

# Utilities Analysis for Latin America and Caribbean Innovation Indicators

Marcela do Carmo Silva, Carlos Francisco Simões Gomes e Gilson Brito Alves Lima

**Abstract**—This paper presents an electrical energy (kWh), logistics performance and sustainability utilities analysis performance, for understanding how Latin America and Caribbean are innovative regarding utilities as inputs and intellectual property assets production as outputs. An efficient analysis from selected innovation indicators is applied to observe those countries needing quite better usability evaluation, regarding their supplies for improving their innovation status. The results show five countries not completely efficient from 2013 up to 2017 and one of them is not efficient at all for these five years. When countries are observed via benchmarking; efficient analysis shows the how much they must improve their efficiency for reaching out a better energy waste, supporting innovation issues. Conversely, a ROC observation via software Weka showed the clustering in 2 groups considering a sort of variability at one utility and foreign direct investment, for a wider understanding around these utilities behavior. This research contributes via efficient analysis and clusters some possibilities for improving innovation investments at Latin America and Caribbean considering their utilities. It is encouraged more investigation in the future, addressing new efficient themes concerning innovation and utilities.

**Keywords**— Global Innovation Indicators, Utilities analysis, Innovation, Electrical energy.

## I. INTRODUÇÃO

O anuário *Global Innovation Indicators* (GII; em português, Indicadores Globais de Inovação) de 2017 [1] mostra que América Latina e Caribe (ALC) é uma região que não participa dos dez maiores países em inovação em termos globais. Neste sentido, entende-se que algumas das possíveis pesquisas quanto a falta desta alavancagem no desenvolvimento em inovação pelo consumo de *utilities* (i.e. distribuidoras e/ou concessionárias de recursos voltados à demanda de utilidades públicas e serviços considerados públicos; tais como eletricidade e água, e.g.) podem ser realizadas com foco em

Este artigo foi submetido em 16 de janeiro de 2018. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Todos os autores são do Programa Acadêmico de Pós Graduação (Mestrado e Doutorado) em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF): Rua Passos da Pátria, 156, bloco D, sala 309, São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, CEP: 24210-240.

M. C. Silva. (e-mail: professoramarceladocarmo@gmail.com).

C. F. S. Gomes (e-mail: cfs1@bol.com.br).

G. B. A. Lima (e-mail: glima@id.uff.br).

energia elétrica, logística e a sustentabilidade.

Estes itens poderiam ser possíveis *inputs* (entradas de recursos para produção, insumos e.g.) a serem analisados, para que se entendam as posições de inovação pelo número de importações e exportações de produtos de alta tecnologia, bem como ativos de propriedades intelectuais registrados por estes países; considerando o perfil dos países de América Latina e Caribe serem de países agrário-industrializados onde estão estas *utilities* com alta demanda suportiva.

Para o alinhamento quanto ao entendimento da eficiência dos dados coletados no GII dos anos de 2013 a 2017; obtém-se por meio do uso da ferramenta de Análise Envolvória de Dados – (em inglês, *Data Envelopment Analysis – DEA*) com a observação da eficiência de uso das *utilities* como *inputs* para os *outputs* (saídas de produção, bens e/ou serviços finais, e.g.) de inovação.

DEA é um modelo não paramétrico, que visa avaliar a eficiência relativa das Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs – *Decision Making Units*, em inglês), analisando comparativamente a produção (*outputs*) e seus insumos utilizados (*inputs*) [2]. Neste artigo utiliza-se a aplicação desta ferramenta por meio do modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper [14] também conhecido como *Variable Return Scale – VRS*, em inglês) aonde as DMU's apresentam retornos variáveis de escala; orientando a eficiência para os *outputs* inovadores produzidos.

A análise sobre a eficiência desta seleção de indicadores de inovação advém do GII coletar estes dados para compor os pilares dos itens e subitens de inovação para gerar a pontuação pertinente que compõe a nota geral dos países em um *ranking*, informando seu perfil de inovação por meio desta pontuação. Dos 127 países que participam do *ranking* do GII de 2017, o primeiro país da ALC que surge como mais inovador é o Chile com pontuação de 38.70, ocupando o lugar de 46º no *ranking* geral; seguido da Costa Rica como segundo país da ALC com pontuação de 37.09 ocupando o 53º lugar no *ranking* geral [1].

