

VII-056 – INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL: RELAÇÃO ENTRE AS FORÇAS MOTRIZES E OS EFEITOS SOBRE O AMBIENTE

Giselly Brito Conde⁽¹⁾

Graduanda de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará.

Mariáh Pereira Bannach⁽²⁾

Graduanda de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará.

Andréa Fagundes Ferreira Chaves⁽³⁾

Doutoranda em Gestão pela UTAD; Docente da UEPA e do IFPA.

Endereço⁽¹⁾: Travessa Djalma Dutra, 193 - Telégrafo - Belém - PA - CEP: 66113-010 - Brasil - Tel: (91) 3244-5901 - e-mail: giselly.conde@hotmail.com

RESUMO

Os indicadores de saúde ambiental revelam como os fatores ambientais influenciam na saúde humana, auxiliando na elaboração de ações preventivas e corretivas e constituindo-se de um importante instrumento para o aperfeiçoamento da gestão de políticas públicas. A partir do modelo adotado pela Organização Mundial de Saúde, intitulado “FPEEEA” (Força Motriz, Pressão, Estado, Exposição, Efeito e Ação) foram selecionados os indicadores de Forças Motrizes e Efeitos para o ano de 2008, visando à construção de índices que sintetizem os dados analisados. Os indicadores receberam tratamento estatístico através da técnica da análise fatorial, que se baseia na redução da quantidade de variáveis em um número menor de fatores, capazes de explicar as variáveis originais. Após a construção dos índices é elaborado um ranking dos estados brasileiros, onde é possível analisar a correlação entre as dimensões força motriz e efeito. Para os índices de Força Motriz foi constatado que os estados da região nordeste apresentaram os menores resultados, sendo que Piauí, Alagoas e Maranhão obtiveram as piores colocações. Esses estados apresentam as condições básicas mais precárias no que se refere, por exemplo, a indicadores como índice de desenvolvimento humano (IDH), produto interno bruto (PIB) e o grau de urbanização. Em relação aos índices de efeito, os estados das regiões sul e sudeste (Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo) ocuparam as últimas colocações no ranking, o que indica que os efeitos dos fatores ambientais sobre a saúde pública são menos expressivos do que os estados com os índices mais elevados. Dessa forma, é possível concluir que os estados com os menores índices de força motriz colocam-se nas primeiras posições do ranking de efeito, demonstrando que os efeitos na saúde humana, a exemplo das taxas de morbidade e mortalidade, são reflexos das condições básicas da população.

PALAVRAS-CHAVE: indicadores, análise fatorial, índices, saúde pública, meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Uma importante parcela da população mundial está sujeita a determinados riscos ambientais, na medida em que estabelece moradia e desenvolve suas atividades em áreas naturalmente suscetíveis à degradação da qualidade do ambiente, e que participa de um modelo de desenvolvimento que tende a insustentabilidade. A Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta que “30% dos danos à saúde estão relacionados aos fatores ambientais decorrentes de inadequação do saneamento básico (água, lixo, esgoto), poluição atmosférica, exposição a substâncias químicas e físicas, desastres naturais, fatores biológicos (vetores, hospedeiros e reservatórios) entre outros” (Rulli Villardi, 2007).

Os riscos mencionados fundamentam suas origens no modelo de desenvolvimento atualmente adotado no mundo, caracterizado conforme Rulli Villardi (2007) por quatro principais fatores: “Urbanização rápida e desordenada, concentração de renda, degradação ambiental e degradação da qualidade de vida”. Nesse sentido, observa-se que a deterioração da qualidade do meio ambiente gera problemas na qualidade de vida das populações, na medida em que a relação ambiente-saúde é real e fortemente manifestada. Esta relação é o principal alvo de discussão da saúde ambiental e vem sendo amplamente analisada diante de cenários de falta de responsabilidade ambiental por parte da sociedade, das empresas e do governo, marcante, sobretudo nos países subdesenvolvidos.

O processo saúde-doença não se restringe às alterações patológicas provocadas no ser humano, mas envolve um complexo conjunto de fatores que constituem condicionantes para a saúde e o bem-estar do homem. O

estado e a dinâmica do contexto socioeconômico, os modos e relações de produção, o desenvolvimento econômico, a urbanização e a distribuição de riquezas são elementos preponderantes para a compreensão desse processo (Rouquayol et al, 2003) e, portanto o melhoramento das ações governamentais são fundamentais para a elaboração e execução de medidas mais eficazes de caráter preventivo.

Nesse sentido, e para auxiliar esse processo, os indicadores de saúde ambiental têm atuado como uma importante ferramenta para operacionalizar o processo de planejamento de políticas públicas, monitoramento e avaliação das mesmas e de controle social. Tais indicadores são fundamentais para o desafio do desenvolvimento sustentável, e servem como ferramentas compostas de uma ou mais variáveis que visam explicar a realidade em que se vive (Maia, 2008). Para o alcance desse desafio é importante a criação de uma consciência sobre os problemas ambientais gerados por padrões de vida incompatíveis com o processo de regeneração do meio ambiente, assim como devem ser solucionadas questões como a carência de indicadores de sustentabilidade e a não aplicação desses dados para subsidiar o planejamento e a tomada de decisão.

A OMS juntamente com o governo canadense formulou um modelo de indicadores chamado de “FPEEEA” – Forças Conductoras, Pressões, Estado, Exposição, Efeito e Ações – para enfatizar que os efeitos sobre a saúde humana podem estar associados a maior suscetibilidade da população às alterações ambientais, como inundações ou enchentes, capazes de difundir infecções na água de abastecimento. A melhoria da saúde humana e ambiental depende do desenvolvimento de políticas públicas, que auxiliem os gestores na resolução dos problemas de insustentabilidade ambiental e de degradação dos ecossistemas cada vez mais presentes no cotidiano brasileiro.

Dessa forma, o presente trabalho, no âmbito do modelo conceitual proposto pela Organização Mundial de Saúde (“FPEEEA”) tem como objetivo o cálculo de índices para os indicadores de força motriz e efeito, com base nos dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde para os vinte e seis estados brasileiros, considerando o ano de 2008. A partir dos índices gerados, propõe-se a criação de um ranking dos estados brasileiros e a análise da relação entre os índices de força motriz e efeito.

MATERIAL E MÉTODOS

RECOLHA DE DADOS

Os dados utilizados na pesquisa foram extraídos da publicação anual do Ministério da Saúde, intitulada Vigilância em Saúde Ambiental. Dados e indicadores selecionados 2008. A publicação contém 48 indicadores, divididos em 6 categorias: força motriz, pressão, situação, exposição, efeito e ação, que apresentam, respectivamente, 8, 5, 13, 5, 8 e 9 indicadores.

