seus dependentes (LAZZARI; CASTRO, 2016).

Hoje, no Brasil, conforme a introdução deste trabalho, o sistema previdenciário brasileiro é formado pela Previdência Social e pela Previdência Complementar. A Previdência Social, por sua vez, divide-se em: o Regime Próprio de Previdência Social – RPPS, obrigatório aos empregados públicos estatutários; o Regime Geral de Previdência Social – RGPS, obrigatório aos demais trabalhadores.

O Regime de Previdência Complementar, é formado pelas EAPC e EFPC, organizações que operam planos de benefícios através do regime de capitalização. As EFPC, também denominadas “fundos de pensão”, não possuem fins lucrativos e são criadas exclusivamente com o objetivo de operar planos destinados a grupos específicos de trabalhadores, diferentemente das EAPC, que são abertas a qualquer indivíduo que deseje aderir a algum plano.

Em vista do propósito do fundo de pensão, que é o pagamento dos benefícios, seu objetivo na capitalização dá-se unicamente pelo interesse de seus participantes, patrocinadores e instituidores, ou seja, todos os recursos são utilizados para a manutenção dos planos de benefícios. Dessa forma, é evidente que o retorno dos investimentos deve ser suficiente para

cobrir todos os custos passíveis de atingir a entidade, ou seja, o objetivo é compor o patrimônio para pagamento de benefícios correntes e futuros (NESE; GIAMBIAGI, 2020).

2.2 Entidades fechadas de previdência complementar

Segundo o Capítulo III da Lei Complementar (LC) nº 109/2001, que dispõe sobre a previdência privada:

Art. 31. As entidades fechadas são aquelas acessíveis, na forma regulamentada pelo órgão regulador e fiscalizador, exclusivamente:

I - Aos empregados de uma empresa ou grupo de empresas e aos servidores da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, antes denominados patrocinadores;

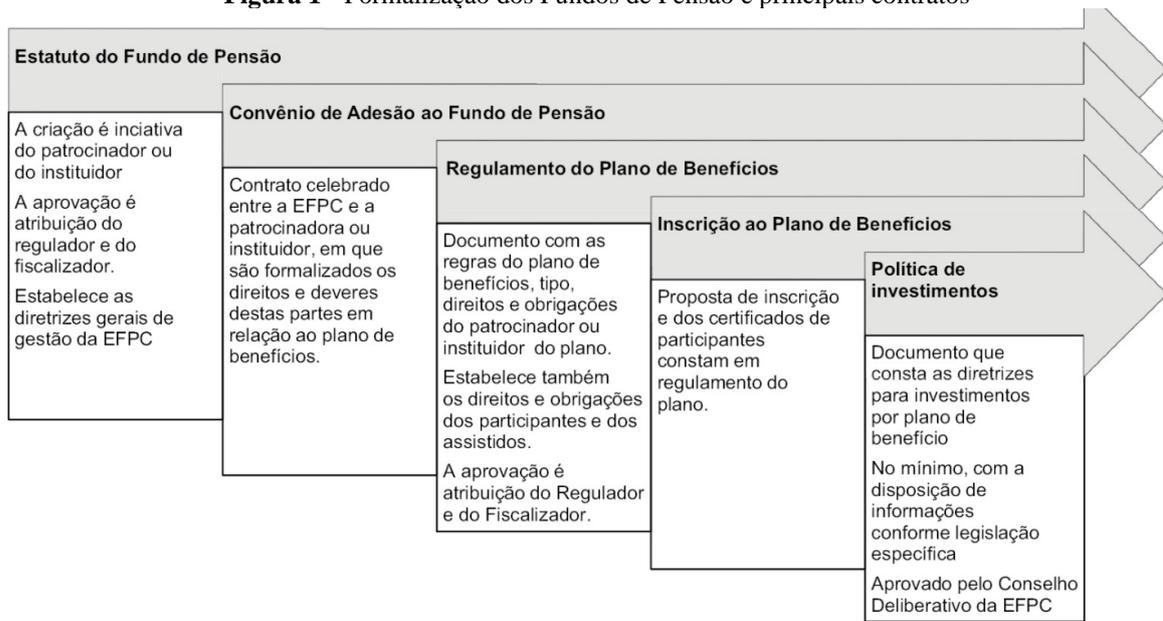
e

II - Aos associados ou membros de pessoas jurídicas de caráter profissional, classista ou setorial, denominadas instituidores.

Além disso, a LC supracitada diz que as EFPC devem ser organizadas sob a forma de fundação ou sociedade civil, sem fins lucrativos.

Segundo Nese e Gambiagi (2020), o propósito de um fundo de pensão é o pagamento dos benefícios, dessa forma, o único objetivo na capitalização das reservas dá-se no interesse dos seus participantes, patrocinadores e instituidores. Dessa forma, o resultado da capitalização dos recursos irá compor o patrimônio para o pagamento dos benefícios correntes e futuros, de modo a garantir a solvência da entidade. É importante ressaltar que, dentro de uma entidade fechada de previdência complementar, no plano BD, o risco é compartilhado, ou seja, um resultado favorável (superávit), ou desfavorável (déficit), recai sobre o patrocinador e os participantes. Sendo assim, o resultado é distribuído em caso de superávit e o equacionamento é feito por ambos em caso de déficit.

A criação de um fundo de pensão deve ser realizada pelo patrocinador (ou instituidor), e a aprovação depende da PREVIC, órgão supervisor da PC. A seguir estão descritos os passos para a formação de um fundo de pensão.

Figura 1 - Formalização dos Fundos de Pensão e principais contratos

Fonte: Nese e Giambiagi (2020, p. 122).

A EFPC tanto pode ter sua estrutura própria de gestão e independente do patrocinador, como pode terceirizá-la total ou parcialmente, envolvendo Bancos através do produto de multipatrocínio ou consultorias especializadas (NESE; GAMBIAGI, 2020).

Segundo Rodrigues (2008), é importante que os gestores de um fundo de pensão compreendam as questões que permeiam sua tipicidade. Dentre essas questões, cinco abordagens são de grande relevância para que seja alcançado o sucesso de uma entidade: a) conhecimento do objetivo – os administradores devem entender e conhecer os motivos para os quais se despendem esforços, a finalidade principal e os agentes para os quais serão os bons resultados; b) formulação da política de investimentos – dois requisitos precisam ser atendidos para se obter resultados em um fundo de pensão: gestão dos estoques de capitais e equilíbrio de fluxos financeiros. Onde uma “boa gestão de passivo indica a necessidade presente de cobertura das obrigações, torna conexa a necessidade de que se observe investir ou desinvestir, segundo compromissos correntes, de médio e longo prazo”; c) entendimento do compromisso – os gestores devem compreender o quanto se deve maximizar os resultados em condições aceitáveis de risco e o quanto deve-se oferecer benefícios a partir de um ideal entre receitas e ganhos de capital; d) regra de prudência – deve ser priorizado o interesse coletivo; e) atitude de gestão – monitoramento de todos os intervenientes, acompanhamento da política de investimentos, gestão de passivo, de benefícios, de custeio, de controle de custos, entre outros (RODRIGUES, 2008).

2.3 Demonstrativo atuarial

O Demonstrativo Atuarial, conforme a Fundação Refer (2022), é o cadastro anual do estado atuarial de um plano de benefícios, onde terão as informações de reservas, participantes ativos, número de benefícios concedidos e uma série de informações pertinentes àquele plano. O envio anual do demonstrativo atuarial é exigido pela Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC), com a finalidade de acompanhar o andamento dos planos de benefícios no âmbito atuarial. É válido ressaltar que os demonstrativos contemplam a análise dos métodos atuariais, bem como todas as premissas utilizadas, realizada por atuário devidamente habilitado e apto para tal feito (FUNDAÇÃO REFER, 2020).

2.4 Solvência dos planos previdenciários e seus indicadores

Dentro da previdência complementar fechada, tem-se três tipos de planos: Benefício Definido (BD), Contribuição Definida (CD) e Contribuição Variável (CV). Abaixo, no Quadro 1, estão as principais características de cada um deles, bem como suas vantagens, desvantagens e efeitos gerados.

Quadro 1 - Principais características das modalidades de plano de benefício definido, contribuição definida e contribuição variável

Modalidade	Característica	Vantagem	Desvantagem	Efeito
Benefício Definido (BD)	Contribuição é função do benefício	- Valor do benefício conhecido desde o início para o participante; - Mais baratos (mutualismo).	Risco para ente empregatício; Solvência condicionada à concretização das premissas atuariais.	Incentiva aposentadorias logo que atingidos os critérios de elegibilidade.
Contribuição Variável (CV)	Características de BD e CD	Menor risco para ente empregatício.	Valor do benefício só é conhecido no início do recebimento.	Incentiva o adiamento da aposentadoria.
Contribuição Definida (CD)	Benefício é função da contribuição	Menor risco para ente empregatício.	Valor do benefício só é conhecido no início do recebimento. Reajuste anual dos benefícios (pode aumentar ou diminuir).	Incentiva o adiamento da aposentadoria.

Fonte: Elaboração própria a partir de Corrêa (2018).

O foco deste estudo está no plano de Benefício Definido (BD), onde o valor dos benefícios é previamente estabelecido, tendo as formas de contribuição e cálculo atuarial do

benefício previstos no regulamento do plano - em caso de déficit, as contribuições são majoradas e, em caso de superávit, são diminuídas, suprimidas ou devolvidas. O plano BD é determinado atuarialmente, com base nas premissas adotadas (que são revisadas anualmente a partir dos resultados alcançados), como, por exemplo: taxa de juros, expectativa de vida, crescimento do salário, entre outras (REIS, 2019).

A partir do exposto acima, nota-se que o risco de desequilíbrio atuarial em planos BD pode ocorrer em decorrência da não concretização das premissas atuariais, que são hipóteses econômicas e demográficas assumidas para a realização dos cálculos atuariais visando a garantia da solvência da entidade de previdência (CORRÊA, 2018). Sendo assim, o risco de insolvência torna-se maior nos planos de modalidade BD.