A estratégia da publicação do GII de 2017 utiliza a ferramenta DEA para verificar, por meio de pesos, para cada país em cada um dos sete indicadores de inovação, onde são comparados ao país com a melhor performance para aquele indicador em seu peso; perfazendo assim a distância da fronteira eficiente. Já neste trabalho adota a estratégia de verificar a inovação não pela pontuação do *ranking* em seus indicadores [1], mas pela seleção de indicadores como *inputs* e

*outputs*. Isto é feito dentro dos pilares e subpilares dos indicadores de inovação que mais se aproximam do perfil de industrialização. Com isto busca-se entender como se conduzem as eficiências destes no âmbito da inovação, no sentido de que haja flexibilidade e oportunidade de discussão de novas parcerias, pesquisas científicas e políticas públicas que envolvam e facilitem o diálogo entre as partes interessadas, analistas e cientistas [3].

A motivação deste estudo é o entendimento de que não basta se utilizar e ofertar energia elétrica, logística e reorientar a cadeia de sustentabilidade de um país para se vislumbrar desenvolvimento e despontar em produtos e serviços com alto impacto de ruptura de inovação. É necessário verificar se este uso de energia está provendo um desenvolvimento em inovação quanto à demanda de produtos de alto poder tecnológico para comporem os bens de capital do país; e ainda firmarem um robusto parque tecnológico que se desenvolvam ativos intelectuais contribuintes de *royalties* (pagamentos sobre diversas modalidades de direitos de uso) para o gasto destas *commodities* (produtos comerciáveis em larga quantidade, como minério de ferro, metais, grãos *e.g.*) na base dos indicadores de inovação da GII.

DEA é amplamente utilizado no cálculo da eficiência de distribuidores de energia, tanto no cenário nacional quanto internacional[2]; alterando a orientação à *input* ou *output* e o modelo de cálculo em programação linear, conforme o objetivo da análise da eficiência.

As próximas seções estão organizadas da seguinte maneira: na seção 2 são abordados os conceitos dos indicadores de inovação aplicados neste estudo. Na seção 3 é apresentada a formulação matemática aplicada ao uso do modelo BCC-DEA. A seção 4 discute os resultados obtidos. Na seção 5 estão as considerações finais.

## II. SELEÇÃO DE INDICADORES DE INOVAÇÃO

A publicação dos indicadores de inovação global é um relatório oriundo da Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI, também conhecida em inglês como *World Intellectual Property Organization - WIPO*) que o desenvolve há 10 anos. Este relatório tem o intuito de conscientizar a composição da inovação mundial. O relatório observa as tendências de inovação em termos globais, a cada período anual publicado, sob em qual setor e atividade econômica houve o foco em inovação naquele ano estudado. Na publicação de 2017, mostra que a agricultura teve a maior tendência em inovação no período de 2016-2017, por reorganização sustentável da condução das produções e do uso de equipamentos e patentes científico-farmacêuticas, que otimizaram a produção em termos mundiais, considerando o impacto das externalidades negativas para o mundo [1].

A OMPI institucionaliza-se de fato como a responsável pela proteção, padronização e identificação de ativos intelectuais em termos mundiais no ano de 1967, em Estocolmo, endossando o objetivo de desenvolver estudos de tendências de inovação, para disseminação de conhecimento em inovação mundial [20].

A composição dos indicadores de inovação constitui-se em pilares e sub-pilares que por meio dos dados e pontos que estes

itens e subitens recebem, pontuam o seu respectivo indicador global por meio de médias aritméticas. Consolidados os valores, os sete indicadores levam cada país à classificação do *ranking* total de inovação dos 127 países que compõem o relatório de 2017, porém este número aumenta ou diminui em cada relatório anual considerando-se a instabilidade política, guerras, ditaduras entre outros fatores os quais a Organização das Nações Unidas (ONU) considere não alinhado à condição de um país, ou uma nação a ser considerada politicamente sólida [1].

A Tabela I lista os subitens selecionados que compõem os indicadores de inovação analisados neste artigo de forma aprofundada em eficiência. A Tabela I compõe-se como estão identificados os indicadores selecionados, suas descrições e suas fontes. Como *inputs* são selecionados os indicadores 3.2.1, 3.2.2, 3.3.2 e como *outputs* são selecionados os indicadores 5.3.4, 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.4.