Os indicadores constituem dados secundários, com origem em variadas fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), entre outros.

Das 6 categorias de indicadores da publicação do Ministério da Saúde, 2 são objeto de análise do presente trabalho: força motriz e efeito; aspectos estes cuja população pesquisada corresponde à população brasileira, organizada geograficamente entre os 26 estados da federação.

TRATAMENTO DE DADOS

• ANÁLISE DE DADOS

Com o objetivo de sintetizar o conjunto de indicadores de força motriz e efeito em índices simplificados e de fácil interpretação, procedeu-se a aplicação da técnica estatística Análise Fatorial, cujo objetivo consiste em reduzir o número de variáveis (i.e. indicadores) para a geração de uma quantidade menor de fatores capazes de explicar de forma simples e clara as variáveis originais (Manly, 1986 *apud* Carmo Maia; Gomes da Silva, 2008). A Análise Fatorial se baseia na interdependência entre as variáveis, de modo que cada uma delas mantém correlações com as demais (Rocha Valente, 2009) e, por isso, a técnica estatística é dita multivariada.

Os fatores citados anteriormente são entidades hipotéticas conceituadas como categorias básicas que descrevem o inter-relacionamento entre as variáveis estudadas, sendo construídos a partir dessas correlações

(Rocha Valente, 2009). Também podem ser considerados como a combinação linear dessas variáveis (Carmo Maia; Gomes da Silva, 2008). A extração dos fatores comprova o fato de que as variáveis se relacionam entre si.

Na aplicação da Análise Fatorial foi adotado o método de componentes principais, segundo o qual o primeiro fator apresenta o maior percentual de explicação da variância total das variáveis analisadas. Em outras palavras, a combinação linear de variáveis que mais influencia na composição dos índices é representada pelo fator 1, sendo que o grau de influência das combinações decresce proporcionalmente para os fatores seguintes (fator 2, fator 3 e assim por diante).

O método matemático dos componentes principais é aplicado para a extração dos fatores e por meio da rotação ortogonal do tipo varimax é possível obter uma solução final mais simples e com melhores combinações entre as variáveis (Rocha Valente, 2009). A rotação dos fatores tende a reduzir o número de variáveis fortemente relacionadas com cada fator (Carmo Maia; Gomes da Silva, 2008).

Para explicar as correlações existentes entre as variáveis e a sumarização das informações em fatores é utilizado na Análise Fatorial um modelo estatístico, que pode ser apresentado conforme Equação 1 (Dillon e Goldstein, 1984 *apud* Rocha Valente, 2009).

Sejam Y_1, Y_2, \dots, Y_p as variáveis aleatórias, m o número de fatores (com $m < p$), tem-se:

$$Y_i = \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} F_j + \varepsilon_i \quad \text{equação (1)}$$

em que

Y_i = são as variáveis originais;

λ_{ij} = são as cargas fatoriais;

F = são as variáveis não observáveis ou simplesmente fatores;

ε_i = são os fatores específicos que descrevem a variação residual específica das variáveis (i.e. são os erros aleatórios).

No modelo acima descrito, as cargas fatoriais consistem em coeficientes que relacionam as variáveis originais com os fatores comuns, desempenhando o mesmo papel dos coeficientes de correlação. A soma do quadrado dessas cargas fatoriais, para cada variável, representa uma estimativa da comunalidade, que indica a proporção da variância total de cada variável que é explicada pelo conjunto de fatores extraídos (Carmo Maia; Gomes da Silva, 2008).

A partir do cálculo das cargas fatoriais e das comunalidades, segue-se a determinação dos escores fatoriais, por meio do método da Regressão. Cada variável apresenta, para cada fator, um escore fatorial (Rezende; Fernandes; Rodrigues e Silva, 2007).

Segundo Rocha Valente (2009), a Análise Fatorial se desenvolve em oito etapas, conforme descreve a Figura 01.

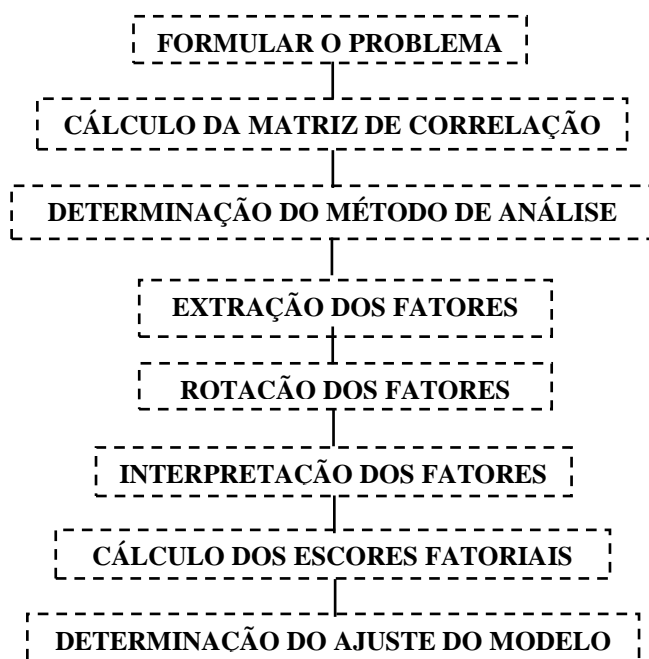


Figura 1: Esquema representativo das etapas para aplicação da Análise Fatorial.

Na formulação do problema é importante realizar a identificação das variáveis originais. A etapa seguinte tem o objetivo de determinar o grau de associação entre as variáveis através da construção de uma matriz de coeficientes (coeficientes de correlação).

Em geral, para verificar a viabilidade da técnica da Análise Fatorial ao conjunto de variáveis originais, é aplicada a estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e o teste de *Bartlett*. O indicador KMO compara o coeficiente de correlação observado com o coeficiente de correlação parcial, apresentando valores que variam de 0 a 1. Valores de KMO abaixo de 0,5 indicam que a Análise Fatorial não é adequada (Carmo Maia; Gomes da Silva, 2008).

O teste de esfericidade de *Bartlett*, por sua vez, testa a hipótese nula de que a matriz de correlação seja uma matriz identidade. Em outras palavras, testa se as variáveis possuem relação em comum (Rocha Valente, 2009).

A etapa de determinação do método de análise requer a definição do método para a extração dos fatores. No caso da construção dos índices de força motriz e efeito, adotou-se o Método de Componentes Principais, como já citado anteriormente.

Na extração dos fatores são considerados alguns critérios, a saber:

- Técnica da raiz latente ou critério de Kaiser;
- Gráfico de Declive (*Scree Plot*);
- Percentagem de variância explicada.

