

**DINCON 2017**CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE DINÂMICA, CONTROLE E APLICAÇÕES
30 de outubro a 01 de novembro de 2017 – São José do Rio Preto/SP

Um Modelo Epidemiológico para Depressão

Raul Loula¹

Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP

Luiz Henrique Alves Monteiro²

Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP

Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Resumo. Depressão é uma doença mental não contagiosa de alta incidência e grande impacto econômico, ligada a vários fatores de risco que, combinados ou não, podem levar à enfermidade. Aqui, apresenta-se um modelo baseado no indivíduo (MBI), a fim de prever a evolução temporal do número de pessoas com depressão no Brasil, a partir de dados estatísticos oficiais. No modelo, cada indivíduo está, a cada passo de tempo, em um de três estados: suscetível, exposto ou depressivo. A transição entre esses estados depende da soma acumulada dos fatores de risco e da probabilidade de cura. Os resultados obtidos, por meio de simulação computacional do MBI, concordam com os dados epidemiológicos e preveem um aumento no número de casos.

Palavras-chave. Depressão, Epidemiologia, Modelo Baseado no Indivíduo.

1 Introdução

Transtorno depressivo, ou simplesmente depressão, é a principal patologia abordada pela psiquiatria. Para a Organização Mundial da Saúde, é um dos grandes desafios para saúde pública por conta de sua alta incidência. Em 2020, espera-se que seja a doença com o maior impacto sobre a economia mundial, sendo a segunda causa de incapacidade [5,24]. No final de 2016, havia 350 milhões de doentes no mundo, cerca de dez vezes mais que portadores de HIV [25].

Fatores que precipitam o aparecimento de um quadro depressivo têm natureza temperamental (afetividade negativa, pessimismo, perfeccionismo, autocrítica), ambiental (sucessão de eventos negativos, estresse), genética (pessoas que possuem familiares acometidos por depressão têm mais chances de se tornarem depressivos), fisiológica (hipotireoidismo, ciclo menstrual, deficiência na produção e no metabolismo de neurotransmissores, principalmente a serotonina). Alguns outros fatores são: presença de doença, dor crônica, uso de drogas (prescritas ou ilícitas),

¹ 71655549@mackenzista.com.br

² luizm@mackenzie.br, luizm@usp.br

episódios anteriores de depressão, problemas cognitivos (retardo, demência, dificuldade de aprendizado), acesso reduzido a políticas públicas de bem-estar social, falta de acesso à educação, divórcio, desemprego, gravidez, parto [1,17,18].

Por ser uma doença não contagiosa com inúmeros fatores de risco associados, um modelo epidemiológico clássico é inadequado (já que não se propaga por meio do contato social entre indivíduos doentes e saudáveis). Ainda assim, é possível dividir a população em grupos, como no clássico modelo SIR (suscetível-infectado-removido) [16], e criar um modelo baseado no indivíduo (MBI) [8], a fim de prever a evolução temporal do número de pessoas com depressão. A partir de dados demográficos, pode-se modelar a incidência da depressão num país ou numa comunidade, como uma unidade prisional. Modelos do tipo MBI têm sido usados em estudos de sistemas biológicos [15] e econômicos [22].

2 Propósito

O objetivo deste trabalho é construir um modelo matemático capaz de prever a prevalência da depressão, usando dados demográficos do Brasil.

Por conta do baixo investimento em saúde mental no nosso país (cerca de 2% do orçamento destinado à saúde [24]), acredita-se que possa haver um índice de subnotificação não desprezível, o que afetaria a previsão de qualquer modelo. Essa suposição se fundamenta na prevalência oficial do Brasil, que é 5,8%, um número próximo a de países com maior desenvolvimento econômico, como Alemanha, em que a prevalência é de 5,2% e onde cerca de 5% do orçamento da saúde pública é destinado à saúde mental [23,24,26]. Apesar de se estar ciente desse possível problema, pretende-se que o modelo, ao menos, indique se a tendência é de crescimento ou não do número de pessoas com depressão, usando dados atuais. Esse modelo é apresentado a seguir. Na literatura, não se encontrou modelo similar.