TABELA I  
DESCRIBÇÃO DOS INDICADORES SELECIONADOS

<i>Input/ Output</i>	Código do indicador	Indicador selecionado	Descrição	Fontes do indicador selecionado
<i>Input</i>	3.2.1	<i>Electricity output</i>	Produção de eletricidade em plantas que são designadas para produção de eletricidade, como também para produção combinada de terminais com alternador, água, carvão, óleo e gás	Agência Internacional de Energia ( <i>International Energy Agency - IEA</i> )
<i>Input</i>	3.2.2	<i>Logistics performance</i>	Indicadores de Performance Logística ( <i>Logistics Performance Index - LPI</i> )	Banco Mundial e Turku Escola de Economia.
<i>Input</i>	3.3.2	<i>Environmental performance</i>	20 indicadores de inovação performáticos em o quão estão os países envolvidos em políticas de sustentabilidade de	Universidade de Yale e Universidade de Columbia: Indicador de Performance Ambiental
<i>Output</i>	5.3.4	<i>Foreign direct investments net inflows</i>	Soma dos capitais em ações, fontes de capital de longo prazo, reinvestment o em lucros e outros investimentos de curto e longo prazo conforme os	Fundo Monetário Internacional (FMI): balanços de pagamentos nacionais; Banco Mundial, Organização Mundial de

Input/ Output	Código do indica- dor	Indicador selecionado	Descrição	Fontes do indicador selecionado
			balanços de pagamentos; todos divididos pelo PIB	Comércio (OMC)
Output	6.1.1	Patent applications by origin	Número de patentes nacionais protocoladas nos escritórios nacionais de propriedade intelectual	WIPO e FMI
Output	6.1.2	PCT international applications by origin	Número de patentes nacionais acordadas em Tratados de Cooperação entre Patentes	WIPO e FMI
Output	6.1.3	Utility model applications by origin	Número de aplicações de modelo de utilidade protocolados pelos residentes ao escritório nacional de patentes	WIPO e FMI
Output	6.3.1	Intellectual property receipts	Taxas pelo uso de propriedades intelectuais diversas	OMC e FMI: base de balanço de pagamentos
Output	6.3.2	High-tech exports	Exportação de produtos de alta tecnologia menos reexportação	Nações Unidas, EUROSTAT e COMTRADE
Output	6.3.4	Foreign direct investments net outflows	Média dos 3 últimos anos de investimento em ações: soma dos investimentos em ações, reinvestimentos em lucros e outras fontes de capital. A soma é dividida pelo Produto Interno Bruto (PIB).	FMI: balanços de pagamentos, dados das conferências das nações unidas para comércio e desenvolviment o e indicadores extraídos do Banco Mundial

Fonte: [1], [5], [6], [7], [8].

### III. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Nesta seção são apresentadas a formulação matemática aplicada para o entendimento da eficiência dos indicadores selecionados, por meio do uso do modelo BCC-DEA.

O artigo seminal apresentando conceitos e definições foi escrito por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978; intitulado como “Measuring the Efficiency of Decision-Making Units” na revista científica “European Journal of Operational Research”.

Após este artigo núcleo-duro para o tema em DEA, os demais artigos em DEA formaram um cinturão protetor no intuito de observar eficiência, escassez e produtividade entre critérios e alternativas, com ainda potencial entendimento de *benchmarking* (i.e. comparação por mensuração de algo que possua um padrão aceito por reconhecida qualidade) em se observar o quanto se pode atingir uma eficiência, quando uma unidade produtiva (DMU) encontra-se fora do entendimento de eficiência, se comparada a outra DMU; sendo esta comparação por *benchmarking* de grande auxílio, para análises de como melhorarem suas ofertas de entradas (critérios, *inputs e.g.*) com objetivo de se terem saídas (*outputs*) mais eficientes, tanto quanto as alternativas que se destacaram na análise prévia da eficiência [9], [10], [11].

Como procedimento para análise de fronteira de eficiência, a ferramenta DEA não demanda inicialmente a composição de pesos para computarem-se resultados de eficiência, tanto para Retornos Constantes de Escala, quanto para Retornos Variáveis de Escala, não havendo tampouco a necessidade inicial demandante de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* [12], [13], [14]. Analogamente a este artigo, houve o uso de outro modelo em DEA quanto da orientação a *output*, para verificação de DMUs em energias sustentáveis de 23 países da OECD [15], o que auxilia no entendimento deste artigo de que a aplicação do modelo BCC-DEA pode ser utilizado, orientando a eficiência da inovação em produtos e serviços para com *inputs* de *utilities*, mesmo considerando a diversidade do tema como em: [16], [17], [18].