Nesse sentido, conforme se verifica na literatura corrente, são selecionados os fatores com autovalor maior que 1, parâmetro este adotado tanto para o critério Kaiser quanto para o *Scree Plot*. Autovalores maiores são considerados significantes para a construção dos índices e, portanto, autovalores menores são descartados (Rocha Valente, 2009).

Para o percentual de variância explicada, comumente adota-se o valor de 70% como critério mínimo de explicação das variáveis originais pelos fatores extraídos.

• DESENVOLVIMENTO DOS ÍNDICES

A partir da publicação “Vigilância em Saúde Ambiental. Dados e indicadores selecionados 2008”, do Ministério da Saúde, foram analisados 16 indicadores: 8 da dimensão força motriz (Tabela 1) e 8 da dimensão efeito (Tabela 2). Os dois grupos de indicadores foram tratados separadamente, de acordo com a natureza, sendo, ao final, construídos dois índices simplificados para cada um dos 26 estados brasileiros.

A análise dos dados foi aplicada por meio da técnica Análise Fatorial, mediante a utilização do *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) for Windows*, versão 14.0.

Tabela 1: Indicadores de forças motrizes sobre o ambiente para o ano de 2008.

	Indicadores de força motriz
FM.1	População
FM.2	Taxa de crescimento da população
FM.3	Índice de Desenvolvimento Humano – IDH
FM.4	População economicamente ativa ocupada
FM.5	Produto Interno Bruto (PIB) per capita
FM.6	Índice de Gini – Renda
FM.7	Pobreza
FM.8	Grau de Urbanização

Tabela 2: Indicadores de efeitos sobre o ambiente para o ano de 2008.

	Indicadores de efeito
EF.1	Internações por Doença Diarréica Aguda (DDA) em menores de 5 anos
EF.2	Internações por Infecção Respiratória Aguda (IRA) em menores de 5 anos
EF.3	Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI)
EF.4	Mortalidade proporcional por Doença Diarréica Aguda (DDA) em menores de 5 anos
EF.5	Mortalidade proporcional por Infecção Respiratória Aguda (IRA) em menores de 5 anos
EF.6	Mortalidade proporcional por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI)
EF.7	Intoxicação a agrotóxicos
EF.8	Mortalidade por intoxicação a agrotóxicos

• LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS

No desenvolvimento da metodologia proposta nesta investigação foram identificadas algumas limitações, que foram superadas de acordo com a tabela 3.

Tabela 3: Limitações do estudo e medidas de correção utilizadas para superar tais limitações.

Limitação	Medida de correção
Falta de publicação de indicadores por alguns estados e Distrito Federal	Eliminação dos indicadores, já que o método estatístico não considera valores inexistentes.
Indicadores de resposta não numéricos, portanto, não comparáveis com os indicadores de outra natureza (força motriz e efeito).	Uso dos indicadores de resposta somente para auxiliar a interpretação dos resultados
A análise fatorial sugere a eliminação de indicadores com comunalidade baixa, sem considerar o valor técnico do indicador.	Análise de cada indicador a ser eliminado pelo método de análise fatorial e julgamento técnico da importância do indicador para os objetivos estabelecidos.
Uso de indicadores somente objetivos	Indicação de próximas etapas de complementação do estudo e de divulgação oficial de indicadores subjetivos.

RESULTADOS

Com a aplicação da técnica estatística análise fatorial, foram construídos índices de força motriz e efeito para os 26 estados da federação. Como já comentado, esses índices permitem a sumarização das informações contidas nas variáveis e, dessa forma, uma melhor interpretação da situação dos estados quanto à natureza dos indicadores pesquisados. A seguir os resultados obtidos serão apresentados e analisados.

Inicialmente foram selecionadas, a partir das 16 variáveis originais, todos os indicadores de força motriz (no total de 8) e 6 indicadores de efeito. Em razão da ausência de dados publicados para 2 indicadores de efeito (EF7 e EF8), estes foram excluídos da aplicação da análise de fatores. Pelo mesmo motivo (i.e. ausência de dados publicados), o Distrito Federal também foi retirado da análise, na medida em que o método da análise fatorial não computa valores inexistentes. Dessa forma, foi analisado um conjunto de dados referente a 14 indicadores e 26 estados, conforme identifica a Tabela 4.

Tabela 4: Conjunto de dados para aplicação da análise fatorial.

UNIDADE DA FEDERAÇÃO	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6	FM7	FM8	EF.1	EF.2	EF.3	EF.4	EF.5	EF.6
RO	1453756	5,27	0,74	93,75	8391	0,505	23,45	68,86	18,56	25,25	4745,64	3,25	5,36	20,34
AC	655385	17,48	0,7	91,66	7041	0,61	32,4	70,9	14,67	28,22	1925,59	14,1	7,93	13,68
AM	3221939	14,36	0,71	92,12	11829	0,551	32,57	78,1	9,28	26,88	1681,29	8,19	5,62	23
RR	395725	21,99	0,75	90,71	9075	0,514	26,96	83,2	6,39	16,03	3032,41	6,58	12,72	30,77
PA	7065573	14,04	0,72	92,1	6241	0,521	29,03	76,5	32,68	36,82	4595,1	5,34	7,13	19,67
AP	587311	23,12	0,75	91,01	8543	0,506	25,1	94,5	7,33	21,67	2748,12	2,14	3,36	29,79
TO	1243627	7,42	0,71	91,76	7210	0,545	27,54	73,5	18,76	37,61	2070,56	4,42	8,84	44,07
MA	6118995	8,16	0,64	92,52	4628	0,555	40,36	67,7	21,51	22,21	3388,96	8,34	6,19	29,19
PI	3032421	6,65	0,66	89,8	4213	0,593	36,76	62,1	23,48	26,38	4747,34	5,75	5,52	45,96
CE	8185286	10,14	0,7	90,84	5636	0,547	36,23	76,4	17,12	21,37	2313,8	4,8	6,13	23,95
RN	3013740	8,51	0,71	89,02	6754	0,56	30,79	72,7	11,16	17,48	2054,92	3,84	6,97	25,95
PB	3641395	5,71	0,66	91,57	5507	0,595	36,64	78,4	20,93	29,03	3105,4	3,55	6,01	25,16
PE	8485386	7,02	0,71	91,24	6528	0,559	35,07	75,8	11,87	17,13	2322,71	8,15	6,04	39,27
AL	3037103	7,4	0,65	91,65	5164	0,607	40,02	68,7	23,01	28,07	3216,09	10,57	6,61	46,63
SE	1939426	8,66	0,68	90,32	7560	0,539	30,45	81,7	7,46	17,27	1173,54	8,11	5,47	34,43
BA	14080654	7,6	0,69	91	6922	0,556	33,48	67,8	16,83	24,08	3062,78	5,03	5,43	35,61
MG	19273506	7,64	0,77	93,08	11028	0,515	10,16	84,9	6,35	21,23	964,64	2,05	3,6	34,36
ES	3351669	8,21	0,77	89,8	15236	0,521	10,01	82,2	8,19	22,36	1141,52	2,53	3,38	14,18
RJ	15420375	7,14	0,81	93,77	17695	0,547	10,1	96,7	6,27	21,29	750,17	1,8	6,39	6,28
SP	39827570	7,54	0,82	91,98	19548	0,502	8,12	94,5	3,64	19,69	611,58	1,47	6,11	19,48
PR	10284503	7,53	0,79	92,65	13158	0,523	10,41	84,7	9,9	34,7	1058,1	1,95	3,79	23,89
SC	5866252	9,49	0,82	94,93	15638	0,461	5,37	82,8	6,62	26,12	706,73	1,12	3,45	7,03
RS	10582840	3,88	0,81	92,95	14310	0,503	10,16	81,3	7,91	31,62	1010,03	1,71	4,4	7,14
MS	2265274	9,01	0,78	90,77	10599	0,563	9,3	85,9	13,53	36,14	2907,12	7,24	7,03	37,08
MT	2854642	13,95	0,77	92,94	12350	0,515	10,99	75,9	11,35	29,99	1289,48	2,19	4,92	20,23
GO	5647035	12,85	0,78	92,43	9962	0,521	10,15	89,5	13,1	29,96	1936,24	2,89	5,21	54,27