Diante do exposto, de acordo com Rodrigues (2014), desde os anos 90 é vista uma tendência de migração dos planos BD para os outros tipos de plano (CD e CV), fato decorrente dos riscos que incorrem sobre a modalidade de benefício definido para a patrocinadora. Antes da LC 109/2001, a entidade patrocinadora tinha a responsabilidade de arcar com eventuais insuficiências de ativos. Porém, após a promulgação da lei, a responsabilidade de arcar com o déficit passou a ser, também, dos participantes ativos e assistidos, de acordo com a proporcionalidade de participação de cada um dentro do plano.

Consoante Rodrigues (2008), os fundos de pensão estão baseados na relação de solvência entre suas disponibilidades e compromissos assumidos, denotada em (1):

$$\frac{AL_t}{PP_t} \quad (1)$$

O numerador representa o ativo líquido no tempo t e livre para a cobertura de compromissos; o denominador representa o passivo previdencial apurado no tempo t (representando o montante de recursos que devem estar disponíveis para arcar com os compromissos acerca do pagamento dos benefícios).

Em um plano de benefícios, o ativo líquido AL_t é calculado a partir do ativo total constituído, retirando as exigibilidades e fundos não previdenciais, resultando em (2):

$$AL_t = AT_t - [EC_t + EO_t + FNP_t]. \quad (2)$$

AT_t é o ativo total; EC_t é o exigível contingencial, EO_t é o exigível operacional; e FNP_t , os fundos não previdenciais, todos no tempo t .

A equação (1) pode apresentar três resultados distintos, trazendo consigo três cenários diferentes, conforme indica o Quadro 2:

Quadro 2 – Disponibilidades, compromissos e status de equilíbrio técnico

Disponibilidades e compromissos	Status de equilíbrio técnico
$\frac{AL_t}{PP_t} < 1$	Desequilíbrio Déficit
$\frac{AL_t}{PP_t} = 1$	Equilíbrio ótimo
$\frac{AL_t}{PP_t} > 1$	Desequilíbrio Superávit

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2008).

Ambos os desequilíbrios, para mais ou para menos, podem ser prejudiciais aos agentes vinculados à entidade previdenciária (RODRIGUES, 2008).

A análise da solvência de um plano de benefícios pode ser realizada a partir de dois aspectos: a) solvência econômica – quando o valor presente dos bens e direitos do plano forem iguais ou maiores que o valor presente de seus compromissos (obrigação); e b) solvência financeira – quando há capacidade de honrar com as exigibilidades correntes, previdenciais e administrativas (RODRIGUES, 2008).

Antes de avaliar o resultado apresentado pelos planos de benefícios, é importante compreender a qualidade dos insumos que acarretaram o resultado, fundamentando a avaliação final da solvência a partir da dinâmica temporal dos indicadores (RODRIGUES, 2008), que serão apresentados no próximo capítulo.

2.5 Evidências empíricas

O tema em questão é uma vasta área para pesquisa, visto que não existem muitos trabalhos que o estudam. Abaixo são citadas algumas das evidências empíricas mais relevantes para esta monografia.

Segundo Gazzoni (2014), a solvência de um plano de benefícios, concomitantemente o equilíbrio atuarial, está diretamente ligada à forma na qual é realizada a precificação do passivo atuarial (porção do valor presente dos benefícios futuros, estimada por determinado plano de custeio e não prevista pelos custos normais futuros – *Actuarial Standard Board*). Existem três fatores que influenciam a precificação do passivo atuarial: regime financeiro (repartição simples, repartição de capitais de cobertura e capitalização), método de financiamento (capitalização financeira, agregado, idade de entrada, crédito unitário etc.) e premissas atuariais

adotadas (bases técnicas do cálculo atuarial, podem ser demográficas, biométricas, econômicas e financeiras). Dentre as premissas atuariais utilizadas, vale destacar a importância da taxa real de juros, uma vez que ela viabiliza a avaliação dos fluxos de receitas e despesas a valor presente, influenciando diretamente a análise de equilíbrio financeiro e atuarial do plano de benefícios. Dessa forma, para Gazzoni (2014), a utilização de uma taxa de juros adequada em relação à expectativa do retorno de investimentos é fundamental para a mensuração correta dos passivos atuariais. Portanto, as regras para precificação dos ativos, passivos e solvência são de extrema importância para evitar volatilidades nos resultados, uma vez que daí parte a mensuração de recursos necessários ao pagamento dos benefícios.

Para Souza e Costa (2015), a mensuração dos compromissos com planos BD acaba sendo de elevada complexidade em vista da necessidade de atribuição de premissas e estimativas que, provavelmente, não se realizarão com precisão, influenciando o valor apurado. Os autores citam que os fundos de pensão que utilizarem tábuas biométricas com expectativas de sobrevivência superior à tábua AT-83, ao se adaptarem, terão despesas com a variação das provisões matemáticas, que poderão incorrer em déficits, tendo em vista que o período estimado de pagamento de benefícios aos participantes será maior. Ou seja, a escolha da tábua de vida, juntamente com a taxa real de juros, é de suma importância para a correta mensuração do passivo atuarial.

De acordo com Paz (2001), um plano pode ficar insolvente pelas seguintes condições: a) contribuições cobradas em discordância com os benefícios assumidos; b) mortes, entradas em invalidez e sobrevivências de participantes em desacordo com as previsões da tábua biométrica utilizada; c) aplicações em investimentos que não proporcionem retornos, no mínimo, iguais à taxa real de juros adotada; e d) aplicações de recursos que não cubram a necessidade de liquidez.

Segundo Chan, Silva e Martins (2007), o equilíbrio dos planos de benefício definido pressupõe a harmonia entre os valores das contribuições e os compromissos assumidos. Pode-se dizer que a base do equilíbrio desses planos é o grau de aderência à realidade das premissas atuariais e no arranjo de gerenciamento securitário. O referido estudo destaca a premissa de ganho real dos investimentos (meta atuarial), onde é constatado que uma taxa de desconto fixa, em detrimento à uma taxa de desconto variável, pode ocasionar distorções na análise do plano a longo prazo. Entretanto, uma taxa de juros variável traz a dificuldade em estabelecer estrutura temporal de taxa de juros que reflita a realidade do plano, além de gerar alta complexidade operacional para mensurar o passivo atuarial.

Paralelamente à Previdência Complementar, o trabalho de Sousa Silva (2020) buscou a sustentabilidade de 70 RPPS do estado da Paraíba dos anos de 2015 a 2018. A partir da análise de regressão realizada, a autora verificou que as variáveis Provisão Matemática de Benefícios a Conceder (ou Reserva Matemática de Benefícios a Conceder – RMBaC) e Valor Atual de Benefícios Futuros_Encargos de Benefícios a Conceder tiveram maior impacto na determinação do resultado atuarial pela entidade.

Ao longo da pesquisa, este trabalho buscará analisar os planos de benefício definido dos fundos de pensão brasileiros, no ano de 2020, a fim de verificar as variáveis que podem impactar na solvência, bem como analisar os grupos com base em suas similaridades.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os tipos de pesquisa, o universo, a amostra, a coleta de dados, as variáveis analisadas e os tipos de análises, bem como o software utilizados.

3.1 Tipo de pesquisa, universo, amostra e coleta de dados

Pesquisa quantitativa, aplicada, descritiva, transversal e *ex-post-facto*. Quanto à população/amostra analisada, refere-se aos planos de benefícios definido, de custeio único, dos fundos de pensão brasileiros em funcionamento no ano de 2020.

Os dados são secundários e foram obtidos através dos demonstrativos atuariais disponibilizados no site do Governo Federal, na aba referente à PREVIC.

3.2 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas neste trabalho são: a solvência, medida conforme Rodrigues (2008), além de diversas variáveis constantes nos demonstrativos atuariais, descritas no próximo parágrafo.

As variáveis utilizadas para este estudo estão divididas em grupos, tais como:

- a) Dados da entidade: código da EFPC;
- b) Dados do plano: CNPB (Cadastro Nacional do Plano de Benefícios), situação (quanto ao funcionamento);
- c) Dados do atuário: nome do atuário;
- d) Informações da *duration*: duração do passivo utilizado no plano;
- e) Grupo de Custeio: número de participantes ativos;
- f) Dados das premissas atuariais: valor adotado (referência utilizada) da tábua de mortalidade, entrada em invalidez e taxa de juros;
- g) Patrimônio: patrimônio de cobertura e insuficiência de cobertura;
- h) Fundos previdenciais: saldos de fundos previdenciais;
- i) Resultado do plano: resultado do exercício, ativo líquido, déficit, superávit e reservas matemáticas (total, concedidos e a conceder).
- j) Fonte dos recursos: total de contribuições dos participantes, dos assistidos e do patrocinador;
- k) Total das reservas: custo normal do ano.

3.3 Tipos de análise

Sobre os dados são realizadas as análises descritiva e de modelagem, qual seja, a análise multivariada de dados (de agrupamento e discriminante), descritas a partir da próxima subseção.

3.3.1 Análise descritiva

A análise descritiva, como o nome sugere, descreve e resume um conjunto de dados, em geral, por meio de medidas de tendência central e de dispersão. Neste sentido, e dado que as variáveis de interesse se referem a frequências (número de participantes e beneficiários, por exemplo) e valores monetários (custo normal e passivo atuarial, por exemplo), são utilizadas as seguintes estatísticas (funções da amostra): média, moda, mediana, mínimo, máximo, 1 e 3º quartis, desvio padrão e coeficiente de variação. Para detalhes sobre formulações, consultar Azevedo (2016).

