

Sustentabilidade ambiental, gastos públicos e expectativa de vida: evidências para a América do Sul

*Andrey Luis dos Santos Robinson*¹, *Pedro Ricelly Gama de Oliveira*² e *Igor de Menezes Larruscaim*³

Resumo: O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da sustentabilidade ambiental e dos gastos públicos em proteção ambiental na expectativa de vida das pessoas da América do Sul. Para tal, propõe-se um índice de estado da sustentabilidade ambiental por meio da técnica análise fatorial por componentes principais. Depois utiliza-o em conjunto com os gastos públicos em proteção ambiental num painel de dados para oito países da América do Sul no período 2002-2016, a fim de verificar seus efeitos sobre a expectativa de vida. Argentina, Chile e Uruguai apresentaram o status da sustentabilidade positivo durante todo período. Colômbia, Equador e Paraguai negativo. Bolívia e Brasil obtiveram mais estados positivos do que negativos. Há pequena evidência de efeitos positivos do índice de status da sustentabilidade ambiental e dos gastos públicos em proteção ambiental com relação à expectativa de vida. Embora os impactos não sejam fortes, pode-se dizer que os oito países da América do Sul apresentam condições favoráveis a políticas ambientais.

Palavras chaves: Sustentabilidade, América do Sul, Gasto público

Abstract: The aim of this work is to evaluate the impact of environmental sustainability and public spending on environmental protection on the life expectancy of people in South America. To this end, an index of the state of environmental sustainability is proposed using the principal component analysis technique. It is then used in conjunction with public expenditure on environmental protection in a panel data for eight countries in South America in the period 2002-2016, in order to verify its effects on life expectancy. Argentina, Chile and Uruguay had a positive sustainability status throughout the period. Colombia, Ecuador and Paraguay had a negative status. Bolivia and Brazil had more positive than negative states. There is little evidence of positive effects of the environmental sustainability status index and public spending on environmental protection on life expectancy. Although the impacts are not strong, it can be said that the eight countries in South America have favorable conditions for environmental policies.

Keywords: Sustainability, South America, Public spending

Área de submissão: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade

Classificação JEL: I18, Q56, R11

¹ Doutorando, PPGECO – Universidade de Brasília andreyrobinson@ymail.com

² Doutorando, PPGECO – Universidade de Brasília rgo.pedro@gmail.com

³ Doutorando, PPGE-ED – Universidade Federal do Rio Grande do Sul igor_menezes06@hotmail.com

1. Introdução

A relação entre as condições ambientais e a saúde humana é bastante conhecida para países em diversos graus de desenvolvimento, sendo possível estabelecer uma relação causal entre qualidade ambiental e expectativa de vida (SHAH *et al.*, 2021). Países de média ou baixa renda, como os africanos, não possuem instituições capazes de aliviar a dinâmica do nexo entre saúde e degradação do meio ambiente. Tal incapacidade institucional deve-se em boa medida à baixa qualidade das regras e regulamentos ambientais, bem como sua aplicabilidade para verificar as atividades de indústrias sujas, o que faz com que nesses países seja necessário um nível de gastos maior em termos de promoção de saúde (AJIDE; ALIM, 2020).

Teoricamente, os gastos do governo afetam a qualidade ambiental por meio dos efeitos escala, composição, técnica e renda. O efeito escala ocorre quando os gastos aumentam a atividade produtiva e conseqüentemente a poluição, já o efeito composição surge como resultado da maior habilidade e educação dos indivíduos, porque aumenta a parcela de atividades limpas intensiva em capital humano em relação às atividades sujas, intensivas em capital físico. Os gastos em P&D podem ser acompanhados pelo efeito técnico, que diminui a poluição observada na razão poluição/PIB devido à maior demanda e adoção de tecnologias limpas pelas firmas. Por último, verifica-se o efeito renda quando o aumento da renda privada, causada pelos gastos do governo, é seguido pela maior demanda por um ambiente mais limpo e regulamentos rigorosos (LÓPEZ; GALINATO; ISLAM, 2011).

Ocorre que as relações entre o estado do meio ambiente com indicadores sociais ou econômicos é restrita a aspectos específicos do problema ambiental. O exemplo típico é o das emissões de CO₂ (HALKOS; PAIZANOS, 2016), mas também são encontradas pesquisas sobre o Material Particulado (PM₁₀), NO (NARAYAN; NARAYAN, 2008), NO₂ (XIE; WANG, 2019) e CO (BOSTAN *et al.*, 2016), SO₂ (XIE; WANG, 2019), poluição da água (GASSEBNER; LAMLA; STURM, 2011; ZHANG *et al.*, 2017), entre outros.

Normalmente a literatura relaciona essas variáveis com o crescimento econômico (GROSSMAN; KRUEGER, 1995; MAGNANI, 2000), tributação (AMBEK; CORIA, 2021), saúde (ONOFREI *et al.*, 2020) e os gastos privados e governamentais para ajustar as políticas ambientais e combater a degradação (ADEWUYI, 2016; BARMAN; GUPTA, 2010).

Isso significa que a literatura ainda carece de pesquisas sobre a relação expectativa de vida, gastos públicos em proteção ambiental e qualidade do meio ambiente numa perspectiva não tão restrita. Além disso, verifica-se a escassez de investigações dessa natureza para a América do Sul. Este trabalho procura fechar essa lacuna ao estabelecer como objetivo medir o impacto da sustentabilidade ambiental e dos gastos públicos em proteção ambiental na expectativa de vida das pessoas da América do Sul.

