

Logística reversa de medicamentos no Brasil: uma análise socioambiental

SARA RAQUEL LAURENTINO BARBOSA DE LIMA ^I

VIVIANE SOUZA DO AMARAL ^{II}

JULIO ALEJANDRO NAVONI ^{III}

Introdução

EM RAZÃO da disposição final inadequada, distintos grupos farmacêuticos têm sido detectados nos diversos compartimentos ambientais. Assim, a fármaco-contaminação é mundialmente considerada como uma problemática do campo da saúde ambiental por consequência dos potenciais impactos ambientais e sanitários que a exposição aos resíduos de medicamentos pode acarretar (Schneider; Stedile, 2016; Brasil, 2007). Evidências indicam os efeitos agudos e crônicos da fármaco-contaminação a partir dos seus efeitos biológicos decorrentes, a saber: alteração dos parâmetros imunológicos, cardiovasculares e metabólicos; fragmentação do DNA; e variação do perfil transcricional. Além disso, tem-se documentada a influência da fármaco-contaminação no desequilíbrio provocado na estrutura ecológica de um ecossistema, alterando o processo de seleção de espécies, o que favorece aquelas que são resistentes a essas substâncias em detrimento das mais sensíveis (Mezzelani et al., 2016; Bácsi et al., 2016; Mezzelani et al., 2018; Lindim et al., 2019; Parolini, 2020). Os seres humanos, por sua vez, estão diretamente afetados por essa problemática, pois estão vulneráveis aos riscos da exposição a essas substâncias mediante o consumo não só da água, mas dos alimentos contaminados por esses compostos (Bartrons; Peñuelas, 2017; García et al., 2018; Wen, 2014).

Em face da evidente importância da disposição final adequada dos resíduos de medicamentos, o Brasil contém algumas regulamentações que versam especificamente sobre os resíduos de fármacos, dentre as quais podem-se evidenciar: ABNT NBR 10004:2004 e 16457:2016; as Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) da Anvisa n.222/2018, 80/2006, 44/2009, 63/2011, 222/2018; Resolução Conama n.358/2005; Decreto Anvisa n.5.775/2006; e os Decretos Federais n.7.404/2010 e 9.177/2017. Nesse cenário, o Decreto Federal n.10.388/2020 merece destaque especialmente por instituir o sistema de logística reversa dos medicamentos domiciliares pós-consumo, vencidos, em desuso, industrializados ou manipulados e de suas embalagens. No entanto, a implementação dessas políticas é incipiente no contexto brasileiro (Blankenstein; Phillip Jr., 2018; Monteiro et al., 2016).

A fim de analisar e propor soluções para esse problema, podem-se utilizar os indicadores de saúde ambiental voltados à avaliação de aspectos específicos das políticas públicas (Stedile et al., 2015). Isso é possível porque os indicadores são portadores de relevantes informações e simplificadores de dados complexos, primordiais para melhorar a comunicação intersetorial, identificar tendências, propor ações prioritárias e avaliar políticas e programas (Brasil, 2011). Como consequência, eles podem facilitar as tomadas de decisões alinhadas aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), cuja pauta está sob atenção global diante da Agenda 2030.

Atrelado a isso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) propôs a aplicação dos indicadores de saúde ambiental ao modelo FPSEEA, por meio do enquadramento de cada um deles em uma das dimensões do modelo: Força motriz, Pressão, Situação, Exposição, Efeito ou Ação. Tal modelo se apresenta como uma matriz que favorece a análise integral da cadeia de um determinado problema relacionado à saúde ambiental, possibilitando a identificação das relações causais e a definição das tomadas de decisões. É válido salientar que, nas dimensões iniciais desse modelo, as intervenções políticas são mais efetivas e, por isso, as políticas públicas têm sido adotadas como ações que são pré-requisito para promoção do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2011; Oliveira; Faria, 2012; Oliveira; Faria 2008; Freitas; Porto, 2006). Diante disso, o modelo tem sido usado amplamente na literatura científica contemplando diversos cenários em âmbito mundial que vão desde o risco de uso de agrotóxicos, passando pelas doenças de transmissão por vetores, até a avaliação de políticas de desenvolvimento sustentável (Oliveira; Faria, 2008; Pinto et al., 2012; Oliveira, 2007; Sobral; Freitas, 2010; WHO, 2004; Briggs, 1999, 2003; Franco et al., 2009)

Portanto, o objetivo deste trabalho foi identificar e descrever os fatores que podem influenciar na deterioração ambiental em razão da fármaco-contaminação, com ênfase no entendimento da implementação da Logística Reversa de Medicamentos no território Brasileiro como solução para a problemática apresentada utilizando o modelo FPSEEA.

Metodologia

Modelo FPSEEA

O modelo FPSEEA é constituído pela: I) força motriz – relacionada aos fatores da escala macro dos processos que influenciam a saúde ambiental e humana. A título de exemplificação, pode-se citar o Produto Interno Bruto (PIB), a taxa de crescimento populacional e/ou a taxa de urbanização; II) pressão – resultado das forças motrizes que agem sobre o ambiente e, assim, está relacionada às consequências de tais processos. Como exemplo, o consumo de matéria prima. III) situação – relacionada às alterações que as pressões causaram sobre o meio ambiente, como o aumento da frequência ou magnitude de situações ambientais. Diante disso, de maneira ilustrativa, podem-se citar a taxas e indicadores de seca e/ou a qualidade da água e ar. IV) exposição – considerada um

conceito-chave, pois estabelece a relação da situação ambiental e seus efeitos sobre a saúde humana. A título de exemplificação, pode-se citar a proporção de pessoas atendidas pelo serviço de esgotamento sanitário. V) efeito – resultado da intervenção planejada sobre os problemas elencados; VI) ação – componente que tem por finalidade levar à superação dos desafios da gestão, auxiliando a tomada de decisões sobre os problemas sistematizados, bem como a formulação e implementação de políticas públicas e ações. Essas ações devem ser o guia do poder público e da sociedade para atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), por exemplo.

