

# AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE A INCIDÊNCIA DE TUBERCULOSE E O ÍNDICE DE PERFORMANCE AMBIENTAL

*Data de aceite: 02/05/2023*

**Fernanda David de Oliveira**

Universidade de Franca  
Unifran – PIBIC

**Salvador Boccaletti Ramos**

Universidade de Franca  
Unifran – PIBIC

Relatório final de Iniciação Científica realizado com bolsa PIBIC (CAPES/CNPq)

**RESUMO:** Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) listam 17 objetivos e metas que devem ser abordadas para solucionar problemas globais de desenvolvimento sustentável. Os Objetivo Três (ODS3) visa assegurar vida saudável para todas as idades incluindo acabar com as epidemias de tuberculose (TB). O ambiente em que o indivíduo está inserido pode ter influência sobre a incidência de TB. A Universidade de Yale criou um Índice de Performance Ambiental (EPI) que calcula o desempenho ambiental de uma nação considerando vários indicadores ambientais. O objetivo do presente estudo será verificar se há associação entre a taxa de incidência de TB

e o desempenho ambiental de uma nação medido pelo EPI. Para isto, serão utilizados os bancos de dados de incidência de TB do Banco Mundial e do EPI da Universidade de Yale. Será estimado o coeficiente de correlação linear de Pearson entre a taxa de incidência de TB por 100.000 habitantes e o escore do EPI. Por meio dos resultados encontrados será possível verificar se alterações ambientais estão associadas às variações das taxas de incidência de TB de uma nação. Os resultados do presente estudo trarão informações importantes para cientistas e gestores que poderão auxiliar no cumprimento dos ODS.

**PALAVRAS-CHAVE:** correlação linear; meio ambiente; tuberculose.

## AVALIATION OF THE ASSOCIATION BETWEEN INCIDENCE RATE OF TUBERCULOSIS AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX

**ABSTRACT:** The Sustainable Development Goals (SDGs), list 17 goals and targets that must be addressed to solve global problems of sustainable development. The goal number Three (SDG3) aims to guarantee healthy life for all ages including the end of

epidemies of tuberculosis (TB). The environment the individual is living can have an effect on the incidence of TB. The University of Yale had created an Environmental Performance Index (EPI) which calculates the environmental performance of a nation based on several environmental indicators. The aim of this study will be to verify if there is association between incidence rate of TB and environmental performance of a nation. To do so, the World Bank's tuberculosis incidence rate and the Yale University's EPI databases will be used. The Pearson's Linear Correlation coefficient between incidence rate of TB per 100.000 habitants and EPI score will be estimated. It is expected that the results of this study will help to verify if environmental changes are associated with changes in the incidence rate of TB of a nation. The results of the present study can aid scientists, stakeholders and managers to take decisions that can help in achieving the ODS.

**KEYWORDS:** environment; linear correlation; tuberculosis.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento industrial e tecnológico, as várias fontes de poluição ambiental têm sido causadoras de danos ao ser humano e ao meio ambiente. (BURGESS, 1996). A dinâmica de funcionamento da sociedade pós-industrial impõe um estilo de vida insustentável para o meio ambiente. (MELO, 2003).

Apesar dos efeitos da poluição terem sido descritos desde a antiguidade, somente com o advento da revolução industrial a poluição passou a atingir a população em grandes proporções. A rápida urbanização verificada em todo o planeta trouxe um grande aumento no consumo de energia e também de emissões de poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis por fontes fixas, como as indústrias, e por fontes móveis, como os veículos automotores (ARBEZ *et al.*, 2012). Atualmente, aproximadamente 50% da população do planeta vive em cidades e aglomerados urbanos e estão expostas a níveis progressivamente maiores de poluentes do ar (SALVI e BARNES, 2009).

O saneamento básico é um dos componentes mais importantes da infraestrutura no que concerne ao meio ambiente pois, uma coleta de esgoto eficiente, seguida de adequado tratamento, tem forte impacto nas condições de sustentabilidade de grandes cidades, principalmente quanto ao aumento da população, e conseqüentemente de efluentes (REIS *et al.*, 2014). Em geral, países com mais elevado grau de desenvolvimento apresentam menores carências de atendimento de suas populações por serviços de saneamento. Ao mesmo tempo, países com melhores coberturas por saneamento têm populações mais saudáveis, o que por si só constitui um indicador de nível de desenvolvimento. (HELLER, 1997). No entanto, a mensuração das condições de vida e saúde persiste como um desafio. A saúde deve ser pensada como resultado das relações entre variáveis ambientais, sociais e econômicas que pressionam as condições e a qualidade de vida. Logo, na análise da situação da saúde, indicadores de desenvolvimento humano assumem uma importância fundamental, pois documentam as condições de vida da população e dimensionam o

espaço social em que ocorrem as mudanças no estado de saúde (OPAS).

