



GESTÃO DE RISCOS EM TÍTULOS SOBERANOS: APLICAÇÃO DE UM MODELO DE CLASSIFICAÇÃO MULTICRITÉRIO

Diogo Ferreira de Lima Silva

Universidade Federal de Pernambuco, GREEFO
Caixa Postal 7471, Recife-PE, CEP 50630-910
diogoflim@gmail.com

Lucimário Gois de Oliveira Silva

Universidade Federal de Pernambuco, GREEFO
Caixa Postal 7471, Recife-PE, CEP 50630-910
lucio_gois@hotmail.com

Luciano Ferreira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Washington Luiz, 855, Centro, Porto Alegre-RS, CEP 90010-460
ferreira.luciano@ufrgs.br

Adiel Teixeira de Almeida-Filho

Universidade Federal de Pernambuco, GREEFO / CDSID
Caixa Postal 7471, Recife-PE, CEP 50630-910
ataf@cdsid.org.br

RESUMO

Diante dos registros de falhas nas avaliações de agências de rating para classificação da qualidade do crédito de países em graus de risco de inadimplência, este trabalho aplica um modelo de classificação multicritério, com utilização de alternativas de referência, para alocar títulos de crédito soberano em três classes de risco. Um conjunto de referência foi testado e os resultados demonstraram uma boa aderência do modelo em relação às agências: Standard & Poor's e Moody's. Uma vez que o procedimento utilizado pelas agências é por demais subjetivo e muitas vezes questionado, a contribuição deste trabalho consiste no uso de uma metodologia objetiva e transparente para classificação destes títulos. Diante das condições do procedimento de classificação das agências, não era esperada uma semelhança completa entre os resultados obtidos e a classificação das agências, acredita-se que essa diferença seja decorrente de fatores subjetivos considerados pelas agências e também pela grande diversidade da amostra.

PALAVRAS CHAVE. Multicritério, Classificação Multicritério, Títulos Soberanos, Risco, PO em Finanças.

Tópicos. Apoio à Decisão Multicritério, Gestão Financeira.

ABSTRACT

Given the records of failures on the rating agencies' evaluations for classification of the credit quality of countries into degrees of default risk, this paper applies a multicriteria classification model, with reference alternatives, to sort sovereign bonds into three risk categories. A reference set was tested, and the results demonstrated an excellent adherence related to the agencies: Standard & Poors and Moody's. Since the procedure used by these organizations is too subjective and many times questioned, this paper's contribution relates to the use of an objective and transparent methodology to classify these bonds. Given the procedure employed by these agencies, it was not expected the complete adherence, although it is believed that this difference is related to subjective factors considered by the agencies and due to the large diversity of the sampling data.

KEYWORDS. Multicriteria, Multicriteria Classification, Sovereign Bonds, Risk, OR in Finance.

Paper topics. Multicriteria Decision Support, Financial Management.



1. Introdução

Um dos tipos de investimentos internacionais mais procurados diz respeito aos títulos públicos dos governos. O risco associado a esse tipo de investimento está relacionado à chance de um governo não pagar os rendimentos acordados com o credor. Nesse aspecto, várias agências internacionais, das quais as mais conhecidas são a Moody's, a Standard & Poor's e a Fitch, geram relatórios em que classificam os títulos dos países em determinadas níveis de risco, expressos por ratings. [Canuto et al. 2012] definem o risco soberano como o risco de crédito associado às operações que envolvem o crédito de estados soberanos e explicam que os ratings das agências de risco são indicadores sérios, de domínio público, que contribuem para a redução da incerteza dos investidores relacionada aos riscos que envolvem os títulos dos governos.

Apesar da grande utilidade e alcance dos ratings das agências de classificação de risco, acontecimentos recentes arranharam a imagem das mesmas. Para muitos autores, erros na forma de avaliação das agências de classificação foram um dos motivos de uma crise econômica (crise do subprime) iniciada no final da última década [Salvador et al. 2014; Belloti et al. 2011; Rotheli 2010; Andersen et al. 2011]. Para [Salvador et al. 2014], a crise do subprime, iniciada no ano de 2007, e quedas contínuas nos ratings de títulos soberanos e produtos estruturados trouxeram à tona um debate sobre a qualidade e o verdadeiro papel das agências de avaliação de risco. Entre os motivos pelos quais a habilidade das agências de risco está sendo questionada estão a baixa transparência nas atribuições dos ratings [Belloti et al. 2011]. Dessa maneira, percebe-se que a utilização de um modelo estruturado e transparente para servir como indicador nas avaliações de títulos soberanos é interessante. A intenção do estudo não é de substituir nem de trazer melhorias aos métodos utilizados pelas agências. Por outro lado, o modelo proposto pode ser utilizado como uma ferramenta adicional de avaliação e suporte a tomada de decisão.