Portanto, seguindo as ideias anteriormente apresentadas, as variáveis estudadas por esta pesquisa foram distribuídas entre as dimensões Força motriz, Pressão, Situação, Exposição, Efeito e Ação, que compõem o modelo FPSEEA.

Obtenção de dados

Foi realizado o levantamento de todas as 18 variáveis componentes desta pesquisa para os 26 estados do Brasil e o Distrito Federal. Para tanto, foram utilizados não somente artigos científicos, mas também bancos de dados públicos dos sistemas eletrônicos, conforme listados no Quadro 1. Destaca-se que a fonte de coletas de dados desta pesquisa foi especialmente banco de dados públicos, configurando uma pesquisa documental. Como critério de seleção, considerou-se a disponibilidade de dados públicos e a relevância da relação dessas informações com a problemática socioambiental e demográfica dos resíduos de medicamentos.

Análise de dados

Uma análise de *Cluster* hierárquica foi realizada contemplando todas as variáveis inclusas na matriz para definir o número de agrupamentos ou conglomerados a serem considerados. Nesta pesquisa, o método de *Cluster* hierárquico foi seguido da análise de *cluster* pelo método *k-means*.

A comparação entre os agrupamentos foi realizada mediante o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*. As diferenças entre grupos foram consideradas significativas para $p < 0,05$. Para a comparação por pares foi utilizado o teste *post hoc* de DSCF e a magnitude das diferenças foi descrita mediante a análise do tamanho de efeito representado pelo coeficiente épsilon quadrado (ϵ^2) considerando a seguinte classificação: desprezível ($0.00 < \epsilon^2 < 0.01$); fraca ($0.01 < \epsilon^2 < 0.04$); moderada ($0.04 < \epsilon^2 < 0.16$); relativamente forte ($0.16 < \epsilon^2 < 0.36$); forte ($0.36 < \epsilon^2 < 0.64$); ou muito forte ($\epsilon^2 > 0.64$).

Quadro 1 – Variáveis, bases de dados consultadas e utilizadas nesta pesquisa com as respectivas descrições de ano de referência e a unidade de medida

Id	Variáveis	Descrição	Tipo de Indicador FPSEEA	Fonte, ano	Unidade de medida
01	Indicador N036 para Capitais	Massa de RSS coletada per capita	Situação	SNIS, 2019	kg/(103hab x dia)
02	Capacidade de Tratamento de RSS*	RSS tratados por incineração, autoclave, micro-ondas pelo estado	Situação	Anvisa, 2012	t/ano
03	Despesa com Medicamentos	Gasto médio familiar	Pressão	Anvisa, 2013	reais/mês
04	IDH	Índice de Desenvolvimento Humano	Força motriz	IBGE, 2015	Não se aplica
05	Taxa de Analfabetismo Estadual	Pessoas > 15 anos não alfabetizadas	Força motriz	IBGE, 2017	%
06	Total de Municípios	Somatória dos municípios do estado		IBGE, 2021	unidade
07	Esgotamento Sanitário-Rede	Municípios com rede de esgoto	Situação	SNIS, 2019	unidade
08	Cooperativas de Catadores	Cooperativas por estado	Exposição	SNIS, 2019	unidade
09	Municípios em Consórcios	Integrantes de consócio públicos	Exposição	SNIS, 2019	unidade
10	Índice de Coleta de Esgoto	Quantidade de esgoto coletado	Situação	SNIS, 2019	%
11	Índice de Tratamento de Esgoto	Esgoto coletado e tratado	Situação	SNIS, 2019	%
12	Esgoto Tratado X Água Usada	Esgoto tratado quanto à água consumida	Situação	SNIS, 2019	%
13	Projetos de Lei da Capital	PL de descarte de medicamento	Força motriz	SAPL, 2021	unidade
14	Quantidade de Leis da Capital	Leis de descarte de medicamento	Força motriz	SAPL, 2021	unidade
15	Quantidade de Leis do Estado	Leis de descarte de medicamento	Força motriz	Daniel; Mol, 2020	unidade
16	No de Farmácias e Drogarias	Farmácia e drogarias por estado	Pressão	Anvisa, 2012	unidade

17	Caixa de Medicamento Vendida	Medicamentos comercializados por estado	Pressão	Anvisa, 2019	unidade
18	Disposição Final de Resíduos	Lixão ou aterro	Exposição	SNIS, 2019	não se aplica

