

# Construção de um índice de desenvolvimento sustentável e análise espacial das desigualdades nos municípios cearenses

**João Felipe Barbosa Araripe Silva**

Universidade Federal do Ceará / Programa de Pós-Graduação em Administração e Controladoria  
Fortaleza / Ceará — Brasil

**Sílvia Maria Dias Pedro Rebouças**

Universidade Federal do Ceará / Feaac / Programa de Pós-Graduação em Administração e Controladoria  
Fortaleza / Ceará — Brasil

**Mônica Cavalcanti Sá de Abreu**

Universidade Federal do Ceará / Feaac / Programa de Pós-Graduação em Administração e Controladoria  
Fortaleza / Ceará — Brasil

**Maria da Conceição Rodrigues Ribeiro**

Universidade do Algarve / Instituto Superior de Engenharia / Departamento de Engenharia Civil  
Faro — Portugal

O artigo apresenta a análise espacial da sustentabilidade nos municípios cearenses a partir da construção de um índice de desenvolvimento sustentável, embasado em dimensões social, ambiental, econômica e institucional. Os índices de sustentabilidade forçam instituições e governos a questionarem seus padrões e atuam como “forças motrizes” para a elaboração de políticas públicas. A validade dos índices de sustentabilidade depende da definição do conjunto de indicadores e das técnicas adotadas para definição dos ponderadores e agregação dos indicadores. A pesquisa é de natureza quantitativa, desenvolvida por meio de dados secundários, e adotou análise fatorial confirmatória para a construção do índice de desenvolvimento sustentável (IDS) e modelagem econométrica espacial para representação das desigualdades no mapa dos municípios cearenses. Os resultados da pesquisa revelam um ajuste regular do índice de desenvolvimento sustentável. O IDS permite uma visualização geográfica e identificação de associação espacial dos indicadores de desenvolvimento sustentável, e apresenta-se como uma ferramenta de suporte à definição de políticas públicas. A pesquisa revelou que áreas mais urbanas do estado do Ceará apresentam um melhor índice de desenvolvimento sustentável, e confirmou a fragilidade das políticas públicas em promover o equilíbrio regional.

**Palavras-chave:** análise fatorial confirmatória; modelagem econométrica espacial; desenvolvimento sustentável; índice de desempenho; estado do Ceará.

## Construcción de un índice de desarrollo sostenible y análisis espacial de las desigualdades en los municipios del estado de Ceará

El artículo presenta el análisis espacial de la sostenibilidad en los municipios cearenses a partir de la construcción de un índice de desarrollo sostenible, basado en dimensiones social, ambiental, económica e institucional. Los índices de sostenibilidad obligan a instituciones y gobiernos a cuestionar sus patrones y actúan como “fuerzas motrices” para la elaboración de políticas públicas. La validez de los índices de sostenibilidad depende de la definición del conjunto de indicadores y de las técnicas adoptadas para definir los ponderadores y la agregación de los indicadores. La investigación es de naturaleza cuantitativa, desarrollada por medio de datos secundarios, y adoptó análisis factorial confirmatorio para la construcción del índice de desarrollo sostenible (IDS) y modelado econométrico espacial para representación de las desigualdades en el mapa de los municipios cearenses. Los

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7612163114>

Artigo recebido em 27 abr. 2016 e aceito em 6 out. 2017.

Agradecimentos aos revisores, ao editor por suas valiosas contribuições para a melhoria da versão inicial deste artigo e ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa (#409083/2013-5).



resultados de la investigación revelan un ajuste regular del índice de desarrollo sostenible. El IDS permite una visualización geográfica e identificación de asociación espacial de los indicadores de desarrollo sostenible, y se presenta como una herramienta de apoyo a la definición de políticas públicas. La investigación reveló que áreas más urbanas del estado de Ceará presentan un mejor índice de desarrollo sostenible, y confirmó la fragilidad de las políticas públicas en promover el equilibrio regional

**Palabras clave:** análisis factorial confirmatorio; modelado econométrico espacial; desarrollo sostenible; índice de desempeño; estado de Ceará.

## Building a sustainable development index and spacial assessment of municipalities inequalities in the state of Ceará

This article builds a sustainable development index based on environmental, social, economic and institutional dimensions and presents a spatial assessment of municipalities inequalities in the State of Ceará. Sustainability indexes force institutions and governments to question their standards and act as “driving forces” for public policy-making. The validity of sustainability indexes is heavily dependent on how their components are weighted and aggregated. The research is quantitative, developed through secondary data acquired in public agency databases of the country (Brazil) and federal unit (state of Ceara). Data analysis included confirmatory factor analysis for the construction of general sustainability indexes, descriptive analysis of these indexes and spatial econometric modeling to represent inequalities on a map of municipalities in Ceará. The survey results reveal a regular adjustment of the sustainable development index. The model allows a geographical view and a spatial identification of the sustainable development indicators, as well as being a tool to support the definition of public policies. The research revealed that the most urban areas of the state of Ceará show a greater sustainable development index and confirms the fragility of public policies in promoting regional balance.

**Keywords:** confirmatory factor analysis; spatial econometric model; sustainable development; performance indicators; state of Ceara.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta o 10º maior índice de Gini do mundo, o que confirma uma acentuada desigualdade social. Adicionalmente, existem significativas diferenças interestaduais e regionais (Barros, 2011). Segundo Araújo (2009), o foco da desigualdade reside nos desníveis entre os estados das regiões Sul e Sudeste e as demais regiões do país. Na região Nordeste, o estado do Ceará apresenta-se como o líder em desigualdade de renda e é um dos mais pobres do país (Soares, 2008; Manso, Barreto e França, 2009).

Bar-el (2005) afirma que o crescimento econômico do estado do Ceará não contribuiu significativamente para a redução de pobreza, e que as desigualdades entre áreas urbanas e rurais ainda persistem. Os baixos valores do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) confirmam a frágil situação socioeconômica e uma estrutura deficiente de aplicação dos recursos financeiros provenientes do setor público.

O crescimento econômico equilibrado, acompanhado de distribuição de renda, justiça social e proteção ambiental, exige a adoção de eficientes políticas públicas. Neste sentido, o uso de índices permite uma melhor avaliação do nível de desenvolvimento alcançado (Segnestam, 2002; Fujiwara et al., 2005). Singh e colaboradores (2012) defendem a ideia de que um índice deve ser estruturado de forma simplificada ou ponderado, de acordo com sua finalidade.

Os índices de desempenho oferecem aos tomadores de decisão os elementos necessários para uma avaliação de países ou regiões. Becker e colaboradores (2017) reforçam o uso de índices para

avaliar o desenvolvimento humano, sustentabilidade, corrupção percebida, inovação, competitividade e outros fenômenos complexos, os quais não podem ser diretamente mensurados ou que não são unicamente definidos.

Embora existam vários esforços internacionais, é questionável quais indicadores devem compor um “índice de desempenho” capaz de avaliar o progresso do país em direção ao desenvolvimento sustentável (Tasaki e Kameyana, 2015). Após a conferência Rio +20, guiados por uma aspiração global e discussões multilaterais, cada governo estabeleceu suas próprias metas de desenvolvimento sustentável. Sustentabilidade é, portanto, mais do que uma agregação de questões importantes, envolve interligações e uma estrutura de ações governamentais em um sistema socioecológico.

Floridi e colaboradores (2011) reforçam a tensão entre a necessidade de simplificação e a irreduzibilidade epistemológica e ontológica do uso de indicadores capazes de mensurar o desempenho. A avaliação de uma multiplicidade de aspectos econômicos, sociais, ambientais e institucionais dificilmente pode então ser decifrada espacialmente em um único índice (Di Bella et al., 2016). Na construção dos índices de sustentabilidade é importante o uso de métodos adequados para inclusão de indicadores ao esquema de normalização e ao algoritmo de inserção de pesos aos indicadores.

Identifica-se, portanto, a necessidade de desenvolver índices que permitam uma avaliação espacial do desenvolvimento sustentável, tomando por base a seguinte pergunta de pesquisa: *quais indicadores devem compor um índice de desenvolvimento sustentável capaz de avaliar espacialmente a desigualdade entre os municípios?* Este estudo utiliza análise fatorial confirmatória e econometria espacial para construir um índice de desenvolvimento sustentável (IDS), e evidencia as desigualdades dos municípios do estado do Ceará, por meio de mapas da situação social, ambiental, econômica e institucional.