Para a determinação de ratings dos países, as agências de risco precisam levar em consideração uma série de diferentes critérios. Segundo a [Standard & Poor's 2014], cinco áreas principais são avaliadas no contexto dos ratings soberanos, sendo elas: avaliação institucional, avaliação econômica, avaliação externa, avaliação fiscal e avaliação monetária. [Hoti e Mcleer 2004] explicam que fatores específicos dos países podem ser solicitados e utilizados para a determinação do risco, além disso, riscos financeiros, políticos e econômicos dos países afetam uns aos outros. Dessa forma, a classificação dos países em determinados níveis de risco pode ser entendida como um problema de decisão multicritério. Uma vez que um problema de decisão multicritério pode ser classificado de acordo com as seguintes problemáticas: problemática da escolha, problemática de classificação, problemática de ordenação ou problemática de descrição [Roy 1996], portfólio. Segundo [Roy 1996], a problemática de classificação objetiva alocar as ações (alternativas) em classes (categorias), que são determinadas a priori seguindo normas aplicáveis ao conjunto de ações.

Portanto, este trabalho se enquadra na problemática de classificação, pois objetiva aplicar um modelo de classificação multicritério para alocar títulos soberanos em três classes de risco. Além disso, é realizada uma comparação entre os resultados do modelo proposto e as alocações de duas agências de classificação de risco, Standard & Poor's e Moody's, para o ano de 2014. Utilizando o método proposto por [Doumpos e Zopounidis 2004], as alternativas são classificadas a partir de comparações par-a-par com um conjunto de 9 alternativas de referência pré-estabelecidas. As idéias que norteiam o objetivo do presente trabalho iniciaram em 2016, com o trabalho de [Silva, 2016], porém são agora aprimoradas em termos metodológicos e com novos experimentos e alternativas.

2. Aplicações de MCDA em Finanças

Decisões em finanças levam em consideração uma série de critérios, variáveis e fatores que precisam ser enquadrados em uma abordagem que seja flexível às particularidades de um determinado problema e, nesse contexto, a utilização de ferramentas de apoio a decisão multicritério (MCDA) é interessante [Zopounidis e Doumpos 2013]. Uma revisão bibliográfica atualizada sobre a utilização de ferramentas de apoio a decisão multicritério em finanças é



apresentada por [Zopounidis et al. 2015]. A seguir são descritas algumas das aplicações e estudos de apoio a decisão multicritério em finanças.

[Samaras et al. 2008] utiliza um Sistema de Suporte a Decisão (DSS) baseado em um método multicritério da família UTA (UTility Additive) para avaliar e ranquear as melhores ações da bolsa de Atenas. Os autores utilizaram, como critérios, índices de análises fundamentalistas e critérios qualitativos. Em relação à otimização de portfólios de investimentos e avaliação de ações, [Chaim et al. 2009] modelam uma estratégia, pautada na análise técnica, de negociação evolutiva utilizando otimização multiobjetivo. A partir de escolhas de parâmetros, os autores trabalham em regras que visam simultaneamente uma maximização do ganho das ações e uma minimização do risco associado às escolhas.

[Amiri et al. 2010] apresentam em seu estudo uma metodologia multicritério, chamada de eingenvektor-DEA-TOPSIS, e a aplica na avaliação de portfólios no mercado de câmbio. Neste método, os conceitos de autovetores (eingenvektor) são utilizados na determinação dos pesos dos critérios, o método DEA (data envelopment analysis) é utilizado para determinar o valor de termos linguísticos utilizados na determinação dos riscos dos portfólios para cada critério, e método TOPSIS é utilizado para agregar os valores de risco obtidos para cada critério e, a partir dessa agregação, ranquear os portfólios de acordo com seus respectivos riscos associados. [Che et al. 2010], por sua vez, apresentam uma metodologia que integra o método DEA ao método FAHP (Fuzzy Analytic Hierarch Process), denominada FAHP-DEA, que é aplicada no contexto de decisões bancárias sobre empréstimos a pequenas e médias empresas em Taiwan.

[Bilbao-Terol et al. 2014] aplica o método TOPSIS para avaliar títulos soberanos de 105 países, no contexto de investimentos socialmente responsáveis (SRI), através da utilização de quatro índices de sustentabilidade. Após serem calculados os scores dos países, os autores avaliaram fundos de investimentos em títulos governamentais a partir de uma agregação dos títulos investidos ponderada pelos percentuais de investimento em cada título. [Wanke et al. 2016], por sua vez, utiliza uma abordagem TOPSIS robusta (robust TOPSIS approach) para a avaliação de 128 bancos, entre os anos de 2004 e 2013, pertencentes a 23 países. Modelos que utilizam o método TOPSIS integrado a uma abordagem Fuzzy foram propostos e utilizados na avaliação de risco de crédito de firmas [Iç e Yudarkul 2010; Iç 2012], sendo assim, opções de modelos de avaliação para bancos.