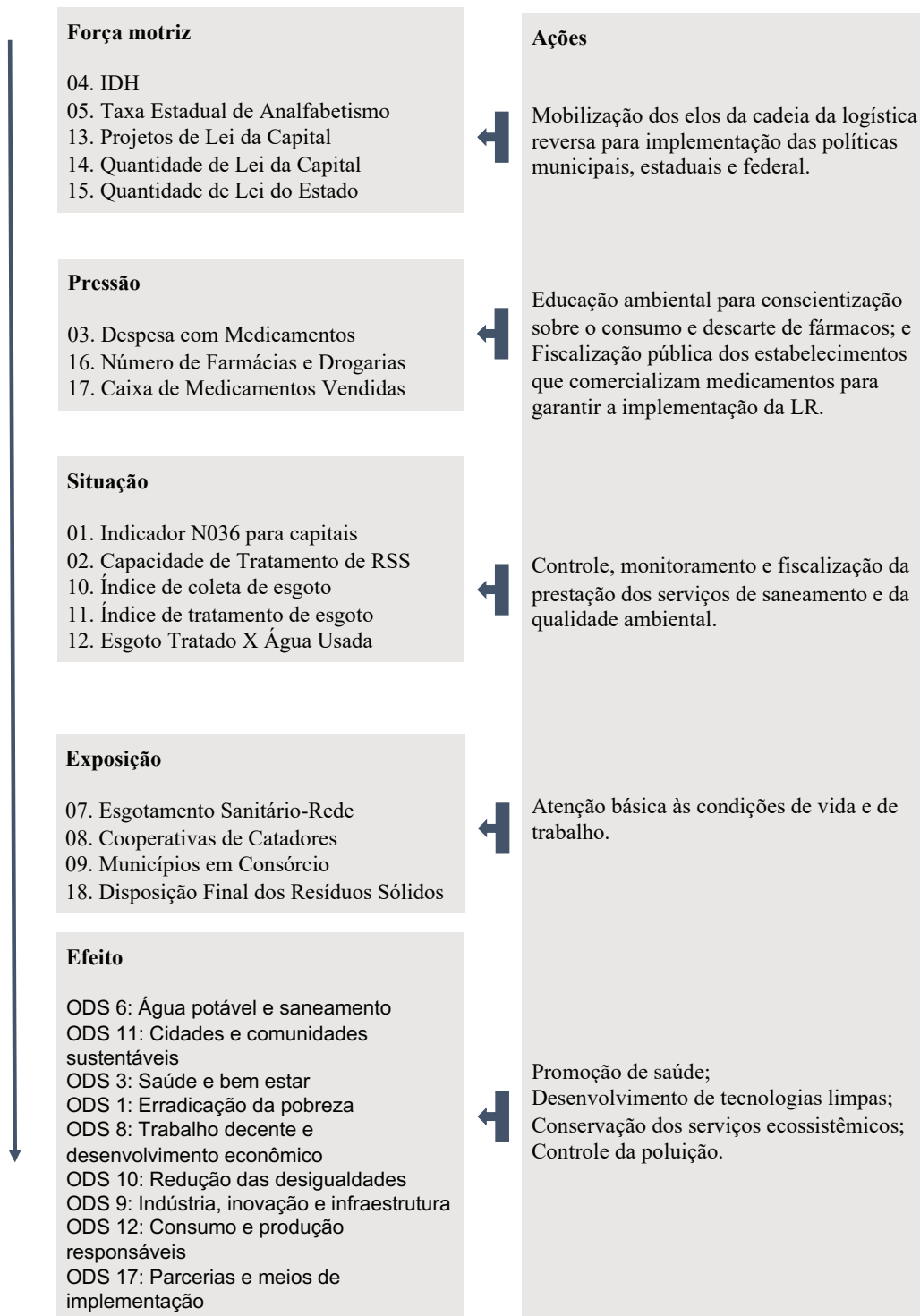
Fonte: Autores.

Notas: * RSS – Resíduos de Serviço de Saúde; SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento; Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; SAPL – Sistema de Apoio ao Processo Legislativo.

Resultados

A integração dos indicadores utilizados nesta pesquisa mediante o modelo FPSEEA apresentou a implementação das legislações de logística reversa como pré-requisito para iniciar a solução do problema apresentado e, por isso, nesta pesquisa, esses dispositivos legais são indicadores de força motriz do modelo. Além disso, o modelo FPSEEA elaborado por este trabalho mostrou que a proteção do meio ambiente e da saúde está intrinsecamente relacionada aos fatores “pressão” e “situação” (Figura 1), o que concorda com o trabalho de Stedile et al. (2015). Isso porque a variação dos indicadores do fator “pressão” é influenciada pelas ações de educação ambiental sobre consumo/descarte de fármacos e os indicadores do fator “situação”, podem ser ajustados por medidas de controle e monitoramento (Ruhoy; Daughton, 2008; Falqueto; Kligerman, 2013; Brasil, 2011c). Ao fator exposição, foram elencadas as intervenções a serem prioritariamente executadas pelos estados, municípios e distrito federal no que tange à problemática dos resíduos sólidos, pois demandam de ações de atenção básica às condições de vida e trabalho. Por fim, na fase de efeito, concentraram-se os ODS a serem atingidos como desfecho da intervenção planejada no problema, a partir das ações sugeridas em nas fases anteriores no Modelo FPSEEA esquematizado na Figura 1.

Mediante os indicadores ambientais e sociodemográficos considerados, a análise de cluster hierárquico identificou a similaridade entre os estados brasileiros, agrupando-os em três clusters, denominados G1, G2 e G3, a saber: Minas Gerais, São Paulo e Paraná, na primeira parte do gráfico (G1); Maranhão, Pará, Amazonas, Amapá, Sergipe, Rio Grande do Norte, Tocantins, Rondônia, Alagoas e Acre, na segunda parte do gráfico (G2); e Distrito Federal, Rio de Janeiro, Roraima, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Bahia, Paraíba, Espírito Santo, Piauí, Ceará e Pernambuco na terceira parte do gráfico (G3), conforme descrito na Figura 2.



Fonte: Autores.

Figura 1 – Aplicação do modelo FPSEEA para avaliação dos efeitos sustentáveis da logística reversa de medicamentos sobre a fármaco-contaminação.