O artigo está estruturado em seções. O referencial teórico aborda a importância do uso de índices de desempenho para mensurar o desenvolvimento sustentável e o processo de construção de índices de sustentabilidade. Em seguida, na metodologia são apresentados o quadro de indicadores e as técnicas para definição dos ponderadores e agregação dos indicadores. Os resultados estão subdivididos em construção do IDS e modelagem econométrica espacial para a construção dos mapas de desigualdades dos municípios do estado do Ceará. Finalizando, a discussão e conclusão confirmam a utilidade do índice de desenvolvimento sustentável como uma ferramenta para elaboração de políticas públicas na região do semiárido nordestino.

## 2. IMPORTÂNCIA DO USO DE ÍNDICES DE DESEMPENHO PARA MENSURAR O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais do desenvolvimento sustentável são complexas e envolvem sinergias e relacionamentos de influência mútua. A lista de indicadores capazes de capturar e avaliar a orientação de sustentabilidade é influenciada pela interdependência nestas dimensões. Kates e colaboradores (2001) defendem que o objetivo da mensuração da sustentabilidade é fornecer, aos tomadores de decisão, os elementos de avaliação nos níveis global e local. Essa mensuração deve integrar os sistemas naturais com a sociedade, e auxiliar nas decisões de curto e longo prazo. De acordo com Segnestam (2002), indicadores são usados como ferramenta para obter informações sobre questões que envolvem saúde populacional, clima e bem-estar econômico.

Cornescu e Adam (2014) argumentam que o uso de indicadores permite apenas uma visão parcial do desenvolvimento sustentável e envolve temas específicos. Esses temas incluem as necessidades humanas (*i.e.*, saúde, alimentação, habitação, educação, equidade e segurança), a economia (*i.e.*, padrões de consumo e produção) e os recursos naturais renováveis e não renováveis. Podem envolver também questões ambientais globais (*i.e.*, mudança climática, buraco na camada de ozônio); qualidade ambiental do ar, solo e água; globalização e qualidade das instituições.

Neste sentido, Becker e colaboradores (2017) argumentam que índices de desempenho forçam instituições e governos a questionarem seus padrões e atuam como “forças motrizes” para a mudança no comportamento. A construção de índices de desempenho exige a definição de indicadores e deve também considerar as necessidades e expectativas dos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

As Nações Unidas adotaram um novo conjunto de metas e indicadores para o desenvolvimento sustentável (UN, 2016). É importante que os indicadores escolhidos reflitam não apenas o conhecimento das instituições governamentais, mas também as expectativas da sociedade. Tasaki e Kameyama (2015) reforçam a necessidade de ter informações disponíveis e a promoção de um diálogo contínuo com a sociedade para a construção de índices de desempenho, alinhados com as particularidades de um país ou região.

As interligações entre aspectos ambientais, econômicos e sociais são difíceis de serem capturadas e refletidas nas medições e tendências ao longo do tempo (Cook et al., 2017). De acordo com Moldan, Janoušková e Hák (2012), o valor absoluto do índice (ou indicador) não é tão importante quanto a possibilidade de comparar os resultados alcançados. Apesar de os países apresentarem certa similaridade, não é possível afirmar qual o melhor modelo de desenvolvimento sustentável. De acordo com Cornescu e Adam (2014), existem diferenças de localização geográficas, de recursos naturais, de governança e de políticas econômicas que impactam as metas a serem alcançadas.

## 2.1 ENTENDENDO O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE

Alguns índices são amplamente utilizados no monitoramento de políticas públicas, comunicação com o público ou na geração de um *ranking* de desempenho. Exemplos incluem o Human Development Index (Jahan, 2015), o Genuine Progress Indicator (Talberth, Cobb e Slattery, 2007), o Index of Sustainable Economic Welfare (Chelli, Ciommi, Gigliarano, 2013); o Environmental Performance Index (HSU, 2016) e o City Development Index (Singh et al., 2012).

O Human Development Index (Índice de Desenvolvimento Humano — IDH) foi criado para ser um contraponto do PIB para medir o desenvolvimento. É um índice que pretende apresentar uma medida geral do desenvolvimento humano, baseado em três pilares: (a) expectativa de vida (saúde); (b) acesso ao conhecimento (educação); e (c) renda nacional bruta *per capita* (padrão de vida). Observa-se, no entanto, que o IDH não analisa questões como democracia, participação, equidade e sustentabilidade (Jahan, 2015).

O Genuine Progress Indicator (GPI) é outra medida para corrigir as deficiências do PIB, por incorporar aspectos não monetários ou não ligados à economia de mercado, tais como desigualdade social e deterioração ambiental (Talberth, Cobb e Slattery, 2007). O Index of Sustainable Economic Welfare (Isew) mede a proporção da atividade econômica que ocasiona bem-estar às pessoas (Chelli, Ciommi, Gigliarano, 2013). O Isew considera desigualdades, dispêndio público com saúde e educa-

ção, atentando também aos custos ambientais (custo de emissão de gases, depreciação ambiental). Neumayer (2000) critica, no entanto, a inclusão ou exclusão arbitrária de componentes no Isew que contribuem para o bem-estar econômico.

O Environmental Performance Index (EPI) é construído por meio do cálculo e agregação de 20 indicadores combinados em nove categorias temáticas que se encaixam nos objetivos de saúde ambiental ou vitalidade do ecossistema. O EPI não aborda, portanto, outras dimensões de sustentabilidade e restringe-se à dimensão ambiental. Finalmente, o City Development Index (CDI) avalia a infraestrutura (domicílios com água potável, canalização, eletricidade e telefone) e o índice de resíduos (líquidos e sólidos) não tratados (Singh et al., 2012). Observa-se que, para o contexto de sustentabilidade, o CDI limita-se a uma avaliação da pobreza e governança urbana.

Segundo Gan e colaboradores (2017), o processo de construção de um índice de sustentabilidade inclui três passos: (a) seleção de indicadores; (b) definição de ponderadores; e (c) agregação desses indicadores em um único índice. Existem diversos métodos para a seleção de indicadores, geralmente, envolvendo um processo *bottom-up* ou *top-down*. Uma abordagem *bottom-up* envolve a compilação de um conjunto final de indicadores depois da integração da percepção de vários *stakeholders* (Chamaret et al., 2007). A abordagem *top-down* utiliza o conhecimento de especialidades para definir os indicadores que respondam as metas existentes.

Cook e colaboradores (2017) propõem um processo em cinco estágios para seleção dos indicadores para compor índices de sustentabilidade. No primeiro estágio, ocorre a formação do time de *experts* que possuem uma robusta definição da sustentabilidade e clareza sobre as interações entre os processos, temas e questões que serão tratados. Em seguida, é identificado um “conjunto de indicadores” usando a técnica de “grupo focal” e exercícios de *brainstorming* com especialistas, independentemente da disponibilidade dos dados.

No terceiro estágio, ocorre a definição dos critérios para a seleção de indicadores. Em seguida, ocorre a escolha ou rejeição de indicadores, de acordo com o grau de aderência com os critérios de seleção (*i.e.*, relevância política, utilidade, múltiplos aspectos, facilidade de interpretação, disponibilidade e qualidade dos dados). Finalmente, no quinto estágio são estabelecidas metas para cada um dos indicadores aceitos.

Finalizada a seleção de indicadores, ocorrem as fases de definição dos ponderadores e agregação dos indicadores. Essas duas fases são críticas para medir a contribuição de diferentes dimensões de sustentabilidade na construção e confiabilidade do índice. Gan e colaboradores (2017) observaram que na fase de ponderação de indicadores podem ser considerados pesos iguais para os indicadores, podem ser adotados métodos estatísticos para definição dos pesos (*i.e.*, análise de componentes principais, análise fatorial, modelos de regressão e modelos com componentes não observados) ou métodos participatórios (*i.e.*, baseados em alocação de recursos, opinião pública, análise conjunta e processos analíticos hierárquicos).