[Yu et al. 2009] propõem um modelo multicritério de apoio a decisão, para aplicação em finanças, baseados na utilização de uma metodologia que agrega GDM (Group Decision Making), fuzzyfication e técnicas de inteligência artificial (AI). Os autores aplicam o modelo para avaliar o risco de crédito associado a empréstimos feitos por instituições financeiras aos seus clientes, e por fim, classificam as aplicações do clientes como aceitáveis ou não aceitáveis pelos bancos. [Zhang et al. 2014], por sua vez, apresenta um modelo, chamado de KFP-MCOC, baseado em MCOC (Multicriteria Optimization Claasifier), kernel, fuzzyfication, e penalty factors, e aplica-o no contexto de classificação de risco de crédito. [Corazza et al. 2016] utilizam uma abordagem de apoio a decisão multicritério para avaliar a qualidade de potenciais clientes de bancos, dentre um grande conjunto de pequenas e médias empresas italianas, em relação a capacidade de cumprir os seus acordos financeiros.

[Zopounidis e Doumpou 2000] apresentam um sistema de suporte a decisão multicritério, chamado de PREFDIS (PREFeRence DIScrimination), que é utilizado na problemática de classificação e incorpora o método MCDA UTADIS (UTilités Additives DIScrimination) e três de suas variações (UTADISI, UTADISII e UTADIS III). No estudo, os autores ilustram a aplicação do sistema em dois problemas do ramo das finanças: previsão de fusões e aquisições corporativas e avaliação do risco-país.

[Doumpou et al. 2016] utilizam uma metodologia robusta para classificação multicritério com o intuito de avaliar a performance de um conjunto de bancos europeus. [Xidonas et al. 2009] utiliza o método de classificação ELECTRE Tri para a avaliação e seleção de ações de bom desempenho. No estudo, o método é utilizado para classificar empresas de 8 diferentes classes (onde as empresas são separadas por setores) em três categorias: empresas de alto potencial financeiro, médio potencial financeiro e baixo potencial financeiro.



[Doupous et al. 2001] aplicam uma abordagem de classificação baseada em conceitos de decisão multicritério e programação matemática, chamada de Método de Discriminação Hierárquica Multi-grupo (M.H.DIS), para classificar países em 4 níveis de risco. Nessa aplicação, os países são divididos inicialmente em categorias definidas de acordo com o nível de renda das alternativas: economia de alta renda, economia de renda médio-alto, economia de renda médio-baixo e economia de baixa renda.

[Pasiouras et al. 2010] apresentam modelos de classificação multicritério, através dos métodos UTADIS e MHDIS, para estudar as aquisições entre bancos comerciais na Ásia. Os modelos são usados para classificar/distinguir bancos entre três grupos: bancos compradores, bancos adquiridos, e bancos não envolvidos nas transações.

[Hu e Chen 2011] propõem e aplicam um método classificação multicritério, baseado na formulação do PROMETHEE II, em um problema de previsão de falência de empresas. O modelo proposto pelos autores utiliza índices de concordância e discordância que avaliam o grau em que cada alternativa do modelo sobreclassifica e é sobreclassificada por todas as alternativas/perfis de referência, definidos em todas as classes.

[Couto e Gomes 2016] apresentam um estudo sobre a atribuição dos títulos soberanos com a aplicação da abordagem DRSA. Com base em variáveis econômicas e recomendações disponibilizadas por uma agência de risco, os autores aplicam a abordagem com objetivo de encontrar regras de decisão que expliquem a atribuição dos indicativos: deve investir e não deve investir.

[Dompous e Zopounidis 2004] propõem a utilização de um modelo de classificação multicritério que utiliza comparações par-a-par entre alternativas de classificação e alternativas de referência. Os autores aplicam a metodologia na área de finanças, especificamente, na avaliação do risco de crédito de empresas. O método proposto por Doupous e Zopounidis é utilizado no presente trabalho.

Este trabalho difere dos anteriores no que tange os materiais e métodos empregados, além de considerar uma diferente modelagem do problema ao considerar fatores distintos na comparação com os resultados obtidos por diferentes agências de rating. Diferentemente dos resultados apresentados em [Couto e Gomes 2016], o presente trabalho trata da completa classificação do conjunto de países em três diferentes classes de risco.

2.1. PROMETHEE Adaptado a Problemática de Classificação

Em seu estudo, [Brans e Vincke 1985] introduziram os princípios da família de métodos PROMETHEE, apresentando as versões PROMETHEE I e PROMETHEE II. [Behzadian et al. 2010], define o PROMETHEE (Preference Raking Organization Method for Enrichment Evaluations) como um método de sobreclassificação que trabalha com a ordenação e seleção de um conjunto finito de alternativas em função de critérios, que são muitas vezes conflitantes.