De maneira complementar ao dendrograma, a análise do mapa de calor, mostrou que a variável Cooperativas de Catadores (Id. 08) apresentou maior contribuição para a formação do G1. Em relação à formação do G2, a variável Índice de Tratamento de Esgoto (Id. 11) destacou-se pela maior contribuição dada, mas deve-se mencionar também a importância da variável Despesa com Medicamentos (Id. 03). Por fim, para a formação do G3 as duas variáveis mais importantes foram a Despesa com Medicamentos (Id. 03) e o Indicador N036 para Capitais (Id. 01). Depois dessas, ainda em relação ao G3, merecem destaque o Índice de Tratamento de Esgoto (Id. 11) e o IDH (Id. 04).

Sendo assim, tendo por base o número de cluster fornecido pelo método hierárquico, o algoritmo *K-means* definiu três cenários socioambientais distintos, relacionados aos resíduos de medicamentos, formados pelos estados brasileiros, conforme descrição a seguir:

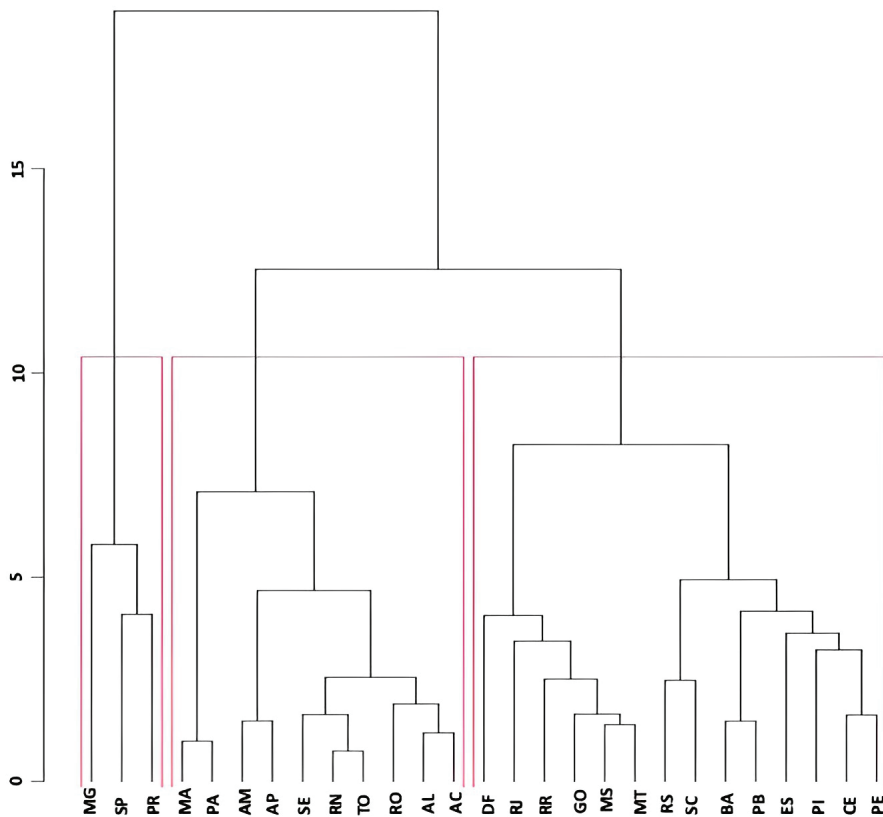
Cluster 1 (G1) – São Paulo e Minas Gerais, ambos da região Sudeste – são os estados mais desenvolvidos, pois apresentam cenários com as melhores características socioambientais atreladas à problemática dos resíduos de medicamentos.

Cluster 2 (G2) – Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Rio de Janeiro e Espírito Santo – Observa-se neste *cluster* a concentração dos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. São os estados menos desenvolvidos, pois apresentam cenários com as piores características socioambientais no contexto da problemática dos resíduos de medicamentos.

Cluster 3 (G3) – Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Bahia – predominam nesse *cluster* os estados da região Sul do Brasil. São os estados intermediários ou em desenvolvimento, pois apresentam cenários com características socioambientais intermediárias relacionadas ao contexto dos resíduos de medicamentos.

Para os três *clusters* anteriormente caracterizados, a análise Anova comparou as médias de cada uma das 12 variáveis indicadoras (Id. de 01 a 12) utilizadas nas análises anteriores e mostrou que apenas quatro dessas variáveis não foram significativamente influentes entre os diferentes grupos ($p > 0,05$), a saber: Indicador N036 para Capitais (Id. 01; $p = 0,334$), Despesa com Medicamentos (Id. 03; $p = 0,088$), Taxa de Analfabetismo Estadual (Id. 05; $p = 0,191$) e Índice de Tratamento de Esgoto (Id. 11; $p = 0,166$). Em relação a todas as outras nove variáveis analisadas, estas foram influentes na conformação dos clusters ($p < 0,05$).

Quanto às iniciativas de criação de leis de logística reversa, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os três distintos cenários ambientais caracterizados. Isso foi observado a partir da análise de três variáveis específicas, relacionadas às iniciativas legais para implementação da logística reversa de medicamentos, sendo elas: Id. 13 - Projetos de Lei da Capital, com tamanho de efeito moderado ($X^2 = 2,392$; $p = 0,302$; $\epsilon^2 = 0,0997$); Id. 14 - Quantidade