Para a agregação dos indicadores, podem ser adotados métodos de agregação aditivos, de agregação geométrica (*i.e.*, modelagem econométrica espacial) ou métodos de agregação não compensatórios. Neste sentido, Singh e colaboradores (2012) recomendam que os métodos para definição de ponderadores e agregação dos indicadores devem ser cuidadosamente escolhidos, de acordo com os propósitos do índice de sustentabilidade e as metas a serem alcançadas; as comparações realizadas ao longo do tempo, da localização ou de situações; e a necessidade de antecipação de condições futuras ou tendências.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E DEFINIÇÃO DO QUADRO DE INDICADORES

Esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa em relação à natureza dos dados e à abordagem do problema. Quanto aos meios, a pesquisa é bibliográfica e utiliza dados secundários. De acordo com Collis e Hussey (2005), quanto ao objetivo, a pesquisa enquadra-se em analítica, empregando método estatístico.

Ela utilizou dados populacionais e geográficos do estado do Ceará, representado pelos 184 municípios que o formam. Foi realizado um corte transversal do ano de 2010, referente aos indicadores de desenvolvimento sustentável disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece) e Departamento de Informação do Sistema Único de Saúde (Datasus).

Fenômenos socioeconômicos são complexos e difíceis de serem medidos e avaliados. Complexidade também implica multidimensionalidade, e no caso do IDS compreendem as quatro dimensões: social, ambiental, econômica e institucional. O quadro 1 apresenta temas, subtemas, indicadores adotados para cada dimensão do IDS e a fonte para a coleta de dados. A construção do índice de desenvolvimento sustentável teve como base os temas propostos no guia da Comissão de Desenvolvimento Humano (UN, 2001) e indicadores de sustentabilidade utilizados pelo IBGE (2012).

**QUADRO 1** INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ADOTADOS NA CONSTRUÇÃO DO IDS

DIMENSÃO SOCIAL			
Tema	Subtema	Indicador	Fonte*
Equidade	Pobreza	Domicílios com renda abaixo da linha da pobreza (%)	IBGE
		População em extrema pobreza (%)	Ipece
		Rendimento médio mensal (ln)	Ipece
	Igualdade de Gêneros	Razão entre a média salarial feminina e a masculina	Ipece
Saúde	Condições Nutricionais	Proporção de crianças abaixo do peso (< 2 anos)	Datasus
	Mortalidade	Taxa de mortalidade abaixo de cinco anos de idade	Datasus
		Taxa de mortalidade (< 1 ano)	
	Cuidados com a Saúde	Crianças menores de um ano com vacinação em dia (%)	Datasus
		Crianças nascidas com pré-natal (> sete consultas)	Ipece
		Razão de leitos por mil habitantes	Ipece
	Abastecimento e Rede de Esgoto	Razão de Unidades de Saúde por mil habitantes	IBGE
Moradores com acesso à rede de esgoto (%)			
		Moradores com acesso à rede de abastecimento de água (%)	

*Continua*

DIMENSÃO SOCIAL			
Tema	Subtema	Indicador	Fonte*
Educação	Nível de Educação	Taxa de escolarização no ensino infantil	Ipece
		Taxa de escolarização no ensino fundamental	
População	Alfabetização Mudanças Populacionais	Taxa de escolarização no ensino médio	Ipece
		Taxa de alfabetização (10 ou mais anos)	Ipece
		Taxa de urbanização (%)	Ipece
		Taxa de crescimento populacional	Ipece
DIMENSÃO AMBIENTAL			
Tema	Subtema	Indicador	Fonte
Atmosfera	Mudanças Climáticas	Risco de fogo (frequência de focos no ano)	Inpe
		Climatologia	Ipece
Solo	Agricultura Desertificação	Áreas plantadas (%)	Ipece
		Índice de aridez	Ipece
		Áreas degradadas (%)	
Água doce	Quantidade de Água	Susceptíveis à desertificação	Ipece
		Bacias hidrográficas (ln)	
		Escoamento superficial	
Biodiversidade	Ecossistema	Distribuição de chuvas	Ipece
		Precipitação observada	
		Unidades de conservação como % da área total	MMA
DIMENSÃO ECONÔMICA			
Tema	Subtema	Indicador	Fonte
Estrutura econômica	Quadro Econômico	PIB <i>per capita</i>	Ipece
		Receita geral da União por município (ln)	
		Receita tributária do município (ln)	
		Balança comercial (ln)	
Padrões de produção e consumo	Comércio	Valor adicionado a preços básicos da indústria (%)	Ipece
		Valor adicionado a preços básicos de serviços (%)	
		Proporção de domicílios com acesso à energia elétrica	
Consumo medido de energia (ln <i>per capita</i> )			
	Coleta Seletiva	Domicílios com acesso ao serviço de coleta de lixo (%)	IBGE
DIMENSÃO INSTITUCIONAL			
Tema	Subtema	Indicador	Fonte
Organização Social	Capacidade Institucional	Articulações intermunicipais	IBGE
		Conselho municipal de meio ambiente	
		Taxa de eleitores analfabetos	
		Taxa de eleitores que leem e escrevem	
		Proporções de abstenções nas eleições (média dos dois turnos)	
Perda de safra (%)			

Fonte: UN (2001); IBGE (2012).

Os critérios para a escolha destes indicadores seguem os pressupostos apresentados por Pissourios (2013). No caso dos indicadores sociais, devem resumir a necessidade de uma maior equidade na

distribuição de renda e melhoria da infraestrutura. No caso dos indicadores ambientais, devem refletir aspectos físicos do meio ambiente ou atividades humanas que geram significativos impactos no ar, água, solo e biodiversidade. Na dimensão econômica, os indicadores macroeconômicos refletem flutuações na economia e os padrões de produção e consumo. Por fim, a dimensão institucional é representada pela organização da sociedade e a construção da capacidade institucional para promover o bem-estar.

### **3.2 CÁLCULO DOS PONDERADORES DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Partindo do conjunto de indicadores apresentados no quadro 1, foram calculados os ponderadores do Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS) por meio da análise fatorial confirmatória (AFC). Ajustou-se um modelo reflexivo, uma vez que o nível de desenvolvimento em cada dimensão reflete-se nos respectivos indicadores. A importância relativa dos indicadores e das dimensões é dada pelos pesos fatoriais e optou-se por um método de agregação aditivo. Assim, o escore de cada dimensão foi calculado como a média ponderada dos valores observados para os respectivos indicadores, considerando ponderadores os pesos fatoriais. Da mesma forma, o IDS representa uma média ponderada dos escores das quatro dimensões.

A utilização da AFC, ao invés da análise fatorial exploratória (AFE), decorre de a AFC impor restrições sobre os indicadores das dimensões predefinidas (*i.e.*, social, ambiental, econômica e institucional). Hair Jr. e colaboradores (2005) justificam que a AFC testa uma relação pré-especificada. E Marôco (2010) afirma que a AFC pode ser usada para avaliar a qualidade de ajustamento de uma estrutura predefinida à estrutura correlacional observada entre as variáveis manifestas (indicadores).

Para verificar a validade e a confiabilidade do IDS proposto, foram seguidas as recomendações de Marôco (2010). A validade fatorial foi verificada pelos pesos fatoriais padronizados; a validade convergente, pela variância média extraída (VME); e a validade discriminante, pela comparação do quadrado do coeficiente de correlação ( $R^2$ ) entre os fatores e a VME de cada um deles. A confiabilidade foi verificada pelos coeficientes de confiabilidade compósita e alfa de Cronbach. A qualidade do ajustamento foi avaliada por meio de índices de ajuste absoluto ( $\chi^2$  dividido pelo número de graus de liberdade ( $\chi^2/gl$ ) e Goodness of Fit Index (GFI)), de ajuste relativo (Comparative Fit Index (CFI) e Tucker-Lewis Index (TLI)) e de ajuste parcimonioso (Parsimony CFI (PCFI)).

