

Tamanho populacional e custeio previdenciário: como variações aleatórias afetam o risco de solvência de RPPS municipais^{*†}

Cristiane Silva Corrêa^{*}
Bernardo Lanza Queiroz[♦]
Aloísio Joaquim Freitas Ribeiro[▲]

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze how the variability of demographic events affect the solvency of municipal RPPS, ie, its ability to meet commitments (liabilities) with available resources (assets). Therefore, we performed microsimulações analyzed by the Monte Carlo method with a focus on randomness of demographic events entry age in the public service, death, disability, a spouse and have child under 21 years for 75 years. These results demonstrate that there is a relationship between population size and variability of demographic functions and consequently relationship between population size and risk of solvency in pension plans. Furthermore, we conclude that the reservation of the variance increases over time by a cumulative effect of random variations of demographic population events. It also shows that the effect of the variation of these functions is increased by the return on investment, so that the higher the return, the higher the demographic risk plan solvency.

Keywords: Microsimulation; Social Security; Population size.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar como a variabilidade dos eventos demográficos afeta a solvência de RPPS municipais, ou seja, sua capacidade de cumprir os compromissos (passivo) com os recursos disponíveis (ativo). Para tanto foram realizadas microsimulações analisadas pelo método de Monte Carlo com foco na aleatoriedade dos eventos demográficos de idade de entrada no serviço público, morte, invalidez, ter cônjuge e ter filho menor de 21 anos durante 75 anos. Os resultados deste trabalho demonstram que há relação entre tamanho da população e variabilidade das funções demográficas e, conseqüentemente, relação entre o tamanho da população e risco de solvência em planos previdenciários. Além disso, conclui-se que a variância da reserva aumenta com o passar do tempo pelo efeito acumulativo das variações aleatórias dos eventos demográficos da população. Também mostra que o efeito da variação dessas funções é potencializado pela rentabilidade dos investimentos, de forma que quanto maior a rentabilidade, maior o risco demográfico de solvência do plano.

Palavras-chave: Microsimulação; Previdência Social; Tamanho da população.

* Este trabalho é parte da tese de doutorado em demografia, CEDEPLAR/UFMG (www.cedeplar.ufmg.br).

† Este trabalho contou com suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

^{*} Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - criscorre@ccet.ufrn.br

[♦] Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR/UFMG) - lanza@cedeplar.ufmg.br

[▲] Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - aloisio@est.ufmg.br



INTRODUÇÃO

Quando se trata de estudos demográficos e atuariais sobre planos previdenciários, muitos trabalhos se dedicam à estimação de alguma premissa atuarial (BORGES, 2009; GOMES; FIGOLI; RIBEIRO, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2012; SILVA, FLÁVIA SOMMERLATTE, 2009) ou analisam a adequação de uma premissas estimadas a uma massa de participantes (PITACCO, 2002; SILVA, FABIANA LOPES DA, 2010; WAEGENAERE; MELENBERG; STEVENS, 2010). Neste trabalho, contudo, não há interesse em saber se uma premissa foi corretamente estimada ou não; mas, assumindo que o conjunto de funções estimadas é o mais adequado para certa população, deseja-se saber como a aleatoriedade destas funções pode afetar o custeio previdenciário.

Esse é um problema particularmente importante para o Brasil devido à forma como está estruturado o seu sistema de previdenciário, que estimula a existência de planos com poucos participantes. A previdência brasileira está dividida em Regime Geral de Previdência Social, o RGPS, destinado aos trabalhadores em geral; e os Regimes Próprios de Previdência Social, os RPPS, para os servidores públicos - esses dois de filiação obrigatória; além da previdência complementar, de filiação facultativa (BRASIL, 1988). Cada ente federativo pode ter seu próprio RPPS. Dessa forma, a União tem um RPPS para seus servidores; cada estado tem um RPPS para seus servidores, e cada município pode ter seu RPPS para seus servidores (BRASIL, 1988).

Dentre todos os RPPS, os com menos participantes estão nos municípios menores (CADPREV, 2012; NOGUEIRA, 2012). Em 2012 4,8 milhões de pessoas, entre servidores ativos, inativos e pensionistas, estavam vinculados a RPPS estaduais, enquanto apenas 2,5 milhões estavam vinculados a RPPS municipais. Como há mais RPPS municipais que estaduais (1997 e 27, como o DF, respectivamente), enquanto os RPPS estaduais tinham, em média, mais de 178 mil indivíduos, entre servidores ativos, inativos e pensionistas, os RPPS de municípios que não são capitais contavam com apenas 883 indivíduos, em média (CADPREV, 2012).

Além de serem muito diferentes em termos de número de participantes, os regimes previdenciários brasileiros também são muito diferentes em termos de estrutura. Enquanto o RGPS e o RPPS da União são estruturados em repartição simples, os RPPS dos estados e dos



municípios são de capitalização, ou, se ainda não o são, estão em processo de transição (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2008b). Em comum, tanto RPPS quanto RGPS são da modalidade Benefício Definido, já que a regra de concessão dos benefícios está definida na Constituição (BRASIL, 1988). Mas apenas as alíquotas de contribuição dos RPPS estaduais e municipais são definidas atuarialmente (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2008a). São esses, justamente, os planos menores e que podem, portanto, serem afetados pelas variações nas funções demográficas.

Há vários trabalhos que se ocupam da análise do risco de déficit em planos previdenciários. WINKLEVOSS (1993) realizou várias projeções determinísticas e estocásticas e encontrou que, em um primeiro momento, a contribuição normal é suficiente para manter a solvência dos planos. Todavia, com o passar do tempo e o acúmulo dos efeitos da variabilidade das premissas atuariais adotadas, ela deixa de ser satisfatória, mesmo utilizando métodos de custeio em que essa alíquota de contribuição deveria ser constante no tempo. A probabilidade de déficit também é analisada por outros autores, como BOWERS *et al.* (1997), DEVOLDER (2011), e RODRIGUES (2008). Entretanto, assim como WINKLEVOSS (1993), esses só analisam os efeitos da variabilidade da taxa de retorno e da taxa de aumento dos salários, que são premissas econômicas, não considerando as premissas demográficas nem o tamanho da população em seus cálculos, como feito neste trabalho. Já OLIVIERI e PITACCO (2008, 2011) se ocuparam do risco demográfico, mas apenas consideraram a mortalidade em suas análises, negligenciando as demais funções demográficas.

Neste trabalho analisa-se a solvência de planos capitalizados com foco na aleatoriedade dos eventos demográficos de morte, de invalidez, de ter cônjuge e de ter filho menor de 21 anos, e nas funções de idade de início de contribuição e de idade do cônjuge e do filho menor. A hipótese básica que sustenta esse estudo é que a alta variabilidade dos eventos demográficos em populações pequenas pode provocar, em algum momento, uma demanda por pagamentos de benefícios acima do esperado e que o RPPS não tenha condições de arcar, causando ruína, mesmo que, no longo prazo e considerando a média dos eventos, haja equilíbrio atuarial. Se essa hipótese se confirma, é necessário repensar o atual sistema previdenciário e a forma de cálculo atual das alíquotas de contribuição e das reservas.