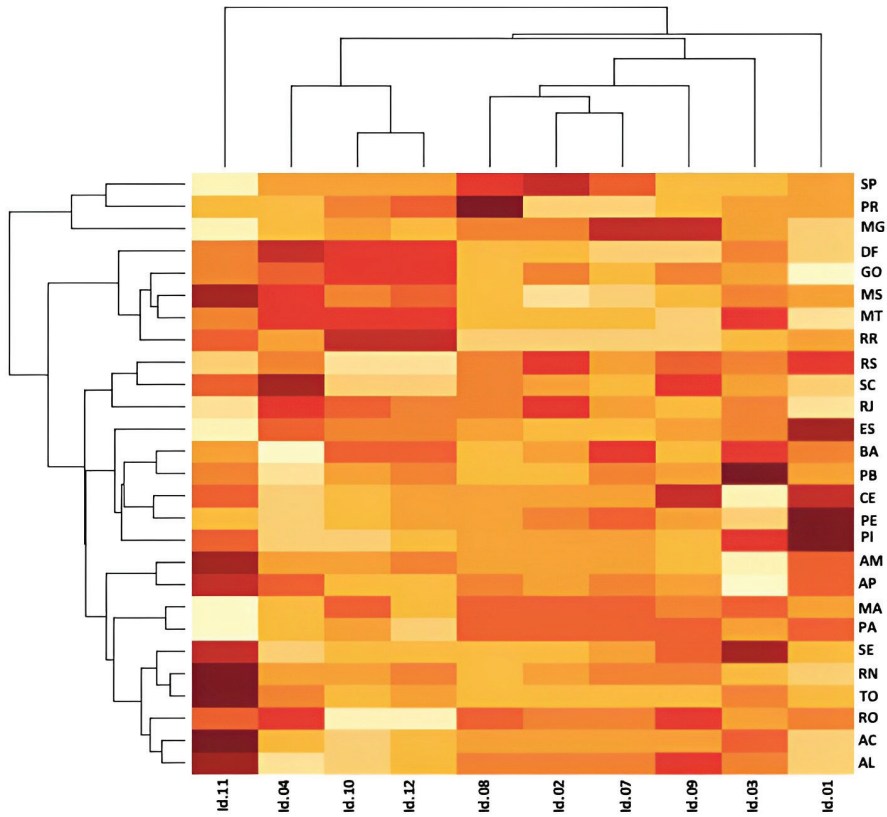
Fonte: Autores.

Figura 2 – Dendrograma identificando os três grupos formados pelos estados brasileiros com base na similaridade das variáveis analisadas.

de Leis da Capital, com tamanho de efeito fraco ($X^2 = 0,783$; $p = 0,676$; $\epsilon^2 = 0,0301$) e Id. 15 - Quantidade de Leis do Estado, com tamanho de efeito moderado ($X^2 = 2,936$; $p = 0,230$; $\epsilon^2 = 0,1129$).

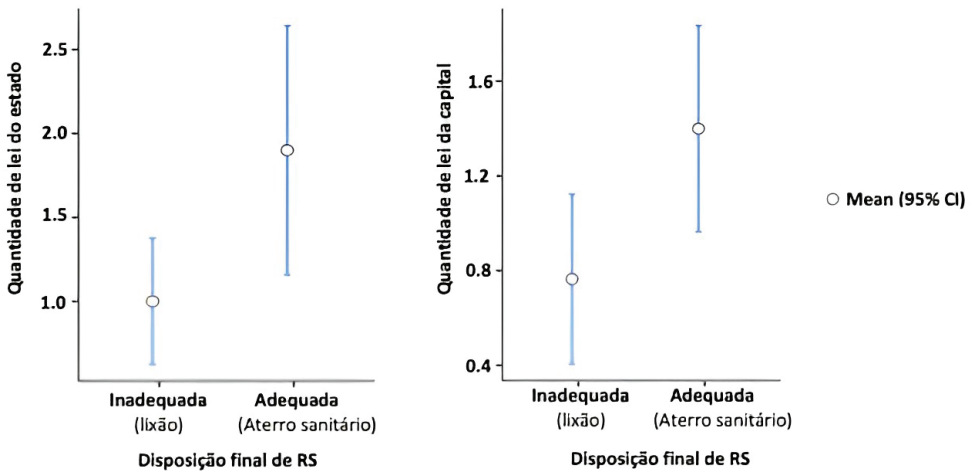
Em contrapartida, a variável Caixa de Medicamento Vendida (Id. 17), que representa o consumo de medicamentos, por meio do número de caixas de medicamentos comercializadas, apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os cenários ambientais. O tamanho de efeito, no que tange ao consumo de medicamentos, foi relativamente forte ($X^2 = 7,199$; $p = 0,027$; $\epsilon^2 = 0,2769$). Da mesma forma, o Número Farmácias e Drogarias (Id. 16) apresentou uma magnitude de efeito relativamente forte, porém não apresentou diferenças significativas ($X^2 = 4,816$; $p = 0,090$; $\epsilon^2 = 0,1852$).

É interessante salientar que quando são analisados os efeitos do tipo de disposição final de resíduos sólidos sobre o número de leis ambientais existentes ou projetos de leis, pode-se depreender que existe uma aderência das políticas públicas ambientais com a temática dos resíduos sólidos. Isso porque o tipo de disposição final dos resíduos sólidos influencia a criação de leis de logística reversa de fármacos em nível de capitais (Figura 4a) e estados do Brasil (Figura 4b).



Fonte: Autores.

Figura 3 – Mapa de calor cujas cores de maior intensidade destacam as variáveis que mais contribuíram para a formação dos *clusters*.



Fonte: Autores.

Figura 4 – Comparação do quantitativos de leis relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos segundo a implementação dos sistemas de disposição final de resíduos em vigência por estado e capital considerados como inadequado (lixão) e adequado (aterro sanitário).