Após o cálculo dos escores das variáveis latentes, foi realizada uma padronização dos indicadores, de modo a convertê-los no intervalo de zero a um. Assim, o IDS padronizado de cada município corresponde à diferença entre o valor do índice do município e o valor mínimo das observações, dividindo pela diferença entre os valores dos índices máximo e mínimo dos municípios observados. Desse modo, pode-se visualizar comparativamente o resultado dos municípios do estado do Ceará.

### **3.3 AGREGAÇÃO DOS INDICADORES POR MEIO DE MODELAGEM ECONOMÉTRICA ESPACIAL**

O IDS padronizado de cada município serviu para a formação de um processo estocástico espacial, isto é, uma sequência de variáveis aleatórias ordenadas segundo o critério geográfico, formando dados espaciais. Almeida (2012) explica que dados espaciais constituem uma amostra de pontos ou áreas, em uma distribuição espacial contínua, que permitem identificar a força de associação entre os pares de localidades.

A análise espacial tem como conceitos básicos a dependência e a autocorrelação espacial, as quais expressam uma relação de dependência entre a ocorrência do fenômeno e a distância ou espaço



geográfico em que ocorre (Embrapa, 2004). Almeida (2012) explica que a autocorrelação espacial significa que cada valor apresentado por uma variável de interesse em uma região tende a ser associada ao valor dessa variável em outras regiões vizinhas. Assim, a análise espacial é composta por um conjunto de procedimentos encadeados, cuja finalidade é gerar um modelo inferencial que adicione a variável espacial como explicativa do fenômeno.

Conforme Haining (2003), a representação de fenômenos geográficos é usualmente identificada por quatro categorias: pontos, linhas, áreas e superfícies. Neste estudo, foi adotada a representação por área, que permitiu uma análise comparativa dos municípios cearenses. Após definição da categoria de representação espacial, segue-se com a etapa de identificação da dependência espacial. Na estimação da dependência do atributo de uma região para suas vizinhas, utilizam-se índices de autocorrelação espacial, como os índices globais de Moran e de Geary, e os variogramas (Embrapa, 2004).

Almeida (2012) ensina que, para construir uma estatística de autocorrelação espacial, são necessários três elementos: medida de autocovariância; medida de variância dos dados; e matriz de ponderação espacial. Para identificar a autocorrelação espacial, inicialmente, deve-se formar uma matriz de covariâncias das regiões estudadas, isto é, uma matriz com dimensão  $n$  por  $n$ , para mensurar a dependência espacial. Essa matriz pode ser construída por meio da abordagem geoestatística, em que observações são classificadas a partir da distância entre elas, ou pela abordagem paramétrica, em que há o arranjo da ocorrência das interações espaciais.

Em seguida, especifica-se uma matriz de ponderação espacial ( $W$ ) que procura refletir o arranjo espacial das interações, resultado da variável observada. Conforme Almeida (2012), cada interação entre regiões é observada por uma célula dessa matriz, sendo designada de “peso espacial”. Para mensurar o grau de conexão entre as regiões, utiliza-se, geralmente, a proximidade entre elas, podendo esta ser expressa por um critério geográfico, socioeconômico ou de outra natureza que seja relevante para o fenômeno estudado. O critério de conexão geográfico define-se de acordo com a contiguidade e/ou com a distância geográfica, segundo determinada métrica.

De acordo com Almeida (2012), devido ao variado tipo de matrizes de ponderação espacial, corre-se o risco de selecionar arbitrariamente um dos tipos e este não ser o melhor. Para contornar essa arbitrariedade, procede-se com um teste de diagnóstico para tentar capturar o máximo de dependência espacial. O procedimento é feito por três passos: estimar o modelo clássico de regressão linear; testar os resíduos desse modelo para a autocorrelação espacial, usando o índice global de Moran ( $I$ ) para um conjunto de matrizes  $W$ . E, por fim, selecionar a matriz de pesos espaciais que tenha gerado o maior valor significativo do índice global de Moran ( $I$ ).

O índice global de Moran ( $I$ ) expressa a autocorrelação de vizinhos. Esse índice serve para testar a hipótese de correlação entre vizinhos, ou seja, é um teste de independência espacial. De acordo com Neves e colaboradores (2000), o índice global de Moran ( $I$ ) fornece uma medida geral da associação espacial, variando seu valor de  $-1$  a  $1$ . Os valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial, e indicam ausência de interação entre os valores dos objetos e seus vizinhos. Valores de autocorrelação positivos indicam que o atributo de um objeto é similar ao dos seus vizinhos; enquanto valores negativos indicam autocorrelação negativa.

O estudo fez uma análise preliminar da autocorrelação, identificando a distância geográfica, isto é, a definição de pesos espaciais entre duas regiões, de modo que duas regiões próximas geograficamente tenham maior interação espacial. Em seguida, foi construída a matriz de ponderação espacial,

com a formação de uma matriz espacial binária, tomando por base o vizinho mais próximo pela distância geográfica. A pesquisa também utilizou autocorrelação espacial local. De forma semelhante, Shen e Guo (2014) quantificaram um índice de sustentabilidade urbana, usando análise espacial de autocorrelação global e local.

Neves e colaboradores (2000) explicam que o Índice Local de Associação Espacial (Lisa — Local Indicator of Spatial Association) fornece um valor específico para cada objeto, permitindo identificar agrupamentos de objetos com valores semelhantes (*clusters*), objetos anômalos (*outliers*) e de mais um regime espacial. Almeida (2012) complementa que o índice local de Moran ou Lisa tem a capacidade de capturar padrões locais de autocorrelação espacial.

Os pacotes estatísticos SPSS20® e Analysis of Moment Structures (Amos) foram utilizados para aplicação da AFC e construção do IDS. Programação em R: *A language and environment for statistical computing* (R Core Team, 2008), destacando-se os pacotes *spdep* (dados de área), *splancs* e *spatstat* (análise de padrões pontuais), foi adotada para realizar a estatística espacial. Os resultados mostram o processo de construção do IDS e dos mapas das desigualdades sociais, ambientais, econômicas e institucionais dos municípios do estado do Ceará, evidenciando localizações geográficas e os estágios de desenvolvimento.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A análise estatística dos dados, com vista à construção do IDS, iniciou com a aplicação da AFC, considerando todos os indicadores apresentados no quadro 1. De modo a assegurar a validade fatorial do modelo de AFC, foram retirados, um a um, indicadores com peso fatorial não significativo a 5%. Em seguida, foram excluídos indicadores de menor peso fatorial, de modo a que as VME de todas as dimensões atingissem valores superiores a 0.5 (*i.e.*, 0,575 para a social; 0,548 para a ambiental; 0,605 para a econômica e 0,589 para a institucional), verificando-se assim a validade convergente do modelo de AFC.

Os primeiros 10 indicadores retirados foram: “Conselho municipal de meio ambiente”, “Razão entre a média salarial feminina e a masculina”, “Taxa de escolarização no ensino infantil”, “Taxa de escolarização no ensino fundamental”, “Taxa de mortalidade (< 1 ano)”, “Crianças nascidas com pré-natal”, “Crianças menores de um ano com a vacinação em dia”, “Razão de unidades de saúde por mil habitantes”, “Escoamento superficial” e “Áreas degradadas”. Em seguida, foram retirados oito indicadores: “Taxa de mortalidade abaixo de cinco anos de idade”, “Razão de leitos por mil habitantes”, “Unidades de conservação como % da área total”, “Precipitação observada”, “Balança comercial”, “Taxa de escolarização no ensino médio”, “Bacias hidrográficas” e “Articulações intermunicipais”. Desse procedimento prevaleceram 27 indicadores, que representam as quatro dimensões de sustentabilidade.

Para avaliar a validade discriminante das quatro dimensões do desenvolvimento sustentável consideradas, comparou-se o  $R^2$  entre pares de dimensões com as respectivas VME. A maioria das comparações indicou boa validade discriminante, com valores de  $R^2$  inferiores aos VEM, exceto no que diz respeito à dimensão social, quando relacionada com as dimensões institucional e econômica, conforme apresentado na tabela 1.