DADOS E MÉTODOS

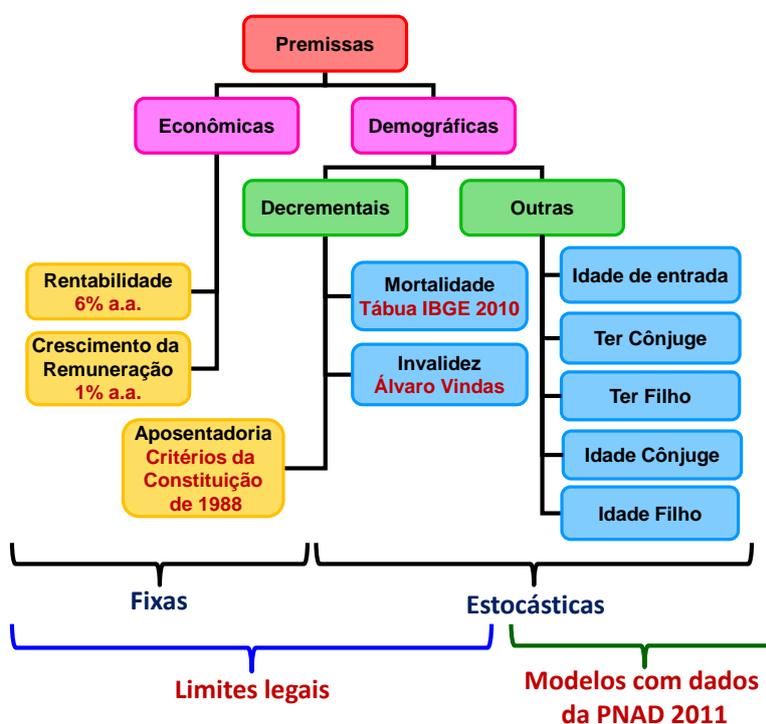
Para analisar o efeito da variabilidade das funções demográficas no custeio de planos previdenciários considerou-se a situação hipotética de implementação de um novo RPPS que oferece apenas os benefícios obrigatórios, ou seja, aposentadorias voluntárias e compulsória, aposentadoria por invalidez e pensão por morte aos dependentes (BRASIL, 1988). Assumindo-se que o que afeta a variabilidade das funções demográficas é o tamanho populacional, conforme a Lei dos Grandes Números, simulou-se a implementação deste plano com tamanhos populacionais iniciais diferentes. Como o RPPS é criado em situação de equilíbrio atuarial, não é preciso considerar o histórico de benefícios passados, o que permite analisar os efeitos da variabilidade das funções demográficas consideradas sem a interferência do histórico de benefícios anterior, além de eliminar a necessidade de elaboração de pressupostos sobre o histórico dessas funções.

Considerou-se, ainda, a população fechada para a entrada de novos servidores, já que não existe uma regra clara para a entrada de novas pessoas, sendo esta dependente de aspectos políticos e da realização de concursos públicos. Além disso, o período de análise é de 75 anos, mesmo período exigido pelo Ministério da Previdência Social para a análise da solvência dos planos no Demonstrativo de Resultados das Avaliações Atuariais (DRAA) (DEPARTAMENTO DOS REGIMES DE PREVIDÊNCIA NO SERVIÇO PÚBLICO, 2013), de forma que há coerência dos resultados deste trabalho com as normas regulamentares acerca dos RPPS.

Para o modelo de simulação foram definidas algumas premissas atuariais, como mostra a Figura 1. Como os valores observados das premissas econômicas de rentabilidade e crescimento da remuneração não dependem do tamanho populacional, os valores dessas funções foram mantidos fixos no modelo (WINKLEVOSS, 1993). Já as premissas demográficas de mortalidade, invalidez, idade de entrada, probabilidade de ter cônjuge, probabilidade de ter filho, idade do cônjuge e idade do filho foram consideradas aleatórias, podendo seu valor observado variar aleatoriamente para cada indivíduo em torno de um valor médio estimado.



FIGURA 1 – Premissas atuariais adotadas no modelo



No Brasil toda a avaliação atuarial é regulamentada pelo Ministério da Previdência Social, o qual estabelece alguns limites mínimos legais para algumas premissas atuariais (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2008b). Então, quando esse limite existe, ele foi adotado como valor médio da premissa. Dessa forma adotou-se como tábua de mortalidade a tabela de vida por sexo elaborada pelo IBGE em 2010, como tábua de entrada em invalidez a tábua Álvaro Vindas, como taxa de crescimento da remuneração o valor de 1% ao ano, e como rentabilidade adotou-se o valor de 6% ao ano (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2008b).

Quando os limites legais não são definidos na legislação - no caso para idade de entrada, probabilidade de ter cônjuge, probabilidade de ter filho, idade do cônjuge e idade do filho – utilizou-se as funções estimadas com dados da PNAD de 2011, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, realizada anualmente no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011). Além disso, assumiu-se que os indivíduos se aposentam logo que alcancem os critérios de elegibilidade mínimos à aposentadoria definidos na Constituição de 1988 (BRASIL, 1988).



Diante do interesse na variabilidade dos eventos demográficos entre os indivíduos do plano previdenciário simulado, utilizou-se um modelo de microsimulação pelo qual constroem-se histórias individuais, avaliando a ocorrência ou não dos eventos de forma aleatória a cada período de tempo para cada indivíduo separadamente (VOS; PALLONI, 1989; ZHAO, 2006). Após cada um dos indivíduos ser exposto aos eventos demográficos, passa-se ao tempo de simulação seguinte e o processo é repetido. As repetições serão tantas quanto for a quantidade de períodos desejado para a projeção. Ao final, a população resultante equivale à população projetada com todas suas características, como composição etária, relações de parentesco e sexo (MASON, 2010; ZHAO, 2006). Como a ocorrência ou não dos eventos é aleatória, cada rodada da microsimulação pode ter um resultado diferente, podendo, portanto, ser chamada de estocástica (MASON, 2010; VOS; PALLONI, 1989; ZHAO, 2006). Essa metodologia permite, ao final da simulação, analisar a variabilidade e distribuição de probabilidade dos eventos na população de interesse (MASON, 2010; VOS; PALLONI, 1989; ZHAO, 2006).

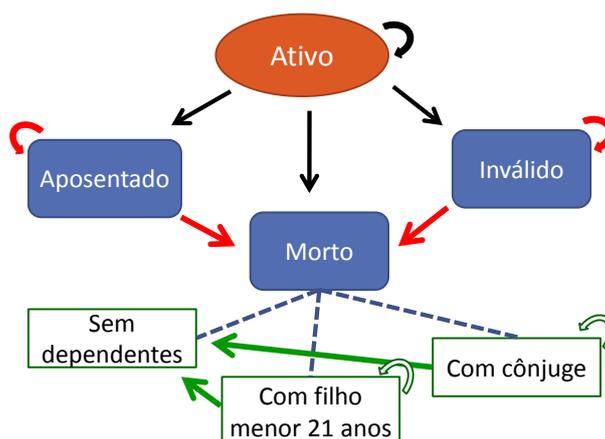
Os resultados da microsimulações foram analisados pelo método de Monte Carlo (MASON, 2010; VOS; PALLONI, 1989; ZHAO, 2006), que se baseia em repetições de amostragem aleatórias um número elevado de vezes para a estimação de uma distribuição de interesse (HROMKOVIC, 2003). As simulações foram realizadas no software R, um ambiente que permite programação (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013), com auxílio do pacote *lifecontingencies* (SPEDICATO; KAINHOFER; OWENS, 2014).