Discussão

Para compreender o alcance da implantação da logística de fármacos, conforme proposta pelo Decreto Federal n.10.388/2020, é preciso contextualizar as ações desenvolvidas no que se refere ao âmbito socioambiental. Visando esse entendimento, a sistematização dos elementos que compõem o modelo FPSE-EA proporcionou uma perspectiva sobre a implementação da Logística Reversa de Medicamento no contexto da agenda 2030. Inicialmente, concordando com os resultados obtidos por Stedile et al. (2015), na primeira fase do modelo (Força motriz), destacaram-se as intervenções por meio de políticas públicas, como é o caso das Legislações relacionadas às Logísticas Reversas de Medicamentos. Portanto, a interpretação desse modelo descreve como tais instrumentos legais são essenciais para o sucesso das ações nas fases finais do modelo, a saber: situação, exposição e efeito (Oliveira; Faria, 2008; Corvalán et al., 1996).

Em suma, o modelo FPSEEA possibilitou a visualização e análise dos mecanismos de intervenção intersetorial no problema analisado, possibilitando a integração das ações estratégicas em diferentes fases (Stedile et al., 2015). Sendo assim, a plena implementação da Logística Reversa de Medicamentos, além de mitigar as consequências da fármaco-contaminação, contribuem para o alcance dos principais ODS relacionados aos resíduos medicamentosos, por meio de ações relacionadas: à mobilização dos elos da cadeia da logística reversa para implementação das políticas municipais, estaduais e federal; educação ambiental sobre o consumo e descarte de fármacos; ao Controle, monitoramento e fiscalização da prestação dos serviços de saneamento e da qualidade ambiental; à atenção básica às condições de vida e de trabalho (investimento nas infraestruturas para disposição final adequada de RS; Incentivo às cooperativas de catadores; e estímulo à criação de consórcios municipais); à promoção de saúde; ao desenvolvimento de tecnologias limpas; à conservação dos serviços ecossistêmicos; e ao controle da poluição. Com isso, cria-se uma agenda intersetorial comprometida com o desenvolvimento de políticas públicas promotoras da sustentabilidade (Oliveira; Faria, 2008; Freitas; Porto, 2006).

Além disso, este trabalho descreveu o cenário brasileiro, no âmbito da problemática socioambiental atrelada aos resíduos de medicamentos, com base na similaridade dos indicadores relacionados à entrada e permanência dos fármacos nos compartimentos ambientais. Nesse viés, a comparação dos agrupamentos determinados pelo método hierárquico e *k-means* permite observar que enquanto o dendrograma mostrou a delimitação dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná como componentes do G1, pela similaridade dos indicadores socioambientais relacionados à entrada e permanência dos fármacos nos compartimentos ambientais, o *k-means* determinou que o G1 é formado apenas pelos estados de Minas Gerais e São Paulo, excluindo o Paraná desse *cluster*, que foi caracterizado como o cenário ambiental mais desenvolvido no que diz respeito à problemática ambiental atrelada aos resíduos de medicamentos.

Sendo assim, em consonância com o que era esperado, esse agrupamento proposto pelo método *k-means* se mostrou ajustado à realidade pelo fato de que, no ano de 2018, das 250 mil toneladas dos RSS coletados pelos municípios brasileiros, a região Sudeste foi a responsável por concentrar 70% desse total, destacando-se o estado de São Paulo por coletar mais da metade dos RSS na região (Abrelpe, 2019), o que corrobora com a inserção do estado de São Paulo e Minas Gerais, ambos da região Sudeste, no G1.

O método *k-means* alocou no G3, que foi caracterizado como o cenário ambiental em desenvolvimento no que diz respeito à problemática ambiental atrelada aos resíduos de medicamentos, apenas os três estados da região Sul do Brasil, acrescentando a Bahia, enquanto o método hierárquico concentrou a maior parte dos estados brasileiros no G3, mesclando nesse grupo estados das cinco regiões do país.

O grupo o G2, cujo estágio de desenvolvimento do cenário ambiental é o menos desenvolvido no que diz respeito à problemática ambiental atrelada aos resíduos de medicamentos, foi formado exclusivamente com estados das regiões Norte e Nordeste do Brasil pela análise de *cluster* hierárquica, enquanto o método *k-means* concentrou os estados brasileiros das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste nesse grupo.

Em reforço ao agrupamento sugerido pelo método *k-means*, considerando o cenário real da problemática ambiental atrelada aos resíduos de medicamentos, pode-se observar ainda a existência do serviço de coleta seletiva nas cinco regiões geográficas do Brasil. Isso porque, enquanto as regiões Sul e Sudeste estão acima da média nacional no que diz respeito aos percentuais de ocorrência do serviço de coleta seletiva em seus municípios, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentam percentuais abaixo da média do país (SNIS, 2019; Abrelpe, 2019), o que justifica o agrupamento dos estados dessas três regiões no G2 (menos desenvolvido). Analogamente, essa concordância pode ser constatada inclusive quando se observa a distribuição regional dos lixões em operação no Brasil. A grande maioria dos lixões é encontrada na região Nordeste, seguida das regiões Centro-Oeste e Norte. Em contrapartida, o Sudeste e o Sul do Brasil apresentam em seus territórios as menores quantidades dessas unidades (SNIS, 2019).

O agrupamento obtido mediante o método *k-means* foi coerente, ainda, com a distribuição dos aterros sanitários existentes no território brasileiro, cuja porcentagem do total de unidades cadastradas ocorre da seguinte forma: região Sudeste com 52,7%; região Sul com 31,4%; região Nordeste com 7,9%; região Centro-Oeste com 6,3%; e região Norte com 1,8% (SNIS, 2019). Assim, foi possível perceber que a distribuição dos aterros sanitários entre as distintas regiões brasileiras ocorre de maneira díspar, pois enquanto as regiões Sul e Sudeste concentram mais de 80% dessas unidades existentes no Brasil, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste juntas somam apenas cerca de 16%.