A aplicação do modelo BCC-DEA apresentada neste artigo segue a explicação em [13]: o modelo CCR-DEA (Charnes, Cooper e Rhodes [9]) é voltado para problemas com multiplicadores de indicadores de eficiência nos quais produtos finais e *inputs* são transformados em simples mensurações quaisquer; onde a mensuração da performance de cada DMU é otimizada por meio da computação de  $k$  para cada DMU. Logo, diverso a esta perspectiva supracitada, o modelo BCC-DEA é o núcleo duro na base dos modelos em DEA cuja tecnologia é relaxada, considerando a imposição para com as variáveis constantes de escala e o conjunto voltado ao planejamento da produção (PPS) pertencente à combinação convexa, para uma possível produção de conjuntos planejados. Há uma restrição na convexidade considerada quanto à combinação em DMUs:  $\sum \lambda = 1$ .

#### A. Notação:

Tem-se como Modelo BCC-DEA considerando o conjunto de possibilidades de produção [19], abaixo:

$$T = \{(X, Y) | X \geq \sum_{j \in J} \lambda_j X_j, Y \leq \sum_{j \in J} \lambda_j Y_j, \sum_{j \in J} \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j \in J\} \quad (1)$$

$X_j$  e  $Y_j$  são vetores de *inputs* e *outputs*, respectivamente, dos DMUs. A orientação a *input* neste modelo computa como  $DMU_k$ ,  $k \in J$  como segue:

#### B. Fórmulas aplicadas ao modelo:

$$\begin{aligned} \min \theta - \epsilon & (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+), \\ \text{sujeito a:} & \\ & \sum_{j \in J} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rk}, r = 1, \dots, s, \end{aligned}$$

$$\sum_{j \in J} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{ik}, i = 1, \dots, m, \tag{2}$$

$$\sum_{j \in J} \lambda_j = 1,$$

$$\lambda_j \geq 0, j \in J$$

$$s_i^- \geq 0, i = 1, \dots, m,$$

$$s_r^+ \geq 0, r = 1, \dots, s,$$

$$\theta \text{ "livre"}.$$

A orientação a *output* neste modelo computa como  $DMU_k$ ,  $k \in J$  onde:

$$\max \varphi + \epsilon (\sum_{i=1}^m t_i^- + \sum_{r=1}^s t_r^+)$$

sujeito a:

$$\sum_{j \in J} \lambda_j y_{rj} - t_r^+ = \varphi y_{rk}, r = 1, \dots, s,$$

$$\sum_{j \in J} \lambda_j x_{ij} + t_i^- = x_{ik}, i = 1, \dots, m, \tag{3}$$

$$\sum_{j \in J} \lambda_j = 1,$$

$$\lambda_j \geq 0, j \in J,$$

$$t_i^- \geq 0, i = 1, \dots, m,$$

$$t_r^+ \geq 0, r = 1, \dots, s,$$

$$\varphi \text{ "livre"}.$$

C. Explicação

Os Retornos Variáveis de Escala no modelo BCC-DEA são obtidos a partir da restrição de convexidade, porque os hiperplanos não são restritos para passar na origem gráfica, como o modelo CCR-DEA. De acordo com esta modelagem, a eficiência em que se utilizem do BCC-DEA é maior do que a eficiência do modelo CCR-DEA em relação à orientação de saídas e toda a computação construída em torno de seu desenvolvimento. Por isso, o modelo BCC-DEA é escolhido para aplicar todos os procedimentos pertinentes a este trabalho.

IV. ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS DADOS

Para compor a análise de eficiência dos dados, os indicadores globais de inovação [1] foram selecionados em 3 inputs e 7 outputs, contornando a armadilha de quantidade de inputs e outputs quanto à prática da ferramenta dos modelos em DEA [20]. Neste sentido, utilizou-se o Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para apresentarem-se os cálculos pertinentes ao cálculo do modelo BCC-DEA orientado a *output* aos países de ALC do GII de 2013 a 2017 que são: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, República Dominicana, Equador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Paraguai, Peru, Trinidad e Tobago, e por último, Uruguai [1], [5], [6], [7] [8]. Nestes cinco anos, Trinidad e Tobago não participou do ano de 2016 porque não alcançou valor suficiente para o indicador em pesquisa e capital humano [5]. A Tabela II destaca a eficiência dos países que não alcançaram 100% (1,0 conforme o sistema SIAD) nos 5 anos de 2013 a 2017; tendo-se a República Dominicana como o único país que não alcança eficiência em todos os anos de 2013

a 2017.