[Doupous e Zopounidis 2004] apresentam uma adaptação de um modelo de decisão multicritério que trabalha com estruturas similares ao método PROMETHEE II, sendo a proposta adaptada para a problemática de classificação. Para cada alternativa a ser classificada, as comparações par-a-par são feitas em relação a alternativas de referência, que são pré-definidas para cada classe do problema. Para obter os parâmetros necessários para o processo de classificação, como as funções de preferência e os pesos dos critérios, os autores propõem a utilização de Programação Linear. Baseados na abordagem de [Kiskos e Yannacopoulos 1985, apud Doupous e Zopounidis, 2004], os autores modelam cada função de preferência p_j como partes de uma função linear. Mais detalhes sobre o algoritmo do método podem ser encontrados em [Doupous e Zopounidis 2004].

3. Modelo Multicritério para Classificação de Títulos Soberanos

O modelo foi construído considerando 9 critérios, provenientes de um conjunto inicial de 18 indicadores encontrados no website do [Word Bank 2016]. Os 9 critérios foram determinados a partir da aplicação de uma análise estatística, utilizando a base de dados de duas agências de risco. Como o modelo propõe uma classificação de títulos soberanos em três classes de risco,



inicialmente, uma conversão dos ratings das agências em três níveis de risco foi realizada. Com esse intuito, países com rating A ou superior (menor risco associado) foram alocados à classe C_1 , países com rating triple B das agências foram alocados à classe C_2 , e os demais países, com rating double B ou inferior (considerados países sem grau de investimento), foram alocados à classe C_3 . Considerando essa conversão, na etapa de análise estatística e escolha dos critérios, nos casos em que existiram divergências nos ratings das agências foram considerados os ratings inferiores, pior cenário para o país.

Assim, com o objetivo de analisar a influência dos indicadores escolhidos na classificação dos países, e dessa forma, determinar os critérios a serem utilizados posteriormente no método, o teste de Kruskal-Wallis foi aplicado com auxílio do software Minitab. Segundo [Doane e Lori 2008], o teste Kruskal-Wallis funciona como uma alternativa não-paramétrica (não requer populações normais) para a ANOVA com um fator, sendo assim, uma alternativa atrativa para aplicações em finanças, engenharia e marketing. Foram escolhidos, assim, os indicadores em que o teste indicou diferenças significativas nas três comparações entre as classes de risco. Os 9 critérios escolhidos e utilizados no modelo estão ilustrados na tabela a seguir:

CRITÉRIOS DO MODELO		
1	GDP per capita (current US\$)	Crescente
2	Exports of goods and services (% of GDP)	Crescente
3	Gross savings (% of GDP)	Crescente
4	Foreign direct investment, net inflows (BoP, current US\$)	Crescente
5	GDP at market prices (current US\$)	Crescente
6	Total reserves (includes gold, current US\$)	Crescente
7	GNI per capita, Atlas method (current US\$)	Crescente
8	Lending interest rate (%)	Decrescente
9	Real interest rate (%)	Decrescente

Tabela 1: Critérios do Modelo de Classificação; Fonte [World Bank 2016]

O método de classificação multicritério utilizado no presente trabalho foi baseado no modelo proposto por [Doumpos e Zopounidis 2004]. No contexto do presente estudo, o problema consiste em classificar países (títulos soberanos) em 3 classes ordenadas como: $C_1 > C_2 > C_3$. Para isso, os critérios estabelecidos na Tabela 1 são utilizados. Como base para as comparações par-a-par propostas no modelo, o presente estudo utilizou três países de referência para cada uma das classes. Em uma situação de um problema de três classes, dois casos dicotômicos são analisados. Para efeitos de melhor visualização e organização para análises posteriores, os casos dicotômicos são explicados a seguir, baseados em [Doumpos e Zopounidis 2004]. Nas fórmulas a seguir m_1 , m_2 e m_3 representam as quantidades de alternativas de referência das classes 1, 2 e 3 respectivamente.

- a. Caso Dicotômico 1: Inicialmente, para cada alternativa x_k , são analisados os fluxos de entrada provenientes apenas das alternativas de referência x_1 da classe C_1 e os fluxos de saída para as alternativas de referência x_1 das classes C_2 e C_3 . Se o fluxo líquido de sobreclassificação for maior que o ponto de corte b_1 , a alternativa x_k é alocada para a classe C_1 . Em caso contrário, a alternativa é analisada no caso dicotômico 2.

$$f_{k1} = \frac{1}{(m_2+m_3)} \sum_{x_i \in C_2 C_3} P_{ki} - \frac{1}{m_1} \sum_{x_i \in C_1} P_{ik} \quad (1)$$