• ANÁLISE FATORIAL DOS INDICADORES DE FORÇA MOTRIZ

Na análise dos dados de força motriz, observou-se que o único indicador a apresentar comunalidade abaixo de 0,5 foi a variável FM4 (população economicamente ativa ocupada), conforme indica a Tabela 5. Para comunalidades baixas procede-se a eliminação da variável, como feito com o indicador FM4.

Tabela 5: Comunalidades, antes da eliminação da variável FM4.

	Inicial	Extração
FM1	1,000	,581
FM2	1,000	,869
FM3	1,000	,933
FM4	1,000	,371
FM5	1,000	,867
FM6	1,000	,650
FM7	1,000	,863
FM8	1,000	,715

Com a retirada da variável FM4, realizou-se uma nova análise dos dados de força motriz. A tabela 6 traz a matriz de correlação e a tabela 7, os resultados da estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e o teste de *Bartlett*.

Tabela 6: Matriz de Correlação dos indicadores de força motriz.

	FM1	FM2	FM3	FM5	FM6	FM7	FM8
Correlação FM1	1,000	-,326	,427	,555	-,274	-,381	,414
FM2	-,326	1,000	,039	-,086	-,127	,076	,243
FM3	,427	,039	1,000	,888	-,739	-,948	,748
FM5	,555	-,086	,888	1,000	-,612	-,862	,714
FM6	-,274	-,127	-,739	-,612	1,000	,684	-,518
FM7	-,381	,076	-,948	-,862	,684	1,000	-,689
FM8	,414	,243	,748	,714	-,518	-,689	1,000

Tabela 7: Estatística de KMO e teste de Bartlett.

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação da amostra.		,784
Teste de esfericidade de Bartlett.		Aprox. Qui-Quadrado
		143,051
		Df
		21
		Sig.
		,000

O indicador KMO obteve valor maior que 0,5. Valores de KMO entre 0,5 e 1,0 indicam que a análise fatorial é apropriada (Kaiser e Rice, 1974, SPSS, 1999 *apud* Rocha Valente, 2009). Assim como, para o teste de esfericidade de *Bartlett*, o resultado 0,000 indica que a matriz de correlação não é uma matriz identidade e, portanto, as variáveis apresentam relação entre si.

Com a retirada da variável FM4, as comunalidades mantiveram valores significativos (todos acima de 0,6), conforme se verifica na Tabela 8.

Tabela 8: Comunalidades, depois da eliminação da variável FM4.

	Inicial	Extração
FM1	1,000	,648
FM2	1,000	,858
FM3	1,000	,936
FM5	1,000	,882
FM6	1,000	,639
FM7	1,000	,867
FM8	1,000	,727

Em relação à extração dos fatores, foram considerados aqueles com autovalor maior que 1 unidade (Critério Kaiser). Dessa forma, os fatores 1 e 2 são aqueles que melhor explicam as variáveis originais, detendo um

percentual de variância acumulada de 79,368% (Tabela 8). Este valor é superior ao registrado antes da eliminação da variável FM4 (variância acumulada de 73,105%), o que demonstra que a retirada do indicador aumentou o percentual de explicação do modelo (i.e. criação dos índices).

Tabela 8: Extração de fatores e percentual de variância explicada.

Componente	Autovalores inicial			Rotação Soma das Cargas Quadráticas		
	Total	% de Variância	Cumulativo %	Total	% de Variância	Cumulativo %
1	4,249	60,695	60,695	4,148	59,256	59,256
2	1,307	18,673	79,368	1,408	20,112	79,368
3	,644	9,203	88,571			
4	,431	6,152	94,723			
5	,218	3,116	97,839			
6	,114	1,629	99,468			
7	,037	,532	100,000			

Os fatores com autovalor maior que 1 unidade também podem ser observados por meio do gráfico *Scree Plot* (Figura 2). O eixo vertical corresponde ao autovalor e o eixo horizontal, aos fatores. Pode-se verificar, assim, que os fatores 1 e 2 têm autovalor maior que 1.

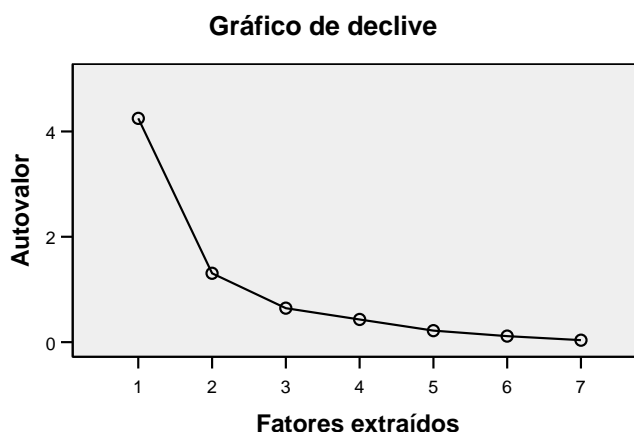


Figura 2: Gráfico de declive.

A partir do tratamento dos dados de força motriz é possível calcular os respectivos escores fatoriais (Tabela 9).

Tabela 9: Escores para os fatores extraídos.