TABELA II  
PAÍSES COM EFICIÊNCIA ABAIXO DE 1,0 DE 2013 A 2017

Países	Eficiência				
	2013	2014	2015	2016	2017
ARGENTINA		0,7293	0,7097		0,6667
EQUADOR			0,2159		
PARAGUAI				0,8013	
REPÚBLICA DOMINICANA	0,6567	0,6253	0,3288	0,4500	0,5582
URUGUAI		0,8836	0,9315	0,8364	

Observando as variações dos países que se repetiram nestes anos, Argentina diminuiu sua variação em -8,58% quando comparados os anos de 2017 para com 2014. República Dominicana também diminuiu sua eficiência em -15% comparando-se os anos de 2017 para com 2013. Uruguai possui o menor percentual de diminuição de -5,34% de 2016 para com 2014. Equador e Paraguai voltaram às suas eficiências em 1,0.

Desta forma, as composições de *benchmarking* encontradas de 2013 a 2017 mostram que os países da Tabela II comparam-se em todos os anos por *benchmarking* por pelo menos dois países: Honduras e Panamá.

A Tabela III mostra o *benchmarking* para melhoria de eficiência dos países no ano de 2013; onde esteve a República Dominicana em destaque; para servir tal aprendizado de *benchmarking* por eficiência de seus *inputs*, face aos países computados com eficiência.

TABELA III  
BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA EM 2013

Países	Honduras	México	Panamá	Peru	Trinidad e Tobago
REPÚBLICA DOMINICANA	0,3697	0,1391	0,2032	0,2604	0,0276

Em 2014, o cálculo do *benchmarking* foi realizado para que Argentina, República Dominicana e Uruguai alcançassem suas eficiências, conforme na Tabela IV; em que demonstra os percentuais referentes aos outros países eficientes em seus *inputs* comparados de ALC.

TABELA IV  
BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA EM 2014

Países	Argentina	República Dominicana	Uruguai
BRASIL	0,5912	0,0165	0,6145
CHILE		0,0813	
EL SALVADOR	0,0070		
HONDURAS		0,8259	0,0573
PANAMÁ	0,0460	0,0763	0,2933
PARAGUAI	0,1340		
PERU	0,2218		0,0350

Ao ano de 2015, Argentina, República Dominicana, Equador e Uruguai são os países que não atingiram eficiência em 100% (1,0 conforme SIAD) e que na Tabela V tem suas possíveis comparações em meta com os países em que surgiram *benchmarks*. Percebem-se na Tabela V vultosas necessidades de *benchmarking* entre Argentina para com o Brasil (58,25%), República Dominicana para com Honduras

(44,43%), Equador para com Colômbia (60,20%) e Uruguai para com Brasil (71,30%).

TABELA V  
BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA EM 2015

Países	Argentina	República Dominicana	Equador	Uruguai
BRASIL	0,5825	0,0606	0,2039	0,7130
COLÔMBIA			0,6020	
EL SALVADOR	0,1836			
GUATEMALA			0,1941	
HONDURAS		0,4443		
JAMAICA		0,0936		
MÉXICO	0,0951			
PANAMÁ		0,4015		0,1906
PARAGUAI	0,1388			
PERU				0,0079
TRINIDAD E TOBAGO				0,0884

Em 2016, ano o qual Trinidad e Tobago não participou por não possuir dados suficientes para comporem o indicador de inovação em pesquisa e capital humano; tem-se República Dominicana, Paraguai e Uruguai como os países a alcançarem a eficiência em 100% (1,0 conforme SIAD). Neste sentido, Brasil, Costa Rica Equador, Honduras, Jamaica, México e Panamá são os países os quais oferecem *benchmarking* a estes países para desenvolverem suas eficiências. A Tabela VI mostra os valores a serem comparados, os quais destacam-se a necessidade de “aprendizado comparado” da República Dominicana para com Honduras (50,97%), Paraguai para com Equador (61,47%) e Uruguai novamente para com Honduras (64,86%).

TABELA VI  
BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA EM 2016

Países	República Dominicana	Paraguai	Uruguai
BRASIL	0,1018		0,2837
COSTA RICA			0,0132
EQUADOR		0,6147	
HONDURAS	0,5097	0,0156	0,6486
JAMAICA		0,3428	0,0478
MÉXICO		0,0269	
PANAMÁ	0,3885		0,0067

Em 2017, dos 18 países, somente dois não apresentaram eficiência em 100%: Argentina (0,666667) e República Dominicana (0,558151). Desta forma, foram estes os países que necessitam observar seus *benchmarkings*, em comparação aos outros países, conforme a Tabela VII cujos destaques de *benchmarkings* vultosos encontram-se em Argentina para com Brasil (57,14%) e República Dominicana para com Honduras (35,13%).