Para lidar com questões sobre qualidade de vida e bem-estar, a conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), também conhecida como Rio+20, trouxe como resultados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS são um conjunto de 17 objetivos e 168 metas que procuram lidar com questões globais de desenvolvimento sustentável até o ano de 2030, daí os ODS serem também conhecidos como Agenda 2030. O Objetivo de número 3 (ODS3) busca justamente melhorar o bem-estar e saúde globais.

Um indicador é uma medida, ou um valor derivado dessa medida, que contém informações sobre padrões ou tendências em relação ao estado do ambiente. (EPA, 1995). Cada um tem suas vantagens e desvantagens. Percebe-se que os indicadores se constituem em um importante parâmetro para orientar a gestão e o planejamento de políticas e ações que podem ser desenvolvidas para aprofundar o comprometimento com as metas estabelecidas. (BENETTI, 2006).

O PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – criou o indicador de desenvolvimento mais famoso, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), para os diferentes países. Este índice se compõe de três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. A renda é avaliada pelo Produto Interno Bruto (PIB) real per capita; a saúde, pela esperança de vida ao nascer e a educação, pela taxa de alfabetização de adultos e taxas de matrículas nos níveis primário, secundário e terciário combinados. Renda, educação e saúde seriam atributos com igual importância como expressão das capacidades humanas (MINAYO, 2000).

O Índice de Desempenho Ambiental (EPI) publicado pela Universidade de Yale, nasceu do reconhecimento de que a formulação de políticas ambientais muitas vezes carece de rigor científico e quantitativo. Ele tem o propósito de classificar o desempenho dos países em questões ambientais de alta prioridade em duas áreas: proteção da saúde humana e proteção dos ecossistemas. Estas duas áreas ainda são subdivididas em outras 9 subáreas com 20 indicadores (variáveis) como mostrado no Quadro 1 (HSU, *et al.*, 2006).

Segundo Costa, (2013) mudanças na qualidade de vida, no poder aquisitivo das famílias e a expansão dos serviços de redes de abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário e coleta de lixo, poderão levar ao declínio da taxa de mortalidade infantil, da mortalidade proporcional por doença diarreica aguda em crianças menores de cinco anos nos estados brasileiros.

Teixeira, *et al.*,(2012) avaliaram a associação entre cobertura por serviços de saneamento básico e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina, utilizando dados secundários da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) relativos ao período de 2005 a 2010; verificando que, os valores ,em média, para cada região foram de 18,2 óbitos de crianças menores de 1 ano por 1 000 nascidos vivos, 23,5 óbitos de menores de 5 anos por 1 000 nascidos vivos e mortalidade de 5,8% por enfermidades diarreicas agudas

em menores de 5 anos.

Lima, (2013) estudou a relação entre áreas verdes livres públicas e Indicadores de saúde na cidade de Juiz de Fora- MG. Foi feita uma análise estatística, com base nos dados de taxa de internações do Sistema Único de Saúde – SUS devido a três causas naturais (doença mental, cardiovasculares e respiratórias) e dados de áreas verdes, representado pelos Índices de Áreas Verdes- IAV. Concluindo que somente a taxa de internações por doenças respiratórias e área verde foi significativa tanto para homens quanto para mulheres, ou seja, as Regiões Urbanas com área verde tendem a ter uma menor taxa de internações devido a doenças respiratórias e Regiões Urbanas sem nenhuma área verde tendem a ter uma maior taxa de internações devido a doenças respiratórias.

García-Sánchez, *et al.* (2015) ao proporem um novo índice para avaliar a performance ambiental, o Composite Index of Environmental Performance (CIEP) verificaram que ações e políticas socioambientais podem reduzir a taxa mortalidade e aumentar a expectativa de vida.

Mariani *et al.* (2010) estudaram a associação entre expectativa de vida e performance ambiental, esta medida por meio do EPI. Os autores encontraram estimativa do coeficiente de correlação linear de Pearson igual a 0,66 e significativa ao nível de 0,01. Baseado nisso, apresentaram um Modelo de Gerações Superpostas (MGS) que explica a dinâmica entre o desempenho ambiental e a expectativa de vida. Eles concluíram que uma nação que queira viver mais tende a investir mais na melhora do ambiente. Em contrapartida, a melhora do ambiente está associada com o aumento da expectativa de vida.