3.3.2 Análise de indicadores de solvência em planos de benefícios

Segundo Rodrigues (2008), os indicadores de solvência auxiliam na percepção do desempenho de um plano de benefícios – no processo de gestão de ativos e passivos, e na relação entre eles. O autor classifica os indicadores em três tipos: de percepção, de cobertura e de maturidade. Em decorrência dos dados disponibilizados, o presente trabalho analisa apenas os indicadores de cobertura, que se baseiam na reserva matemática do plano.

a) Índice de Cobertura Total

Indica o nível de solvência do plano, calculado a partir da razão entre ativo líquido e passivo previdencial em determinado período t .

$$ICT_t = \frac{AL_t}{PP_t}. \quad (3)$$

O valor ótimo é $ICT_t \geq 1$. Este índice representa a macrossolvência do plano de benefícios e possui grande importância para a entidade, porém não permite identificar desvios positivos ou negativos de gestão.

b) Índice de Cobertura Parcial (RMBC)

Este índice indica o nível de solvência do plano de benefícios em relação aos compromissos com os participantes em benefício, representado pela razão entre o ativo líquido e a Reserva Matemática de Benefícios Concedidos em determinado período t .

$$ICPC_t = \frac{AL_t}{RMBC_t}. \quad (4)$$

O valor ótimo é $ICPC_t > 1$. Neste caso, o índice indica a solvência parcial, ou seja, a capacidade de cobrir os compromissos com os benefícios em curso. Em relação à solvência global, este índice possui melhor avaliação quando levado em conta o valor relativo dos benefícios a conceder.

c) Índice de Cobertura Parcial (RMBaC)

Indica o nível de solvência do plano em relação aos compromissos com participantes ainda ativos, calculado pela razão entre o ativo líquido e a Reserva Matemática de Benefícios a Conceder em determinado período t .

$$ICPaC_t = \frac{AL_t}{RMBaC_t} \quad (5)$$

Onde o valor ótimo é $ICPaC_t > 1$. Este índice representa a solvência parcial com capacidade de dar cobertura aos compromissos com participantes ativos. É importante ressaltar que este índice e o anterior não devem ser analisados de forma isolada, observe que:

$$\frac{AL_t}{PP_t} = \frac{AL_t}{RMBC_t + RMBaC_t}, \quad (6)$$

$$\frac{PP_t}{RMBC_t + RMBaC_t} = \frac{AL_t}{AL_t}, \quad (7)$$

$$\frac{PP_t}{RMBC_t + RMBaC_t} = 1 \quad (8)$$

3.3.3 Análise multivariada de dados

A análise multivariada de dados pode ser definida como o conjunto de métodos que permitem a análise simultânea dos dados recolhidos para n conjuntos de indivíduos caracterizados por mais de duas variáveis (quantitativas ou qualitativas) correlacionadas entre si (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2009). Suas técnicas são classificadas como de dependência ou de interdependência: se existe causalidade entre variáveis, utiliza-se alguma técnica de dependência, como análise discriminante e a de regressão; caso contrário, utiliza-se alguma técnica de interdependência, como a análise de correlação canônica e a de agrupamentos.

3.3.3.1 Análise de agrupamentos

A análise de agrupamentos objetiva classificar uma amostra de indivíduos ou objetos em um pequeno número de grupos não predefinidos e mutuamente excludentes, com base nas semelhanças e diferenças entre eles. Assim, os planos serão agrupados conforme algumas informações disponíveis nos Demonstrativos Atuariais, tais quais as listadas na subseção 3.2 deste trabalho.

Neste trabalho, o método da análise de agrupamento será sequencial, aglomerativo, hierárquico e sem superposição, referido como estratégia SAHN (SOKAL e SNEATH, 1963a; SOKAL e SNEATH, 1963 b; SOKAL, 1966; ROHLF, 1970; SNEATH e SOKAL, 1973, apud PADOVANI, 2016). Para chegar aos métodos SAHN, diferentes funções podem ser utilizadas, a diferença entre elas encontra-se no cálculo dos coeficientes de similaridade entre os agrupamentos já formados e aos futuros agrupamentos.

Estas são as estratégias mais frequentemente usadas. O critério para a admissão de novos membros em um "cluster" é fixado. Nestes processos certas considerações dirigem as etapas de agrupamento; a determinação dos pares de Unidades Taxonômicas Operacionais¹ (OTUs) reciprocamente mais próximos que formarão os agrupamentos, a substituição destes OTUs nas etapas seguintes por um novo elemento resultante da união dos anteriores e o cálculo repetido dos coeficientes de semelhança entre os novos elementos (agrupamentos) que vão sendo formados em cada etapa com os restantes que permaneceram isolados naquela etapa. Para isto são usadas diferentes

¹ Tratam-se das unidades observadas, os planos de benefícios, nesse caso.

funções que levam aos diversos métodos SAHN de agrupamento (ROHLF, 1970 apud PADOVANI, 2016, p. 84).

O processo se encerra quando todos os OTUs estiverem reunidos em grupos, o que pode ser ilustrado graficamente por meio da emissão do fenograma. (PADOVANI, 2016).

Para medir os agrupamentos, Sokal e Rohlf (1962) propuseram o Coeficiente de Correlação Cofenética r_{cof} , que mede o grau de ajuste entre a matriz de similaridade original (matriz fenética \bar{f}) e a matriz resultante da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento (matriz cofenética \bar{c}):

$$r_{cof} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (c_{jj'} - \bar{c})(f_{jj'} - \bar{f})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (c_{jj'} - \bar{c})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (f_{jj'} - \bar{f})^2}}, \quad (9)$$

em que

$$\bar{c} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n c_{jj'} \quad (10)$$

$$\bar{f} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n f_{jj'}. \quad (11)$$

Quanto maior for o valor do coeficiente supracitado, significa que menor será a distorção gerada pelo agrupamento de elementos. Para $r_{cof} < 0,7$ não é indicado o uso do método (PADOVANI, 2016).

Esta análise será realizada em ambiente R, por meio do pacote *stats* (R CORE TEAM, 2020), *cluster* (MAECHLER, ROUSSEEUW, STRUYF, HUBERT, HORNIK, 2022). Maiores informações, também podem ser obtidas em Ferreira (2011) e Corrar, Paulo e Dias Filho (2007).

3.3.3.2 Análise discriminante

A análise discriminante objetiva entender as diferenças de grupos para prever a possibilidade de que um indivíduo, no nosso caso, um plano previdenciário, pertença a uma classe ou grupo predefinido em particular, com base em diversas variáveis e quando a única

variável dependente é qualitativa. Noutros termos, ela auxiliará na identificação de quantas e quais informações disponíveis nos Demonstrativos Atuariais conseguem diferenciar e melhor classificar os planos.

A função discriminante pode ser obtida através da seguinte função:

$$Z_{jk} = a + W_1X_{1k} + W_2X_{2k} + \dots + W_nX_{nk}. \quad (12)$$

Nota-se que sua estrutura se assemelha a uma função de regressão múltipla. Z_{jk} representa o score Z discriminante da função discriminante j para o objeto k ; a é o intercepto; W_i representa o peso discriminante para a variável independente i ; e X_{ik} é a variável independente i para o objeto k . Para detalhes sobre formulações, consultar Hair Jr. et al. (2009).

Esta análise foi realizada em ambiente R, por meio do pacote *MASS* (VENABLES; RIPLEY, 2002), *klaR* (WEIHS; LIGGES; LUEBKE; RAABE, 2005), *psych* (REVELLE, 2022), *devtools* (WICKHAM; HESTER; CHANG, 2021), *lmtest* (ACHIM; TORSTEN, 2002).

4 RESULTADOS

Neste capítulo são descritos os resultados de cada uma das análises explicitadas na metodologia.

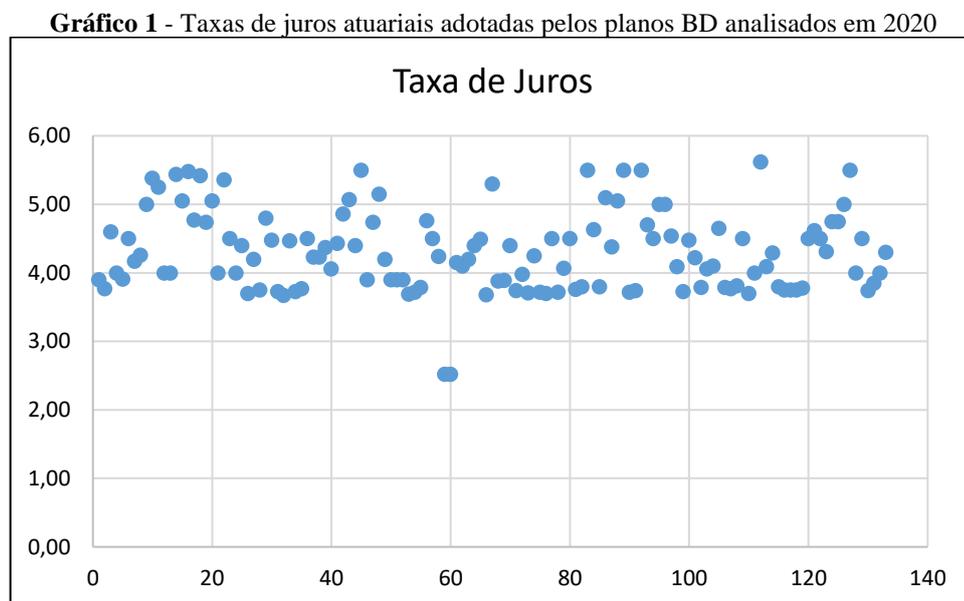
4.1 Análise descritiva

Foram analisados 229 planos de benefício definido, com apenas um grupo de custeio, ofertados por fundos de pensão brasileiros no ano de 2020.

Com base na insuficiência de cobertura apresentada em cada plano, ou seja, nos valores de benefícios que extrapolaram a reserva matemática disponível àquela data, 136 (59,39%) planos foram identificados como solventes, enquanto 93 (40,61%) foram insolventes.

Analisa-se descritivamente, ainda, outras variáveis que podem ser determinantes para a solvência, como é o caso da taxa de juros atuarial e das tábuas biométricas.

Em relação à taxa de juros atuarial, observou-se uma média de 4,5% a.a. para os planos analisados. O Gráfico 1 traz a dispersão observada nos dados, onde é possível notar que a maior parte dos planos optou pelo valor da premissa entre 3,5% e 6%.



Fonte: Elaboração própria (2022).

É possível notar que dois planos utilizaram uma taxa de juros inferior à 3%, mais especificamente, 2,52%. Ambos pertencem à BANDEPREV, são os Planos Especiais 1 e 2.