- b. Caso Dicotômico 2: São analisados, para cada alternativa x_k , os fluxos de entrada provenientes das alternativas de referência pertencentes às classes C_1 e C_2 e os fluxos de saída para as alternativas de referência pertencentes à classe C_3 . Se o fluxo líquido de sobreclassificação for maior que o ponto de corte b_2 , a alternativa x_k é alocada para a classe C_2 . Em caso contrário, a alternativa é alocada na classe C_3 .



$$f_{k2} = \frac{1}{m_3} \sum_{xi \in C_3} P_{ki} - \frac{1}{(m_1+m_2)} \sum_{xi \in C_1} P_{ik} \quad (2)$$

A escolha das alternativas de referência se deu a partir das classificações das agências Moody's e Standard & Poor's para o ano de 2014. Além disso, o ano de 2014 foi utilizado também como a fonte de dados dos 9 critérios do modelo. Dessa forma, foram utilizados no modelo de classificação multicritério os países que possuem, para o ano de 2014, pelo menos um dos ratings e dados referentes aos 9 critérios disponibilizados pelo [World Bank 2016], o que totalizou um conjunto de 45 países.

Como parte da análise dos resultados do modelo, foram feitas comparações entre a classificação dos países proveniente da aplicação do modelo e a classificação com base nos ratings das duas agências de risco. Em relação a classificação com base nas agências, as alternativas foram alocadas nas classes a partir do pior cenário entre as alocações da duas agências, mantendo assim, um perfil conservador. Assim, de forma preliminar à aplicação do modelo de classificação, os 45 países foram alocados nas 3 classes propostas. Os países, seus ratings, e suas alocações são organizados na Tabela 2.

Dos 45 países analisados no modelo, percebe-se que 9 deles possuem ratings de apenas uma agência de classificação no ano de 2014. No total, 41 países possuem ratings da Standard & Poor's e 40 países possuem ratings da Moody's. Dentre 36 os países que foram analisados por ambas agências nesse ano, em apenas dois casos os ratings das agências alocam o país para classes diferentes. Isso acontece para o México, alocado para a classe C₁ pela Moody's e para a classe C₂ pela Standard & Poor's, e para a Bulgária, alocada para a classe C₂ pela Moody's e para a classe C₃ pela Standard & Poor's.

País	S&P	Mood y's	Classe
Austrália	AAA	Aaa	1
República Checa	AA-	A1	1
Coréia, Rep.	A+	Aa3	1
Canadá	AAA	Aaa	1
Reino Unido	AAA	Aa1	1
Estônia	AA-	A1	1
Chile	AA-	Aa3	1
Israel	A+	A1	1
Kuwait	AA	Aa2	1
Qatar	AA	Aa2	1
Singapura	AAA	Aaa	1
Brasil	BBB-	Baa2	2
Colômbia	BBB	Baa2	2
Itália	BBB-	Baa2	2
México	BBB+	A3	2
Romênia	BBB-	Baa3	2
Uruguai	BBB	Baa2	2
Azerbaijão	BBB-	Baa3	2
Bahamas	BBB		2
Indonésia		Baa3	2
Índia	BBB-	Baa3	2
Filipinas	BBB	Baa2	2

Rússia	BBB-	Baa3	2
Tailândia	BBB+	Baa1	2
África do Sul	BBB-	Baa2	2
Ucrânia	CCC-	Caa3	3
Jamaica	B-	Caa3	3
Montenegro	B+	Ba3	3
Hungria	BB		3
Guatemala	BB	Ba1	3
Costa Rica	BB		3
Argentina	C	Caa1	3
Albânia	B	B1	3
Bangladesh	BB-	Ba3	3
Bulgária	BB+	Baa2	3
Bósnia e H.	B	B3	3
Belarus	B-	B3	3
Bolívia	BB		3
Geórgia	BB-	Ba3	3
Quênia		B1	3
Moldova		B3	3
Macedônia, FYR	BB-		3
Nicarágua		B3	3
Egito, Árabe Rep.	B-	Caa1	3



Congo, Dem. Rep.	B-	B3	3
-----------------------------	----	----	---

Tabela 2: Alocações Baseadas nos Ratings

Para a aplicação do modelo, foi escolhido um conjunto de referência com três países de referência por classe. Os países de referência foram escolhidos de maneira aleatória respeitando as alocações iniciais da Tabela 2. A Tabela 3 ilustra os países selecionados para o conjunto de referência:

Classe C ₁	Classe C ₂	Classe C ₃
Canadá	Índia	Montenegro
Estônia	Tailândia	Bósnia e Herzegovina
Reino Unido	Itália	Geórgia

Tabela 3: Conjunto de Referência

4. Resultados e Discussões

A Tabela 4, a seguir apresenta os pesos calculados para cada critério a partir do algoritmo de método apresentado em [Doumpos e Zouponidis 2004]. Os pesos são calculados com um processo de Programação Linear de acordo com a escolha do conjunto de alternativas de referência. Maiores detalhes são encontrados em [Doumpos e Zouponidis 2004]. Ao analisar a tabela, percebe-se que os pesos obtiveram resultados equilibrados. Apenas o Critério 2 recebeu um peso superior a 20%. O Critério 5 recebeu o menor peso no modelo, com 6,67%.