UNIDADE DA FEDERAÇÃO	ESCORE FATOR 1	ESCORE FATOR 2
Rondônia (RO)	-,24862	-,37919
Acre (AC)	-,87933	1,13573
Amazonas (AM)	-,15762	,73600
Roraima (RR)	,51593	2,27466
Pará (PA)	-,16728	,71641
Amapá (AP)	,88459	2,64409
Tocantins (TO)	-,56644	-,08737
Maranhão (MA)	-1,37118	-,27230
Piauí (PI)	-1,66193	-,54207
Ceará (CE)	-,66300	,03781
Rio Grande do Norte (RN)	-,71344	-,06911
Paraíba (PB)	-1,22468	-,49719
Pernambuco (PE)	-,72486	-,50814
Alagoas (AL)	-1,61424	-,39871
Sergipe (SE)	-,45256	,19713
Bahia (BA)	-,89667	-,87150
Minas Gerais (MG)	,75478	-,91682
Espírito Santo (ES)	,77484	-,15018
Rio de Janeiro (RJ)	1,31472	-,89097
São Paulo (SP)	1,84480	-2,10511
Paraná (PR)	,82858	-,52762
Santa Catarina (SC)	1,50530	,10688
Rio Grande do Sul (RS)	,90798	-1,08009
Mato Grosso do Sul (MS)	,47306	,06862
Mato Grosso (MT)	,65051	,71284
Goiás (GO)	,88677	,66620

• ANÁLISE DOS INDICADORES DE EFEITO

Para os indicadores de efeito, segue-se o mesmo tratamento de dados dos indicadores de força motriz, sendo a análise fatorial aplicada para um conjunto de 6 variáveis.

Não se efetuou a eliminação de nenhuma variável, pois a análise fatorial somente se revelava viável (KMO acima de 0,5) quando se consideravam os 6 indicadores de efeito.

Dessa forma, as Tabelas 10, 11 e 12 trazem, respectivamente, a matriz de correlação, os resultados da estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e do teste de *Bartlett* e os valores das comunalidades.

Tabela 10: Matriz de correlação.

		EF.1	EF.2	EF.3	EF.4	EF.5	EF.6
Correlação	EF.1	1,000	,466	,804	,365	,207	,319
	EF.2	,466	1,000	,161	-,028	-,054	,055
	EF.3	,804	,161	1,000	,339	,315	,387
	EF.4	,365	-,028	,339	1,000	,475	,292
	EF.5	,207	-,054	,315	,475	1,000	,200
	EF.6	,319	,055	,387	,292	,200	1,000

Tabela 11: Estatística de KMO e teste de Bartlett.

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação da amostra		,538
Teste de esfericidade de Bartlett.	Aprox. Qui-Quadrado	48,419
	Df	15
	Sig.	,000

Tabela 12: Comunalidades.

	Inicial	Extração
EF.1	1,000	,884
EF.2	1,000	,686
EF.3	1,000	,737
EF.4	1,000	,635
EF.5	1,000	,607
EF.6	1,000	,348

Para o conjunto de dados analisados, foram extraídos 2 fatores com um percentual total de variância explicada de 64,967%, conforme Tabela 13.

Tabela 13: Extração de fatores e percentual de variância explicada.

Componente	Autovalor inicial			Rotação Soma das Cargas Quadráticas		
	Total	% de Variância	Cumulativo %	Total	% de Variância	Cumulativo %
1	2,588	43,132	43,132	2,008	33,460	33,460
2	1,310	21,835	64,967	1,890	31,507	64,967
3	,808	13,472	78,439			
4	,649	10,809	89,248			
5	,524	8,739	97,987			
6	,121	2,013	100,000			

Finalmente, como escores fatoriais resultam os valores observados na Tabela 14.

Tabela 14: Escores para os fatores extraídos.

UNIDADE DA FEDERAÇÃO	ESCORE FATOR 1	ESCORE FATOR 2
Rondônia (RO)	-,05254	,93128
Acre (AC)	1,26446	-,35169
Amazonas (AM)	,12617	-,39992
Roraima (RR)	2,34109	-1,70718
Pará (PA)	,13843	2,49113
Amapá (AP)	-,67125	-,25666
Tocantins (TO)	,35402	1,10754
Maranhão (MA)	,93654	,36371
Piauí (PI)	,76315	1,38730
Ceará (CE)	,21480	-,14327
Rio Grande do Norte (RN)	,41955	-,92961
Paraíba (PB)	-,17641	,96345
Pernambuco (PE)	1,08294	-,82530
Alagoas (AL)	1,35402	,88730
Sergipe (SE)	,65877	-1,33342
Bahia (BA)	,27916	,35994
Minas Gerais (MG)	-,78793	-,76340
Espírito Santo (ES)	-1,15905	-,62755
Rio de Janeiro (RJ)	-,74118	-1,22665
São Paulo (SP)	-,56839	-1,44093
Paraná (PR)	-1,54754	,50422
Santa Catarina (SC)	-1,71085	-,52406
Rio Grande do Sul (RS)	-1,62388	-,02935
Mato Grosso do Sul (MS)	,34488	,89113
Mato Grosso (MT)	-1,06327	,13188
Goiás (GO)	-,17572	,54013

CONSTRUÇÃO DOS ÍNDICES

A partir do cálculo dos escores fatoriais, é possível determinar o valor dos índices para cada um dos 26 estados brasileiros, conforme explica a Equação 2.

$$Índice = \sum_{j=1}^q \left(\frac{\lambda_j}{\sum_j \lambda_j} \right) FP_{ij} \quad \text{equação (2)}$$

em que

λ : variância explicada por cada fator;

$\Sigma\lambda$: soma total da variância explicada;

FP_{ij} : carga fatorial padronizada de cada observação.

A Tabela 15 apresenta o índice de força motriz e o respectivo ranking dos 26 estados brasileiros.

Tabela 15: Índices de força motriz e ranking dos estados brasileiros.

Unidade da Federação (UF)	Índice	Ranking
Amapá (AP)	0,694929563	1
Santa Catarina (SC)	0,667173922	2
Roraima (RR)	0,611297964	3
São Paulo (SP)	0,608013442	4
Goiás (GO)	0,589773761	5
Rio de Janeiro (RJ)	0,580888227	6
Mato Grosso (MT)	0,551298443	7
Espírito Santo (ES)	0,526807425	8
Paraná (PR)	0,515986149	9
Rio Grande do Sul (RS)	0,500274893	10
Mato Grosso do Sul (MS)	0,486157837	11
Minas Gerais (MG)	0,482423908	12
Amazonas (AM)	0,412416781	13
Pará (PA)	0,409696626	14
Rondônia (RO)	0,337135857	15
Sergipe (SE)	0,332526337	16
Acre (AC)	0,30861158	17
Tocantins (TO)	0,297601288	18
Ceará (CE)	0,287538456	19
Rio Grande do Norte (RN)	0,273088027	20
Pernambuco (PE)	0,247682759	21
Bahia (BA)	0,19850582	22
Paraíba (PB)	0,161605859	23
Maranhão (MA)	0,148204395	24
Alagoas (AL)	0,099316675	25
Piauí (PI)	0,083398734	26

Conforme verificado na tabela acima, os estados da região Nordeste são aqueles que apresentam os menores índices de força motriz, ou seja, ocupam as últimas colocações no ranking. Esse resultado indica que estes estados apresentam as piores condições básicas para o conjunto de dados considerado. Entenda-se como condições básicas a realidade mensurada pelos indicadores de força motriz, a exemplo do grau de urbanização, do PIB (Produto Interno Bruto) e do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano).