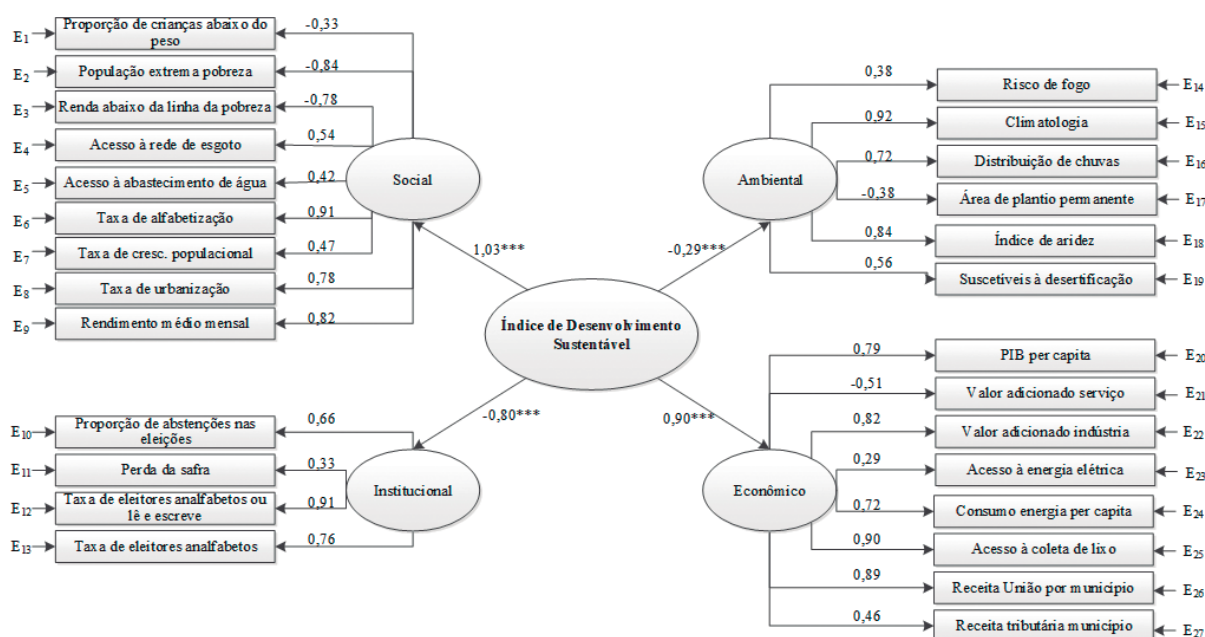
**TABELA 1** QUADRADOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES DO IDS

Relacionamentos			Relacionamentos			Relacionamentos		
		R <sup>2</sup>			R <sup>2</sup>			R <sup>2</sup>
Social	Ambiental	.088	Ambiental	Institucional	.365	Institucional	Econômica	.528
	Institucional	.691		Econômica	.044			
	Econômica	.869						

Fonte: Calculada no SPSS20® com base nos dados da pesquisa.

Por meio da AFC de segunda ordem, essas dimensões e respectivos indicadores foram utilizados para estimar pesos fatoriais que constituíram os ponderadores para o cálculo do IDS e de índices por dimensão, conforme ilustrado na figura 1. A dimensão social contribui com uma construção positiva do índice e apresenta peso fatorial significativo de 1,03, constituindo a principal dimensão para a formação do IDS. Pesos negativos foram observados nos indicadores que representam atraso no desenvolvimento social, tais como: “domicílios com renda abaixo da linha da pobreza”, “população em extrema pobreza” e “proporção de crianças abaixo do peso (< 2 anos)”. Os indicadores com pesos positivos envolvem componentes para o desenvolvimento social, tais como: “taxa de alfabetizados”, “taxa de urbanização” e “rendimento médio mensal”.

**FIGURA 1** ANÁLISE FATORIAL CONFIRMATÓRIA DE SEGUNDA ORDEM DO IDS E SUAS DIMENSÕES SOCIAL, AMBIENTAL, ECONÔMICA E INSTITUCIONAL PARA OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ



Fonte: Calculada no Amos com base nos dados da pesquisa.

\*\*\*0,01.

A dimensão econômica apresenta peso fatorial positivo de 0,90 e possui influência significativa na formação do desenvolvimento sustentável. Os indicadores que compõem essa dimensão possuem peso positivo, com exceção do indicador “valor adicionado a preços básicos de serviço”. O peso negativo pode ser explicado pelo *trade-off* com o indicador “valor adicionado a preços básicos da indústria”, ou seja, uma maior participação da indústria implica a redução da participação dos serviços.

A dimensão institucional possui uma influência negativa e significativa para a formação do IDS, sendo o peso fatorial de -0,80. O indicador de maior influência envolve a “taxa de eleitores que leem e escrevem”, e representa a baixa participação do cidadão nos processos políticos. Por fim, a dimensão ambiental apresenta peso fatorial significativo e negativo de 0,29. O indicador de maior influência nessa dimensão envolve “climatologia” e representa a média de precipitação pluviométrica dos municípios nos últimos 30 anos.

Na tabela 2 observam-se valores superiores a 0,75 para todos os coeficientes de confiabilidade compósita e alfas de Cronbach, indicando boa confiabilidade do IDS e das suas dimensões.

**TABELA 2** MEDIDAS DE CONFIABILIDADE DO IDS E DE SUAS DIMENSÕES

Medidas de Ajustamento	Dimensão				
	IDS	Social	Ambiental	Econômica	Institucional
Confiabilidade Compósita	0,904	0,918	0,868	0,918	0,839
Alfa de Cronbach	0,796	0,805	0,756	0,871	0,759

Fonte: Calculada no SPSS20® com base nos dados da pesquisa.

Para estudar o IDS e os índices por dimensão do desenvolvimento sustentável, determinados a partir da AFC, começou-se por uma breve análise estatística descritiva, apresentada na tabela 3, seguindo-se sua análise espacial na seção 4.2.

**TABELA 3** ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUAS DIMENSÕES

Índice	Média	Desvio-padrão	Percentis		
			25	50	75
Índice de Desenvolvimento Sustentável	0,3075	0,1786	0,1886	0,2659	0,3948
Social	0,3310	0,1670	0,2118	0,3002	0,4164
Ambiental	0,6704	0,1957	0,5615	0,7113	0,8143
Econômico	0,2595	0,1633	0,1649	0,2121	0,3092
Institucional	0,6479	0,1761	0,5294	0,6664	0,7686

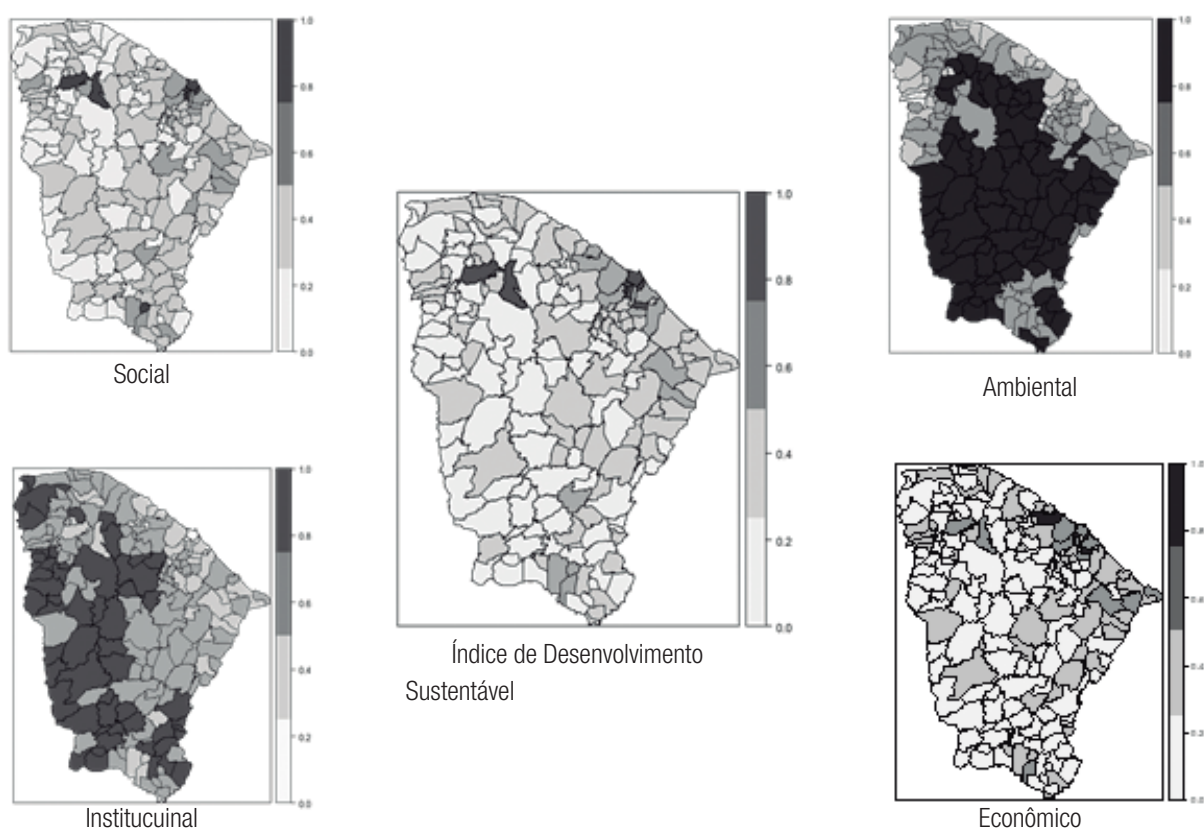
Fonte: Calculada no SPSS20® com base nos dados da pesquisa.