3 Métodos

No modelo, a população é formada por 10000 indivíduos. Eles são configurados de acordo com aspectos demográficos do Brasil relativos aos atributos de gênero, classe social e idade. Para isso, utilizam-se dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [3,10,12,13]. Assim, a população do modelo tem, proporcionalmente, as mesmas características da população brasileira. Desse modo, há 48,97% de homens e 51,03% de mulheres; 2,9% na classe A, 22,3% na classe B, 47,8% na classe C, 27% nas classes D e E; 24,08% com 0-14 anos, 68,54% com 15-64 anos, e 7,38% com 65 anos ou mais.

Cada indivíduo está, a cada passo de tempo t , em um de três grupos: suscetível (S), exposto (E) ou depressivo (D). De maneira aleatória, a cada passo de tempo, os indivíduos são submetidos a eventos de caráter negativo que têm comprovada relação causal com a depressão, de acordo com a prevalência desses eventos mostrada na Tabela 1. A soma dos riscos indicados na segunda coluna da Tabela 1 determina o índice normalizado I_D associado à progressão à depressão em cada indivíduo. Propõe-se que esse índice I_D seja calculado por:

$$I_D = 1 - e^{-k \sum_{i=1}^n (fator\ risco(i))}$$

Observe que I_D depende da soma dos fatores de riscos acumulados em cada indivíduo (se essa soma é nula, então $I_D = 0$; além disso, $I_D \rightarrow 1$ conforme essa soma aumenta). Nessa expressão, k é uma constante, que pode ter valor diferente para homens e mulheres (de fato, mulheres tendem a se adaptar melhor a adversidades [18]; por isso, devem ter um valor de k menor).

As transições de estado possíveis são: $S \rightarrow E$, $S \rightarrow D$, $E \rightarrow D$, $D \rightarrow S$ e $D \rightarrow E$. A Tabela 2 indica os valores de I_D relacionados aos estados do modelo. Assim, se $I_D < 50\%$ no passo de tempo t , então um suscetível permanece suscetível em $t + 1$. Se $50\% \leq I_D < 75\%$, então, entre t e $t + 1$, ocorre a transição $S \rightarrow E$; se $I_D \geq 75\%$, então $E \rightarrow D$ ou $S \rightarrow D$ (assim, um suscetível pode passar diretamente para o estado depressivo sem passar pelo estado intermediário, denominado de exposto). Observe que essas três transições são regidas por regras deterministas. As transições $D \rightarrow S$ e $D \rightarrow E$ (depressivos que têm alta médica) se dão de modo aleatório, de acordo com a taxa de recuperação de 43% ao ano [6]. Ainda, impõe-se que o valor mínimo da soma dos fatores de risco para um depressivo que se curou é de 50% e que, após dois ou mais episódios, esse valor mínimo sobe para 85% [17]. Assume-se que expostos não se tratam (ou seja, não há a transição $E \rightarrow S$) e que indivíduos com até 12 anos de idade não entram em depressão [17,18].

Tabela 1: Dados relativos a eventos capazes de levar à depressão.

Evento	Risco	Sexo	Idade	Classe social	Prevalência	Referência
Desemprego 2014	10%	M,F	18-65	ABCDE	6,9%	[9,17]
Desemprego 2015	10%	M,F	18-65	ABCDE	9,6%	[9,17]
Desemprego 2016	10%	M,F	18-65	ABCDE	12%	[14,17]
Doença cardíaca	17,50%	M,F	13-75	ABCDE	0,30%	[17]
Falta de acesso a educação	20,70%	M	13-75	CDE	20,70%	[18]
Artrite reumatoide	21%	M,F	30-100	ABCDE	0,50%	[17,27]
Uso de drogas	27,90%	M,F	13-75	ABCDE	12,30%	[18]
Encarceramento	30%	M	18-75	ABC	0,04%	[2,19]
Encarceramento	30%	M	18-75	DE	0,22%	[2,19]
Encarceramento	30%	F	18-75	ABC	0,00%	[2,19]
Encarceramento	30%	F	18-75	DE	0,01%	[2,19]
Menopausa	31,40%	F	50-100	ABCDE	100%	[17]
AIDS	33%	M,F	13-75	ABCDE	0,50%	[17]
Câncer	38%	M,F	5-100	ABCDE	0,28%	[17]
Dor crônica	40%	M,F	18-100	ABCDE	28,20%	[4,17,21]
Falta de acesso a educação	45,40%	F	13-75	CDE	45,40%	[18]
Hepatite C	48,20%	M,F	15-75	ABCDE	2,60%	[17]
Epilepsia	50%	M,F	15-100	ABCDE	1,90%	[7]