Essas diferenças e realidades regionais contrastantes agravam a problemática dos fármacos no ambiente, especialmente pelo fato de estar na contramão do desenvolvimento sustentável, cuja previsão no art. 225 da Constituição Federal de 1988 determina que é dever do poder público e da coletividade defender e preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações. Portanto, considerando o meio ambiente como um bem público de uso coletivo, urge que a ação governamental atue sobre ele atenuando os riscos dos resíduos de medicamentos, a fim de preservar o equilíbrio ecológico, conforme princípio da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei Federal n.6938/81 (Brasil, 1981). Adicionalmente, são necessárias redes de governança participativas, articuladas aos setores da sociedade e comprometidas com desenvolvimento regional, atuando na mobilização dos diferentes elos para a promoção dos ODS nos territórios regionais (Machado et al., 2017).

Em face do exposto, foi possível corroborar que a coleta de medicamentos pós-consumo é pontual e desarticulada, ocorrendo apenas em localidades isoladas do território brasileiro, por meio de iniciativas de organizações individuais ou das poucas legislações municipais existentes, haja vista que não são todos os municípios que as possuem (Hiratuka, 2013; Torres, 2016; Daniel; Mol, 2020). Nesse sentido, a sistematização das informações com vistas à realização de análise baseada no agrupamento por similaridade de indicadores socioambientais e demográficos relativos aos resíduos de medicamentos nos estados brasileiros pode subsidiar a construção de um diagnóstico nacional sobre esse problema. Assim, pode-se conferir aos gestores municipais, distritais, estaduais e federais maior compreensão sobre o direcionamento estratégico dos recursos, otimizando-os por meio de ações e programas potencializadores do desenvolvimento regional, reduzindo, assim, as desigualdades existentes no panorama dos resíduos medicamentosos (Afonso et al., 2015; Stedile et al., 2015).

Quanto às características socioambientais consideradas na formação dos grupos, os resultados mostraram que elas não se traduzem em ações legais no âmbito da logística reversa de medicamentos. Em síntese, pode-se afirmar que não existe associação ou transferência da noção de legislação relacionada a uma prática ambiental. Isso porque, mesmo as características socioambientais que definem as distintas populações como, por exemplo, IDH (Id. 04), Índice de Coleta de Esgoto (Id.10) e Índice de Tratamento de Esgoto (Id.11), Taxa de Analfabetismo Estadual (Id. 05), Cooperativas de Catadores (Id. 08), não apresentam diferença estatisticamente significativa em relação à criação de leis de logística reversa de fármacos levando em conta os diferentes estágios de desenvolvimento dos três cenários ambientais anteriormente listados. Além disso, a análise do tamanho de efeito permitiu sugerir que a diferença entre os grupos é de fraca a moderada para as variáveis relacionadas às leis de logística reversa.

No entanto, é válido destacar não só a relevância da variável Despesa com Medicamentos para a formação dos grupos G1 (estados mais desenvolvidos) e

G2 (estados menos desenvolvidos), conforme foi possível verificar por meio da análise do mapa de calor, mas também da variável Caixa de Medicamento Vendida cuja diferença entre os três cenários ambientais foi estatisticamente significativa. Isso implica dizer que as ações de educação ambiental com vistas à conscientização sobre o consumo e descarte de medicamento, as quais são capazes de controlar os valores dessas variáveis, conforme discutido anteriormente, são ações indispensáveis tanto para redução dos contratos regionais sobre a problemática dos resíduos de fármacos no Brasil quanto para o alcance dos ODS.

Por fim, as capitais e estados com disposição final dos seus resíduos sólidos em lixões apresentam quantidade estatisticamente menor de leis relacionadas à logística reversa de fármacos, quando comparadas às capitais e estados que dispõem seus rejeitos em aterros sanitários. Nesse contexto, vale destacar que os lixões se constituem numa forma ambientalmente inadequada de dispor os rejeitos. Isso porque, nesse tipo de solução para disposição final dos resíduos, o armazenamento ocorre a céu aberto e, portanto, não existe cobertura diária do material acumulado. Por outro lado, os aterros sanitários são definidos, pela Lei Federal n.12.305/2010, como uma forma de disposição final de rejeitos ambientalmente adequada por contar com cobertura diária dos resíduos armazenados. Isso impede o contato dos vetores com os rejeitos, reduzindo a transmissão de doenças, bem como proporciona a coleta e tratamento de gases e lixiviados, prevenindo a poluição do solo, do ar e da água subterrânea. Em resumo, a Quantidade de Leis da Capital e a Quantidade de Leis do Estado, relacionadas à implantação da logística reversa de fármacos, variam em razão do tipo de disposição final dada aos resíduos sólidos como representação prática da importância da gestão ambiental e do papel que os resíduos sólidos têm nesse contexto.

Conclusão

O Brasil tem implementado nas suas políticas ambientais leis que visam abordar essa problemática, no entanto a implementação desses dispositivos legais na preservação ambiental ainda é incipiente. Assim, este estudo utilizou o modelo FPSEEA para descrever e fomentar ações intersetoriais comprometidas com o alcance dos principais ODS relacionados aos resíduos medicamentosos, partindo da implantação da logística reversa de fármacos.

Além disso, esta pesquisa descreveu, mediante a similaridade dos indicadores ambientais e sociodemográficos, as características e a implementação de políticas, assim como também as consequências práticas atreladas do ponto de vista socioambiental. Com isso, em linhas gerais, os estados da região Sudeste foram os mais desenvolvidos em relação à implementação de medidas ambientais, enquanto os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste foram os menos desenvolvidos quanto à problemática socioambiental dos resíduos de medicamentos. Os estados da região Sul, por sua vez, foram considerados como regiões em desenvolvimento.