TABELA VII  
BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA EM 2017

Países	Bolívia	Brasil	El Salvador	Honduras	Panamá	Trinidad e Tobago
ARGENTINA		0,5714	0,4286			
REPÚBLICA DOMINICANA	0,3368	0,0756		0,3513	0,1618	0,0744

Segundo a Tabela VII, a República Dominicana é o país que precisa de mais observação de seus *inputs* para melhor

produção eficiente em seus *outputs* conforme os países de sua região, destacando-se em todos os anos de 2013 a 2017 como o país que deve-se ter atenção absoluta para o impulsionamento econômico em uso de *utilities* para composição de ativos intelectuais em suas indústrias e seus setores econômicos.

O comportamento destes *benchmarkings* no modelo BCC-DEA pode ser entendido pela busca dos países da região, por países semelhantes, como se observassem *vis-a-vis* os países por meio do cálculo de *rank-order Centroid* (ROC) em que se buscam os similares para agrupamentos em conjuntos. Realizando esta verificação no *software* Weka (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) [21].

Usando o comando *SimpleKMeans* que computa o cálculo do centróide de similaridade por conjuntos, definem-se dois grupos ao longo dos cinco anos de 2013 a 2017. A Tabela VIII mostra o número de países agrupamentos nos grupos 0 e 1 ao longo dos anos de 2013 até 2017.

TABELA VIII  
NÚMERO DE PAÍSES POR AGRUPAMENTO: 2013 A 2017

Países	2013	2014	2015	2016	2017
GRUPO 0 (Nº)	13	14	6	5	15
GRUPO 1 (Nº)	5	4	12	12	3
GRUPO 0 (%)	72%	78%	33%	29%	83%
GRUPO 1 (%)	28%	22%	67%	71%	17%

A similaridade entre os países ocorrem pelos dados computados no Weka que agrupam com a disposição central entre o *input* 3.3.2 chamado de *environmental performance* e entre o *output* 5.3.4 chamado *foreign direct investment net inflows*.

A Tabela IX mostra este perfil de comportamento dos países em agrupamento por similaridade: nos anos de 2013 e 2014, os países do agrupamento zero mantiveram-se os mesmos, porque a variabilidade do *input* 3.3.2 (*environmental performance*) e o *output* 5.3.4 (*foreign direct investment net inflows*) estiveram dentro da mediana de agrupamento por similaridade encontrada de forma randômica pelo Weka. Contudo, em 2015 e 2016 por estes dois itens terem variado, estes países “trocam” o agrupamento inicial destes anos por outro grupo; ao que em 2017, 11 países voltaram ao agrupamento 0 e somente 2 países seguiram com agrupamento alterado.

TABELA IX  
SEGMENTAÇÃO DE AGRUPAMENTOS: 2013 A 2017

Países	2013	2014	2015	2016	2017
ARGENTINA	0	0	1	0	0
BOLÍVIA	0	0	1	1	0
BRASIL	1	1	0	0	0
CHILE	1	1	0	0	0
COLÔMBIA	1	0	0	1	0
COSTA RICA	1	0	0	1	0
REPÚBLICA DOMINICANA	0	0	1	1	0
EQUADOR	1	1	1	1	1
EL SALVADOR	0	0	1	1	0
GUATEMALA	0	0	1	1	0
HONDURAS	0	0	1	1	0
JAMAICA	0	0	1	0	0
MÉXICO	0	0	0	1	0
PANAMÁ	0	1	0	0	0
PARAGUAI	0	0	1	1	1
PERU	0	0	1	1	0
TRINIDAD E TOBAGO	0	0	1	0	0
URUGUAI	0	0	1	1	1

Observação: 2016 não há agrupamento para Trinidad e Tobago por estar fora do relatório GII2016.

Neste sentido, pode-se observar por meio do *benchmarking* inicial generalizado, e agora de forma mais detalhada, a orientação dos investimentos e usabilidades das *utilities* por meio dos indicadores de inovação, para aprimoramento do desenvolvimento econômico intrarregional e sub-regional, entre aqueles países que compartilham suas *utilities*, entre outros acordos de cooperação.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para este estudo sobre a eficiência de inputs em energia elétrica, logística e sustentabilidade para os países da ALC, por meio dos dados do relatório GII dos anos de 2013 a 2017 observam-se que o número de alternativas por ser pequeno, em 18 países, pode prejudicar a análise da eficiência dos países da região.