O modelo de simulação é apresentado esquematicamente na Figura 2. Pelo modelo, no início todos os servidores são ativos, mas podem mudar de estado a cada ano aleatoriamente. Os estados podem ser ativo, inválido, aposentado, morto com cônjuge (e filho) dependente, morto sem cônjuge com filho dependente, ou morto sem dependente. Para verificar se o servidor mudou de estado no plano gera-se um número aleatório que é comparado à probabilidade de o servidor estar em cada estado no próximo ano, dado que estava no estado anterior. Estando ativo em um determinado ano, no ano seguinte o servidor pode continuar ativo, se tornar inválido, se aposentar ou morrer. Estando inválido ou aposentado, a cada ano os servidores podem continuar neste estado e continuar recebendo benefícios, ou morrer. No caso de morte do servidor verifica-se se o servidor tem dependentes, e, em caso positivo, avalia-se até quando eles recebem os benefícios, que cessam quando os beneficiários morrem



ou, na ausência de cônjuge, quando o filho mais novo completa 21 anos. Não existindo beneficiários, cessam as obrigações do plano para com o servidor.

FIGURA 2 - Possibilidades de mudança de estado dos servidores em planos previdenciários.



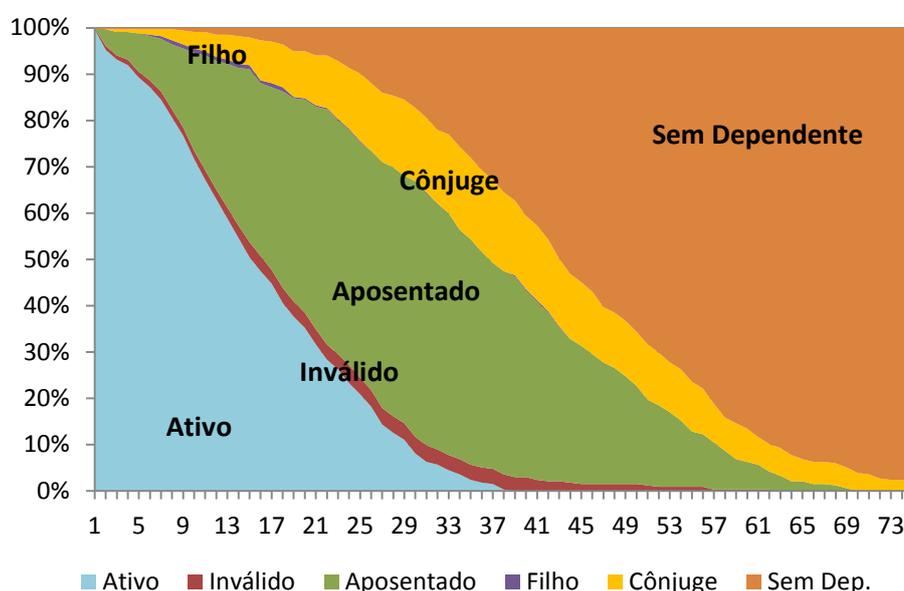
O modelo de simulação aqui proposto foi rodado para a população dos servidores do ano de 2012 do município de Portalegre, um município real do interior do Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil. O município contava com 335 servidores, dentre os quais 63,3% são mulheres. A remuneração média dos servidores do Município de Portalegre era de R\$1.617,14, considerando o salário base, o quinquênio, e as gratificações. A menor remuneração é de R\$ 853,10 e a maior, de R\$ 2.986,66. No Município de Portalegre/RN não há nenhum servidor que receba acima do teto do RGPS, já que o teto do RGPS em 2012 era de R\$ 4.157,05 (PORTALEGRE, 2012).

O Gráfico 1 expressa o percentual de servidores iniciais por estado a cada momento do tempo em uma das simulações realizadas. Como pode-se observar pelo gráfico, no início todos são ativos, pois considerou-se a situação hipotética de implantação de um novo RPPS. Com o passar do tempo começam as mudanças de estado. Uma pequena quantidade de servidores passa pela invalidez. A grande maioria se aposenta e depois morre. Dentre os que morrem, poucos deixam pensão para filhos, apenas. Um percentual maior deixa pensão para os cônjuges. Após 25 anos, por exemplo, 21% (70) dos servidores continuam ativos, 51% já se aposentou (170 servidores) e 4% (12) deles recebem benefícios por invalidez. 25% (83 servidores) dos servidores iniciais morreram, sendo que 10% (33 servidores) não deixaram dependentes. Dentre os 50 que deixaram dependentes, 49 deixaram cônjuge e apenas 1



servidor não têm cônjuge, mas deixou filhos menores de 21 anos como beneficiários. Pelo gráfico é possível observar, ainda, que a aposentadoria programada é o tipo de benefício mais comum, e que o tempo de recebimento de pensão é bem menor que o de pagamento de aposentadoria. Além disso, percebe-se que ao fim dos 75 anos de simulação praticamente todos os servidores iniciais estão mortos, assim como seus beneficiários. Portanto, no final dos 75 anos, o plano praticamente já não paga mais benefícios a essa massa inicial de servidores ou seus beneficiários.

GRÁFICO 1 – Percentual de servidores por estado no decorrer de 75 anos, 1 rodada de simulação, Portalegre.



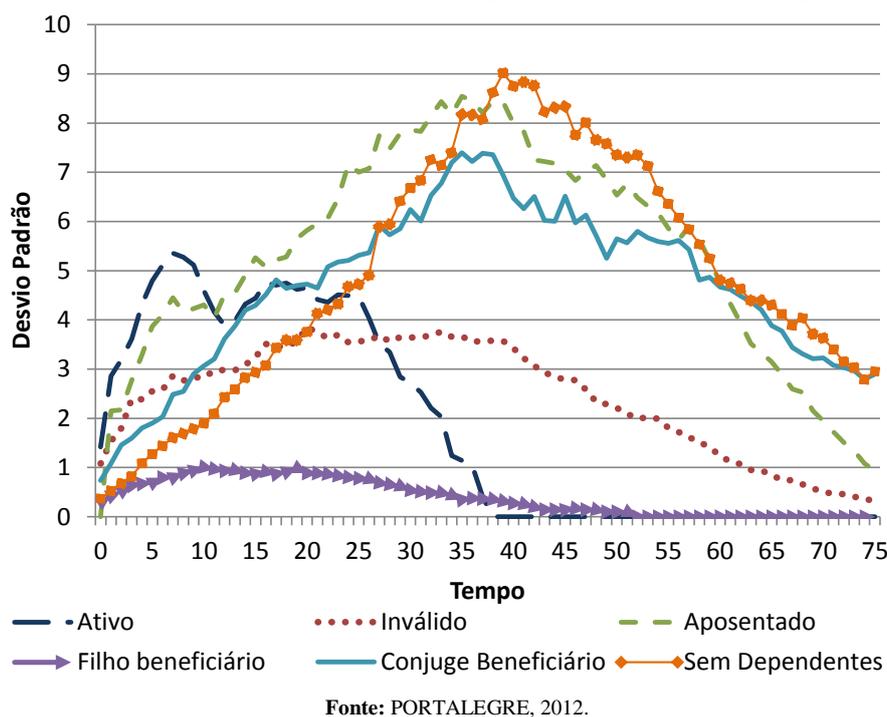
Fonte: PORTALEGRE, 2012.