Para atingir este objetivo, estrutura-se o trabalho em outras quatro seções além desta introdução. Na segunda seção é apresentada a revisão de literatura sobre o tema. Na terceira, elabora-se o índice de sustentabilidade ambiental com base em base em Dong e Hauschild (2017) e Onofrei *et al.* (2020) e o combina com os gastos públicos em proteção ambiental num painel de dados para os países da América do Sul. A informação disponível para 2002-2016 limitou a análise à 8 países. A quarta seção é dedicada à análise dos resultados e a quinta conclui o trabalho.

2. Revisão de literatura

2.1 Gastos do governo e qualidade ambiental

Othman e Bekhet (2021) identificaram que os gastos do governo possuem correlação positiva com a emissão de dióxido de carbono (CO₂) na Malásia. Yuelan (2019) também encontrou relação parecida para a China entre 1980-2016. Mas a nível municipal, o efeito dos gastos do governo sobre o dióxido de enxofre (SO₂), fuligem e sobre a demanda química de oxigênio é negativo, em formato de U invertido e em forma de U, respectivamente.

O estudo de Halkos e Paizanos (2013) para 77 países ao longo de 1980-2000 demonstra que os gastos do governo possuem impacto negativo direto sobre as emissões CO₂ per capita e dióxido de enxofre (SO₂). Em 20 países da Europa, entre 1995-2013, Bostan et. al (2016) demonstraram que os investimentos ambientais em pedreiras e mineração se correlaciona negativamente com o monóxido de carbono (CO).

Em López et al. (2011), no entanto, os gastos do governo reduzem a poluição somente se a composição dele for alterada para bens públicos e sociais. Alimi et al. (2020) investigam as relações entre qualidade ambiental e despesas com saúde para os 15 membros da Comunidade Econômica dos Estados da África Ocidental (ECOWAS). Os resultados apontam para a existência de correlação positiva entre as emissões de carbono e os gastos públicos para o período 1995-2014.

Resultados semelhantes são encontrados por Anwar et al. (2021) cuja amostra congrega 87 países entre 1999 e 2018, e também por Narayan e Narayan (2008) que estudou 8 países da OCDE entre 1980-1999.

Para os países dos BRICS, entre 1990 e 2018, foi verificado que a digitalização dos serviços do governo representou uma redução das emissões de CO₂ no curto e longo prazos, apesar do impacto do tamanho do governo ser positivo nesses países (CHEN, 2021)

Um resultado misto de gastos governamentais em qualidade ambiental para 12 países africanos foi obtido no estudo de Donkor et al. (2022) com dados em painel para os anos de 2000 a 2016. Nessa análise, as despesas financeiras do governo tiveram impacto positivo na qualidade ambiental de países ao Norte e, negativo ao Sul.

2.2 *Qualidade ambiental e saúde humana*

Uma forma de tratar essas relações é analisar o meio ambiente como um conjunto mais amplo por meio de índices ambientais que permitam visualizar e capturar uma dimensão maior do problema.

Nesse sentido, o *Environmental Sustainability Index* (ESI) elaborado em conjunto por instituições como *Center for International Earth Science Information Network* da Universidade de Columbia e o *Yale Center for Environmental Law and Policy*, reúne 22 indicadores ambientais que objetivam caracterizar o estado da sustentabilidade ambiental em cinco indicadores gerais: i) sistema ambiental; ii) redução da pressão ambiental; iii) redução da vulnerabilidade humana; iv) capacidade de resposta institucional e social; v) gestão global (JHA; BHANU MURTHY, 2003; ONOFREI *et al.*, 2020).

Mais tarde, as mesmas instituições desenvolveram o *Environmental Performance Index* (EPI) que reúne 40 indicadores de desempenho ambiental em 11 categorias. Ao todo, 180 países são classificados em mudança climática, vitalidade do ecossistema e saúde ambiental (WOLF *et al.*, 2022).

O problema do ESI e do EPI são os elevados custos de coleta de dados e as metodologias para estimar dados muitas vezes inexistentes. “Country definitions and boundaries evolve over time, and time series data may contain entries for countries that no longer exist [...] In such cases, we assign the historical values from these countries to all successor states (WOLF *et al.*, 2022, p. 157)”.

Diferente deles, Onofrei et al. (2020) utilizam análise fatorial para estruturar o índice de sustentabilidade ambiental. Segundo eles, esse método reduz o custo de coleta de dados e minimiza o problema com os dados distorcidos. Os resultados obtidos para 11 países desenvolvidos da Europa durante o período 2000-2017 indicam a correlação positiva entre o status da sustentabilidade ambiental e os gastos do governo em proteção ambiental com a expectativa de vida.

Outros trabalhos que medem o impacto do estresse ambiental na vida humana pode ser encontrado na literatura. Evans e Smith (2005) encontraram correlações positivas entre a

exposição ao ozônio e ao material particulado ar e os casos de angina e ataques cardíacos. Mariani et al. (2010) concluíram que as condições ambientais afetam a expectativa de vida porque encontraram evidências que a longevidade está positivamente correlacionada com a qualidade ambiental.