Chen *et al.* (2013) ajustaram modelos de regressão linear com mortalidade e expectativa de vida como variável resposta e concentração total de partículas suspensas em cidades da China. Eles estimaram que os cerca de 500 milhões de residentes do Norte da China estão perdendo mais de 2,5 bilhões de anos de expectativa de vida acumuladamente.

Lin *et al.* (2007), por meio de revisão sistemática, encontraram evidências de associação entre poluição do ar e tabagismo e risco de infecção, doença e morte por TB. Já Johnson *et al.* (2000) demonstraram que o contato com lixo hospitalar foi a possível causa de infecção por *Mycobacterium tuberculosis* em três trabalhadores que lidam com esse tipo de resíduo.

Área	Subárea	Indicador
Saúde Ambiental	Impactos a Saúde	Exposição a Risco Ambiental
	Qualidade do Ar	Qualidade do Ar Interno
		Exposição Média a Material Particulado
		Excesso de Exposição a Material Particulado
		Exposição Média a NO <sup>2</sup>
	Água e Saneamento	Água Potável Precária
Saneamento Precário		
Vitalidade do Ecossistema	Recursos Aquáticos	Tratamento de Esgoto
	Agricultura	Eficiência de uso de Nitrogênio
		Balanceamento de Nitrogênio
	Florestas	Perda de Dossel Florestal
	Pesca	Unidades Populacionais de Peixes
	Biodiversidade e Habitat	Áreas Marinhas Protegidas
		Proteção Global do Bioma Terrestre
		Proteção Nacional do Bioma Terrestre
		Proteção Global de Espécies
		Proteção Nacional de Espécies
	Clima e Energia	Tendência de Intensidade de Carbono
Tendência de Intensidade de Carbono em kWh		

Quadro 1: A estrutura do EPI 2016 com suas áreas, subáreas e seus indicadores.

## 2 | OBJETIVOS

O objetivo geral do projeto de pesquisa foi verificar se havia associação linear entre a taxa de incidência de tuberculose e o Escore de Performance Ambiental (EPI).

Os objetivos específicos foram:

- Levantar os conjuntos de dados mundiais de incidência de TB e EPI.
- Estimar o coeficiente de correlação linear de Pearson entre a taxa de incidência de TB e o EPI.

### 3 | METODOLOGIA

Para o presente projeto foram utilizados dados de 179 países das bases públicas do Banco Mundial e da Universidade de Yale. Os bancos de dados do Banco Mundial e da Universidade de Yale contêm taxas de incidência de TB e escore de EPI por país, respectivamente. Podem ser encontrados nos sítios <https://data.worldbank.org/indicator/SH.TBS.INCD> e <http://epi.yale.edu/data>, respectivamente.

O coeficiente de correlação linear de Pearson,  $r$ , entre duas variáveis  $x$  e  $y$  pode ser definido como:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Em que:

$x_i$  é o valor observado da variável  $x$ ;  $\bar{x}$  é a média aritmética da variável  $x$ ;  $\bar{y}$  é a média aritmética da variável  $y$ ;  $y_i$  é o valor observado da variável  $y$ ;  $n$  é o número de observações e  $i$  é uma variável indicadora.

As estatísticas descritivas das variáveis estudadas foram feitas por meio da média aritmética, desvio-padrão, valores mínimo e máximo. Tanto as estatísticas descritivas quanto as estimativas das correlações lineares foram realizadas por meio do Software JASP, versão 0.8.6.

### 4 | RESULTADOS

O coeficiente de correlação linear de Pearson foi -0,552829572 e o p-valor da correlação foi menor que 0,05. Abaixo está descrito o gráfico de acordo com a associação entre as variáveis, bem como o tipo de correlação e o coeficiente de determinação.

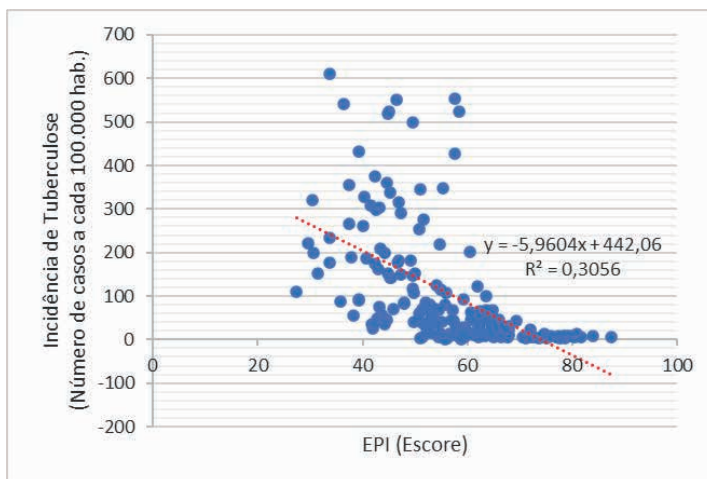


Gráfico 1: Associação entre o EPI e a incidência de tuberculose.