Embora a mesma tendência seja observada a cada rodada de simulação, como os eventos são aleatórios para cada indivíduo, a cada rodada o número de servidores em cada estado pode variar. O Gráfico 2 apresenta o desvio padrão de cada estado observado em 100 rodadas de simulação. Por ele pode-se observar que o desvio do número de filhos beneficiários e de inválidos é pequeno quando comparado ao desvio observado entre os aposentados, cônjuges e mortos sem dependentes. Já o desvio padrão dos ativos só é maior nos primeiros anos da simulação, mas com o tempo a variabilidade tende a zero. Isso ocorre porque no início do período de simulação há grande número de servidores ativos, mas depois todos mudam de estado e o número de ativos passa a zero. Como mostra o gráfico, o desvio padrão máximo observado foi de 9,01 para o estado morto sem beneficiários. Chama-se a atenção à variabilidade do estado Aposentados. Como a função de aposentadoria é fixa, a variação neste estado é um reflexo das variações na função de idade de entrada do servidor e



na função de mortalidade, sendo que a idade de entrada reflete na entrada do servidor no estado de aposentado, influenciando este estado nos primeiros anos da simulação. Já a mortalidade afeta a saída do servidor do estado de aposentado e afeta a composição deste estado principalmente nos últimos anos da simulação.

GRÁFICO 21 – Desvio padrão do número de ativos, inválidos, aposentados, filhos beneficiários, cônjuges beneficiários e servidores mortos sem dependentes em relação ao número médio de servidores nesses estados por 75 anos, 100 repetições, Portalegre.



Ainda o Gráfico 2 vale ressaltar que o número de indivíduos no primeiro estado, ativo, indica também o número de contribuintes dos planos previdenciários. Já o estado morto sem dependentes representa o estado em que ninguém recebe benefícios, pois o servidor já está morto e não deixou nenhum dependente. A variabilidade desses dois estados, portanto, indicam a variabilidade com que cessam as contribuições e os pagamentos de benefícios pelo plano previdenciário. Nota-se, ainda, que a principal fonte de variação é a mortalidade. A segunda é a idade de entrada, função refletida no estado de “aposentado” já que, pelo RPPS é possível se aposentar por idade ou por idade e tempo de contribuição. A terceira principal causa de variação é a conjugalidade, seguida da de inválidos, e depois a de filhos.

Uma vez conhecido o estado de cada indivíduo em relação ao plano é possível identificar em que períodos cada indivíduo fez contribuição ou pagou benefício para o RPPS. Assumiu-se que as contribuições são realizadas somente pelos indivíduos ativos. Elas



correspondem a um percentual da remuneração no momento do pagamento da contribuição. Ao analisar o estado do servidor em relação ao plano identificou-se, também, os momentos do tempo em que o plano deve pagar benefícios, uma vez que os benefícios previdenciários são pagos ao servidor inválido ou aposentado, ou a seus dependentes, em caso de morte do servidor. Resta, portanto, saber o valor de benefício a ser arcado pelo RPPS em cada um desses momentos. Esse valor, contudo, difere do valor efetivamente recebido pelo servidor em função da compensação financeira, que corresponde ao valor repassado do RGPS para o RPPS em razão do tempo em que o servidor contribuiu no RGPS antes da criação do RPPS municipal em questão (BRASIL, 1999; RODRIGUES, 2008). O valor da compensação financeira que ocorre do RGPS para o RPPS, quando o RGPS é o regime de origem, é igual ao mínimo entre o valor de benefício calculado segundo as normas do RGPS (B_{RGPS}) e o calculado segundo as normas do RPPS (B_{RPPS}), multiplicado pelo percentual correspondente ao tempo de contribuição ao RGPS ($T_{C_{RGPS}}$) no tempo de serviço total do servidor público ($T_{C_{Total}}$) (BRASIL, 1999). Dessa forma, $CF_{RGPS \rightarrow RPPS} = \min(B_{RPPS}, B_{RGPS}) \cdot T_{C_{RGPS}} / T_{C_{Total}}$.

Uma vez calculados os salários de contribuição e os benefícios futuros, definiu-se a alíquota de contribuição como 36%, que é a alíquota de equilíbrio atuarial para essa população dadas as premissas definidas. O valor da reserva do plano foi, então, estimado a partir da alíquota média calculada. Assumiu-se que a reserva a cada momento t , R_t , é igual ao valor da reserva no momento anterior R_{t-1} acrescida da rentabilidade i mais as contribuições C_t menos os benefícios B_t . Dessa forma, $R_t = R_{t-1}(1 + i) + C_t - B_t$.