Já Shah et al. (2021) encontraram evidências para a China, entre 1991Q1-2017Q4, de efeito positivo do gasto público em termos de longevidade apenas no curto prazo, enquanto que no longo prazo o efeito foi nulo.

Chen et al. (2021) comparam países desenvolvidos e em desenvolvimento em termos de efeitos sobre expectativa de vida oriundos de diversas variáveis de interesse, entre elas algumas variáveis ambientais. Diferenças entre os níveis de desenvolvimento foram encontradas, mas destaca-se o impacto negativo de áreas de floresta, exposição média a material particulado e emissões de carbono sobre a expectativa de vida em países em desenvolvimento, enquanto o positivo vem de taxa de urbanização.

Com dados entre 1990 e 2020, os gastos com saúde da Arábia Saudita para mitigar os efeitos das emissões de CO₂ na saúde foram analisados em termos de mortalidade infantil e anos de vida ajustados por incapacidade por Omri et al. (2023). Os resultados dão conta, entre outras coisas, que o gasto público é mais efetivo que o privado em reduzir os efeitos do CO₂ sobre mortalidade infantil.

Polcyn et al. (2023) encontram que as emissões de CO₂ na Ásia impactam negativamente a expectativa de vida, com base em um painel de 46 países entre os anos de 1997 a 2020. Resultado semelhante ao encontrado por Uddin et al. (2023) para 6 países asiáticos entre 2002 e 2020.

Devido à natureza do problema, o horizonte temporal e o componente geográfico; a maior parte dos estudos foram realizados por meio de dados em painel. Talvez as principais exceções sejam Shah et al. (2021), Othman e Bekhet (2021) e Yuelan (2019) com os modelos autorregressivos com defasagens distribuídas (ARDL) e Halkos e Paizanos (2016) que utilizaram as funções de impulso e resposta dos vetores autorregressivos.

3. Metodologia

Para medir o estado da sustentabilidade ambiental da América do Sul, elaborou-se o índice (Ind_ssa) com 16 proxies baseadas no estudo de Dong e Hauschilda (2017). Eles analisaram e categorizaram um conjunto de indicadores ambientais em Drivers-Pressures-Response-States-Impacts (DPRSI). Drivers são as necessidades industriais e individuais que pressionam o meio-ambiente (Pressure). Essa pressão pode alterá-lo (State) e causar impactos ambientais (Impact) que desencadeiam em respostas políticas (Response).

Com base nesses indicadores, Onofrei et al. (2020) formularam um índice de sustentabilidade para de 11 países em desenvolvimento na União Europeia. Os encadeamentos propostos pelos autores originam-se do consumo de combustível do setor de transportes e do manejo de resíduos. Mas diferente deles, propomos encadeamentos que derivam do uso doméstico da extração de matéria prima (UDE) e da intensidade energética da economia (iE). Essas práticas contribuem para a intensidade de CO₂ na produção (iCO₂), a emissão de gases de efeito estufa (GHG) e o consumo de substâncias que causam a depleção da camada de ozônio (C_ODS). Noutras palavras, a extração de matéria prima e a intensidade energética da economia conduzem anualmente a pressão ambiental.

Em razão disso, o estado das áreas florestais (AF) e da temperatura (°C) podem alterar. O impacto na vida humana é capturado pelo risco de mortalidade por exposição ao material particulado (ME_MP), pela exposição ao ozônio (ME_MO), pelos anos devida perdidos devido a exposição ao material particulado (D_MP) e ao ozônio (D_O); pelo custo de bem-estar por mortes prematuras devido à exposição ao material particulado (C_BE_MP) e ao ozônio (C_BE_O).

Como resultado desses encadeamentos, as respostas políticas podem se desdobrar em instrumentos econômicos, de informação e de comando controle (STERNER; CORIA, 2012), representados pelos impostos relacionados ao meio ambiente (TX_AMB), o número de empresas certificadas ISO 14001 (EC_ISO) e os sítios de Ramsar (SR) – proxy para instrumentos econômicos, de informação e comando controle, respectivamente.

Por conta da quantidade de informação utilizada (Anexo), o índice de estado da sustentabilidade ambiental é estimado por meio da análise fatorial por componentes principais. Essa técnica permite a redução de um conjunto de dados em um menor número de fatores. Logo, devido a rotação ortogonal das variáveis, a variância redistribuída é capaz de explicar as combinações lineares com um padrão relativamente simples de interpretação: o primeiro fator contém o maior poder explicativo variância da amostra, o segundo carregará o segundo maior poder explicativo e assim sucessivamente (MINGOTI, 2007). Numa palavra, o método permite identificar os fatores que contribuem significativamente para avaliar o estado da sustentabilidade do meio ambiente (ONOFREI *et al.*, 2020). Após identificá-los, utilizam-se os escores fatoriais obtidos na estimativa para construir o índice do status da sustentabilidade ambiental (Eq. 1):

$$Ind_{esa_p} = \sum_{j=1}^f \left(\frac{\sigma_j^2}{\sum_{j=1}^f \sigma_j^2} E_{pj} \right) \quad (1)$$

em que ind_{ESA_p} é o índice do status da sustentabilidade ambiental do país p ; o termo σ_j^2 representa a variância explicada pelo fator j ; o número de fatores escolhidos é simbolizado por f ; $\sum_{j=1}^f \sigma_j^2$ é o somatório das variâncias explicadas pelos f fatores extraídos; e E_{pj} corresponde ao escore fatorial do país p , do fator j .