Tabela 1 - Tábuas de mortalidade e status de solvência dos planos analisados

Tábua	Quantidade	Solvente	%	Insolvente	%
AT-2000	142	89	62,68%	53	37,32%
AT-2012	6	2	33,33%	4	66,67%
AT-49	1	1	100,00%	0	0,00%
AT-83	24	11	45,83%	13	54,17%
BR-EMS-2010	7	5	71,43%	2	28,57%
BR-EMS-2015	26	12	46,15%	14	53,85%
EXPERIENCIA-PETROS-2013	1	1	100,00%	0	0,00%
EXPERIENCIA-PETROS-2016	1	1	100,00%	0	0,00%
EXPERIENCIA-PETROS-2020	2	2	100,00%	0	0,00%
GERMAN-DAV-1994	2	0	0,00%	2	100,00%
IBGE-2015	1	0	0,00%	1	100,00%
LIGHT	1	1	100,00%	0	0,00%
Premissa não atribuída	2	2	100,00%	0	0,00%
Premissa não informada	10	7	70,00%	3	30,00%
RP-2000	2	1	50,00%	1	50,00%
UP-94	1	1	100,00%	0	0,00%
Total	229	136	59,39%	93	40,61%

Fonte: Elaboração própria (2022).

Na Tabela 1 estão todas as tábuas originais verificadas no banco de dados (sem modificações). A partir disto, vemos o quantitativo de planos solventes e insolventes que utilizaram tais tábuas. A tábua mais utilizada nos planos BD em 2020, foi a AT-2000, com 142 planos, onde 62,68% foram solventes (todos os benefícios foram pagos, não havendo insuficiência de cobertura pela Entidade). Em um panorama geral, pode-se citar que 59,39% dos planos observados no ano de 2020 foram solventes, enquanto 40,61% foram insolventes. Deste modo, tem-se que o efeito da tábua de mortalidade geral sobre o status de solvência não é conclusivo.

Acrescentado a isto, foi realizada a observação acerca do status de solvência de acordo com a modificação (ou não) da tábua, isto é, agravamento/ suavização da probabilidade de morte, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Tábuas de mortalidade modificadas e status de solvência dos planos analisados

Tábua	Quantitativo	Solvente	%	Insolvente	%
Não modificada	142	77	54,23%	65	45,77%
Suavizada	71	46	64,79%	25	35,21%
Agravada	4	4	100,00%	0	0,00%
Premissa não atribuída	2	2	100,00%	0	0,00%
Premissa não informada	10	7	70,00%	3	30,00%
Total	229	136	59,39%	93	40,61%

Fonte: Elaboração própria (2022).

Das observações realizadas, tem-se que 71 planos suavizaram a tábua de mortalidade, onde 64,79% foram solventes, contra 35,21% insolventes. Apenas 4 foram agravadas, resultando em 100% dos planos solventes. 142 planos não tiveram modificações na tábua, onde 54,23% foram solventes. Com isso, pode-se sugerir que a modificação na tábua, para adequação à população, agravando ou suavizando (conforme a necessidade de aderência), parece ser mais eficaz que utilizar a tábua original, ou seja, sem modificações. Para que a hipótese seja confirmada, seria necessária, no entanto, a realização de teste de hipótese para proporções.

Foi observado, também, o status de solvência por tábua de entrada em invalidez, descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Tábuas de entrada em invalidez e status de solvência dos planos analisados

Tábua	Quantidade	Solvente	%	Insolvente	%
ALVARO-VINDAS	44	26	59,09%	18	40,91%
GRUPO-AMERICANA	8	5	62,50%	3	37,50%
HUNTER	3	2	66,67%	1	33,33%
IAPB-57	2	1	50,00%	1	50,00%
LIGHT	53	30	56,60%	23	43,40%
MERCER-DISABILITY	5	4	80,00%	1	20,00%
MULLER	2	1	50,00%	1	50,00%
NI*	11	7	63,64%	4	36,36%
RGPS-1992-2002	1	1	100,00%	0	0,00%
RRB-1944	15	12	80,00%	3	20,00%
TASA-1927	16	8	50,00%	8	50,00%
WIATT-1985	1	1	100,00%	0	0,00%
Total	161	98	60,87%	63	39,13%

Fonte: Elaboração própria (2022).

Estas foram as tábuas de entrada em invalidez observadas nos planos BD no ano de 2020. Neste quadro foram desconsiderados os planos que não tinham benefícios que dependessem da entrada em invalidez, reduzindo a quantidade para 161 observações.

Nota-se que as tábuas mais utilizadas foram Light e Álvaro Vindas, tendo 56,60% e 59,09% de planos solventes, respectivamente. A tábua de Álvaro Vindas provavelmente está entre as tábuas mais utilizadas por se tratar do parâmetro mínimo posto por lei.

Verificando o status de solvência por tábua modificada (ou não), tem-se a frequência dada na Tabela 4.

Tabela 4 - Tábuas de entrada em invalidez modificadas e status de solvência dos planos analisados

Tábua	Quantitativo	Solvente	%	Insolvente	%
Não modificada	137	82	59,85%	55	40,15%
Suavizada	13	9	69,23%	4	30,77%
Agravada	0	0	0,00%	0	0,00%
Não informada	11	7	63,64%	4	36,36%
Total	161	98	60,87%	63	39,13%

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a Tabela 4, 137 planos não realizaram modificações na tábua de entrada em invalidez, associados à 59,85% solventes. 13 planos suavizaram a tábua, onde 69,23% foram solventes, e nenhum realizou agravamento. Dessa forma, temos um maior índice de solvência nos planos em que houve modificação na tábua.

4.2 Análise de indicadores de solvência em planos de benefícios

a) Índice de Cobertura Total (ICT)

Conforme dito no item 3.3.2, é desejável que o ICT seja maior ou igual a 1. Dessa forma, dos 229 planos, 102 tiveram os índices maiores ou iguais a 1, enquanto 127 foram menores que 1. Apesar de ser um importante parâmetro para a entidade, vale ressaltar que não são considerados os valores em reserva (especial ou de contingência), ou seja, esses valores são importantes para definir se o plano será solvente ou insolvente, uma vez que o papel das reservas é cobrir possíveis déficits.

A fim de compreender a origem da insolvência, complementa-se a análise do ICT por meio da observação de outros dois índices, apresentados nos itens a) e b) a seguir.

b) Índice de Cobertura Parcial Concedidos (ICP_{RMBC})

Este índice indica o nível de solvência em relação aos compromissos com benefícios em curso, ou seja, dos benefícios concedidos. É desejável, nesse caso, que ICP_{RMBC} seja maior que 1. Dessa forma, 166 planos estão com os índices dentro do parâmetro desejado, ilustrando que são capazes de arcar com os benefícios presentes. Complementarmente, 63 planos apresentaram insolvência parcial.

c) Índice de Cobertura Parcial (ICP_{RMBaC})

Ao contrário do índice anterior, este mostra o ativo líquido em relação aos benefícios a conceder, ou seja, que ainda não ocorreram. Seu valor ótimo também deve ser superior a 1. Dessa forma, 180 planos possuem solvência parcial; 49, não, indicando que não possuem ativo suficiente para arcar com os compromissos futuros.

4.3 Análise multivariada de dados

Esta análise é composta pelas análises de aglomerados e discriminante, que neste caso, agrupa e discrimina (classifica) planos BD ofertados por fundos de pensão no Brasil.

4.3.1 Análise de agrupamentos (cluster)

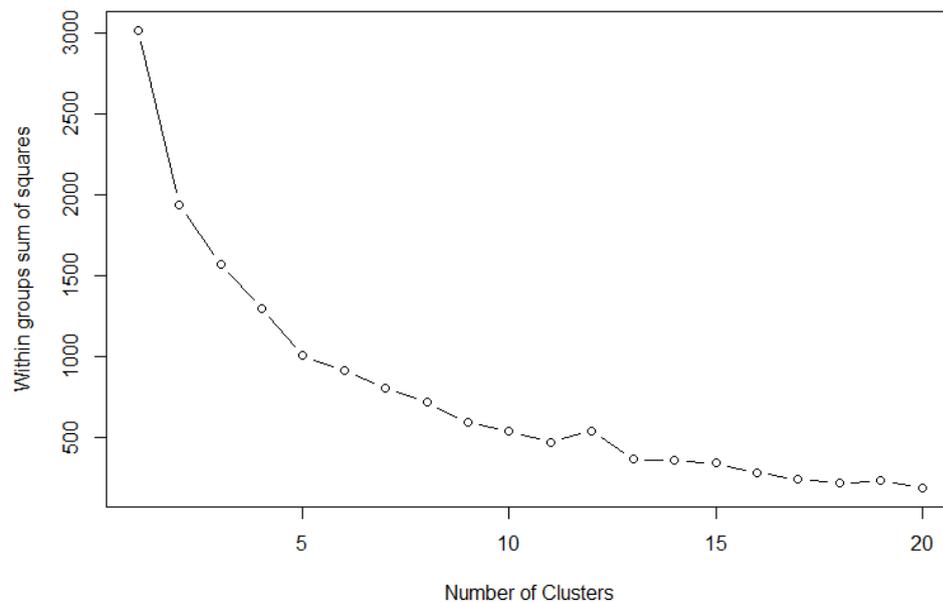
Conforme citado na metodologia, a análise de cluster visa agrupar itens de acordo com suas semelhanças. Nesse caso, o objetivo é agrupar os planos de benefícios definidos a partir de suas similaridades. Para tanto, foram utilizadas as seguintes variáveis dispostas no banco de dados: sigla do plano, *duration* do passivo, número de participantes ativos, taxa real de juros, patrimônio de cobertura, insuficiência de cobertura, fundo previdencial, ativo líquido, reserva matemática, resultado do exercício, percentual da reserva matemática em relação ao resultado do exercício, déficit, equacionamento do déficit, superávit, reserva de contingência, reserva especial, contribuições dos participantes, patrocinador e assistidos, e por fim, o custo normal do ano.

Antes de realizar o agrupamento, foram retirados da análise os planos que não possuíam informações completas sobre todas as variáveis analisadas, restando, desta maneira, 160 planos

sob análise. Além disso, foi realizada a normalização dos dados com base na função de escala, conforme indicado por R-Bloggers (2021).

O próximo passo consistiu em calcular a matriz de distância das variáveis para assim iniciar o agrupamento. A partir do Gráfico 3, foi possível determinar a quantidade de *clusters* que melhor explicariam as semelhanças entre os planos.