Destaca-se que as dimensões ambiental e institucional têm médias superiores a 0,5 e exercem uma influência negativa no IDS, confirmando a carência do desenvolvimento nessas dimensões. Os resultados também indicam que 75% dos municípios apresentam baixo desenvolvimento nas quatro dimensões.

#### 4.2 MODELAGEM ESPACIAL PARA MEDIR A DESIGUALDADE NOS MUNICÍPIOS CEARENSES

A modelagem econométrica espacial teve início com a padronização dos indicadores formados pela análise fatorial confirmatória, determinando valor 1 para o município com maior índice e 0 para o município com menor índice. Evidencia-se inequidade entre os municípios do estado do Ceará, conforme o posicionamento geográfico apresentado na figura 2.

**FIGURA 2** ANÁLISE ESPACIAL GLOBAL DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUAS DIMENSÕES PARA OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ



Fonte: Calculada no R com base nos dados da pesquisa.

As cores mais escuras no mapa indicam valores mais próximos de 1 e representam um melhor nível de desenvolvimento, com exceção na dimensão ambiental, onde as áreas mais escuras indicam

impactos mais acentuados. Existem poucos municípios com alto desenvolvimento sustentável (geral ou por dimensão). Os municípios mais desenvolvidos fazem parte dos centros econômicos (urbanos e industriais) do estado, com maior presença industrial nas regiões metropolitanas de Fortaleza, Cariri e Microrregião de Sobral.

O índice global de Moran ( $I$ ) identifica a autocorrelação espacial entre os municípios. Ao testar as matrizes de pesos espaciais que comporiam o índice global de Moran ( $I$ ), a matriz por distância geográfica foi a mais adequada para identificar as associações. Os valores para o IDS e suas dimensões ambiental, social, econômica e institucional apresentaram associação positiva entre municípios vizinhos, conforme mostrado na tabela 4. Os valores de autocorrelação indicam alta associação espacial entre as localidades para o atributo analisado, cujo valor é similar entre municípios vizinhos.

**TABELA 4** ÍNDICE GLOBAL DE MORAN ( $I$ ) PARA K VIZINHOS OU DISTÂNCIA

Matriz de Pesos Espaciais	Índice Global de Moran ( $I$ )				
	Ambiental	Social	Econômica	Institucional	IDS
Matriz (primeiro vizinho próximo)	0,7741	0,5162	0,5810	0,6871	0,6510

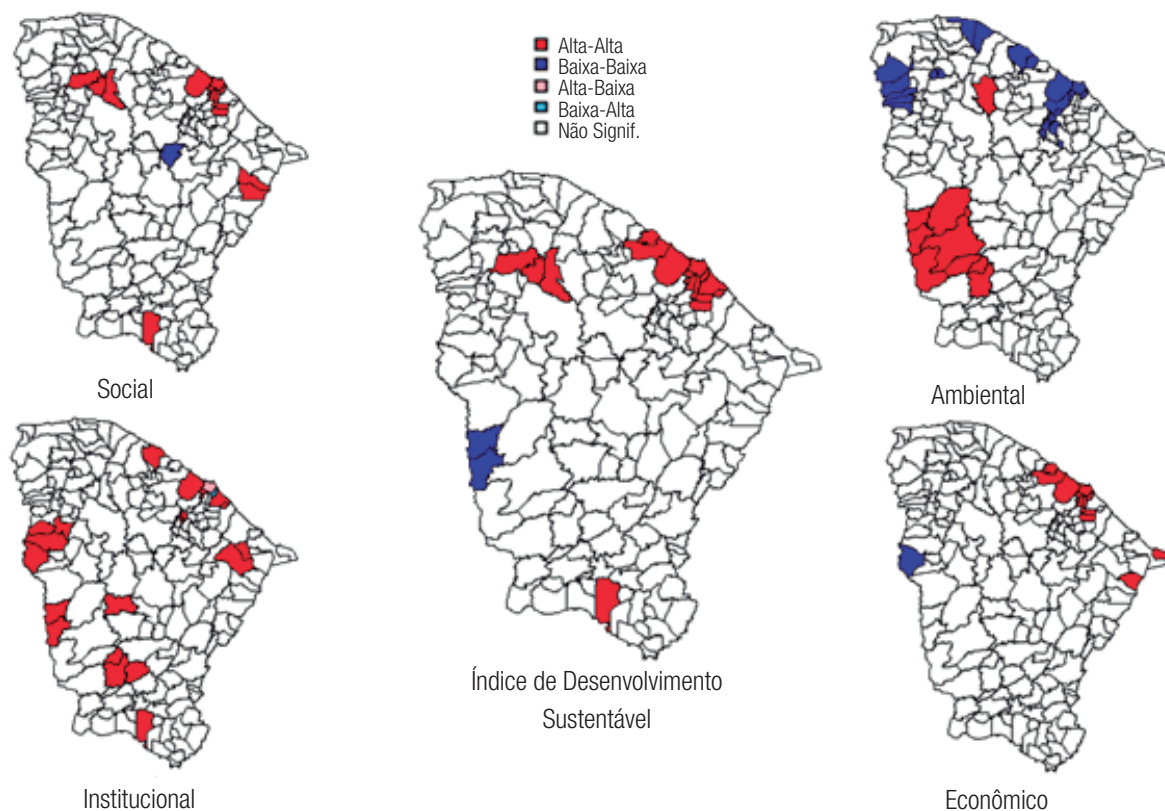
Fonte: Calculada no R com base nos dados da pesquisa.

Além das informações levantadas pelo índice global de Moran ( $I$ ), utilizou-se também a autocorrelação espacial local, o Lisa, como forma de identificar agrupamentos locais do estado. Assim, têm-se os mapas da análise Lisa (figura 3), evidenciando-se os agrupamentos de associação espacial nas dimensões pelo índice local de Moran com significância de 5%. As legendas Alta-Alta informam associação positiva entre as duas regiões vizinhas; Baixa-Baixa informam associação negativa; Alta-Baixa e Baixa-Alta por apresentarem associação de valores inversos entre as regiões vizinhas.

Para o Índice de Desenvolvimento Sustentável, o Lisa identificou associações Alta-Alta nos principais centros urbanos como na RME, Sobral e Cariri. As associações Baixa-Baixa ocorrem nos municípios localizados na região do Sertão dos Inhamuns. Para a dimensão social, o Lisa evidenciou associação Alta-Alta nos principais municípios do estado, isto é, nas cidades com grande desenvolvimento urbano. Identifica-se uma associação local espacial Alta-Alta dos municípios de Fortaleza, Maracanaú, Sobral, Caucaia, Eusébio; na região do Crato e região de Sobral. Uma associação Baixa-Baixa no interior centro-oeste do estado do Ceará, na região do Choró.