3.1 Modelo econométrico

O impacto da sustentabilidade ambiental e dos gastos públicos em proteção ambiental na vida das pessoas é avaliado por meio da metodologia de dados em painel. Uma das vantagens dessa abordagem é a possibilidade de controlar efeitos não observados e modelar comportamentos divergentes na amostra. Esse método facilita o tratamento da heterogeneidade e fornece estimativas robustas (GREENE, 2020).

Com base na informação disponível, foram reunidos indicadores sobre os 8 países da América do Sul para o período 2002-2016. Países como o Peru e a Venezuela ficaram de fora da amostra porque não foram encontradas informações completas sobre o gasto público em proteção ambiental. Esse tipo problema limitou a quantidade de países (8) e o período de análise (2000-2016).

Seja como for, no modelo proposto, além das variáveis de interesse (Ind_{esa} e Gp_{amb}), foram adicionadas outras 5 variáveis de controle que ajudam a explicar a expectativa de vida, formalmente:

$$Exp_{vit} = \sum_j \varphi_j X_{ijt} + \sum_k \gamma_k Z_{ikt} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

em que, Exp_{vit} é a expectativa de vida da população do i -ésimo país no ano t . As variáveis de interesse, índice de estado da sustentabilidade e os gastos públicos em proteção ambiental, estão representadas pelo termo $\sum_j X_{ijt}$, com $j = 1, 2$. A expressão $\sum_k Z_{ikt}$, com $k = 1, \dots, 5$, congrega as variáveis de controle que podem afetar a expectativa de vida no país i : acesso à

energia elétrica, acesso ao saneamento básico, gastos público e privado em saúde e a densidade urbana. O termo ε_{it} representa o erro do modelo.

Por meio de procedimentos habituais, buscou-se determinar o modelo com mais adequado para a proposta. Aplicou-se o teste de Chow para comparar os modelos Pooled com Efeitos Fixos (EF), e por meio do teste de Hausman comparou-se os modelos de Efeito Aleatório (EA) com EF. A correlação serial foi examinada pelo teste Wooldridge. A homoscedasticidade pelo teste de Wald. Por fim, o teste de Pesaran é utilizado para verificar a correlação contemporânea no modelo. Os resultados empíricos são apresentados na próxima seção.

4. Análise dos resultados

O índice de estado da sustentabilidade ambiental da América do Sul é construído com base nos 16 indicadores ambientais categorizados em Drivers-Pressures-Response-States-Impacts por Dong e Hauschilda (2017). Por meio da técnica análise fatorial por componentes principais foram obtidos 4 fatores que, individualmente, possuem raiz característica maior que a unidade e explicam, conjuntamente, 84,16% da variância total dos dados (Tabela 1).

Tabela 1: Fatores, raízes características, e variâncias explicadas.

Fatores	Raiz Característica	Diferença	Variância Explicada	Variância Acumulada
F1	4.29194	0.81571	0.2682	0.2682
F2	3.47624	0.29559	0.2173	0.4855
F3	3.18065	0.66340	0.1988	0.6843
F4	2.51725	-	0.1573	0.8416
Bartlett	3687.55			
KMO	0.6375			

Elaborado pelos autores.

Pelo teste de Bartlett, a 1% de significância, rejeita-se a hipótese nula: a matriz de correlação não é igual a matriz de identidade. Já a estatística KMO (0.6375) indica bom ajustamento do modelo ($0.6375 > 0.5$) conforme Mingoti (2007). A rotação ortogonal dos fatores é realizada pelo método *varimax*. Na Tabela 2, apresentam-se as comunalidades e as cargas fatoriais. Em negrito, destacam-se os coeficientes de correlação superiores a 0.7 como elementos da amostra com forte associação aos fatores.

Tabela 2: Cargas fatoriais e comunalidades

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Comunalidade
UDE	0.3682	-0.0785	0.7104	0.0352	0.6476
iE	0.3601	0.1300	0.7553	0.4441	0.9142
GHH	0.8675	-0.2831	0.2221	-0.1568	0.9066
C_ODS	0.0893	0.0462	-0.0356	0.6487	0.4322
iCO2	0.225	0.3816	0.7907	0.3026	0.9131
AF	-0.7254	-0.0851	-0.6061	0.2417	0.9592
°C	-0.0230	0.1242	-0.7052	0.2102	0.5575
ME_MP	0.1340	0.9439	0.2288	0.0609	0.9649
C_BE_MP	0.0809	0.9769	0.1124	-0.0216	0.9740
D_MP	-0.2051	0.9246	-0.2623	-0.0605	0.9693
ME_OZ	0.7989	0.0555	0.2622	0.4999	0.9600
C_BE_OZ	0.8137	0.0693	0.2213	0.4719	0.9386
D_OZ	0.7899	0.0247	0.1522	0.5636	0.9654
TX_AMB	0.7965	0.3498	0.0008	-0.1734	0.7868
SR	0.2413	0.6081	-0.5389	0.3351	0.8307
EC_ISO	-0.0728	-0.043	-0.0096	0.8596	0.7461

Elaborado pelos autores.