## 5 | DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que existiu associação entre a incidência de tuberculose e o índice de performance ambiental, pelo fato de o p-valor ter sido inferior a 0,05. Ademais, essa correlação foi inversamente proporcional, já que o coeficiente de correlação linear de Pearson foi negativo, e moderada, já que o mesmo obteve um valor entre 0,5 e 0,7.

## 6 | CONCLUSÃO

Concluiu-se que existiu associação entre a incidência de tuberculose e o índice de performance ambiental. Logo, quanto melhor a performance ambiental dos países, menos casos de tuberculose eles apresentarão.

## REFERENCIAS

ARBEX, *et al.*. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v.38, n 5, set./out.2012.

BENETTI, L. B. Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável (IDS) do município de Lages/SC através do método do painel de sustentabilidade. 2006. 203p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BURGESS, M. Trends in traffic noise research over 25 years. In: Congresso Internacional de engenharia de controle de ruído, 1996, Liverpool. Anais ... Liverpool: Internoise'96, 1996. p. 371-76.

CHENA, Y *et al.* Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, n.32, p.12936-12941, ago.2013.

COSTA, M. F. Os Impactos do saneamento básico nos estados brasileiros sobre os indicadores dominantes de saúde. 2013.45 f. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial)-Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2013.

EPA. A conceptual framework to support development and use of environmental informations in decision-making. 1995.[acessado 2016 novembro 27].Disponível em: <<http://www.epa.gov/indicator/frame/contents.html>>.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. Brasília: OPAS/OMS; 1997.

HSU, A. *et al.* Environment Performance Index. New Haven, CT: Yale University, 2016.[acessado 2016 novembro 21].Disponível em: <[www.epi.yale.edu](http://www.epi.yale.edu)>.

JAMES, G. *et al.* **An Introduction to Statistical Learning**. 1a ed. New York: Springer, 2013.

JOHNSON, K. R.; BRADEN, C. R.; CAIRNS, K. L.; *et al.* Transmission of Mycobacterium tuberculosis from medical waste, **JAMA**, vol. 284, p. 1683-8, 2000.

LIMA, S. S. M. A relação entre áreas verdes e saúde na cidade de Juiz de Fora- MG. 2013.85 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora,2013.

LIN, H. H; EZZATI, M (2007) Tobacco smoke, indoor air pollution and tuberculosis: A systematic review and meta-analysis. **PLoS Med** 4, doi:10.1371/journal.pmed.0040020

MARIANI, F.; BARAHONA, A. P.; RAFFIN, N. Life expectancy and the environment. **Journal of Economic Dynamics & Control**, v.34, p.798–815, 2010.

MELO, M. M. O (des)envolvimento do “desenvolvimento”capitalista: pode haver desenvolvimento sustentável em um modo social de produção capitalista?. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,2003.

MINAYO, M. C. **Ciência e saúde coletiva**. Rio de Janeiro, v.5, p.7-18, 2000.

Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS). Saúde nas Américas: 2007 — v1 Regional. Washington, DC: OPAS; 2007.

REIS, L. B; SANTOS, E. C. **Energia elétrica e sustentabilidade: Aspectos tecnológicos, socioambientais e legais**. São Paulo, 2 ed. 2014.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. **Revista Ceres**,v.46, p.383-409, 1999.

SALVI, S. S; BARNES, P. J. Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers. **Lancet**.2009;374(9691):733-43.[acessado 2016 novembro 27].Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61303-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61303-9)>.

SÁNCHEZ, I. M. G.; ALMEIDA, T. A. N.; CAMARA, R. P. B. A proposal for a Composite Index of Environmental Performance (CIEP) for countries. **Ecological Indicators**, v.48, p. 171-188, jan. 2005.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana Salud Publica**.v.32, n.6, p.419–25,2002.

VIEIRA, S. Introdução a Bioestatística. São Paulo: Elsevier, 4 ed. 2011.