Nos estudos futuros podem-se pensar em comparações ou análises históricas de evolução de eficiências de forma que se entendam como a região realiza a gestão da inovação alinhada ao consumo de *utilities* em geral, entendendo-se a condição de indústrias de transformação que existem em seu perfil. De outra forma, futuramente poderão ser feitas análises de comparação entre indicadores logísticos mais aprofundados em sustentabilidade, destas *utilities*, para com o entendimento da inovação da região.

Os cálculos mostram que a produção energia elétrica entre outros insumos e plantas produtoras de energia não apresentaram variabilidade ao longo dos cinco anos e com isto mantiveram a condução do trabalho de inovação em aquisição de bens de capital, oferecendo suporte possível nos países para suportarem suas indústrias de transformação e agrícolas. Por outro lado, a performance ambiental variável aos anos de 2015 e 2016 levou à alteração de agrupamento entre os países, para se entender seus comportamentos similares, que seriam possíveis alinhamentos às eficiências em *benchmarkings* encontradas no modelo BCC-DEA computado no *software* SIAD.

Existem as recomendações de alvo, feitas pelo *software* SIAD, para que sejam reduzidas em alguns países quanto a produção de energia elétrica. Contudo, tais países realizam sua comercialização e não necessariamente (por terem uma economia fortemente agrária) viabilizam toda sua produção para a eficiência em indústrias de transformação e bens de capital disseminantes de ativos intelectuais em inovação, como o caso do Paraguai em que o *software* recomenda diminuição de produção em energia elétrica.

Anseiam-se que, as particularidades das economias da ALC para com suas *utilities* promovam mais discussões em trabalhos futuros quanto ao investimento em inovação por meio da análise de eficiência sejam pelas *utilities* produzidas ou sejam pelas distribuídas; uma vez que devam-se analisar os cenários, com alterações em médio prazo de uso de *utilities*, para com inovações absorvidas em setores econômicos diversos.