Sendo assim, ao observar a correlação entre os fatores e os elementos da amostra, percebe-se que o fator 1 representa 26,82% da variância total (Tabela 1). Ele está negativamente correlacionado com Área Florestal (AF) e positivamente correlacionado com o tributo ambiental (TX_AMB), as emissões dos gases de efeitos estufa (GHH) e as variáveis de exposição ao ozônio: mortalidade (ME_OZ), custo do bem-estar (C_BE_OZ) e DALYs (D_OZ) (Tabela 2). Pelos resultados, o tributo ambiental não consegue mitigar o fluxo de poluentes e o impacto do ozônio no bem-estar. Isso indica que o tributo está aquém do ótimo social. Como consequência, o Fator 1 é chamado de Pressão.

O fator 2 explica 21,73% da variância total da amostra (Tabela 1) e correlaciona-se positivamente com o impacto do material particulado na vida humana: mortalidade por exposição (ME_MP), custo do bem-estar (C_BE_MP) e DALYs (D_MP) (Tabela 2). Consequentemente, esse fator é denominado de Impacto do Material Particulado.

O fator 3, chama-se Drivers, devido à correlação positiva com intensidade energética (iE), o uso doméstico da extração de matéria prima (UDE) e a intensidade de dióxido de carbono na produção (CO₂); e negativa com a mudança sítios de a temperatura (Tabela 2). Este fator explica 19,88% da variância (Tabela 1). Por fim, apesar da correlação positiva, o fator 4 é nomeado como Resposta em virtude da associação com as empresas certificadas pelo ISSO 14001 (Tabela 2). Esse fator é responsável pela explicação de 15,33% da variância total da amostra.

Após identificar o número de fatores e suas principais correlações (variáveis acima de 0.7), foram gerados os escores fatoriais para construir o índice de estado da sustentabilidade ambiental (Eq. 1).

Pode-se dividir os resultados da Tabela 3 em três grupos: i) países com indicador direcional positivo (+) durante todo período; ii) países com indicador direcional negativo (-) durante todo período; e iii) países com mais indicadores positivos do que negativos (+++). No primeiro grupo, classificam-se Argentina, Chile e Uruguai. Colômbia, Equador e Paraguai encontram-se no segundo (-). Bolívia e Brasil, no terceiro (+++) (Tabela 3). Tomando como referência a crise do *subprime*, com exceção da Argentina, Chile e Uruguai, os demais países apresentaram índices com indicador direcional negativo em 2009 – período que exigiu políticas governamentais proativas em infraestrutura e fomento da demanda para reverter a retração, mas que pressionam as fossas de resíduos e as fontes de recursos da economia (FLAMMER, 2020).

Tabela 3: Índice de estado da sustentabilidade ambiental da América do Sul

Ano/País	Argentina	Bolívia	Brasil	Chile	Colômbia	Equador	Paraguai	Uruguai
2002	0.603	-0.195	0.093	0.455	-0.196	-0.749	-0.994	0.118
2003	0.677	-0.214	0.140	0.458	-0.239	-0.669	-0.934	0.121
2004	0.689	-0.195	0.015	0.436	-0.389	-0.687	-0.843	0.115
2005	0.741	-0.074	-0.083	0.424	-0.487	-0.630	-0.864	0.204
2006	0.768	-0.055	-0.007	0.402	-0.450	-0.601	-0.827	0.268
2007	0.855	0.017	0.006	0.502	-0.472	-0.578	-0.786	0.302
2008	0.679	-0.051	-0.041	0.433	-0.424	-0.606	-0.829	0.141
2009	0.626	-0.047	-0.079	0.394	-0.433	-0.593	-0.822	0.133
2010	0.734	0.011	0.083	0.467	-0.438	-0.552	-0.754	0.115
2011	0.834	0.157	0.240	0.514	-0.383	-0.511	-0.674	0.298
2012	0.942	0.290	0.271	0.529	-0.282	-0.426	-0.624	0.412
2013	0.904	0.251	0.326	0.583	-0.249	-0.390	-0.605	0.420
2014	0.878	0.207	0.293	0.542	-0.244	-0.416	-0.687	0.237
2015	0.793	0.214	0.270	0.609	-0.319	-0.490	-0.689	0.164
2016	0.960	0.470	0.340	0.659	-0.273	-0.483	-0.447	0.246
Indicador direcional	+	+++	+++	+	-	-	-	+

Elaborado pelos autores.

Em seguida, mediu-se o impacto do *Ind_esa* na expectativa de vida das pessoas. Previamente à estimação do modelo, transformou-se todas as variáveis em seus respectivos logaritmos naturais e foram realizados os testes de especificidade para dados em painel. Por meio dos testes Chow e Hausman comparou-se os modelos *Pooled* contra EF e EF contra EA. Os resultados sugerem que o modelo com EF é o mais apropriado para o conjunto de dados (Tabela 4). Contudo, os problemas de dependência transversal (2.202), autocorrelação (3423.219) e heteroscedasticidade (1713.85) foram estatisticamente significativos. Para resolvê-los, estimou-se o modelo por meio da técnica de Driscoll e Kraay (DRISCOLL; KRAAY, 1998), conforme Onofrei et al. (2020). Esse estimador permite tratar com robustez a dependência transversal, os problemas de heteroscedasticidade e autocorrelação nos modelos de EF de todos os tamanhos (POLLONI-SILVA *et al.*, 2021).