Para a dimensão ambiental, o Lisa identificou associação Baixa-Baixa dos municípios circunvizinhos do maior centro urbano do estado, em localidades conhecidas pela proteção ambiental como Ubajara e circunvizinhas, e regiões do litoral conhecidas pelas belezas naturais. E associação Alta-Alta em Tauá, Independência e suas circunvizinhas, níveis com baixo desenvolvimento ambiental.

**FIGURA 3** MAPAS DA ANÁLISE LISA (AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL LOCAL) DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUAS DIMENSÕES PARA OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO CEARÁ



Fonte: Calculada no R com base nos dados da pesquisa.

Na dimensão econômica, o Lisa identificou associação Alta-Alta nos principais municípios do estado, isto é, nos principais centros urbanos e econômicos. O mapa Lisa da dimensão institucional apresentou associações Alta-Alta e Alta-Baixa. Nos municípios circunvizinhos que englobam a RME, Fortaleza e Eusébio apresentaram valores abaixo de 0,5; nas outras regiões foram identificadas associação Alta-Alta, o que indica necessidade de melhoria no campo institucional.

## 5. DISCUSSÃO

O desenvolvimento e a validação do IDS tornaram possível examinar espacialmente importantes desigualdades entre os municípios cearenses. O IDS comprova a possibilidade de usar agregação geométrica para espacialmente detectar padrões de sustentabilidade e simplifica as complexas interações entre indicadores nas dimensões social, ambiental, econômica e institucional. Gestores podem usar o IDS como uma ferramenta capaz de avaliar, ao longo do tempo, a implementação de políticas públicas para balancear e minimizar disparidades entre municípios.

A pesquisa indicou que as políticas públicas implementadas no estado do Ceará priorizaram as dimensões econômica e social. Nesse contexto, Tabosa e colaboradores (2008) confirmam resultados satisfatórios no crescimento acumulado e nos índices de desenvolvimento no estado do Ceará. Manso, Barreto e França (2009) mostram que, entre 1995 e 2007, o crescimento da renda foi de 19,04% e reduziu em 22,8% o número de pobres. No entanto, esses valores são inferiores ao desempenho nordestino e à variação nacional, respectivamente.

A dimensão econômica do IDS mostrou distorções em relação à distribuição de renda. Evidências desse desequilíbrio também foram constatadas nos estudos de Macedo, Ferreira e Cípola (2011), Bar-el (2005) e Bar-el e colaboradores (2002). A análise Lisa confirmou as desigualdades inter-regionais. Resultados semelhantes foram mencionados por Bar-el e Schwartz (2006), os quais evidenciam que a política macroeconômica no estado do Ceará não resolveu os altos níveis de pobreza e as lacunas entre a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e os demais municípios do interior do estado do Ceará. Bar-el e colaboradores (2002) mostram que apenas 13 municípios são responsáveis por 64,4% da produção cearense.

A dimensão ambiental do IDS revelou uma elevada vulnerabilidade. Grande parte dos municípios cearenses possui clima tropical quente semiárido e está em processo de desertificação. Por outro lado, municípios que apresentaram melhores resultados estão localizados em regiões com clima tropical subquente e subúmido, e possuem áreas de proteção ambiental. A situação climática, aliada a precariedade da renda das famílias rurais, corrobora os resultados da pesquisa de Krol e Bronstert (2007), que identificaram os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o rendimento das culturas e produção agrícola.

Seguindo as orientações de Inácio e colaboradores (2013) e Oliveira, Faleiros e Diniz (2015), a pesquisa reforça a necessidade de mudanças nas estruturas econômicas dos municípios interioranos do estado do Ceará. A redução da disparidade envolve o desenvolvimento de políticas públicas que adequem as necessidades das esferas locais e equilibrem as capacidades regionais, aumentem os níveis de produtividade e promovam um processo de urbanização com baixo impacto ambiental e social.

As contribuições acadêmicas deste estudo são semelhantes a pesquisas realizadas por Shen e Guo (2014), Andion (2003) e Banos-González e colaboradores (2015). A quantificação do IDS, baseado no cálculo de um sistema espacial ponderado de indicadores do IBGE (2012) e UN (2001), proveu uma visão ampla do *status quo* do desenvolvimento nos municípios cearenses. O IDS reduz a complexidade e os conflitos entre as dimensões sociais, econômicas, ambientais e institucionais. Permite uma comunicação eficiente entre diferentes públicos de interesse para a elaboração de políticas públicas; planejamento urbano; avaliação do impacto ambiental; e estabelecimento de redes de voluntários e fóruns civis.

## 6. CONCLUSÃO

O artigo estruturou indicadores de desenvolvimento sustentável e construiu um índice capaz de analisar e georreferenciar diferenças entre os municípios. Na dimensão ambiental, identifica-se uma carência de políticas públicas proativas e de intervenções para o combate à desertificação e à seca, as quais causam também problemas econômicos e sociais. Na dimensão social, identifica-se que a maioria dos municípios, principalmente, do interior e semiárido apresentam níveis baixos de bem-estar.



As áreas mais urbanizadas apresentam uma melhor infraestrutura para atender às necessidades de saúde, educação, energia, abastecimento de água e saneamento básico.

Na dimensão econômica, observa-se uma concentração de níveis altos em municípios industrializados ou pertencentes às grandes áreas urbanas. Consta-se que os municípios distantes das regiões urbanas se baseiam na agropecuária, que gera baixo valor agregado. Na dimensão institucional são identificados baixos níveis de participação política, principalmente, no interior e municípios mais distantes das principais regiões econômicas do estado.

Os baixos valores do IDS corroboram a necessidade de uma ação mais efetiva do poder público na provisão de infraestrutura adequada ao desenvolvimento sustentável. Os mapas fornecem o georeferenciamento das necessidades específicas de cada região do estado e permitem uma melhor avaliação da eficiência das ações governamentais. A análise espacial confirma uma autocorrelação espacial no desenvolvimento dos municípios do estado, e identificam-se associações entre municípios vizinhos.

O IDS permite, portanto, que sejam elaboradas políticas públicas centradas no desenvolvimento conjunto e associativo de municípios circunvizinhos. Kuyumjian, Moulin de Souza e Sant'anna (2014) alertam, no entanto, que os processos de desenvolvimento local, independentemente do tamanho do município, não se consolidam no curto prazo, e que raramente o poder público consegue realizar um rigoroso planejamento com o cumprimento de metas.

Entre as limitações do estudo, observou-se a dificuldade na disponibilidade de dados que possibilitem uma análise mais aprofundada do desenvolvimento do estado do Ceará. O IBGE é a maior fonte de dados para elaborar índices de desempenho. Contudo, algumas bases de dados são incompletas, e não possuem dados de municípios que não fazem parte das principais regiões e cidades brasileiras.