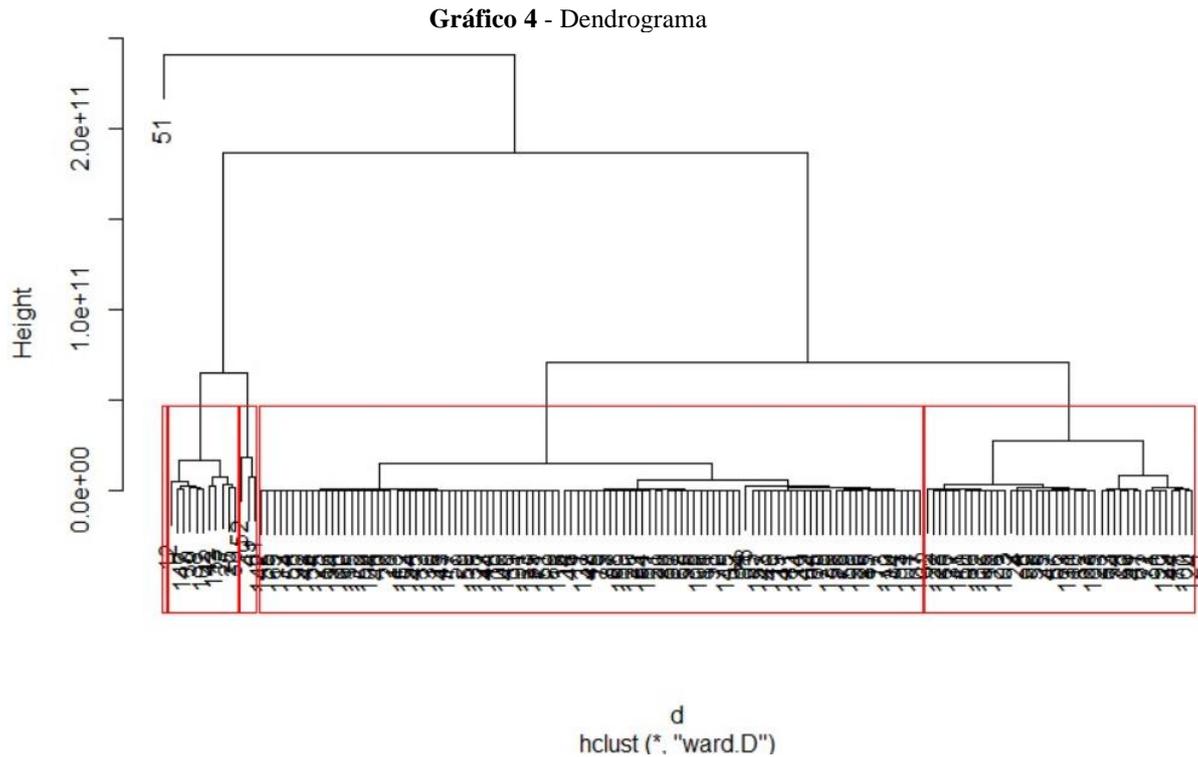
Gráfico 3 - Scree Plot



Fonte: Elaboração própria via R (2022).

O *scree plot* permite visualizar as variabilidades nos grupos, sendo que quanto maior for o número de clusters, menor é a soma dos quadrados (quanto maior esse valor, melhor a resposta do modelo, visto que determina a proporção de variação total). Dessa forma, determina-se que o número de *clusters* é igual a 5.

A seguir, o dendrograma é apresentado no Gráfico 3 a fim de ilustrar o passo a passo de agrupamentos, indicando, no fim, em quais dos 5 grupos os planos se encontram. De cima para baixo, o agrupamento dos planos, de acordo com o número de *clusters* proposto pelo *scree plot*. As linhas verticais indicam o número de *cluster*. Por exemplo, temos que o grupo 5 é formado por apenas um plano, o de número 51 (plano PPSP Repactuados, da Petros). Dessa forma, cada quadrante em vermelho corresponde aos planos agrupados. Por termos muitos dados, não é possível visualizá-los de maneira clara no eixo x.



Fonte: Elaboração própria via R (2022).

De forma resumida, destacam-se as seguintes variáveis de similaridade: patrimônio de cobertura, ativo líquido, reserva matemática, percentual da reserva matemática em relação ao resultado do exercício, déficit técnico, superávit técnico, reservas de contingência e especial, contribuições de participantes, assistidos e patrocinador, custo normal. Deste modo, tem-se que a duration do passivo, a taxa real de juros, a tábua de mortalidade geral, tábua de entrada em invalidez e o status de solvência não foram tão importantes para agrupar os planos. Assim, tem-se que os planos foram agrupados não em função de premissas atuariais usadas, e sim conforme o seu porte (volumes monetários de entrada e saída), de modo que quanto maior a numeração do *cluster*, maior é o porte do plano, isto é: o *Cluster* 1 possui planos de menor porte que o 2; o 2 possui planos de menor porte que o 3; o 3 possui planos de menor porte que o 4; o 4 possui planos de menor porte que o 5.

Tabela 5 – Número de planos por *Cluster* observado de acordo com a análise de agrupamentos

Cluster	1	2	3	4	5
Planos	103	42	11	3	1
	64,375%	26,25%	6,875%	1,875%	0,625%

Fonte: Elaboração própria (2022).

Conforme a Tabela 5, o *cluster 5* possui apenas um plano em sua composição, que é o plano da Petros: PPSP Repactuados. Em geral, os planos da Petros possuem valores muito altos: esse, em específico, foi o plano com o maior patrimônio de cobertura, maior reserva matemática, maiores contribuições (assistidos e patrocinador), custo normal, etc. Ou seja, o plano se sobressai aos demais em basicamente todas as variáveis de valor quantitativo que possuímos no banco de dados, o que pode explicar o fato de ficar isolado em um *cluster*. Outro fator interessante é que o Índice de Cobertura Total desse plano é 1,05, o que representa, tecnicamente, um equilíbrio entre os ativos do plano e seus compromissos financeiros.

No *cluster 4* também tivemos uma baixa quantidade de planos, são eles: Plano Petros - não repactuados, PBD (Postalis) e Plano BD (Real Grandeza). A *duration* do passivo, Fundo Previdencial, Ativo Líquido, Reserva Matemática, Reserva Matemática dos Benefícios Concedidos (RMBC) e reserva especial dos três planos possuem valores próximos ou iguais. Os três planos utilizaram taxas de juros próximas: 4,37%, 4,6% e 4,74% respectivamente. Entretanto, na classificação de solvência a partir do patrimônio de cobertura, temos que o plano PBD foi insolvente, obtendo R\$ 6.957.746.783,97 de insuficiência de cobertura, diferenciando dos outros dois, que foram solventes no exercício de 2020.

O *Cluster 3* possui 11 planos de porte intermediário; o *Cluster 2* é composto por 42 planos; o *Cluster 1* possui 103 planos de pequeno porte.

Adicionalmente, foi verificada a relação de solvência e insolvência dentro de cada grupo, onde foram verificadas as seguintes proporções:

Tabela 6 - Solvência dos planos em cada *cluster*

Cluster	1	2	3	4	5
Solvente	65	23	6	2	1
Insolvente	38	19	5	1	0

Fonte: Elaboração própria (2022).

Foi realizado um teste de hipóteses para analisar se as proporções dos grupos são iguais, ou seja, tem-se que a hipótese nula é “as proporções de solventes e insolventes é igual entre os cinco grupos”; a partir disso, foi formada uma matriz conforme a Tabela 6 e aplicado o teste do qui-quadrado. Foi obtido um p-valor de 0,7841 e, dessa forma, não se rejeita a hipótese nula. Assim, a proporção de solvência nos grupos é igual para a amostra de planos observada, isto é, não possuímos evidências estatísticas que indiquem diferenças significativas da proporção de solventes entre os grupos, da proporção de solventes por porte do plano.

4.3.2 Análise multivariada discriminante

Conforme esclarecido na metodologia, a análise multivariada discriminante é utilizada para classificar dados em grupos definidos. Neste caso, o objetivo é entender quais são as variáveis que melhor discriminam (diferenciam) os planos. Dessa forma, este método visa encontrar uma combinação linear das variáveis que proporcionam a melhor separação dos dados (R BLOGGERS, 2021).

Neste estudo, a intenção foi estimar a relação da variável dependente, definida a partir da análise de *cluster* (ou seja, a partir dos cinco grupos encontrados) com um conjunto de variáveis independentes, de acordo com o que estava disposto no banco de dados advindo das demonstrações atuariais dos planos BD.

Primeiramente foi realizada a partição dos dados, para fins de previsão e teste, onde 61,25% do conjunto de dados (98 planos) foi utilizado na etapa de treinamento (parte dos dados utilizada para a modelagem) e 38,75% (62 planos) na etapa de teste (parte dos dados utilizada a validação do modelo).

De acordo com o modelo ajustado, as variáveis independentes que melhor discriminam os grupos são: participantes ativos, reserva matemática, tábua de mortalidade modificada, patrimônio de cobertura, insuficiência de cobertura, ativo líquido, *duration* do passivo, custo normal do ano e fundo previdencial.

Com base nos dados de treinamento, isto é, no modelo gerado, os planos são classificados conforme indica a Tabela 6: 62,24% dos planos pertencem ao grupo 1; 25,51%, ao grupo 2; 9,19%, ao grupo 3; 2,04%, ao grupo 4; 1,02%, ao grupo 5.

Tabela 7 – Probabilidade a priori dos grupos

Cluster	1	2	3	4	5
Planos	62,24%	25,51%	9,19%	2,04%	1,02%

Fonte: Elaboração própria (2022).

As probabilidades a priori dos grupos do modelo ajustado parecem razoáveis, dado que seus valores se aproximam dos valores relativos do número de planos por cluster apresentado na Tabela 5. As diferenças correspondem aos erros de classificação do modelo.

A Análise Discriminante Linear (LDA) determina as médias dos grupos e calcula, para cada plano, a probabilidade de pertencer aos diferentes grupos. O plano é então alocado no grupo com a pontuação de probabilidade mais alta. Os coeficientes de discriminantes lineares

mostram a combinação linear de variáveis preditoras que são usadas para formar a regra de decisão LDA (Tabela 7).