Dessa forma, os coeficientes do painel com EF indicam que existem efeitos positivos entre o índice de estado da sustentabilidade ambiental (*Ind_esa*) e os gastos públicos em proteção ambiental (*Gp_amb*) com relação à expectativa de vida. Especificamente, 0,13% de aumento na expectativa de vida é devido ao aumento de 1% no índice de sustentabilidade e 0,1%, ao aumento do gasto público em proteção ambiental. Embora os impactos não sejam fortes, pode-se dizer que os 8 países da América do Sul apresentam condições favoráveis e políticas ambientais proativas no que tange a expectativa de vida. Resultados semelhantes são encontrados em Shah (2021) para a China, e Onofrei et al. (2020) para 11 países em desenvolvimento da Europa.

Tabela 4: Resultados do modelo de efeitos fixos

Variáveis explicativas	Variável dependente: expectativa de vida
<i>Ind_esa</i>	0.0013* (0.0007)
<i>Gp_amb</i>	0.0010** (0.0003)
<i>Gp_saud</i>	0.0021 (0.0047)
<i>Gpv_saud</i>	0.0153** (0.0027)
<i>Saneam</i>	0.2374*** (0.0283)
<i>Eletr</i>	0.0327 (0.0202)
<i>Desn</i>	-0.0107** (0.0030)
<i>Cons.</i>	6.5250*** (0.0906)
^A Chow	189.10***
^B Hausman	103.77***
^C Wald	1713.85***
^D Wooldridge	3423.219***
^E Pesaran	2.202**

^AH0: *Pooled* contra H1: EF; ^BH0: EA, contra H1: EF; ^CH0: Homocedástico contra H1: Heterocedástico; ^DH0: Autocorrelação ausente, contra H1: Autocorrelação presente; ^EH0: ^FCorrelação contemporânea ausente, contra H1: Correlação contemporânea presente. Estatisticamente significativo a ***1%, **5% e *10%.

Quanto às variáveis de controle, a prestação de serviços de saneamento básico melhorado (Saneam) apresentou o maior impacto dentre o conjunto de variáveis. Este resultado é esperado. Afinal, o acesso básico ao consumo de água potável, a coleta e o tratamento de resíduos e esgoto ajudam a prevenir e mitigar a transmissão de doenças. Esses impactos são construtivos na saúde e na longevidade. Diferente da prevalência de pessoas desnutridas (Desn), que se associou negativamente com a expectativa de vida. Embora existam múltiplas causas para a desnutrição, de imediato, é possível que o impacto observado derive de problemas estruturais de natureza distributiva e de acesso aos serviços básicos. Isso gera insegurança alimentar para uma parte significativa da população que se torna vulnerável e tem a expectativa de vida reduzida. Já os gastos privados em saúde (Gpv_saud) reflete as melhorias substanciais que parte da população obtém ao acessar serviços de saúde ofertados pelo mercado.

5. Conclusão

Este trabalho mediu o impacto da sustentabilidade e dos gastos públicos em proteção ambiental na expectativa de vida dos países América do Sul. Fazendo uso da técnica de análise fatorial por componentes principais se construiu o índice de status da sustentabilidade ambiental. Os países que obtiveram o melhor desempenho nesse quesito são Argentina, Chile e Uruguai que apresentaram indicador positivo em todo o período. Na contramão deles, Colômbia, Equador e Paraguai tiveram indicador negativo, ao passo que Bolívia e Brasil apresentaram estados mais positivos do que negativos.

Diante dessa evidência, a análise realizada em um painel de dados mostrou que o estado da sustentabilidade ambiental e os gastos públicos em proteção ambiental impactam positivamente a expectativa de vida das pessoas. Como os impactos não foram expressivos, recomenda-se aproveitar essas condições favoráveis e reforçar as políticas públicas de proteção ambiental, sobretudo naqueles países que apresentaram o índice negativo.

Este trabalho possui algumas limitações que requerem parcimônia na generalização dos achados. Em primeiro lugar, a escassez de variáveis limitou o período e os países analisados. Na América do Sul constam 13 países, e só foi possível reunir informação completas para 8. Enquanto Peru e Venezuela foram excluídos porque não apresentaram indicadores completos sobre os gastos públicos em proteção ambiental, as Guianas e o Suriname foram excluídos porque não possuem informações suficientes para a construção do índice. Em segundo lugar, para construir o painel com 8 países, teve-se de abrir mão dos indicadores de educação – fundamentais para explicar a expectativa de vida das pessoas. Países como Uruguai e Equador não apresentam a informação completa sobre esse assunto.

Referências

ADEWUYI, A. O. Effects of public and private expenditures on environmental pollution: A dynamic heterogeneous panel data analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 65, p. 489–506, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.090>.

AJIDE, K. B.; ALIMI, O. Y. The Conditioning Role of Institutions in Environment-Health Outcomes Nexus in Africa. **International Economic Journal**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 634–663, 2020.

ALIMI, O. Y.; AJIDE, K. B.; ISOLA, W. A. Environmental quality and health expenditure in ECOWAS. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 5105–5127, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00416-2>.

AMBEC, S.; CORIA, J. The informational value of environmental taxes. **Journal of Public Economics**, [s. l.], v. 199, p. 104439, 2021.

ANWAR, M. A.; MADNI, G. R.; YASIN, I. Environmental quality, forestation, and

health expenditure: a cross-country evidence. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 23, n. 11, p. 16454–16480, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01364-6>.