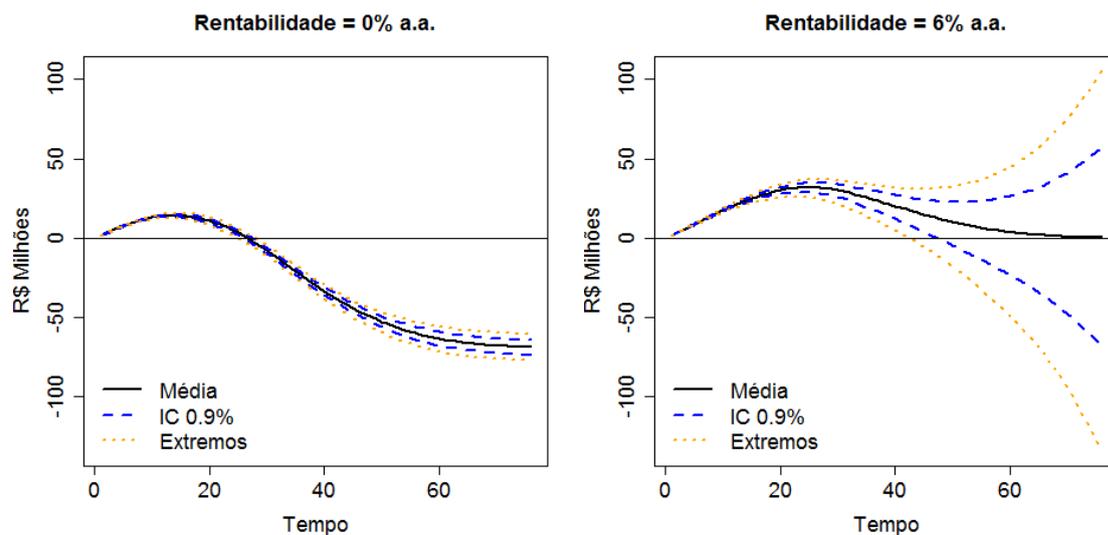
RESULTADOS

O modelo proposto neste trabalho foi repetido 500 vezes para a população de 335 servidores de Portalegre. A Figura 3 apresenta o valor médio, o intervalo de confiança de 90% e os valores extremos de mínimo e máximo observados para o valor da reserva resultante destas repetições de simulação sem considerar a rentabilidade dos investimentos (ou considerando uma rentabilidade igual a zero), e considerando a rentabilidade igual a 6% ao ano. Como pode-se observar, dependendo da variação das funções demográficas o plano previdenciário pode observar déficit ou superávit, mesmo que a alíquota de contribuição calculada de acordo com as premissas atuariais definidas garanta equilíbrio atuarial a uma



rentabilidade de 6% ao ano. Percebe-se, ainda, que os planos que tiveram déficit também o tiveram em momentos diferentes do tempo, dependendo da variação das funções demográficas observada. A variação dessas funções é responsável, portanto, por parte do tempo de manutenção da solvência dos planos pequenos.

FIGURA 3 – Valor da Reserva calculada sem a rentabilidade e com a rentabilidade, 500 simulações, Portalegre.



Fonte: PORTALEGRE, 2012.

Outra conclusão decorrente da Figura 3 é que a variância da reserva aumenta com o tempo, já que um evento ocorrido em um tempo inicial continua repercutindo durante muitos e muitos anos. Isso significa que a variabilidade tem um efeito acumulativo nos planos previdenciários, o que justifica a necessidade do acompanhamento constante dos planos, de forma a tomar as providências necessárias logo que for percebida uma variação em relação ao esperado, de forma a impedir que essa variação se repercuta no tempo e cause déficits. Pela figura é possível perceber, ainda, que a reserva aumenta inicialmente em função das contribuições, e depois passa a diminuir com o aumento do volume de benefícios pagos. Contudo, o momento em que a reserva começa a diminuir considerando a rentabilidade é posterior ao momento desconsiderando a rentabilidade, indicando que a um aumento da rentabilidade aumenta o tempo em que o plano tem baixa probabilidade de ruína.

Além disso, nota-se pela Figura 3 que o efeito da variabilidade das funções demográficas é mais evidente quando se considera a rentabilidade que quando não se considera. Ou seja, a rentabilidade potencializa o efeito da variabilidade das funções demográficas na reserva, aumentando a variabilidade dos resultados no decorrer do tempo. Como a rentabilidade tem efeito acumulativo, o efeito da variabilidade das funções



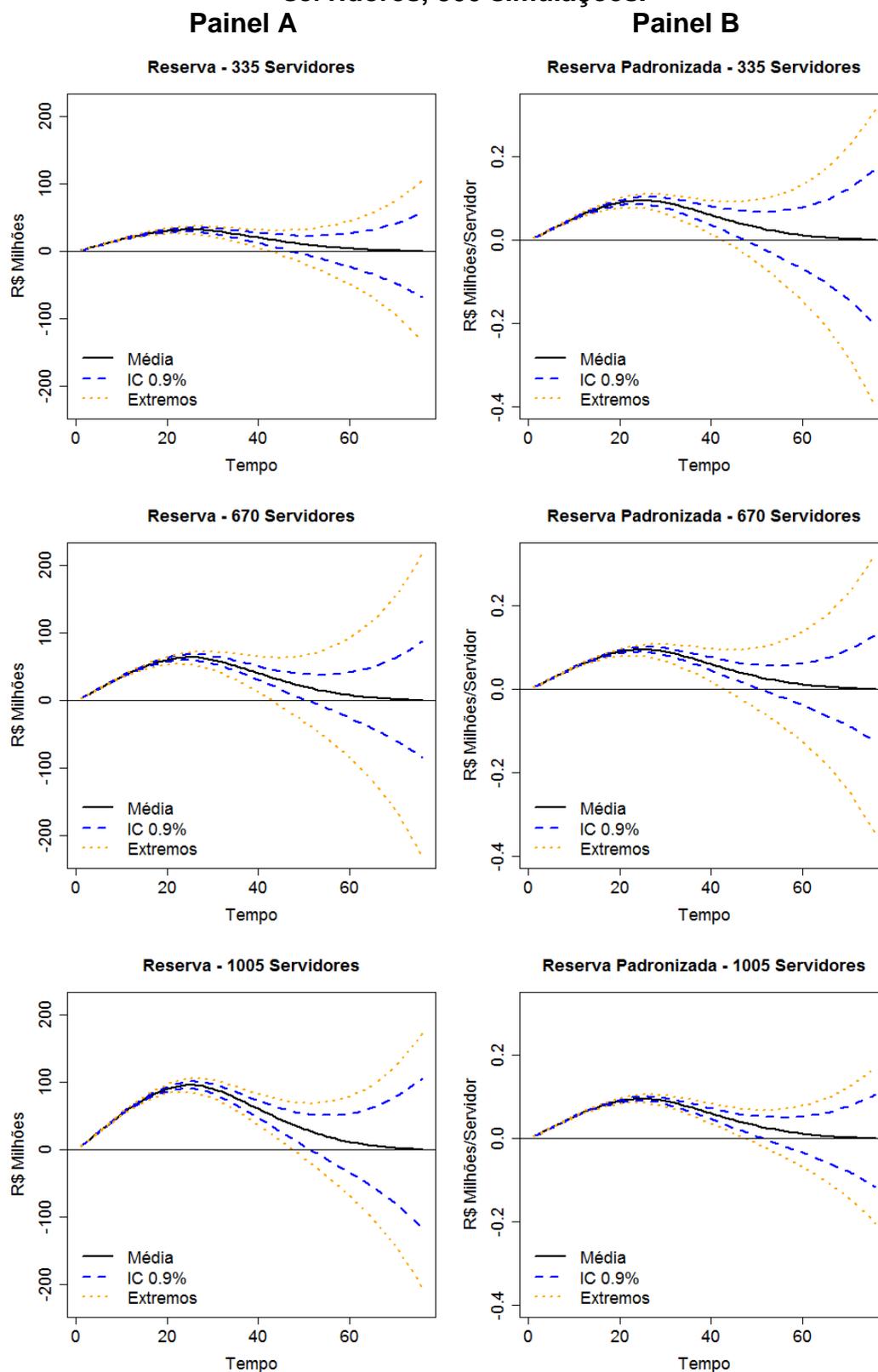
demográficas na reserva também passa a ser acumulativo, sendo maior quanto maior for o período de tempo analisado. Portanto, a rentabilidade aumenta o risco decorrente da variabilidade das funções demográficas.