## REFERÊNCIAS

- [1] Cornell University, INSEAD e WIPO. "The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World". Ithaca, Fontainebleau e Geneva, 2017.
- [2] R. S. Constant e J.C.C.B.S. de Mello. "Brazilian Electricity Distributors Efficiency Index Based on Non Radial Efficiency". *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, no. 9, Set. 2017, 10.1109/TLA.2017.8015049.
- [3] R. G. G. Caiado, G. B. A. Lima, L. O. Gavião, O. L. G. Quelhas e F. F. Paschoalino, "Sustainability Analysis in Electrical Energy Companies by Similarity Technique to Ideal Solution", *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, no. 4, Abr. 2017, 10.1109/TLA.2017.7896394
- [4] R. M. Olwan. "Intellectual property and development: Theory and practice". *Thesis of Doctor of Philosophy Queensland University of Technology*, Brisbane City, QLD, 2011. Disponível em: [http://eprints.qut.edu.au/54839/1/Rami\\_Olwan\\_Thesis.pdf](http://eprints.qut.edu.au/54839/1/Rami_Olwan_Thesis.pdf).
- [5] Cornell University, INSEAD e WIPO. "The Global Innovation Index 2016: Winning with Global Innovation". Ithaca, Fontainebleau e Geneva, 2016.
- [6] Cornell University, INSEAD e WIPO. "The Global Innovation Index 2015: Effective Innovation Policies for Development". Ithaca, Fontainebleau e Geneva, 2015.
- [7] Cornell University, INSEAD e WIPO. "The Global Innovation Index 2014: The Human Factor In innovation". Ithaca, Fontainebleau e Geneva, 2014.
- [8] Cornell University, INSEAD e WIPO. "The Global Innovation Index 2013: The Local Dynamics of Innovation". Ithaca, Fontainebleau e Geneva, 2013.
- [9] A. Charnes, W. W. Cooper e E. Rhodes. "Measuring the Efficiency of Decision-Making Units". *European Journal of Operational Research*, vol. 2, no.6, pp. 429-444, 1978, 10.1016/0377-2217(78)90138-8.
- [10] E. R. Pereira e J. C. C. B. S. Mello. "Uso da suavização da fronteira na determinação de pesos únicos em modelos DEA CCR". *Production*, vol. 25, no.3, pp. 585-597, 2015, 10.1590/0103-6513.057710
- [11] A. Emrouznejad e G-l Yang. "A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016". *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 61, p.p. 4-8, Mar. 2018, 10.1016/j.seps.2017.01.008
- [12] K-H. Lee e R. F. Saen. "Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach". *Int. J. Production Economics*, vol. 140, no. 1, pp. 219-226, Nov. 2012, 10.1016/j.ijpe.2011.08.024
- [13] L.A. Meza, L. Biondi Neto, J.C.C.B.S. Mello e E.G. Gomes. "ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – SISTEMA INTEGRADO DE APOIO A DECISÃO): A Software Package for Data Envelopment Analysis Model". *Pesquisa Operacional*, vol. 25, no.3, pp.493-503, Dez. 2005, 10.1590/S0101-74382005000300011
- [14] R. D. Banker, A. Charnes e W.W. Cooper. "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, vol. 30, no. 9, pp.1078-1092, Sep. 1984, 10.1287/mnsc.30.9.1078
- [15] N. Simsek. "Energy Efficiency with Undesirable Output at the Economy-Wide Level: Cross Country Comparison in OECD Sample." *American Journal of Energy Research*, vol. 2, no. 1, pp. 9-17, 2014, 10.12691/ajer-2-1-2.
- [16] G. N. Andrade, L. A. Alves, C. E. R. F. Silva e J. C. C. B. S. de Mello. "Evaluating Electricity Distributors Efficiency Using Self-Organizing Map and Data Envelopment Analysis". *IEEE Latin America Transactions*, vol. 12, no. 8, pp. 1464-1472, Dez. 2014, 10.1109/TLA.2014.7014515
- [17] P. Moreno, G. N. Andrade, L. Angulo e J. C. C. B. S. de Mello. "Evaluation of Brazilian Electricity Distributors Using a Network DEA Model With Shared Inputs". *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 7, pp. 2209-2216, Jul. 2015, 10.1109/TLA.2015.7273779
- [18] L. G. Machado, J. C. C. B. S. de Mello e M. C. Roboredo. "Efficiency Evaluation of Brazilian Electrical Distributors Using Data Envelopment Analysis Game and Cluster Analysis". *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no.11, pp.4499-4505, Nov. 2016, 10.1109/TLA.2016.7795820
- [19] G. R. Jahanshahloo, F. Hosseinzadeh Lotfi e D. Akbarian. "Finding weak defining hyperplanes of PPS of the BCC model". *Applied Mathematical Modelling*, vol. 34, no. 11, p.p. 3321-3332, Nov. 2010, 10.1016/j.apm.2010.02.023
- [20] R.G. Dyson, R. Allen, A.S. Camanho, V.V. Podinovski, C.S. Sarrico, e E.A. Shale. "Pitfalls and protocols in DEA". *European Journal of Operational Research*, vol. 132, no. 2, p.p. 245-259, 2001, 10.1016/S0377-2217(00)00149-1

- [21] I.H. Witten e E. Frank. "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques". 2ª ed., Ed. Morgan Kaufmann: São Francisco, 2005.



**Marcela do Carmo Silva** nasceu na cidade do Rio de Janeiro. Graduou-se em Ciências Econômicas e Engenharia de Produção, ambas graduações pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Tem especializações em Gerenciamento de Projetos e Organizações e Estratégia (UCP e UFF). É Mestre em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense (UFF). É doutoranda em

Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF).

Ela é professora visitante de instituições de ensino superior em disciplinas de gerenciamento de projetos e processos; é Servidora-Pública do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Tem experiência profissional em gestão de projetos e processos, controladoria empresarial e desenvolvimento de estudos nas áreas de siderurgia, projetos, processos, cultura organizacional, inovação, pesquisa operacional nas áreas de Sistemas, Apoio à Decisão e Logística.



**Gilson Brito Alves Lima** nasceu em Niterói, Brasil. Engenheiro Civil. Tem Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho e fez mestrado em Engenharia Civil na UFF e doutorado em Engenharia de Produção na COPPEURJ.

Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal Fluminense. Tem experiência profissional em Consultoria Técnica na Indústria de Energia. Seu foco de pesquisa acadêmica tem ênfase nas áreas de Gerência de Riscos, Manutenção, Segurança, Meio Ambiente e Sustentabilidade Organizacional.



**Carlos Francisco Simões Gomes** nasceu na cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Recebeu o título de Bacharel em Ciência Náuticas pela Escola Naval. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Pos.Doc

em matemática pelo Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA).

Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal Fluminense.