BARMAN, T. R.; GUPTA, M. R. Public Expenditure, Environment, and Economic Growth. **Journal of Public Economic Theory**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 1109–1134, 2010.

BOSTAN, I. *et al.* Impact of Sustainable Environmental Policy on Air Pollution Reduction, During European Integration Framework. **Amfiteatru Economic**, [s. l.], v. 18, n. 42, p. 286–302, 2016.

CHEN, L. How CO2 emissions respond to changes in government size and level of digitalization? Evidence from the BRICS countries. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 457–467, 2021.

CHEN, Z. *et al.* Impacts from economic development and environmental factors on life expectancy: A comparative study based on data from both developed and developing countries from 2004 to 2016. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 18, n. 16, p. 1–18, 2021.

DONG, Y.; HAUSCHILD, M. Z. Indicators for Environmental Sustainability. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 61, p. 697–702, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.173>.

DONKOR, M. *et al.* Economic Growth and Environmental Quality: Analysis of Government Expenditure and the Causal Effect. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 17, 2022.

DRISCOLL, J. C.; KRAAY, A. C. Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. **The Review of Economics and Statistics**, [s. l.], v. 80, n. 4, p. 549–560, 1998. Disponível em: <https://direct.mit.edu/rest/article/80/4/549/57104/Consistent-Covariance-Matrix-Estimation-with>. Acesso em: 4 out. 2022.

EVANS, M. F.; SMITH, V. K. Do new health conditions support mortality–air pollution effects?. **Journal of Environmental Economics and Management**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 496–518, 2005.

FLAMMER, C. Green Bonds: Effectiveness and Implications for Public Policy. **Environmental and Energy Policy and the Economy**, [s. l.], v. 1, p. 95–128, 2020.

GASSEBNER, M.; LAMLA, M. J.; STURM, J. E. Determinants of pollution: What do we really know?. **Oxford Economic Papers**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 568–595, 2011.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 8th. ed. [S. l.]: Pearson Education Limited, 2020.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic Growth and the Environment. **The quarterly journal of economics**, [s. l.], v. 110, n. 2, p. 353–377, 1995.

HALKOS, G. E.; PAIZANOS, E. A. The Effect of Government Expenditure on the Environment: An Empirical Investigation. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 91, p. 48–56, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.002>.

HALKOS, G. E.; PAIZANOS, E. A. The effects of fiscal policy on CO2 emissions: Evidence from the U.S.A. **Energy Policy**, [s. l.], v. 88, p. 317–328, 2016.

JHA, R.; BHANU MURTHY, K. V. B. **A Critique of the Environmental Sustainability Index**. Canberra, Australia: [s. n.], 2003. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=380160.

LÓPEZ, R.; GALINATO, G. I.; ISLAM, A. Fiscal spending and the environment: Theory and empirics. **Journal of Environmental Economics and Management**, [s. l.], v. 62, n. 2, p. 180–198, 2011.

MAGNANI, E. The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 32, p. 431–443, 2000.

MARIANI, F.; PÉREZ-BARAHONA, A.; RAFFIN, N. Life expectancy and the environment. **Journal of Economic Dynamics and Control**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 798–815, 2010.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. [s. l.]: UFMG, 2007.

NARAYAN, P. K.; NARAYAN, S. Does environmental quality influence health expenditures? Empirical evidence from a panel of selected OECD countries. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 65, n. 2, p. 367–374, 2008.

OMRI, A.; KAHOULI, B.; KAHIA, M. Impacts of health expenditures and environmental degradation on health status-Disability-adjusted life years and infant mortality. **Frontiers in public health**, [s. l.], v. 11, n. March, p. 1118501, 2023.

ONOFREI, M. *et al.* Impacts of the allocation of governmental resources for improving the environment. An empirical analysis on developing european countries. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 17, n. 8, 2020.

OTHMAN, N. S.; BEKHET, H. A. Dynamic Effects of Malaysia'S Government Spending on Environment Quality: Bridging Stirpat and Ekc Hypothesis. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 343–355, 2021.

POLCYN, J. *et al.* Evaluating the Influences of Health Expenditure, Energy Consumption, and Environmental Pollution on Life Expectancy in Asia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 20, n. 5, 2023.

POLLONI-SILVA, E. *et al.* Environmental kuznets curve and the pollution-halo/haven hypotheses: An investigation in brazilian municipalities. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 1–19, 2021.

SHAH, M. H. *et al.* Does environment quality and public spending on environment promote life expectancy in China? Evidence from a nonlinear autoregressive distributed lag approach. **International Journal of Health Planning and Management**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 545–560, 2021.

STERNER, T.; CORIA, J. **Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management**. 2. ed. London: Routledge, 2012.

UDDIN, I. *et al.* Revisiting the determinants of life expectancy in Asia—exploring the role of institutional quality, financial development, and environmental degradation. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], p. 1–21, 2023.

WOLF, M. J. *et al.* **Environmental Performance Index**. New Haven: [s. n.], 2022. Disponível em: epi.yale.edu.

XIE, X.; WANG, Y. Evaluating the efficacy of government spending on air pollution control: A case study from Beijing. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 16, n. 1, 2019.

YUELAN, P. *et al.* The nexus of fiscal policy instruments and environmental degradation in China. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 26, n. 28, p. 28919–28932, 2019.