Tabela 8 - Coeficientes dos discriminantes lineares

Variáveis	LD1	LD2	LD3	LD4
PA	$7,297928 \times 10^{-5}$	$-1,009913 \times 10^{-4}$	$-6,984327 \times 10^{-5}$	$-6,448322 \times 10^{-5}$
RM	$-7,122531 \times 10^{-9}$	$-1,022734 \times 10^{-8}$	$-7,886741 \times 10^{-10}$	$2,370995 \times 10^{-9}$
TMGM1	$-3,099394 \times 10^{-1}$	$-2,076552 \times 10^{-1}$	$-9,575666 \times 10^{-2}$	$-2,079329 \times 10^{-1}$
TMGM2	$-6,043876 \times 10^{-1}$	$-1,032426 \times 10^{-1}$	$6,356273 \times 10^{-1}$	$2,587478 \times 10^{+0}$
TMGMNI	$-4,552964 \times 10^{-1}$	$-1,253098 \times 10^{-1}$	$-1,724306 \times 10^{-1}$	$2,144692 \times 10^{+0}$
PB	$-2,236654 \times 10^{-10}$	$-1,551952 \times 10^{-10}$	$-6,249739 \times 10^{-10}$	$-9,274556 \times 10^{-10}$
IC	$2,743168 \times 10^{-9}$	$4,076107 \times 10^{-9}$	$-1,055167 \times 10^{-9}$	$-6,424600 \times 10^{-10}$
AL	$9,066013 \times 10^{-9}$	$9,926295 \times 10^{-9}$	$1,300626 \times 10^{-9}$	$-1,619440 \times 10^{-9}$
DP	$-2,872782 \times 10^{-4}$	$1,664441 \times 10^{-4}$	$3,486065 \times 10^{-3}$	$1,679651 \times 10^{-2}$
CN	$-8,500455 \times 10^{-9}$	$-3,539773 \times 10^{-8}$	$-3,073786 \times 10^{-8}$	$-9,886922 \times 10^{-9}$
FPDURE	$-9,206262 \times 10^{-9}$	$-3,390177 \times 10^{-9}$	$-2,559951 \times 10^{-9}$	$1,119923 \times 10^{-8}$

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em que PA é participantes ativos; RM, reserva matemática; TMGM1 é a tábua de mortalidade geral modificada 1, que indica que a tábua foi suavizada (conforme tabela 2); TMGM2 é a tábua de mortalidade geral 2, que indica que a tábua foi agravada (conforme tabela 2); TMGMNI é a tábua de mortalidade modifica não informada (conforme tabela 2); PB é patrimônio de cobertura; IC é insuficiência de cobertura; AL é ativo líquido; DP é duração do passivo; CN é custo normal; FPDURE é fundo previdencial – destinação e utilização da reserva especial para revisão de plano.

A função discriminante linear indica a equação linear associada com cada grupo e seus escores correspondem aos coeficientes de regressão na análise de regressão múltipla. Utiliza-se a função discriminante linear para determinar como as variáveis preditoras se diferenciam entre os grupos (MINITAB 18, 2002).

Os grupos com a maior função discriminante linear ou coeficientes de regressão, contribuem mais para a classificação das observações, de modo que uma média ponderada das médias de cada grupo verdadeiro é utilizada para descrever o centro de todas as observações nos dados. Assim, é possível escrever uma única função discriminante (MINITAB 18, 2002).

As separações de cada discriminante linear sintetizam as proporções de traço apresentadas na Tabela 8.

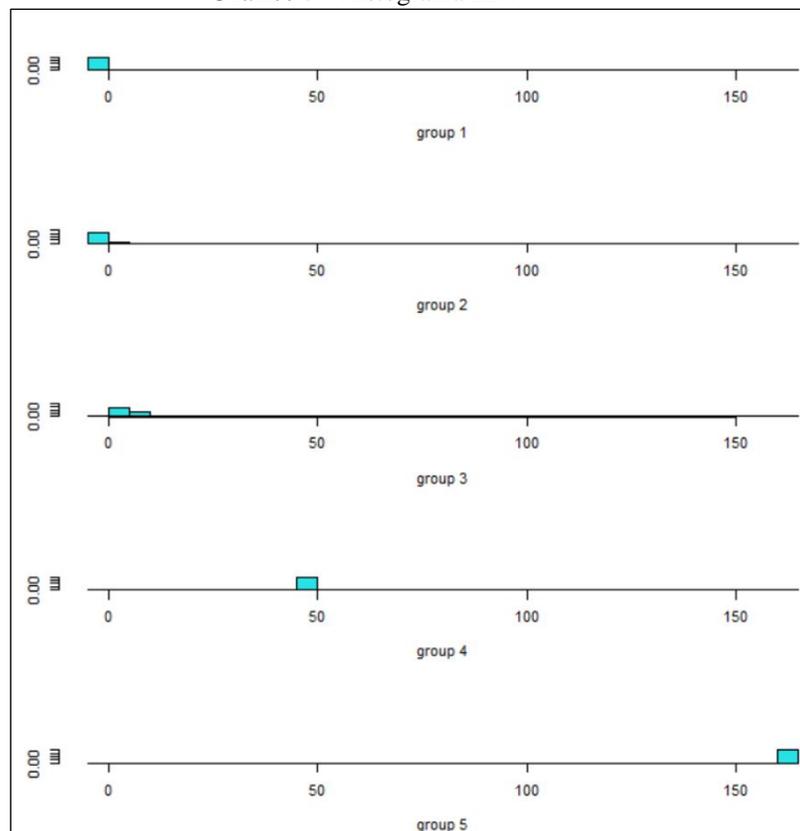
Tabela 9 - Percentuais alcançados pelas funções discriminantes

LD1	LD2	LD3	LD4
98,60%	1,21%	0,16%	0,03%

Fonte: Elaboração própria (2022).

A primeira função discriminante é uma combinação linear das onze variáveis e apresentou separação percentual de 98,60%. Dessa forma, nota-se que a primeira função discriminante apresentou melhor desempenho em relação à discriminação dos grupos.

Dado que LD1 é quem mais contribui para a classificação das observações, apresenta-se o seu histograma no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Histograma LD1

Fonte: Elaboração própria via R (2022).

O Gráfico 5 permite visualizar que os grupos 4 e 5 não sofrem sobreposição, ou seja, ambos são discriminados corretamente pelo modelo. O grupo 3 sofre uma pequena sobreposição com o grupo 2, enquanto os grupos 1 e 2 apresentam, entre si, uma sobreposição mais visível, o que pode indicar que o modelo pode confundir a classificação dos grupos entre ambos (conforme será verificado nas próximas tabelas), em especial, o grupo 2. O eixo x representa os coeficientes gerados para os planos.

Tabela 10 - Previsão do Modelo de Treinamento

Previsão	Atual				
	1	2	3	4	5
1	61	8	0	0	0
2	0	17	1	0	0
3	0	0	8	0	0
4	0	0	0	2	0
5	0	0	0	0	1
Total	61	25	9	2	1

Fonte: Elaboração própria (2022).

Pelos dados de treinamento, 61 planos estão no grupo 1, 25 no grupo 2, 9 no grupo 3, 2 no grupo 4 e 1 no grupo 5. A classificação realizada pelo modelo, com base nas variáveis utilizadas, indicou que 69 planos estão no grupo 1, 18 planos no grupo 2, 8 planos no grupo 3, 2 planos no grupo 4 e 1 plano no grupo 5 (ou seja, nos grupos 4 e 5 os modelos foram discriminados corretamente). Assim, o modelo classificou de forma incorreta 8 dos 25 planos do grupo 2 e 1 dos 9 planos do grupo 3 e apresentou confiabilidade de 90,82%.

Tabela 11 - Previsão do Modelo de Teste

Previsão	Atual			
	1	2	3	4
1	42	8	0	0
2	0	9	0	0
3	0	0	2	1
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
Total	42	17	2	1

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para os dados de teste, 42 planos estão no grupo 1, 17 no grupo 2, 2 planos no grupo 3 e apenas 1 plano no grupo 4. A partir da classificação do modelo, temos que 50 planos estão grupo 1, 9 planos no grupo 2, 2 no grupo 3, 0 nos grupos 4 e 5. Assim, o modelo classificou de forma incorreta 8 dos 17 planos do grupo 2 e 1 plano do grupo 4, que passou a ser classificado no grupo 3, neste caso apresentou confiabilidade de 85,48%.

Dessa forma, tem-se que a análise discriminante foi capaz de classificar os planos nos grupos pré-determinados pela análise de cluster e bem apresentar os fatores determinantes para a classificação, por meio da uma abordagem linear, uma ferramenta de fácil interpretação, visualização e modelagem (SILVA; MACEDO, 2020).

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho era analisar os planos de benefício definido nas Entidades Fechadas de Previdência Complementar no Brasil, com um recorte do ano de 2020, no âmbito da solvência, da similaridade e diferença entre os planos.

Diante disto, a solvência foi observada a partir do patrimônio de cobertura, ou seja, os planos que apresentaram insuficiência de cobertura foram dados como insolventes. Com isso, foram 136 solventes e 93 insolventes, totalizando 229 planos. Dessa forma, primeiramente foi verificado, através da análise exploratória, que as tábuas de mortalidade parecem exercer influência no resultado de um plano, visto que a partir delas a entidade se prepara financeiramente para os seus compromissos, ademais, conforme Rodrigues (2008) a tábua de mortalidade é um instrumento eficiente para aferição dos custos de um plano. Verificamos, ainda, que existem indícios de que as tábuas de mortalidade que foram modificadas (agravadas ou suavizadas) possuem melhor desempenho, visto que ela foi trabalhada para melhor atender àquela população (a partir dos estudos de aderência). Isso também ocorre com as tábuas de entrada em invalidez.

Outra premissa importante na análise da solvência de um plano é a taxa de juros. Dos dados observados, tem-se que quase a totalidade dos planos concentrou a sua taxa entre 3,5 e 6% a.a.; vale ressaltar que a escolha da taxa de juros deve seguir as diretrizes indicadas na Resolução CNPC nº 30/2018, que diz no artigo 5º que a “taxa de juros real anual utilizada como taxa de desconto para apuração do valor presente dos fluxos de benefícios e contribuições de um plano de benefícios corresponderão ao valor esperado da rentabilidade futura de seus investimentos”.