São manifestas, portanto, as desigualdades regionais brasileiras, que percorrem a história do país e expressam-se em diferentes aspectos da realidade.

Do mesmo modo, a Tabela 16 exhibe o índice de efeito com o respectivo ranking de estados.

Tabela 16: Índices de efeito e ranking dos estados brasileiros.

Unidade da Federação (UF)	Índice	Ranking
Pará (PA)	0,72003	1
Alagoas (AL)	0,68927	2
Piauí (PI)	0,67192	3
Tocantins (TO)	0,5876	4
Maranhão (MA)	0,57572	5
Mato Grosso do Sul (MS)	0,56144	6
Acre (AC)	0,53476	7
Rondônia (RO)	0,51557	8
Roraima (RR)	0,51503	9
Paraíba (PB)	0,50354	10
Bahia (BA)	0,49173	11
Pernambuco (PE)	0,45698	12
Goiás (GO)	0,45472	13
Ceará (CE)	0,42542	14
Amazonas (AM)	0,38451	15
Rio Grande do Norte (RN)	0,36061	16
Sergipe (SE)	0,34437	17
Amapá (AP)	0,2997	18
Mato Grosso (MT)	0,29475	19
Paraná (PR)	0,27621	20
Minas Gerais (MG)	0,22633	21
Rio Grande do Sul (RS)	0,20487	22
Espírito Santo (ES)	0,19485	23
Rio de Janeiro (RJ)	0,17876	24
São Paulo (SP)	0,17597	25
Santa Catarina (SC)	0,13667	26

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SAÚDE AMBIENTAL A PARTIR DOS INDICADORES DE FORÇA MOTRIZ E EFEITO

Os indicadores, de modo geral, são desenvolvidos com o objetivo de entender fenômenos complexos a partir do tratamento de informações “brutas” como parâmetros quantificáveis e compreensíveis. Nessa ótica, o sistema de indicadores intitulado “FPEEEA” (v. Figura 3) desenvolvido pela Organização Mundial de Saúde, com base no *Environmental Health Indicators for Europe*, consiste em um sistema de indicadores de saúde ambiental que analisa a relação entre saúde, meio ambiente e desenvolvimento (Kligerman et al, 2007).

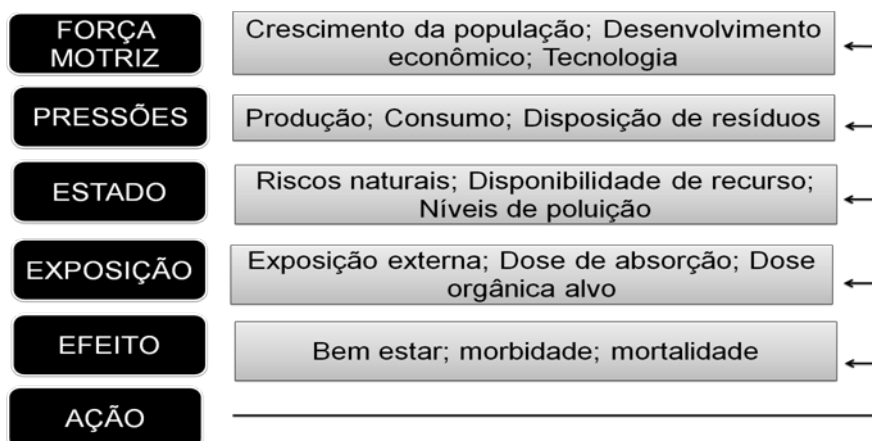


Figura 3: Modelo de indicadores de saúde ambiental FPEEEA.

O modelo de indicadores FPEEEA permite a visualização de como “forças motrizes”, resultantes dos processos de desenvolvimento, geram “pressões” (por exemplo, o uso intensivo dos recursos naturais) sobre o meio ambiente; “pressões” estas que promovem a ocorrência de “situações” ou “estados”, como ambientes contaminados ou deteriorados, e, em caso de “exposição” humana, podem ser causados “efeitos” na saúde.

Conforme ressaltam Machado de Freitas e Firpo Porto (2006), o crescimento econômico, a urbanização da população e o processo de transição para uma economia industrializada, característicos do período pós Revolução Industrial, foram acompanhados de uma maior demanda nos serviços ecossistêmicos, a exemplo do consumo de água e energia, da produção de alimentos, fibras e madeiras. Em outras palavras, os padrões de desenvolvimento vigentes a partir da emergência da industrialização determinaram níveis expressivos de degradação ambiental, ameaçando a sustentabilidade do planeta e, conseqüentemente, a saúde e o bem-estar da população.

Ainda segundo os autores, os serviços prestados pelos ecossistemas (materiais – provisão, regulação e suporte – e imateriais – serviços culturais e religiosos) vem sendo constantemente degradados ou usados de forma insustentável, o que traz impactos sobre a saúde humana: doenças emergentes, alterações da qualidade da água e do clima regional). Malária, Dengue, Doença de Chagas e Esquistossomose são alguns exemplos de doenças infecciosas relacionadas às mudanças nos ecossistemas.

Verifica-se, dessa forma, que o modelo de desenvolvimento vigente até hoje, baseado nos fenômenos de urbanização e industrialização, tem afetado a qualidade dos recursos naturais e os respectivos impactos tendem a se refletir na saúde e bem-estar da população, sobretudo no que tange a emergência e reemergência de muitas doenças infecciosas.

Os indicadores de força motriz e efeito, portanto, permitem mensurar, respectivamente, os principais fatores determinantes do desenvolvimento (i.e. urbanização e industrialização) e as conseqüências sobre a saúde humana, geralmente manifestadas pelas taxas de morbi-mortalidade.

INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES

Os índices calculados trazem um diagnóstico simplificado das condições básicas da população (para os indicadores de força motriz) e do nível de bem-estar e saúde (para os indicadores de efeito), considerando cada estado brasileiro.

Os mapas a seguir (Figuras 4 e 5) ilustram a classificação dos estados brasileiros quanto ao valor do índice apresentado. Conforme classificação estabelecida por Carmo Maia; Gomes da Silva (2008), foram adotadas 5 categorias de índices (v. Tabela 17).