ZHANG, C. *et al.* An integrated specification for the nexus of water pollution and economic growth in China: Panel cointegration, long-run causality and environmental Kuznets curve. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 609, p. 319–328, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.107>.

ANEXO

Tabela A. Base de dados

Variável	Sigla	Fonte	Descrição
Variáveis utilizadas na construção do índice de status sustentabilidade Ambiental (Ind_esa)			
Uso doméstico da extração (t/ per capita)	UED	^A OECD stats.oecd.org	Refere-se aos fluxos físicos de matéria prima extraída ou colhida do meio-ambiente para consumo direto ou processamento.
Intensidade energética (TPES/ per capita)	iE	^B CEPAL statistics.cepal.org	Oferta total de energia primária (TPES).
Gases de efeito estufa (t/ per capita)	GHG	CEPAL statistics.cepal.org	Congrega o dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (NO ₂), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF ₆), emitidos pelos setores de energia, resíduos, agricultura, industrial e combustíveis de bunker.
Consumo de substância que destroem a camada de ozônio (t)	C_ODS	CEPAL statistics.cepal.org	As substâncias são os clorofluorcarbonetos (CFCs), os hidrofluorcarbonetos (HFCs) e o brometo de metila (CH ₃ Br).
Intensidade de CO ₂ na produção. CO ₂ relacionado à energia per capita (t)	iCO2	OECD stats.oecd.org	Referente as emissões de CO ₂ provenientes da combustão de petróleo, carvão, gás natural e outros combustíveis.
Área florestal (% da área terrestre)	AF	OECD stats.oecd.org	Áreas com mais de 0,5 hectares e cobertura florestal acima de 10%. Inclui áreas desmatadas que serão reflorestadas. Exclui bosques, florestas, áreas recreativas, urbano e agrícolas.
Variação na temperatura média anual	°C	CEPAL statistics.cepal.org	Informação sobre as mudanças observadas nas temperaturas médias no país.
Material Particulado 2.5 (MP): mortalidade por exposição (por 1000000 de habit.)	ME_MP	OECD stats.oecd.org	O MP é uma partícula fina cuja exposição aumenta consideravelmente o risco de doenças cardiovasculares e respiratórias. DALYs refere-se aos anos de vida saudável perdidos devido à exposição ao MP 2.5.
MP: custo do bem-estar por mortes prematuras devido à exposição (% do GDP)	C_BE_MP	OECD stats.oecd.org	
MP: DALYs (por 1000 habit.)	D_MP	OECD stats.oecd.org	
Ozônio: mortalidade por exposição (por 1000000 de habit.)	ME_OZ	OECD stats.oecd.org	Se na estratosfera o ozônio é benéfico devido à proteção contra a radiação, nas camadas mais baixas da atmosfera possui efeitos tóxicos para os seres vivos. DALYs- refere-se aos anos de vida saudável perdidos devido à exposição ao ozônio.
Ozônio: custo do bem-estar por mortes prematuras devido à exposição (% do GDP)	C_BE_OZ	OECD stats.oecd.org	
Ozônio: DALYs (por 1000 habit.)	D_OZ	OECD stats.oecd.org	
Impostos relacionados ao meio ambiente (% do GDP)	TX_AMB	OECD stats.oecd.org	
Empresas certificadas ISO 14001 (número)	EC_ISO	CEPAL statistics.cepal.org	Campainhas públicas e privadas certificadas pelo ISO 14001.
Sítio de Ramsar (hectares)	SR	CEPAL statistics.cepal.org	Informação sobre a cobertura da superfície do país ocupada pelas zonas úmidas definidas na convenção de Ramsar.
Variáveis utilizadas na regressão			
Expectativa de vida ao nascer (anos)	Exp_v	Banco Mundial data.worldbank.org	Refere-se ao número de anos que um recém-nascido viverá se os padrões de mortalidade correntes permanecerem constantes.
Gastos públicos com proteção ambiental (% do GDP)	Gp_amb	CEPAL statistics.cepal.org	Congrega a gestão de resíduos, redução da poluição, proteção da biodiversidade biológica e da paisagem, P&D relacionados à proteção ambiental

Gastos públicos com saúde (% do GDP)	Gp_saud	CEPAL statistics.cepal.org	Reúne os gastos em produtos, suprimentos e equipamentos médicos. Serviços ambulatoriais, hospitalares, públicos e P&D em saúde.
Gastos privados com saúde (% dos gastos totais em saúde)	Gpv_saud	Banco Mundial data.worldbank.org	Parcela das despesas privadas pagas por serviços de saúde.
Uso do saneamento com segurança (% da população)	Saneam	Banco Mundial data.worldbank.org	Refere-se ao percentual de pessoas que utilizam instalações sanitárias melhoradas. Essas instalações incluem sistemas de esgoto encanado, fossas de latrina e fossas sépticas.
Acesso à eletricidade (% da população)	Eletr	Banco Mundial data.worldbank.org	Porcentagem da população com acesso à energia elétrica.
Prevalência de desnutrição (% da população).	Desn	Banco Mundial data.worldbank.org	Porcentagem da população que não consome a quantidade de calorias suficiente para manter uma vida ativa e normal.

^AOrganização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico;

^BComissão Econômica para a América Latina e o Caribe;

Elaborado pelos autores.