Tabela 2: Relação entre o índice I_D e os estados do modelo.

Estado	Valor de I_D
Suscetível	$0 \leq I_D < 0,5$
Exposto	$0,5 \leq I_D < 0,75$
Depressivo	$0,75 \leq I_D \leq 1$

No modelo, os indivíduos envelhecem com o passar do tempo. Cada passo de tempo da simulação corresponde a um mês de tempo real. A taxa de mortalidade oficial é 6,08 indivíduos por 1000 habitantes por ano [11]. Portanto, de acordo com essa taxa, são retirados 5 indivíduos de maneira aleatória (em t) e introduzidos (em $t + 1$) 5 novos indivíduos no estado S, sem casos anteriores nem riscos associados.

Em $t = 0$, impõe-se que há 4062 mulheres e 4490 homens no estado S, 739 mulheres e 299 homens no estado E, e 273 mulheres e 137 homens no estado D (como mencionado, há 10000 indivíduos na população do modelo). Logo, em $t = 0$, a prevalência total é de 4,1% [20]. O intervalo de tempo da simulação é de 36 meses, abrangendo o período de jan/2014 a dez/2016.

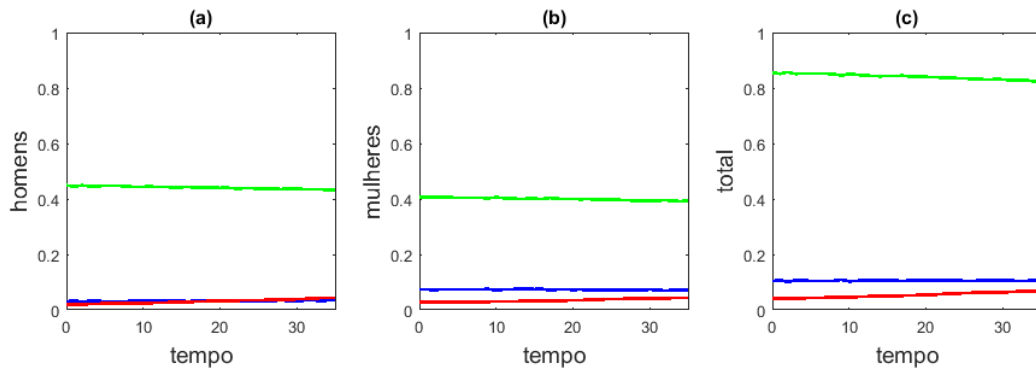


Figura 1: Evolução temporal das quantidades normalizadas de indivíduos S (verde), E (azul) e D (vermelho) no Brasil. Em (a), as curvas para os homens; em (b), para as mulheres; em (c), a soma das curvas dos homens e das mulheres.

4 Resultados

O resultado decorrente da simulação desse MBI é apresentado na Figura 1, que mostra uma tendência de crescimento do número de indivíduos com depressão. Tomando k igual a 0,9 para mulheres e 1,2 para homens, e partindo em $t = 0$ (jan/2014) de uma prevalência total de 4,1% [20], obtém-se o valor da prevalência oficial de 5,8% [26] no instante $t = 23$ (dez/2015), bem como a proporção de 2:1 entre mulheres e homens [18]. Esses valores de k

foram obtidos por força-bruta, de modo a se reproduzir os dados de 2015. O comportamento crescente do número de casos de depressão exibido na Figura 1 concorda com os apontamentos efetuados pelos relatórios oficiais da “World Federation for Mental Health” e da Organização Mundial da Saúde [23,24], justificando a prioridade que deve dada ao combate a essa doença, que possui caráter endêmico.