Para futuros estudos, recomenda-se a análise longitudinal do IDS nos municípios cearenses, além da inclusão de variáveis que permitam verificar a efetividade dos gastos públicos para a redução da desigualdade. O IDS apresenta-se, portanto, como um *framework* aberto, o qual pode ser estendido e adaptado para diferentes contextos urbanos, e possibilita uma estratégia eficiente para demonstrar a dinâmica do desenvolvimento sustentável (ou não) para a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eduardo. *Econometria espacial aplicada*. Campinas, SP: Alínea, 2012.
- ANDION, Carolina. Análise de redes e desenvolvimento local sustentável. *Rev. Adm. Pública*, Rio de Janeiro, v. 37, n. 5, p. 1033-1054, set./out. 2003.
- ARAÚJO, Jair A. *Pobreza, desigualdade e crescimento econômico: três ensaios em modelos de painel dinâmico*. Tese (doutorado) — Curso de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- BANOS-GONZÁLEZ, Isabel; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, Julia; ESTEVE-SELMA, Miguel Á. Dynamic integration of sustainability indicators in insular socio-ecological systems. *Ecological Modelling*, v. 306, p. 130-144, 2015.
- BAR-EL, Raphael. *Desenvolvimento econômico regional para a redução da pobreza e desigualdade: o modelo do Ceará*. Fortaleza: Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional, 2005.
- BAR-EL, Raphael et al. *Reduzindo a pobreza através do desenvolvimento econômico do interior do Ceará*. Fortaleza: Edições Iplance, 2002.
- BAR-EL, Raphael; SCHWARTZ, Dafna. Regional development as a policy for growth with equity: the State of Ceara (Brazil) as a model. *Progress in Planning*, v. 65, p. 131-199, 2006
- BARROS, Alexandre R. *Desigualdades regionais no Brasil: natureza, causas, origens e soluções*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- BECKER, William et al. Weights and importance in composite indicators: closing the gap. *Ecological Indicators*, v. 80, p. 12-22, 2017.
- CHAMARET, Aurelie; O'CONNOR, Martin; RÉCOCHÉ, Gilles. Top-down/bottom-up approach for developing sustainable indicators for mining: application to the Arlit uranium mines (Niger). *International Journal of Sustainable Development*, v. 10, n. 1-2, p. 161-174, 2007.
- CHELLI, Francesco M.; CIOMMI, Mariateresa; GIGLIARANO, Chiara. The index of sustainable economic welfare: a comparison of two Italian regions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 81, p. 443-448, 2013.
- COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. *Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- COOK, David et al. Measuring countries' environmental sustainability performance — the development of a nation-specific indicator set. *Ecological Indicators*, v. 74, p. 463-478, 2017.
- CORNESCU, Viorel; ADAM, Roxana. Considerations regarding the role of indicators used in the analysis and assessment of sustainable development in the E.U. *Procedia Economics and Finance*, v. 8, p. 10-16, 2014.
- DI BELLA, Enrico et al. Wellbeing and sustainable development: a multi-indicator approach. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 8, p. 784-791, 2016.
- EMBRAPA. *Análise espacial de dados geográficos*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.
- FLORIDI, Matteo et al. An exercise in composite indicators construction: assessing the sustainability of Italian regions. *Ecological Economics*, v. 70, p. 1440-1447, 2011.
- FUJIWARA, Akimasa et al. Evaluating sustainability of urban development in developing countries incorporating dynamic cause-effect relationships over time. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, v. 6, p. 4349-4364, 2005.
- GAN, Xiaoyu et al. When to use what: methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators*, v. 81, p. 491-502, 2017.
- HAINING, Robert P. *Spatial data analysis: theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- HAIR, Joseph F. et al. *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HSU, Angel. *Environmental performance index: technical report*. New Haven, CT: Yale University, 2016.
- IBGE. *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. IBGE, 2012. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 fev. 2013.
- INÁCIO, Raoni de Oliveira et al. Desenvolvimento regional sustentável: abordagens para um novo paradigma. *Desenvolvimento em Questão*, v. 11, n. 24, p. 6-40, 2013.

- JAHAN, Selim. *Human development report*, technical report. New Haven, CT: Yale University, 2015.
- KATES, Robert W. et al. Sustainability science. *Science*, v. 292, n. 5517, p. 641-642, 2001.
- KROL, Maarten S.; BRONSTERT, Axel. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. *Environmental Modelling & Software*, v. 22, n. 2, p. 259-268, 2007.
- KUYUMJIAN, Rodrigo; MOULIN DE SOUZA, Eloisio; SANT'ANNA, Sérgio R. de. Uma análise a respeito do desenvolvimento local: o empreendedorismo social no Morro do Jaburu-Vitória (ES), Brasil. *Rev. Adm. Pública*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 6, nov./dez., p. 1503-1524, 2014.
- MACEDO, Marcelo A. da S.; FERREIRA, Antônio F. R.; CÍPOLA, Fabricio C. Análise do nível de sustentabilidade das unidades federativas do Brasil e de suas capitais: um estudo sob as perspectivas econômica, social e ambiental. *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 5, n. 3, p. 73-89, 2011.
- MANSO, Carlos A.; BARRETO, Flávio A. F. D.; FRANÇA, João M. S. O crescimento econômico no Ceará foi a favor dos mais pobres? Evidências comparativas com o Nordeste e o Brasil a partir do desempenho do mercado de trabalho nas zonas urbanas, metropolitanas e rurais. In: CARVALHO, Eveline B. S.; HOLANDA, Marcos C.; BARBOSA, Marcelo P. *Economia do Ceará em debate 2008*. Fortaleza, CE: Ipece, 2009. p. 159-177.
- MARÔCO, João. *Análise de equações estruturais: fundamentos teóricos, software & aplicações*. Perô Pinheiro: Report Number, Lda, 2010.
- MOLDAN, Bedřich; JANOUŠKOVÁ, Svatava; HÁK, Tomáš. How to understand and measure environmental sustainability: indicators and targets. *Ecological Indicators*, v. 17, p. 4-13, 2012.
- NEUMAYER, Eric. On the methodology of Isew, GPI and related measures: some constructive suggestions and some doubt on the 'threshold' hypothesis. *Ecological Economics*, v. 34, n. 3, p. 347-361, 2000.
- NEVES, Marcos C. et al. *Análise exploratória espacial de dados socioeconômicos de São Paulo*. Salvador: GIS Brasil2000, 2000.
- OLIVEIRA, Lya C. P. de; FALEIROS, Sarah M.; DINIZ, Eduardo H. Sistemas de informação em políticas sociais descentralizadas: uma análise sobre a coordenação federativa e práticas de gestão. *Rev. Adm. Pública*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 23-46, jan./fev. 2015.
- PISSOURIOS, Ioannis A. An interdisciplinary study on indicators: a comparative review of quality-of-life, macroeconomic, environmental, welfare and sustainability indicators. *Ecological Indicators*, v. 34, p. 420-427, 2013.
- R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria, 2014. Disponível em: <www.R-project.org/>. Acesso em: 21 fev. 2013.
- SEGNESTAM, Lisa. *Indicators of environment and sustainable development: theories and practical experience*. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank, 2002. (Environmental Economics Series, n. 89).
- SHEN, Li; GUO, Xulin. Spatial quantification and pattern analysis of urban sustainability based on a subjectively weighted indicator model: a case study in the city of Saskatoon, SK, Canada. *Applied Geography*, v. 53, p. 117-127, 2014.
- SINGH, Rajesh Kumar et al. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012.
- SOARES, Warley R. F. Desigualdade de renda no Ceará: uma análise a partir do emprego formal. In: HOLANDA, Marcos C.; CARVALHO, Eveline B. S.; BARBOSA, Marcelo P. *Economia do Ceará em debate 2007*. Fortaleza, CE: Ipece, 2008. p. 62-78.
- TABOSA, Francisco J. S.; MAYORGA, Ruben D.; AMARAL FILHO, Jair do. Desigualdade de renda: uma análise das microrregiões do estado do Ceará. In: HOLANDA, Marcos C.; CARVALHO, Eveline B. S.; BARBOSA, Marcelo P. *Economia do Ceará em debate 2007*. Fortaleza, CE: Ipece, 2008. p. 175-195.
- TASAKI, Tomohiro; KAMEYANA, Yasuko. Sustainability indicators: are we measuring what we ought to measure? *Global Environmental Research*, v. 19, p. 147-154, 2015.
- TALBERTH, John; COBB, Clifford; SLATTERY, Noah. The genuine progress indicator 2006. *Redefining Progress*, Oakland, v. 26, p. 1-7, 2007.

UN. United Nations. Department of Economic. *Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies*. Nova York: United Nations Publications, 2001.

UN. United Nations. Economics and Social Council. *Report of the inter-agency and expert group on sustainable development goal indicators*, E/CN/3.2016/2. Nova York: United Nations, 2016.

### **João Felipe Barbosa Araripe Silva**

Mestre em administração e controladoria pela UFC. E-mail: felipe.araripesilva@gmail.com.

### **Sílvia Maria Dias Pedro Rebouças**

Doutora em estatística e investigação operacional pela Universidade de Lisboa, professora adjunta da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da UFC. E-mail: smdpedro@gmail.com.

### **Mônica Cavalcanti Sá de Abreu**

Doutora em engenharia de produção pela UFSC, professora associada da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da UFC. E-mail: mabreu@ufc.br.

### **Maria da Conceição Rodrigues Ribeiro**

Doutora em estatística e investigação operacional pela Universidade de Lisboa, professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Algarve. E-mail: cribeiro@ualg.pt.