Tabela 17: Classificação dos índices.

Categoria	Intervalo
Muito baixo	0% - 20%
Baixo	21% - 40%
Médio	41% - 60%
Alto	61% - 80%
Muito alto	81% - 100%

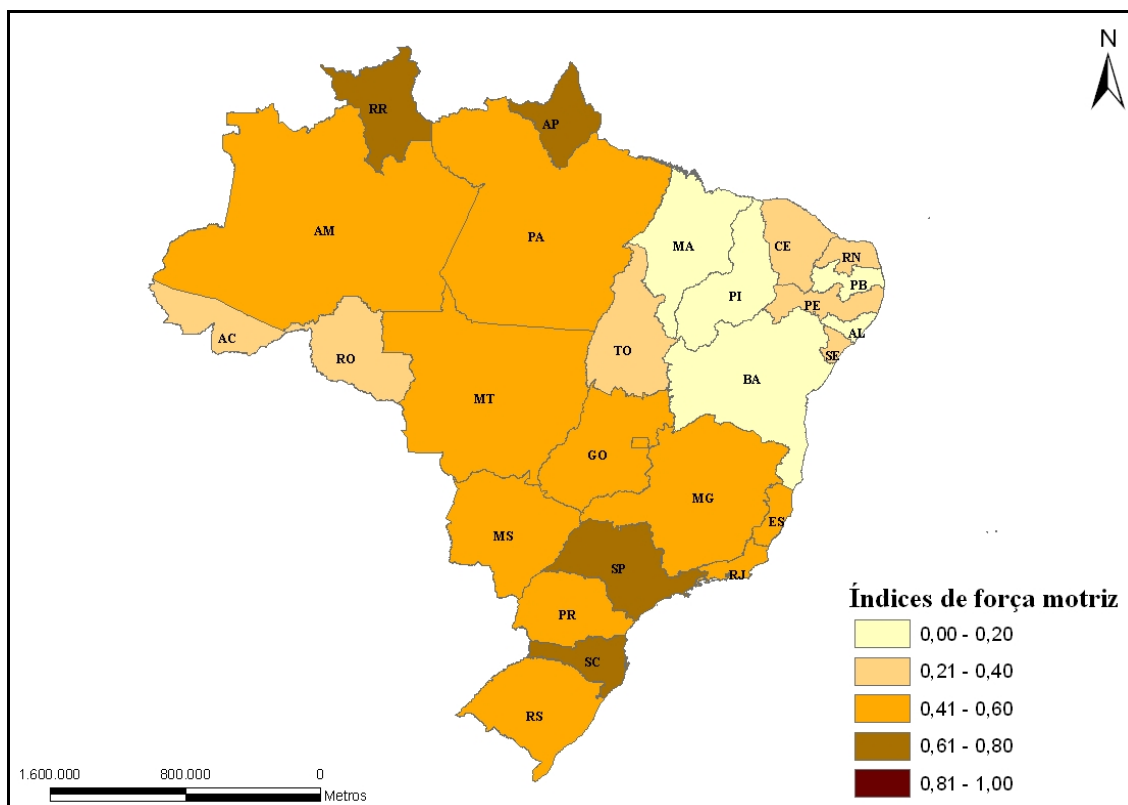


Figura 4: Mapa de estados para os índices de força motriz.

O mapa traz a representação das informações da Tabela 15, reforçando que os menores índices (intervalo de 0 a 20%) estão relacionados aos estados da Região Nordeste, cujas condições básicas se demonstram precárias.

Observa-se também a inexistência de pelo menos um estado que represente o maior intervalo (0,81 – 100%), o que remete ao fato de que o Brasil como um todo precisa melhorar seus indicadores de força motriz, sobretudo a parte nordeste do país, visivelmente mais carente de investimentos nas condições básicas da população.

Em relação ao próximo mapa, referente aos índices de efeito, pode-se observar que os estados das regiões Sul e Sudeste apresentam os menores índices, o que revela, sob o ponto de vista da análise fatorial, que estes estados apresentam efeitos sobre a saúde numa escala menor que a grande maioria dos estados da Região Nordeste, cujos índices de efeito são mais elevados.

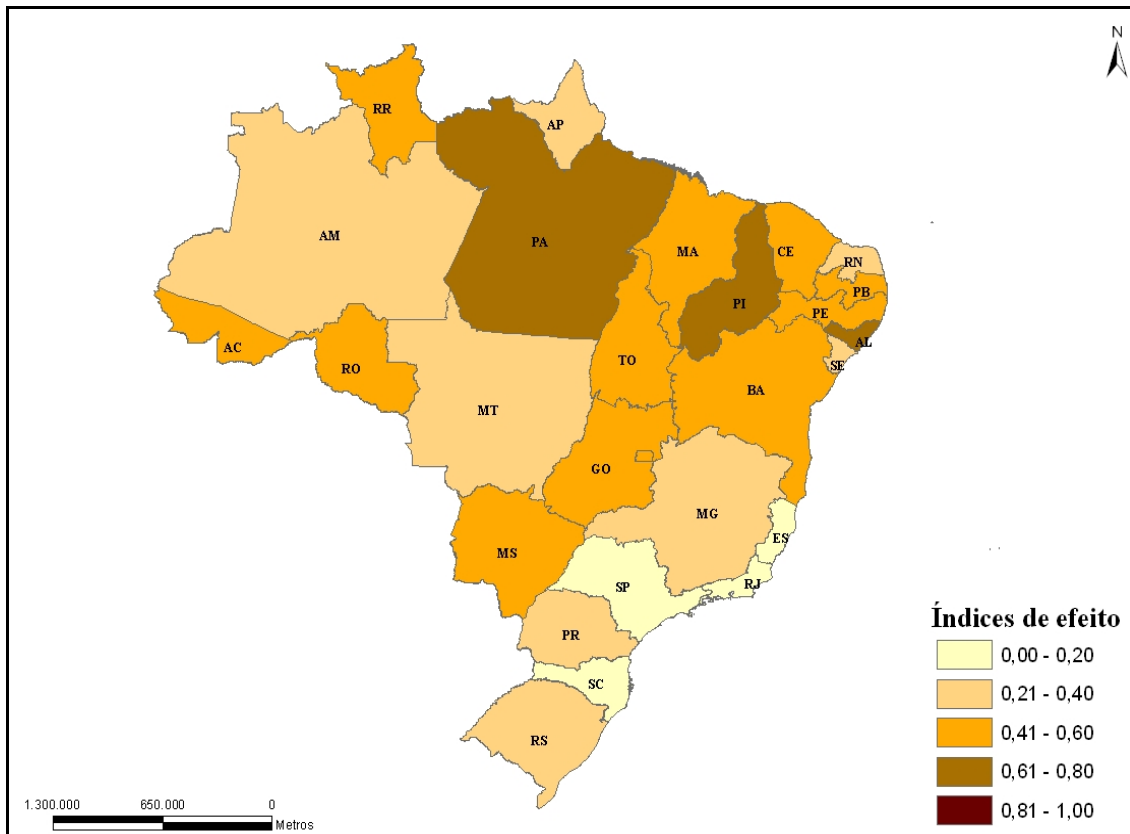


Figura 5: Mapa de estados para os índices de efeito.