CRITÉRIO	PESO
1	0.0922
2	0.2317
3	0.1142
4	0.0839
5	0.0667
6	0.0789
7	0.0907
8	0.1007
9	0.141

Tabela 4: Pesos dos critérios no Modelo de Classificação

A Tabela 5, a seguir, apresenta os resultados do modelo de classificação multicritério. Nessa tabela, os países de referência são indicados com a sigla REF(C_j), onde j assume os valores 1, 2 ou 3 e indica a classe do país de referência.

PAÍSES	CLASSE
Austrália	1
República Checa	1
Coréia, Rep.	1
Canadá	REF (C ₁)
Reino Unido	REF (C ₁)

Estônia	REF (C ₁)
Chile	2
Israel	2
Kuwait	1
Qatar	1
Singapura	1



Brasil	2
Colômbia	3
Itália	REF (C ₂)
México	2
Romênia	2
Uruguai	3
Azerbaijão	3
Bahamas	2
Indonésia	2
Índia	REF (C ₂)
Filipinas	2
Rússia	2
Tailândia	REF (C ₂)
África do Sul	2
Ucrânia	3
Jamaica	3
Montenegro	REF (C ₃)

Hungria	1
Guatemala	3
Costa Rica	3
Argentina	2
Albânia	3
Bangladesh	3
Bulgária	2
Bósnia e H.	REF (C ₃)
Belarus	2
Bolívia	3
Geórgia	REF (C ₃)
Quênia	3
Moldova	3
Macedônia, FYR	2
Nicarágua	3
Egito, Árabe Rep.	3
Congo, Dem. Rep.	3

Tabela 5: Classificação do Modelo Multicritério

Análises estatísticas envolvendo o percentual de semelhança entre os resultados obtidos a partir do modelo de classificação multicritério e os resultados provenientes dos ratings foram realizadas. A Tabela 6 apresenta os resultados dessas comparações. Nessa tabela, a coluna com o termo N representa o total de países alocados para cada classe com base nos ratings das agências de risco (Tabela 2). Esses números são obtidos subtraindo-se o número de países de referência do número total de países alocados às classes. Assim, como 45 países foram alocados na Tabela 2 e 9 deles foram utilizados no modelo como países de referência, um total de países alocados pelo modelo foi 36. A Tabela 6 apresenta a quantidade e o percentual de países que são classificados pelo modelo de maneira semelhante às alocações da Tabela 2, para cada uma das três classes.

	N	COMBIN. 3	
C₁	8	6	75.00%
C₂	11	8	72.73%
C₃	17	12	70.59%
Total	36	26	72.22%

Tabela 6: Semelhança entre alocações provenientes do modelo e dos ratings

Os resultados da Tabela 6 demonstram que o modelo obteve percentuais de semelhança altos, superando a marca de 70% no total das alocações e também analisando cada classe individualmente. Levando em consideração os países alocados em C₁ pelas agências, o modelo atingiu o maior percentual, com 75%.

Analisando os países alocados em C₂ pelas agências, o modelo classifica três países de maneira diferente: Colômbia, Azerbaijão e Uruguai. Nos três casos, os países são classificados pelo modelo multicritério na classe C₃. Dessa maneira, percebe-se que tais países não conseguem obter vantagens suficientes, em relação aos países de referência, para superar os pontos de corte b₁ e b₂ nos seus respectivos casos dicotômicos.

Ao analisar os resultados por classe, percebe-se que o menor percentual de semelhança é encontrado na classe C₃. Do total de 17 países alocados nessa classe com base nos ratings das



agências de risco, 12 foram classificados de maneira semelhante no modelo. Isso indica que países que originalmente recebem ratings baixos das agências de classificação, ao serem comparados com o conjunto de referência, levam alguma vantagem nos desempenhos dos critérios e são, assim, alocados em classes superiores pelo modelo. A Tabela 7 ilustra os países que foram alocados de maneira diferente pelo modelo de classificação multicritério.