Posteriormente foram analisados os índices de cobertura dos planos: total e parciais (benefícios concedidos e a conceder), onde foi visto que a maior parte dos planos possui indicadores parciais a conceder mais que suficientes; por outro lado, a maioria dos planos apresentam indicador total menos que suficientes. Ressalta-se que as entidades não devem observar estes índices de maneira isolada, outros indicadores e variáveis precisam ser considerados para que a análise seja realizada de maneira completa. Como muitas dessas variáveis não estão disponíveis nas Demonstrações Atuariais, tal análise não foi realizada, constituindo-se numa limitação do presente trabalho.

A segunda análise realizada foi a de agrupamentos, onde o objetivo era agrupar os planos de acordo com as suas similaridades, dadas pelas informações constantes nos demonstrativos atuariais dos planos no ano de 2020, neste caso, a análise foi realizada com base

nas variáveis: sigla do plano, *duration* do passivo, número de participantes ativos, taxa real de juros, patrimônio de cobertura, insuficiência de cobertura, fundo previdencial, ativo líquido, reserva matemática, resultado do exercício, percentual da reserva matemática em relação ao resultado do exercício, déficit, equacionamento do déficit, superávit, reserva de contingência, reserva especial, contribuições dos participantes, patrocinador e assistidos, e por fim, o custo normal do ano. De acordo com o modelo sugerido, os planos foram separados em 5 *clusters*, ou seja, os planos observados (que, neste caso foram deduzidos aqueles com informações faltantes) foram alocados em 5 grupos distintos, referindo-se as semelhanças entre os pertencentes ao mesmo grupo. Neste caso, foi verificado que o modelo agrupou os planos de acordo com o porte dos mesmos, de 1 a 5, do menor ao maior porte, nesta ordem. Aplicando teste de hipótese, foi constatado que as proporções de solvência e insolvência nos grupos são iguais, dessa forma, não se tem evidências estatísticas que mostrem diferenças significativas na proporção de planos solventes por porte.

Posteriormente foi realizada a análise multivariada discriminante, que tinha como objetivo discriminar os planos a partir dos grupos encontrados na análise de agrupamentos e a partir das informações dos demonstrativos atuariais dos planos no ano de 2020. Dessa forma, foi verificado um modelo que melhor discriminasse as diferenças entre os grupos, baseados nas variáveis independentes: participantes ativos, reserva matemática, tábua de mortalidade modificada, patrimônio de cobertura, insuficiência de cobertura, ativo líquido, *duration* do passivo, custo normal do ano e fundo previdencial. Sendo assim, o modelo de treinamento mostrou confiabilidade de 90,82% na divisão dos planos entre os grupos; aplicando para o modelo de teste, a porcentagem passa a ser de 85,48%.

Como sugestão de estudos, em vista das dificuldades que foram sendo encontradas neste trabalho, sugere-se o cruzamento de dados dos Demonstrativos Atuariais com os balancetes contábeis dos planos, onde possivelmente tem-se mais variáveis para acrescentar ao banco de dados e verificar outros modelos, bem como verificar outros índices. Outra sugestão de estudos é verificar dados em painel, para verificar o comportamento dos grupos ao longo dos anos, analisando se o modelo pode os discriminar dentro dos grupos encontrados.

Também é válido deixar uma crítica construtiva em relação aos DA's: os documentos não são padronizados, então é vista a mesma informação dita de várias maneiras diferentes em cada um dos planos, o que dificultou muito a fase de coleta e de organização dos dados (que precisou ser feita manualmente). Dessa forma, se tivessem regras de padronização dessas informações, facilitaria muito a visualização dos dados e a realização de pesquisas.

Este estudo pode contribuir aos gestores dos Fundos de Pensão, em planos de Benefício Definido, como ferramenta de apoio à escolha das premissas atuariais ao realizarem os cálculos inerentes aos compromissos financeiros dos planos, de modo a preservar a solvência. Bem como a abordagem metodológica pode contribuir para aplicação em diferentes tipos, como: nível de solvência, nível de governança etc. (bastando apenas inserir variáveis sugestivas ao tema).

Por fim, todas as análises propostas no objetivo deste trabalho foram alcançadas, de acordo com a limitação que enfrentada com o banco de dados, atingindo os resultados e conclusões explicitados acima.

REFERÊNCIAS

ACHIM, Zeileis. TORSTEN, Hothorn (2002). **Diagnostic Checking in Regression Relationships**. R News 2(3), 7-10. URL <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>

AZEVEDO, Paulo Roberto Medeiros de. **Introdução à estatística**. 3 ed. Natal: EDUFRN, 2016.

BANDEPREV, Plano Especial 1. **Demonstração Atuarial de Encerramento do Exercício de 2020**. PREVIC, 2020.

BANDEPREV, Plano Especial 2. **Demonstração Atuarial de Encerramento do Exercício de 2020**. PREVIC, 2020.

BELTRÃO, Kaizô Iwakami. LEME, Fernanda Paes. MENDONÇA, João Luiz. SUGAHARA, Sonoe. **Análise da Estrutura da Previdência Privada Brasileira: Evolução do Aparato Legal**. 2004. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1043.pdf. Acesso em: maio/2021.

BRASIL, Diário Oficial da União. **Resolução CNPC Nº 30**. Disponível em: in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52754258/do1-2018-11-30-resolucao-cnpc-n-30-de-10-de-outubro-de-2018-52754012. Acesso em: maio/2022.

BRASIL, Relatório Gerencial de Previdência Complementar. **1º Trimestre/Março 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/surpcrg1tri2.pdf>. Acesso em: junho/2022.

BRASÍLIA, Constituição Civil (2001). Lei Complementar 109: Dispõe sobre o Regime de Previdência Complementar e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp109.htm#:~:text=32.,observado%20o%20disposto%20no%20art. Acesso em: maio/2021.

CHAN, Betty Lilian. SILVA, Fabiana Lopes da. MARTINS, Gilberto de Andrade. **Uma reflexão sobre o equilíbrio dos planos de benefícios de caráter previdenciário a partir das demonstrações contábeis dos fundos de pensão**. RIC/UFPE – Revista de Informação Contábil, vol. 1. Pernambuco, 2007.

CORRAR, Luiz J.; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria. **Análise Multivariada para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

CORRÊA, Cristiane Silva. **Premissas atuariais em planos previdenciários: uma visão atuarial-demográfica**. Curitiba: Appris, 2018.

DIAS. Cícero Rafael Barros; SANTOS. Josenildo dos. **Mensuração de passivo atuarial de fundos de pensão: uma visão estocástica**. In: CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 9, 2009, São Paulo. Anais. São Paulo: USP, 2009. Disponível em: <https://congressosp.fipecafi.org/anais/artigos92009/147.pdf>. Acesso em: maio/2021.

FERREIRA. Daniel Furtado. **Análise multivariada**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2011.

FOX, John; WEISBERG, Sanford. **An {R} Companion to Applied Regression**. 3 ed. Thousand Oaks CA: Sage, 2019. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>

FUNDAÇÃO REFER. **Demonstração Atuarial**. 2022. Disponível em: <https://www.refer.com.br/numeros/demonstrativo-de-avaliacao-atuarial/>. Acesso em: junho/2022.

GAZZONI. Antônio Fernando. **Precificação de ativos e passivos e solvência de planos de benefícios**. Ancep – VI Encontro. 2014.

HAIR JR., J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E. & TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre, Bookman, 2009.

LAZZARI. João Batista; CASTRO. Carlos Alberto Pereira de. **Direito Previdenciário**. 1. ed. – Rio de Janeiro: Forense, 2016.

MAECHLER, M., ROUSSEEUW, P., STRUYF, A., HUBERT, M., HORNIK, K. **Cluster Analysis Basics and Extensions**. R package. 2022.

MINITAB 18. **Interpretar todas as estatísticas e gráficos para análise discriminante**. 2022. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/multivariate/how-to/discriminant-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/#linear-discriminant-function-for-groups>. Acesso em: maio/2022.

NESE. Arlete; GIAMBIAGI. Fábio. **Fundamentos da Previdência Complementar: da administração à gestão de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2020.

PADOVANI, Carlos Roberto. **Apostila de Análise Multivariada**. Departamento de Bioestatística. IB/UNESP, Botucatu-SP, 133p., 2016.

PREVIC. **Relatório Gerencial de Previdência Complementar**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/relgersurpc20-12.pdf>. Acesso em: maio/2021.

PAZ, Aline. Fundos de Pensão – **Uma introdução à administração da solvência**. Revista do Congresso. 22º Congresso Brasileiro dos Fundos de Pensão. Espírito Santo: 2001.

R-BLOGGERS. **Cluster Analysis in R**. 2021. Disponível em: <https://www.r-bloggers.com/2021/04/cluster-analysis-in-r/>. Acesso em: abril/2022.

R-BLOGGERS. **Linear Discriminant Analysis in R**. 2021. Disponível em: <https://www.r-bloggers.com/2021/05/linear-discriminant-analysis-in-r/>. Acesso em: abril/2022.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

REIS, Adacir. **Curso básico de previdência complementar**. 4 ed. São Paulo, Revista dos tribunais, 2019.

REVELLE, W. (2022) **psych: Procedures for Personality and Psychological Research**, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 2.2.5.

REVISTA DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR. **Marco do Saneamento**. Ano 40, n. 432. Janeiro/fevereiro, 2021.

REVISTA DE FUNDOS DE PENSÃO. **Solvência: Regra traz incentivos compatíveis com o longo prazo**. Ano XXXV, n. 402. Janeiro/fevereiro, 2016. Disponível em: https://www.editoraroncarati.com.br/v2/phocadownload/revista_fundos_de_pensao_jan_fev_2016_solvenca.pdf. Acesso em: maio/2021.

RODRIGUES, José Ângelo. **Amortização de déficits atuariais em planos de benefícios definido**. Revista do BNDES 41, 2014.

RODRIGUES, José Ângelo. **Gestão de Risco Atuarial**. 1ª ed. - São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

SANTOS JÚNIOR, Luiz Carlos (org.). **Aspectos gerais de previdência complementar: para quê e para quem (módulo 2)**. João Pessoa: UFPB, 2020.

SECRETÁRIA DA PREVIDÊNCIA. **Conceitos**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/conceitos>. Acesso em: maio/2021.