Supondo que não se alterem os dados referentes à composição da população brasileira e os valores da Tabela 1, modelo prevê que, após 36 meses, em dez/2016, a prevalência seria de 6,9%. Ainda não há dados oficiais referentes a essa data.

5 Discussões

O modelo foi capaz de reproduzir os dados oficiais do Brasil de 2015 [26], a partir dos dados de 2014 [20]. Ele ainda indica que a quantidade de indivíduos no estado D (curvas em vermelho na Figura 1) é crescente em 2016. Essa é uma previsão do modelo. Ou seja, ela decorre naturalmente das regras de transição adotadas e dos valores dos parâmetros empregados. Essa previsão pode ser refeita quando dados estatísticos mais recentes estiverem disponíveis.

Na Tabela 1, observa-se que os riscos com maior peso estão associados a fatores de caráter social e ligados à idade. Esses indicadores deveriam ser utilizados em planejamentos de saúde pública que visam combater a propagação da depressão.

É interessante destacar que a proporção de depressivos entre mulheres e homens é de 2:1. Colaboram para isso a existência de fatores de risco típicos do sexo feminino (como menstruação e aborto; ainda, mulheres sofrem mais assédio). Entretanto, para que nosso modelo reproduza os dados oficiais, o valor do parâmetro k para o sexo feminino deve ser menor do que para o sexo masculino. Esse resultado combina com o fato de que, apesar de o sexo feminino possuir maior prevalência de depressão, é mais resiliente a ela [18].

6 Conclusões

Neste trabalho, formulou-se um MBI em que a sobreposição de fatores de risco conduz a um estado depressivo. Mostrou-se que, com os dados oficiais atuais do Brasil, a tendência é o número de casos de depressão aumentar com o passar do tempo. Com essas informações, podem-se planejar estratégias de controle dessa doença.

Possíveis continuidades para este trabalho são: 1) empregar o modelo para prever a propagação da depressão em outros países; 2) comparar como a composição de riscos em cada cultura afeta a propagação dessa doença; 3) tentar quantificar a subnotificação.

Agradecimentos

Luiz H. A. Monteiro agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade.

Referências

- [1] American Psychiatric Association, Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais DSM-5, Editora Artmed, (2014).
- [2] S. B. Andreoli, M. M. dos Santos, M. I. Quintana, W. S. Ribeiro, S. L. Blay, J. G. V. Taborda, and J. D. Mari, Prevalence of mental disorders among prisoners in the state of Sao Paulo, Brazil, PLoS ONE, v. 9, e88836, (2014), DOI: 10.1371/journal.pone.0088836.
- [3] Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP), Critério Brasil 2015 e Atualização da Distribuição de Classes para 2016, <http://www.abep.org/criterio-brasil>, (acessado em 21/5/2017).
- [4] S. M. Banks and R. D. Kerns, Explaining high rates of depression in chronic pain: a diathesis-stress framework, Psychol. Bull., v. 119, 95-110, (1996), DOI: 10.1037/0033-2909.119.1.95.
- [5] S. M. Bentley, G. L. Pagalilauan, and S. A. Simpsom, Major depression, Med. Clin. N. Am., v. 98, 981-1005, (2014), DOI: 10.1016/j.mcna.2014.06.013.
- [6] Community and Mental Health Team, Health and Social Care Information Centre, Psychological Therapies: Annual Report on the Use of IAPT Services, Edited by Health and Social Care Information Centre, England (2014/15).
- [7] A. Grabowska-Grzyb, J. Jedrzejczak, E. Naganska, and U. Fiszer, Risk factors for depression in patients with epilepsy, Epilepsy Behav., v. 8, 411-417, (2016), DOI: 10.1016/j.yebeh.2005.12.005.
- [8] V. Grimm and S. F. Railsback, Individual-based Modeling and Ecology, Princeton University Press, (2005).
- [9] IBGE, <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadct/brasil> (acessado em 31/5/2017).
- [10] IBGE, <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/distribuicao-da-populacao-por-sexo.html> (acessado em 21/5/2017).
- [11] IBGE, <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/taxas-brutas-de-mortalidade.html> (acessado em 21/5/2017).
- [12] IBGE, <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/default.shtm> (acessado em 21/5/2017).
- [13] IBGE, <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/distribuicao-da-populacao-por-grandes-grupos-de-idade.html> (acessado em 21/5/2017).
- [14] IBGE, <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/trabalho/taxa-de-desocupacao.html> (acessado em 21/5/2017).