Analisando as Tabelas 15 e 16, que listam os índices de força motriz e de efeito para cada um dos 26 estados da federação, é possível verificar que os estados que ocupam as primeiras posições (maiores índices) no *ranking* de força motriz (Santa Catarina e São Paulo, por exemplo) são os mesmos estados que no *ranking* de efeito ocupam as últimas colocações (menores índices).

Para os índices de força motriz, quanto maior o valor do índice, melhores são as condições básicas (crescimento demográfico e econômico, PIB, IDH, entre outros) da população. Ou seja, o nível de degradação ambiental nesses casos tende a ser menor. Para os índices de efeito, por sua vez, quanto menor o valor do índice, melhores são as condições de saúde e bem-estar da população, haja vista que as taxas de morbimortalidade tendem a se apresentar baixas.

Considerando essas particularidades, é possível concluir que estados como Santa Catarina e São Paulo, com índices de força motriz elevado e, condições básicas satisfatórias, estão associados a baixos índices de efeito, situação condizente com um nível de saúde humana também satisfatório.

A análise dos dados permite, dessa forma, inferir, em teoria, que condições básicas precárias (índices de força motriz de baixo valor) implicam em grandes impactos sobre os recursos naturais e, conseqüentemente, geram índices de efeito elevados, que se manifestam em altas taxas de morbidade e mortalidade na população.

CONCLUSÕES

A relação entre a qualidade do meio ambiente e a saúde humana tem se tornado uma preocupação recorrente tanto para a pesquisa científica quanto para as políticas governamentais. A OMS, nesse sentido, elaborou modelos de indicadores para a avaliação da saúde ambiental, que tem se tornado ferramentas importantes para subsidiar a gestão pública.

O sistema de indicadores de saúde ambiental tem como objetivo prover as políticas públicas com informações, para demonstrar seu desempenho ao longo do tempo e realizar previsões, podendo ser utilizados para a promoção de políticas específicas e monitoramento de variações espaciais e temporais das ações públicas. Já

Borja e Moraes, 2001, acrescentam outra utilidade ao sistema de indicadores de saúde ambiental, afirmando que os objetivos deste “devem não apenas contemplar o interesse do Poder Público em avaliar a eficiência e a eficácia das políticas adotadas, mas também ser um instrumento de cidadania, na medida em que informe aos cidadãos o estado do meio ambiente e da qualidade de vida”. Dentro desse contexto, é latente a grande aplicabilidade e relevância do uso de indicadores de saúde ambiental para subsidiar a gestão pública, sobretudo aquela voltada ao saneamento ambiental, área intimamente ligada à qualidade de vida e ao bem-estar de uma população, mas que se encontra muito fragilizada em países como o Brasil.

Nesse sentido a análise fatorial constitui-se de uma ferramenta estatística valiosa ao tratar uma quantidade significativa de dados e dar como resposta uma informação sintetizada, o que contribui para definição de regiões prioritárias que demandem ações emergenciais quanto aos problemas de saúde ambiental.

Sob esse ponto de vista, para os estados com o menor desempenho no ranking das Forças Motrizes – Piauí e Alagoas - a aplicação de políticas específicas é fundamental para o melhoramento da saúde ambiental daqueles estados. O poder público deve, portanto, priorizar as deficiências dos últimos estados do ranking de forças motrizes, na medida em que estes, ao apresentarem os piores resultados dos indicadores estudados, tendem também a apresentar piores efeitos sobre a saúde pública.

Uma limitação inerente a qualquer intenção de mensurar a qualidade de um ambiente está na dificuldade de operacionalizar a obtenção dos dados setoriais, face à deficiência dos sistemas de informação e aos zoneamentos diferenciados de cada instituição (Borja, 2000). Com a carência de dados oficiais, alguns indisponíveis, essa ausência de dados custaria no não planejamento de obras para melhorar a gestão pública. O Sistema Único de Saúde (SUS) se dispõe de verbas para o financiamento de políticas emergenciais para o combate de epidemias e catástrofes, porém é necessário conhecer e identificar todas as falhas no sistema de gestão de saúde ambiental. Sem o planejamento dessas ações, torna-se impossível identificar que ação é emergencial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTES, Rinaldo. Aspectos estatísticos da análise fatorial de escalas de avaliação. Disponível em: <<http://www.hcnet.usp.br/ipq/revista/vol25/n5/conc255d.htm>>. Acesso em: 31/10/2010.
2. BORJA, P. C. ; MORAES, Luiz Roberto Santos. Indicadores de Saúde Ambiental - Saneamento em Políticas Públicas: Análise Crítica e Proposta. In: XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 2000, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro : AIDIS/ABES, 2000.
3. CARMO MAIA, Maria José do; GOMES DA SILVA, Rubicleis. Índice de investimento em qualidade ambiental dos estados brasileiros: uma aplicação do método de análise fatorial. Rio Branco, AC: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.
4. KLIGERMAN, D. C. et al. Sistemas de indicadores de saúde e ambiente em instituições de saúde. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csc/v12n1/19.pdf>> Acesso em 18/05/2011.
5. MACHADO DE FREITAS, Carlos; FIRPO PORTO, Marcelo. Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. 20. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 124 p.
6. REZENDE, Marcelo Lacerda; FERNANDES, Luiz Phillipe de S.; RODRIGUES E SILVA, Antônio Marcos; Utilização da Análise Fatorial para Determinar o Potencial de Crescimento Economico em uma Região do Sudeste do Brasil. Revista Economia e Desenvolvimento nº 19, 2007.
7. ROCHA VALENTE, Mário Diego. Percepção quanto ao Ruído Urbano pelo os Moradores do Bairro do Umarizal em Belém do Pará via Análise Fatorial. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Bioestatística) – Universidade Federal do Pará, Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa, ano 2009.
8. Rulli Villardi, Juliana Wotzasek. Indicadores de Saúde Ambiental. Disponível em: <http://www.disater-info.net/lideres/portugues/brasil_07/apresentacoes/isambiental.pdf>. Acesso em: 26/05/2011.
9. VILLARDI, Juliana W. Rulli. Indicadores de saúde ambiental. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2007.