Classe (Ratings)	País	Classe (Modelo)
CLASSE 1	Chile	2
	Israel	2
CLASSE 2	Colômbia	3
	Azerbaijão	3
	Uruguai	3
CLASSE 3	Hungria	1
	Argentina	2
	Bulgária	2
	Belarus	2
	Macedônia, FYR	2

Tabela 7: Países com Alocações diferentes

Entre os motivos que possam ocasionar essas mudanças na classificação dos países alocados em C_3 , destaca-se a grande variedade de países que foram alocados para essa classe na Tabela 2. Como foi descrito previamente, a classe C_3 engloba uma maior variedade de ratings, envolvendo todos os países que não possuem grau de investimento. Além disso, países podem perder o grau de investimento das agências, caindo assim para a classe C_3 , por questões que envolvem índices qualitativos que não estão presentes no conjunto de critérios selecionados. Exemplificando, situações de cunho político dos países, como por exemplo índices de corrupção e confrontos territoriais, apesar de muito importantes para a definição do risco soberano de um país, não foram incorporadas ao modelo devido à dificuldade em se obter essas informações de forma padronizada para um grande número de países.

5. Conclusões

Os resultados da Programação Linear aplicada no modelo indicaram, inicialmente, que os pesos dos critérios são equilibrados para o conjunto de referência escolhido. Em relação às alocações, os resultados obtidos demonstram uma boa aplicabilidade do método multicritério de classificação utilizado no contexto do risco soberano. O conjunto de referência obteve bons percentuais de semelhança no total de alocações, em relação às agências, com valores que superaram a marca de 70% de semelhança em cada uma das classes consideradas.

Com a grande diversidade de países e a variedade de aspectos que podem influenciar os seus desempenhos em indicadores econômicos, as alternativas da classe C_3 podem possuir grandes diferenças de desempenho em um mesmo critério. Essa pode ser uma das causas para 5 países terem sido classificados de maneira diferente em relação a classificação proveniente dos ratings. Nesse cenário, destaca-se a Hungria, que foi alocada pelos ratings à classe C_3 e foi classificada pelo modelo na classe C_1 . Outro motivo que pode levar a diferenças nas alocações é a falta de critérios qualitativos no modelo. A ausência de critérios qualitativos, como por exemplo o risco político, pode ser considerada como uma limitação do modelo.

Nesse aspecto, uma possível recomendação/melhoria para trabalhos futuros é relacionada a incorporação de índices qualitativos ao conjunto de critérios do modelo, por exemplo, um indicador de risco político dos países. Outro teste que pode ser realizado em trabalhos futuros é a aplicação do modelo em um contexto de 4 classes: $C_1 > C_2 > C_3 > C_4$. Nesse caso, uma parte dos



ratings correspondentes à classe C_3 passaria a corresponder à classe adicional. Além disso, testes com diferentes combinações de referência podem ser realizados e comparados entre si.

É importante destacar que no presente trabalho não houve a participação de decisores em relação à escolha dos países de referência. As escolhas foram realizadas de maneira aleatória sendo orientada apenas pelas classificações das agências presentes na Tabela 2. Ao se trabalhar com um decisor, por outro lado, a escolha do conjunto de referência fica livre, e assim, pode ser escolhida uma alternativa que está alocada na classe C_2 da Tabela 2, como a Itália por exemplo, como país de referência da classe C_1 .

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente apoiado pelo CNPq.

Referências

- Amiri, M., Zandieh, M., Vahdani, B., Soltani, R., Roshanaei, V. (2010). An integrated eigenvector-DEA-TOPSIS methodology for portfolio risk evaluation in the FOREX spot market. *Expert Systems with Applications*, 37: 509-516.
- Andersen, B., Hager, D., Moberg, S., Naess, M. B., Tunngland, M. (2012). The financial crisis in a operational risk context – A review of causes and influencing factors. *Reliability Engineering and Systems*. 105:3-12.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200: 198-215.
- Belloti, T., Matousek, R., Stewart, C. (2011). Are the rating agencies opaque? Evidence from international banks. *Expert Systems with Applications*, 38: 4206-4214.
- Bilbao-Terol, A., Arenas-Parra, M., Cañal-Fernández, V., Antomil-Ibias, J. (2014). Using TOPSIS for assessing the sustainability of government bond funds. *Omega*, 49: 1-17.
- Canuto, O., Dos Santos, P. F. P., Porto, P. C. (2012). Macroeconomics and sovereign risk ratings. *Journal of International Commerce, Economics and Policy*, Vol 3, No. 2, 125011.
- Chaim, S. C.; Tan, K. C., Al Mamun, A. (2009). Investigating technical trading strategies via multi-objective evolutionary platform. *Expert Systems with Applications* 36: 10408-10423.
- Che, Z. H., Wang, H. S., Chuang, C-L. (2010). A fuzzy AHP and DEA approach for making bank loan decisions for small and medium enterprises in Taiwan. *Expert Systems with Applications*, 37: 7189-7199.
- Corazza, M.; Funari, S., Gusso, R. (2016). Creditworthiness evaluation of Italian SMEs at the beginning of the 2007-2008 crisis: An MCDA approach. *North American Journal of Economics and Finance*, 38: 1-26.
- Couto, A. B. G., Gomes, L. F. A. M. (2016). Análise do Rating Soberano por Meio da DRSA – Dominance-Based Rough Set Approach. Anais do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- Doane, D. P., Seward, L. E. (2008). Estatística aplicada à administração e à economia. Tradução Solange Andreoni, Helena de Castro, revisão técnica: Elisabeti Kira. McGraw-Hill, São Paulo.
- Doumpos, M., Pentaraki, K., Zopounidis, C. (2001) Assessing country risk using a multi-group discrimination method: A comparative analysis. *Managerial Finance*, Vol. 27 Iss 8 pp. 16-34.
- Doumpos, M., Zopounidis, C. (2004). A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons. *European Journal of Operational Research*, 158: 378-389.
- Doumpos, M., Zopounidis, C., Fragiadakis, P. (2016). Assessing the financial performance of European bank under stress testing scenarios: a multicriteria approach. *Operational Research*, Vol. 16: 197-209.
- Eichler, S., Plaga, T. (2017). The political determinants of government bond holdings. *Journal of International Money and Finance*, 73: 1-21.