- [15] A. Holko, M. Medrek, Z. Pastuszak, and K. Phusavat, Epidemiological modeling with a population density map-based cellular automata simulation system, *Expert Syst. Appl.*, v. 48, 1-8, (2016), DOI: 10.1016/j.eswa.2015.08.018.
- [16] W. O. Kermack and A. G. McKendrick, Contribution to the mathematical theory of epidemics, *Proc. Roy. Soc. Lond. A-Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 115, 700-721, (1927), DOI: 10.1098/rspa.1927.0118.
- [17] A. L. T de Lacerda, L. C. Quarantini, A. M. A. Miranda-Scippa e J. A. del Porto, *Depressão: Do Neurônio ao Funcionamento Social*, Editora Artmed, (2009).
- [18] J. Licinio e M. Li Wong, *Biologia da Depressão*, Editora Artmed, (2007).
- [19] Ministério da Justiça e Segurança Pública, <http://www.justica.gov.br/noticias/populacao-carceraria-brasileira-chega-a-mais-de-622-mil-detentos> (acessado em 31/5/2017).
- [20] T. N. Munhoz, B. P. Nunes, F. C. Wehrmeister, and I. S. Santos, A nationwide population-based study of depression in Brazil, *J. Affect. Disord.*, v. 192, 226-233, (2016), DOI: 10.1016/j.jad.2015.12.038.
- [21] A. Mykletun, S. Overland, A. A. Dahl, O. Krokstad, N. Glozier, L. E. Aaro, and M. Prince, A population-based cohort study of the effect of common mental disorders on disability pension awards, *Am. J. Psychiat.*, v. 163, 1412-1418, (2006), DOI: 10.1176/appi.ajp.163.8.1412.
- [22] P. H. T. Schimit, L. H. A. Monteiro, and N. Omar, Cash transfer program and education investment: a model for social evolution, *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.*, v. 19, 570-577, (2014), DOI: 10.1016/j.cnsns.2013.07.018.
- [23] UNDP, Human Development Report 2016 - Human Development for Everyone, http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf (acessado em 31/5/2017).
- [24] World Federation for Mental Health, Depression: A Global Crisis - World Mental Health Day, October 10 2012 (2012), http://www.who.int/mental_health/management/depression/wfmh_paper_depression_wmhd_2012.pdf (acessado em 24/3/2017).
- [25] WHO, Mental Health Atlas 2011. World Health, p. 1-81, (2011), http://www.who.int/mental_health/publications/mental_health_atlas_2011/en.
- [26] WHO, Depression and Other Common Mental Disorders, (2017), <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254610/1/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf?ua=1>.
- [27] G. E. Wright, J. C Parker, K. L. Smarr, K. Schoenfeld-Smith, S. P. Buckelew, J. R. Slaughter, J. C. Johnson, and J. E. Hewett, Risk factors for depression in rheumatoid arthritis, *Arthritis Care Res.*, v. 9, 264-272, (1996), DOI: 10.1002/1529-0131(199608)9:4<264::AID-ANR1790090411>3.0.CO;2-K.