Deseja-se, ainda, comparar reservas para tamanhos de população diferentes. Para tanto foram analisados 3 tamanhos de população: a população de 335 servidores de Portalegre, essa população duplicada, e essa mesma população triplicada. Ou seja, considerou-se, além da população de servidores de Portalegre, uma população de $335 \times 2 = 670$ servidores e uma população de $335 \times 3 = 1005$ servidores, pois cada servidor de Portalegre foi incluído 2 vezes para formar a população de 670 servidores, e 3 vezes para a população de 1005 servidores. Esse exercício simples permitiu analisar os procedimentos metodológicos adotados com certeza de que os resultados obtidos dependem unicamente no tamanho da população, e não de sua composição. Foram realizadas 500 repetições do modelo de simulação para cada tamanho populacional.

A Figura 4 apresenta, no Painel A, o valor médio, o intervalo de confiança de 90% e os valores extremos de mínimo e máximo observados para o valor da reserva resultante para cada um desses tamanhos populacionais. Como pode-se observar, quanto maior a população, maior os valores da reserva e maior também a variação de seus valores. Isso se dá porque o valor da reserva do plano que tem mais servidor é maior, para cobrir os benefícios futuros de uma população maior. Da mesma forma, se existe um déficit esse déficit vai ter que ser maior, se existe um superávit esse superávit também é maior. Contudo, neste trabalho, a exemplo de OLIVIERI e PITACCO (2011), a reserva a cada tempo e rodada de simulação foi padronizada dividindo-se seu valor original pelo tamanho da população original de servidores. O resultado pode ser observado no Painel B da Figura 4, que evidencia, já sem o efeito de escala do tamanho populacional, que quanto maior a população inicial de servidores, menor é a variância da reserva por servidor ao longo do tempo.



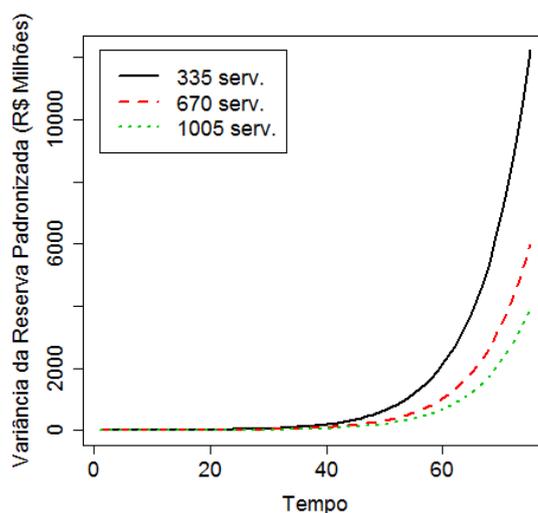
FIGURA 4 – Reserva a cada rodada para populações de 335, 670 e 1005 servidores, 500 simulações.





O Gráfico 3 sintetiza essa mesma conclusão mostrando a variância da reserva padronizada a cada momento do tempo. Como pode-se observar, a variância da reserva por servidor aumenta no tempo, mas é menor quando a população inicial é maior. Pode-se perceber, ainda, pelo gráfico, que há uma diferença grande entre as variâncias as populações de 335 e 670 servidores, mas uma diferença pequena entre as variâncias das populações de 670 e 1005 servidores. Portanto, em populações pequenas, cada indivíduo a menos representa um aumento grande na variância da reserva, ao contrário do que acontece em populações maiores, em que um único indivíduo tem um peso menor nessa medida.

GRÁFICO 3 – Variância da reserva padronizada para populações de 335, 670 e 1005 servidores, 500 simulações.



Fonte: PORTALEGRE, 2012.

Em razão da variabilidade da reserva, em alguns resultados de simulações a reserva foi negativa, o que é chamado de ruína (KAAS *et al.*, 2008). Importa saber tanto a probabilidade de ruína quanto o momento em que ocorre a ruína e o tamanho do déficit a que cada população está exposta.

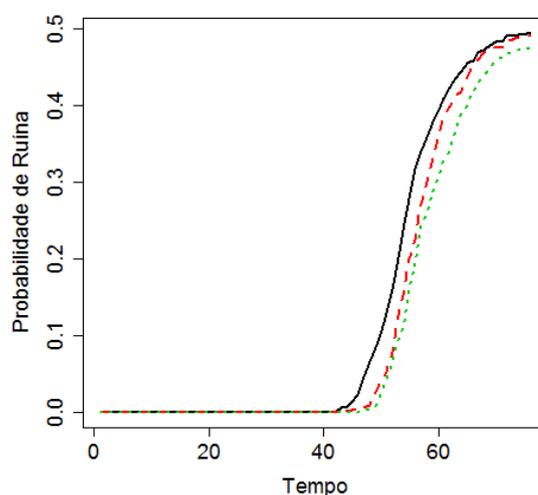
É de se esperar que em populações menores a variabilidade das funções demográficas tenha peso maior no valor observado da reserva. Dessa forma, espera-se que seja mais provável, para essas populações, observar probabilidades de ruína maiores em tempos menores. Por outro lado, quanto maior a população, espera-se que seja maior o tempo até a ruína. Vale ressaltar, contudo, que a reserva média não assume valor constante no tempo. Ela varia com o tempo, sendo menor no início do plano e maior com o amadurecimento da população, tendendo a diminuir novamente com as aposentadorias e o pagamento de



benefícios. Portanto, é esperado que a probabilidade de ruína varie no decorrer do tempo e do envelhecimento da população do plano.

O Gráfico 4 confirma o resultado intuitivo. Pelo gráfico pode-se perceber que a probabilidade de ruína passa a ser positiva em um tempo menor para populações menores. Portanto, quanto menor a população menor o tempo até a primeira ruína nas N simulações. Da mesma forma, quanto menor a população maior a probabilidade de ruína a cada tempo, durante os 75 anos de simulação.

GRÁFICO 4 – Probabilidade de ruína no tempo para populações de 335, 670 e 1005 servidores, 500 simulações.

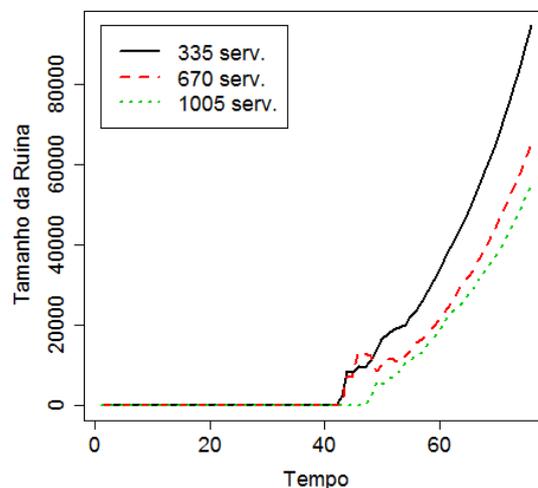


Fonte: PORTALEGRE, 2012.