- Hoti, S., Mcaleer, M. (2004). An empirical assessment of country risk ratings and associated models. University of Western Australia. *Journal of Economic Surveys*, Vol. 18 No. 4.
- Hu, Y-C., Chen, C-J. (2011). A PROMETHEE-based classification method using concordance and discordance relations and its application to bankruptcy prediction. *Information Sciences*, 181: 4959-4968.
- Iç, Y. T. (2012). Development of a credit limit allocation model for bank using an integrated Fuzzy TOPSIS and linear programming. *Expert System with Application*, 39: 5309-5316.
- Iç, Y. T., Yurdakul, M. (2010). Development of a quick credibility scoring decision support system using fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Application*, 37: 567-574.
- Moody's (2016). Moody's Research and Ratings. <https://www.moody's.com/>. Acesso: 02-04-2016.
- Pasiouras, F., Gaganis, C., Zopounidis, C. (2010) Multicriteria classification models for the identification of targets and acquires in the Asian banking sector. *European Journal of Operational Research*, 204: 328-335.
- Rotheli, T. F. (2010). Causes of the financial crisis: Risk misperception, policy mistakes, and banks' bounded rationality. *The Journal of Socio-Economics*, 39: 119-126.
- Roy, B. (1996). Multicriteria methodology for decision aiding. Kluwer Academic Publishers.
- Salvador, C.; Pastor, J. M.; De Guevara, J. F. (2014). Impact of the subprime crisis on bank ratings: The effect of the hardening of rating policies and worsening of solvency. *Journal of Financial Stability*, 11: 13-31.
- Samaras, G. D., Matsatsinis, N. F., Zopounidis, C. (2008). A multicriteria DSS for stock evaluation using fundamental analysis. *European Journal of Operational Research*, 187: 1380-1401.
- Silva, D. F. L. (2016). Gestão de riscos em títulos soberanos: aplicação de um modelo de classificação multicritério. 61f, Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru.
- Standard & Poor's (2014). Sovereign Rating Methodology. https://www.standardandpoors.com/en_US/web/guest/article/-/view/type/HTML/id/1650754. Acesso: 08-07-2016.
- Standard & Poor's (2016). S&P Global Ratings. https://www.standardandpoors.com/pt_LA/web/guest/home. Acesso: 01-04-2016.
- Wanke, P., Azad, A. K., Barros, C. P. (2016). Efficiency factors in OECD banks: a ten-year analysis. *Expert System with Applications*. Available online 20 July 2016, ISSN 0957-4174.
- World Bank (2016). Indicators. <http://data.worldbank.org/indicator>. Acesso: 28-03-2016.
- Xidonas, P., Mavrotas, G., Psarras, J. (2009). A multicriteria methodology for equity selection using financial analysis. *Computers and Operations Research*, 36: 3187-3203.
- Yu, L., Wang, S., Lai, K. K. (2014). An intelligent-agent-based fuzzy group decision making model for financial multicriteria decision support. The case of credit scoring. *European Journal of Operational Research*, 195: 942-959.
- Zhang, Z., Gao, G.; Shi, Y. (2014). Credit risk evaluation using multi-criteria optimization classifier with kernel, fuzzification and penalty factors. *European Journal of Operational Research*, 237: 335-348.
- Zopounidis, C., Doumpos, M. (2013) Multicriteria decision systems for financial problems. *Sociedad de Estadística e Investigación Operativa TOP*, 21: 241-261.
- Zopounidis, C., Doumpos, M. (2000). PREFDIS: a multicriteria decision support system for sorting decision problems. *Computers & Operational Research*, 27: 779-797.
- Zopounidis, C., Galariotis, E.; Doumpos, M., Sarri, S., Andriosopoulos, K. (2015). Multiple criteria decision aiding for finance: An updated bibliography survey. *European Journal of Operational Research*, 247: 339-348.