SILVA, J. P. F; MACEDO, A. I. **Análise discriminante linear**. 2020. Disponível em: <https://lamfo-unb.github.io/2020/10/10/An%C3%A1lise-Discriminante-Linear/>. Acesso em: maio/2022.

SOKAL. RR; ROHLF. FJ. **The comparison of dendrograms by objective methods**. 1962.

SOUZA, Luiz Felipe Dutra de. COSTA, Fábio Moraes da. **Equilíbrio atuarial dos planos previdenciários de benefício definido: relação entre características dos fundos de pensão e a escolha de premissas atuariais**. IX Congresso ANPCONT. 2015.

SOUSA SILVA, Liliane. **Análise do Resultado Atuarial dos RPPS Municipais do Estado da Paraíba**. João Pessoa: UFPB, 2020.

SPREV - SECRETÁRIA DA PREVIDÊNCIA. **CNPC: Aprovada nova regra para solvência dos fundos de pensão**. 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/noticias/previdencia/previdencia-complementar/cnpc-aprovada-nova-regra-para-solvencia-dos-fundos-de-pensao#:~:text=CNPC%3A%20Aprovada%20nova%20regra%20para%20solv%C3%Aancia%20dos%20fundos%20de%20pens%C3%A3o,-Compartilhe%3A&text=Da%20Reda%C3%A7%C3%A3o%20\(Bras%C3%ADlia\)%20%E2%80%93%20A,pagamentos%20aos%20participantes%2C%20no%20futuro](https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/noticias/previdencia/previdencia-complementar/cnpc-aprovada-nova-regra-para-solvencia-dos-fundos-de-pensao#:~:text=CNPC%3A%20Aprovada%20nova%20regra%20para%20solv%C3%Aancia%20dos%20fundos%20de%20pens%C3%A3o,-Compartilhe%3A&text=Da%20Reda%C3%A7%C3%A3o%20(Bras%C3%ADlia)%20%E2%80%93%20A,pagamentos%20aos%20participantes%2C%20no%20futuro). Acesso em: maio/2021.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. 4 ed. New York: Springer, 2002. ISBN 0-387-95457-0.

WEIHS, C.; LIGGES, U.; LUEBKE, K.; RAABE, N. **Analizing German Business Cycles**. In Baier, D., Decker, R. and Schmidt-Thieme, L. (eds.). **Data Analysis and Decision Support**, 2005, p. 335-343, Springer-Verlag, Berlin.

WICKHAM, H.; HESTER, J.; CHANG, W.; BRYAN, J. **devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier**. 2021. R package version 2.4.3 <<https://CRAN.R-project.org/package=devtools>>.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CÓDIGOS EXECUTADOS

```
#####
###LEITURA E PREPARAÇÃO DOS DADOS
#####

#Leitura, organização dos dados e requerimento de pacote

library(lmtest)
library(stats)
library(cluster)
library(klaR)
library(psych)
library(MASS)
library(devtools)

dados=read.table("dados.txt",h=T)
str(dados)
dados1=na.omit(dados)
dim(dados1)
names(dados1)
plot(dados$re ~ dados$trj, data = dados)

#####
###ANÁLISE DE CLUSTER
#####

#Normalização
dados2=data.frame(dados1$esigla, dados1$dp, dados1$part_at, dados1$trj, dados1$pat_cob, dados1$ins_cob,
dados1$fpdure, dados1$al, dados1$rm, dados1$re, dados1$rmperc, dados1$def, dados1$eqdef, dados1$sup,
dados1$rcont, dados1$resp, dados1$cont_part, dados1$cont_patroc, dados1$cont_assist, dados1$cn)
z <- dados2[,-c(1,1)]
means <- apply(z,2,mean)
sds <- apply(z,2,sd)
nor <- scale(z,center=means,scale=sds)

#Calcular a matriz de distância
d=dist(dados2,method="euclidean")

#Cluster hierárquico
fit=hclust(d,method="ward.D")

#Cluster hierárquico usando linkagem média
mydata.hclust<-hclust(d,method="average")
par(mfrow=c(1,2))

#Dendrograma
plot(fit)
plot(mydata.hclust,hang=-1)

#Membros dos grupos
groups <- cutree(fit, k=5)
table(groups)
groups

#Caracterização dos grupos
aggregate(nor,list(member),mean)
aggregate(dados1[,-c(1,1)],list(member),mean)
```

```

#Plot silhueta
plot(silhouette(cutree(fit,5), d))

#Scree plot
wss <- (nrow(nor)-1)*sum(apply(nor,2,var)
  for (i in 2:20)
    wss[i] <- sum(kmeans(nor, centers=i)$withinss)
plot(1:20, wss, type="b", xlab="Number of Clusters", ylab="Within groups sum of squares")

#Clusterização k-means
set.seed(123)
kc<-kmeans(nor,5,nstart=25)
kc
ot<-nor
datadistshortset<-dist(ot,method = "euclidean")
hc1 <- hclust(datadistshortset, method = "complete" )
pamvshortset <- pam(datadistshortset,5, diss = FALSE)
clusplot(pamvshortset, shade = FALSE,labels=2,col.clus="blue",col.p="red",span=FALSE,main="Cluster
Mapping",cex=1.2)

#Análise de cluster em R
library(factoextra)
fviz_cluster(kc, data = nor)

#Cluster ótimo
fviz_nbclust(nor, kmeans, method = "wss")

#Método da silheta média
fviz_nbclust(nor, kmeans, method = "silhouette")

#Método estatístico gap
gap_stat <- clusGap(nor, FUN = kmeans, nstart = 25,
  K.max = 10, B = 50)
fviz_gap_stat(gap_stat)

#Comparação de proporções
tabela=matrix(c(65,23,6,2,1,38,19,5,1,0),2,5, byrow=T)
tabela
prop.test(t(tabela))
chisq.test(tabela)

#Hipótese nula: não há diferenças, as proporções são iguais.
#p-valor > 5%: aceita a hipótese nula

#####
###ANÁLISE DISCRIMINANTE
#####

#https://www.r-bloggers.com/2021/05/linear-discriminant-analysis-in-r/

#Leitura e organização dos dados
dadosdis=read.table("dadosdis.txt",h=T)
re_quali_1=as.factor("re_quali_1")

#Partição dos dados
set.seed(123)
ind <- sample(2, nrow(dadosdis),
  replace = TRUE,

```

```
prob = c(0.6, 0.4)
training <- dadosdis[ind==1,]
testing <- dadosdis[ind==2,]
dim(training)
dim(testing)

#Análise discriminante linear
s=cluster~dp+tmgm+trj+cn+pat_cob+al+rm
linear <- lda(s, training)
linear
attributes(linear)
plot(linear)

#Histograma
p <- predict(linear, training)
ldahist(data = p$x[,1], g = training$cluster)
ldahist(data = p$x[,2], g = training$cluster)

#Dados de treino - Matriz de confusão e acurácia
p1 <- predict(linear, training)$class
tab <- table(Predicted = p1, Actual = training$cluster)
tab
sum(diag(tab))/sum(tab) #Acurácia

#Dados de teste - Matriz de confusão e acurácia
p2 <- predict(linear, testing)$class
tab1 <- table(Predicted = p2, Actual = testing$cluster)
tab1
sum(diag(tab1))/sum(tab1) #Acurácia
```

APÊNDICE B – FORMAÇÃO DOS *CLUSTERS*

Código do Plano (CNPB)	Cluster
1980000883	1
1992000174	2
1979002592	1
1996002856	1
1986000265	2
1980000956	2
1979001911	1
1967000174	3
1984000438	1
1996005219	2
2011000874	1
1979000492	3
1979000565	1
1981000119	1
1982000147	1
1982000856	1
2005002283	1
2007001047	1
2007002574	1
2007003147	1
1979003947	1
1987000447	2
1979003874	2
1983000256	2
1979001774	3
1979003629	2
1978000138	3
1979002118	2
1993000429	1
1980002029	3
2001002238	2
1985001438	1
1988000629	2
1985000318	1
1981001174	1
1982001119	3
1979001456	2
1988001218	3
1986000338	1
2008004538	1
1979000956	2
1979004056	3

Código do Plano (CNPB)	Cluster
1983000418	1
1984001019	2
1990000347	1
2006005383	1
2009002547	2
2019002019	1
1970000147	4
2003002456	2
2018000292	5
1981000429	4
1983000183	1
1998006174	1
1971000256	2
1981001719	2
1990000274	1
1988000718	1
1998000818	1
1998000974	1
1971000183	4
1979000247	2
1985000792	2
1981001018	1
2017001392	1
1990001483	2
1980001618	2
1976000165	1
2000000819	1
2000001947	1
1994002883	1
1975000218	2
1979004374	1
1979004447	2
1979004511	1
1979004692	1
1980001911	2
1981001492	1
1984000111	1
1984000292	1
1998001474	1
1980000311	2
1985000156	2
1996002211	1

Código do Plano (CNPB)	Cluster
1985000474	1
1980002411	2
1986000192	1
1997000474	1
2015000747	1
1979001618	2
1988002656	1
1994004274	1
2003000119	1
2005001074	1
1988002419	1
1986000656	1
1978000456	1
1980001383	1
1979001219	2
1984000683	2
1990001718	1
1979002274	3
1979000174	2
1985001111	1
1982003065	2
1988001838	2
1980002274	1
1988001056	1
1994001992	1
1981000356	1
1980001065	2
1979001138	1
1973000156	3
1988003229	1
1982002719	1
1982002883	1
1992000956	1
1994001518	1
2010002474	2
2014001383	1
1989000738	1

Código do Plano (CNPB)	Cluster
2006006411	1
2007000547	1
1998002829	2
1988000319	1
1988002011	1
1979000719	1
1992001065	2
1993000119	2
1995001782	1
1994000465	2
1994000538	2
1993003592	1
2005004529	1
1995002518	1
1994002174	1
1979003718	1
2016001674	1
1994004118	1
1998004074	1
1995002747	1
1988000556	1
2000001238	1
2010005465	1
1988001374	1
1996003992	1
1979000638	3
1981000674	1
2002001529	1
1986000419	1
1987000374	1
1993001018	1
1997001756	1
2006006665	1
2008004211	1
2000001319	1
2000001556	1
2000001718	1
1997002256	1
1981000283	2