Já o Gráfico 5 apresenta o tamanho médio da ruína por segurado observada nas 500 rodadas de simulação para cada tamanho populacional. Como mostra o gráfico, em praticamente todos os anos analisados o tamanho do déficit foi maior para populações menores que para maiores.



GRÁFICO 5 – Tamanho médio da ruína por segurado no tempo para populações de 335, 670 e 1005 servidores, 500 simulações.



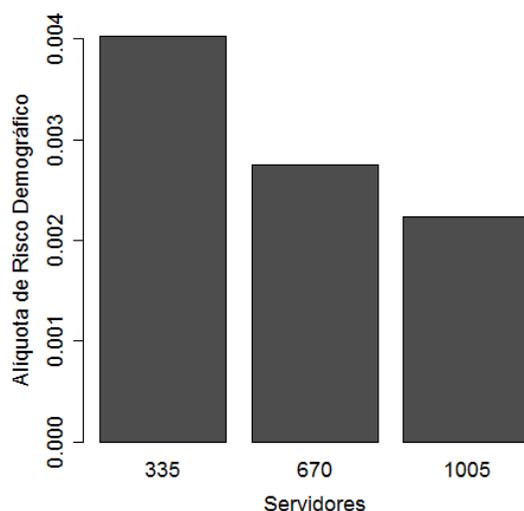
Fonte: PORTALEGRE, 2012.

Por fim, é proposta uma alíquota de risco demográfico. Se existe um risco associado à variabilidade das funções demográficas, então pode-se prevenir o risco dessa variação com uma alíquota de risco demográfico. Para calcular essa alíquota dividiu-se a soma do valor presente do déficit esperado ao final do período de simulação, ou seja, ao final do período de 75 anos, pelo valor presente dos salários de contribuição futuros. Assim a alíquota de risco demográfico é aquela que amortiza o déficit esperado no decorrer do tempo.

A alíquota calculada reflete a relação entre variabilidade da reserva e tamanho populacional. Como mostra o Gráfico 6, para a população de 335 servidores seria necessária uma alíquota de risco demográfica de 0,40%, enquanto para a população de 670 servidores seria necessária uma alíquota de 0,27%, e para uma população de 1005 servidores, uma alíquota de apenas 0,22%. Portanto, quanto maior a população menor a alíquota de risco demográfico, de forma que essa alíquota tente a zero com o tamanho da população.



GRÁFICO 6 – Alíquota de risco demográfico para populações de 335, 670 e 1005 servidores, 500 simulações.



Fonte: PORTALEGRE, 2012.

CONCLUSÕES

Neste trabalho verificou-se a viabilidade de RPPS com poucos participantes, analisando o risco de solvência desses planos para diversos tamanhos populacionais e considerando a aleatoriedade de 7 funções demográficas simultaneamente: as probabilidades de morte, invalidez, ter cônjuge, ter filho, a idade de entrada no serviço público, e as idades do cônjuge e do filho. Para tanto, desenvolveu-se um modelo de microssimulação que acompanha a situação de cada servidor no plano assumindo que os eventos demográficos são aleatórios. Os resultados deste modelo permitem a estimação da variabilidade da reserva do plano no decorrer do tempo, assim como estimar a probabilidade de ruína desses planos e a alíquota de risco demográfico para os diferentes tamanhos de população analisados.

Pelos resultados, observou-se que há relação entre o tamanho da população e o risco de solvência de planos previdenciários, de forma que quanto menor a população maior o risco demográfico e quanto maior a rentabilidade maior o risco demográfico. Diante deste risco provocado pela variação aleatória em torno da função demográfica média, propôs-se uma alíquota de risco demográfico como medida para estabilizar a alíquota de contribuição. Essa alíquota de risco demográfico diluiria esse risco no decorrer do tempo permitindo um maior



espaço de tempo entre uma avaliação atuarial e outra. Mesmo assim, o acompanhamento constante do plano é indicado porque pode diminuir o risco de déficit.

Outra conclusão preliminar do trabalho é que a variância da reserva aumenta com o passar do tempo. Isso se dá pelo efeito acumulativo das variações aleatórias dos eventos demográficos da população. Ou seja, uma variação aleatória acontecida nos primeiros anos da simulação repercute durante toda a simulação, pois uma mesma população é acompanhada durante todo o período. Esses resultados estão de acordo com o previsto por DEVOLDER (2011), que ressaltou a necessidade de acompanhar essas variações aleatórias no decorrer do tempo fazendo aportes ou ajustes nas alíquotas de contribuição dos planos constantemente como forma de diminuir a possibilidade de insolvência. Esses fatos remetem à necessidade de acompanhamento constante dos planos previdenciários, já que se destinam a administrar riscos durante longos períodos de tempo. Além disso, evidenciam que a necessidade de modificações nas alíquotas ou de aportes por parte dos entes federativos não necessariamente são fruto de má administração dos planos previdenciários. Como evidenciam os resultados, essa necessidade pode ser fruto de variações populacionais naturais e esperadas em qualquer população.

Além disso, ao contrário do esperado por muitos autores, como BOWERS et al. (1997), DEVOLDER (2011) e RODRIGUES (2008), assim como os modelos de ALM, que se dedicaram a analisar apenas a possibilidade de insolvência provocada por variações em premissas econômicas, este trabalho mostra que as variações das funções demográficas também podem causar alto risco de insolvência nos planos previdenciários, embora o tempo necessário para um possível déficit seja maior (cerca de 40 anos). Além disso, mostra que o efeito da variação dessas funções é potencializado pela rentabilidade dos investimentos, de forma que quanto maior a rentabilidade, maior o risco demográfico de insolvência do plano. Portanto, é preciso cuidar não só dos riscos provenientes da variação das funções econômicas, como também do risco resultante da interação de funções econômicas com funções demográficas.

Como consequência dos resultados deste trabalho para as políticas públicas sugere-se a unificação dos RPPS municipais como forma de minimização da variabilidade de suas funções demográficas. Além de diminuir os riscos demográficos, essa medida um RPPS único



resultaria em uma padronização e planificação ainda maior dos direitos e deveres atribuídos aos servidores e aos entes federativos.

Diante do exposto, o presente trabalho contribui para a elucidação do papel das funções demográficas na solvência dos RPPS, aludindo, ainda, à importância da composição das populações e de seu tamanho na solvência de RPPS. Embora este trabalho tenha se baseado na previdência de servidores públicos, de RPPS, que é uma situação particular, os resultados podem ser expandidos, em certa medida, para outros tipos de planos previdenciários ou mesmo para outros tipos de que também envolvam eventos demográficos na determinação do pagamento de benefícios e contribuições, tais como seguros de vida e pensões por incapacidades.

Apesar dos avanços resultantes deste trabalho, há algumas limitações da metodologia adotada que devem ser consideradas. A primeira delas se refere à limitação da análise ao tratar de uma população fechada para novos servidores, o que simula a situação de saldamento de plano, quando não é permitida a entrada de novos participantes para viabilizar a transição para um novo regime. Além disso, permite a análise dos efeitos da variabilidade das funções demográficas sem a interferência de outros fatores, como o da composição da massa dos novos servidores ingressantes no plano. Contudo, sabe-se que a situação de população fechada não reflete a realidade da maioria dos RPPS. Outra limitação se refere ao fato do modelo de simulação proposto admitir apenas uma mudança de estado por ano. Entretanto, com apenas uma mudança de estado ao ano o tempo computacional de simulação já é elevado, dada a quantidade de variáveis envolvidas, o que impossibilita análises com mais de uma mudança de estado ao ano. Espera-se superar essas limitações em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

BORGES, Gabriel Mendes. *Funcionalismo Público Federal: Construção e Aplicação de Tábuas Biométricas*. 2009. Dissertação (Mestre em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro / RJ, 2009.

BOWERS, N. L. *et al. Actuarial Mathematics*. [S.l.]: Society of Actuaries, 1997.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. , Brasília, DF. Senado 1988.

BRASIL. Lei n.º 9.796, de 5 de maio de 1999. Dispõe sobre a compensação financeira entre o Regime Geral de Previdência Social e os regimes de previdência dos servidores da União, dos



Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, nos casos de contagem recíproca de tempo de contribuição para efeito de aposentadoria, e dá outras providências. , Diário Oficial da União, Brasília, DF, mai 1999.

CADPREV. *Sistema de Informações dos Regimes Públicos de Previdência Social. Ministério da Previdência Social. Previdência no Serviço Público. Estatísticas. Quantitativo de Servidores dos RPPS.* Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br>>. Acesso em: 4 jul. 2013.

DEPARTAMENTO DOS REGIMES DE PREVIDÊNCIA NO SERVIÇO PÚBLICO. *Instruções para o preenchimento do Demonstrativo dos resultados da avaliação atuarial – DRAA para o exercício de 2013.* . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/demonstrativo-de-resultados-da-avaliacao-atuarial/>>. Acesso em: 7 nov. 2013. , 2013

DEVOLDER, Pierre. Revised version of: Solvency requirement for a long-term guarantee: risk measures versus probability of ruin. p. 199–214, 2011.

GOMES, Marília Miranda Forte; FIGOLI, Moema Gonçalves Bueno; RIBEIRO, Aloísio Joaquim Freitas. Da atividade à invalidez permanente: um estudo utilizando dados do Regime Geral de Previdência Social (RGPS) do Brasil no período 1999-2002. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 27, p. 297–316, 2010.

HROMKOVIC□, Juraj. *Algorithmics for hard problems: introduction to combinatorial optimization, randomization, approximation, and heuristics.* 2nd ed ed. Berlin ; New York: Springer-Verlag, 2003. (Texts in theoretical computer science).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2011 - Notas Técnicas.* . [S.l: s.n.]. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2011/notas_tecnicas/notas_tecnicas_sintese_indicadores_e_volume_brasil.pdf>. , 2011

KAAS, Rob *et al.* *Modern Actuarial Risk Theory - Using R.* New York: Springer, 2008. Disponível em: <<http://www.springer.com/business+%26+management/finance/book/978-3-540-70992-3>>. Acesso em: 27 nov. 2013.

MASON, Carl. *Socsim Oversimplified.* . [S.l: s.n.]. , 11 jun. 2010

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. Portaria nº 402, de 10 2008. Disciplina os parâmetros e as diretrizes gerais para organização e funcionamento dos regimes próprios de previdência social dos servidores públicos ocupantes de cargos efetivos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em cumprimento das Leis nº 9.717, de 1998 e nº 10.887, de 2004. , Diário Oficial da União, Brasília, DF, dez 2008 a.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. PORTARIA nº 403, de 10 de dezembro de 2008. Dispõe sobre as normas aplicáveis às avaliações e reavaliações atuariais dos Regimes Próprios de Previdência Social – RPPS da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos



Municípios, define parâmetros para a segregação da massa e dá outras providências. , Diário Oficial da União, Brasília, DF, dez 2008 b.

NOGUEIRA, Naron Gutierre. *O Equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS: de princípio constitucional a política pública de Estado*. Brasília: MPS, 2012. v. 34. (Coleção Previdência Social, Série Estudos).

OLIVEIRA, M *et al.* *Brazilian Mortality and Survivorship Life Tables - Insurance Market Experience - 2010*. Rio de Janeiro: Fundação Escola Nacional de Seguros - Funenseg, 2012.

OLIVIERI, Annamaria; PITACCO, Ermanno. Life tables in actuarial models: from the deterministic setting to a Bayesian approach. *ASIA Advances in Statistical Analysis*, p. 96:127–153, 8 nov. 2011.

OLIVIERI, Annamaria; PITACCO, Ermanno. Stochastic mortality: the impact on target capital. *University Bocconi - CAREFIN Working Paper*, 20 out. 2008. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1287688>.

PITACCO, Ermanno. Longevity risk in living benefits. 21 jun. 2002, Moncalieri, Turin., *Anais...* Moncalieri, Turin,: Center of Research on Pension and Welfare Policies, 21 jun. 2002.

PORTALEGRE. *Dados dos servidores do município de Portalegre/RN.*, 2012.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

RODRIGUES, José Angelo. *Gestão de risco atuarial*. São Paulo: Saraiva, 2008.

SILVA, Fabiana Lopes Da. *Impacto do risco de longevidade em planos de previdência complementar*. 2010. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/Cris%20Corr%C3%AAa/Downloads/TeseFabianaLopes.pdf>>.

SILVA, Flávia Sommerlatte. *Tendências e projeção da mortalidade do município de São Paulo – 1920 a 2100*. 2009. Dissertação (Mestrado em Demografia) – CEDEPLAR, UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SPEDICATO, Giorgio Alfredo; KAINHOFER, Reinhold; OWENS, Kevin J. *Package “lifecontingencies”*: A package to perform actuarial mathematics for life contingencies insurances. [S.l: s.n.], 2014. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/lifecontingencies/lifecontingencies.pdf>>.

VOS, Susan De; PALLONI, Alberto. Formal Models and Methods for the Analysis of Kinship and Household Organization. *Population Index. Office of Population Research*, 2. v. 55, p. 174–198, Summer 1989.

WAEGENAERE, Anja De; MELENBERG, Bertrand; STEVENS, Ralph. Longevity Risk. *De Economist*, v. 158, n. 2, p. 151–192, jun. 2010. Acesso em: 27 jun. 2014.



CORRÊA, C. S.; QUEIROZ, B. L.; RIBEIRO, A. J. F. Tamanho populacional e custeio previdenciário: como variações aleatórias afetam o risco de solvência de RPPS municipais.

WINKLEVOSS, Howard E. *Pension mathematics with numerical illustrations*. 2nd ed ed. Philadelphia: Published by Pension Research Council, Wharton School of the University of Pennsylvania and University of Pennsylvania Press, 1993.

ZHAO, Zhongwei. Computer microsimulation and historical study of social structure: A comparative review of SOCSIM and CAMSIM. *Revista de Demografia Histórica*, XXIV. v. 2, p. 59–88, 2006.