Por fim, o número de leis relacionadas à implantação da logística reversa de fármacos não foi associado a uma prática ambiental específica, pois as características ambientais e sociodemográficas utilizadas na formação dos grupos não foram traduzidas em ações legais no campo da logística reversa. Por outro lado, a Quantidade de Leis da Capital e a Quantidade de Lei do Estado, relacionadas à implantação da logística reversa de fármacos, variaram conforme o tipo de disposição final dada aos resíduos sólidos nos respectivos estados.

Portanto, as ações de educação ambiental sobre o consumo e descarte de medicamentos, o controle e o monitoramento da coleta e tratamento dos esgotos e resíduos sólidos, o investimento nas infraestruturas para disposição final adequada de resíduos sólidos, o incentivo às cooperativas de catadores e estímulo à criação de consórcios intermunicipais, são exemplos de intervenções necessárias para o pleno desenvolvimento de políticas públicas promotoras da sustentabilidade.

Referências

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 16457: Logística reversa de medicamentos de uso humano vencidos e/ou em desuso - procedimento*. Rio de Janeiro. 2016. 9p. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=359768>>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *NBR 10004: Resíduos sólidos - classificação*. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019*. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 25 jan. 2021.

AFONSO, R. A. et al. Smart Cluster: Utilizando Dados Públicos para Agrupar Cidades Inteligentes por Domínios. In: XI BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEM, 2015, p.699-702, Goiânia, 2015.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Anuário Estatístico do mercado farmacêutico: 2016*. Brasília, 2017.

_____. *Anuário Estatístico do mercado farmacêutico: 2018*. Brasília, 2019.

BÁCSI, I. et al. Effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs on cyanobacteria and algae in laboratory strains and in natural algal assemblages. *Environmental Pollution*, v.212, p.508-18, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.02.031>>. Acesso em: 14 set. 2020.

BARTRONS, M.; PEÑUELAS, J. Pharmaceuticals and personal-care products in plants. *Trends Plant Sci.*, v.22, p.194-203, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.12.010>>. Acesso em: 30 de set. 2020.

BLANKENSTEIN, G. M. P.; PHILLIP JÚNIOR, A. O descarte de medicamentos e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma motivação para a revisão das normas sanitárias. *R. Dir. sanit.*, v.19, n.1, p.50-74, 2018. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdisan/article/view/148124>>. Acesso em: 16 maio 2021.

BRASIL. *Lei n.6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *Resolução Conama n.358, de 19 de abril de 2005*. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/res_358.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *Decreto n.5.775, de 10 de maio de 2006a*. Dispõe sobre o fracionamento de medicamentos, dá nova redação aos arts. 2º e 9º do Decreto nº 74.170, de 10 de junho de 1974, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5775.htm>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *Resolução – RDC n.80, de 11 de maio de 2006b*. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2006/rdc0080_11_05_2006.html>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. Ministério da Saúde. *Subsídios para construção da Política Nacional de Saúde Ambiental*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007.

_____. *Decreto n.7.404, de 23 de dezembro de 2010a*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *Lei n.12.305, de 2 de agosto de 2010b*. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. Ministério da Saúde. *Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011c.

_____. *Resolução – RDC nº 63, de 25 de novembro de 2011*. Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Saúde. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2011/rdc0063_25_11_2011.html>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *Decreto n.9.177, de 23 de outubro de 2017*. Regulamenta o art. 33 da Lei n.12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto n.7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9177.htm>. Acesso em: 7 nov. 2021.

_____. *Resolução – RDC n.222, de 28 de março de 2018*. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. DOU Diário Oficial da União. Publicado no D.O.U. n.61, de 29 de março de 2018.

_____. *Decreto n.10.388, de 5 de junho de 2020*. Regulamenta o parágrafo 1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10388.htm>. Acesso em: 7 nov. 2021.

- _____. Guia para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. Brasília: Ministério das Cidades, 2011.
- BRIGGS, D. *Environmental health indicators: frameworks and methodologies*. Protection of the Human Environment – Occupational and environmental health series. Geneva: World Health Organization, 1999.
- _____. *Making a difference: Indicators to improve children's environmental health*. Geneva: World Health Organization, 2003.
- CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.; KJELLSTROM, T. Development of environmental health indicators. In: BRIGGS, D.; CORVALAN, C.; NURMINEN, M. *Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines* Genebra: Unep, Usepa, WHO, 1996. p.19-53.
- DANIEL, G.; MOL, M. P. G. Logística reversa de medicamentos: desafios da legislação brasileira em âmbito federal e estadual. *INOVAE*, v.8, p.33-56, 2020. Disponível em: <<https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/2112>>. Acesso em: 16 maio 2021.
- FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D.C. Diretrizes para um programa de recolhimento de medicamentos vencidos no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.18, n.3, p.883-93, 2013.
- FRANCO, N. G. et al. Impactos socioambientais na situação de saúde da população brasileira: Estudo de indicadores relacionados ao saneamento ambiental inadequado. *Tempus. Actas em Saúde Coletiva*, v.4, n.4, p.53-71, 2009.
- FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S. *Saúde, ambiente e sustentabilidade. Coleção Temas em Saúde*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. 124p.
- GARCÍA, M. G. et al. Absorption of carbamazepine and diclofenac in hydroponically cultivated lettuces and human health risk assessment. *Agric. Water Manag.*, v.206, p.42-7, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.04.018>>. Acesso em: 30 set. 2020.
- HIRATUKA, C. et al. *Logística Reversa para o setor de medicamentos*. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2013.
- LINDIM, C. et al. Exposure and ecotoxicological risk assessment of mixtures of top prescribed pharmaceuticals in Swedish freshwaters. *Chemosphere*, v.220, p.344-52, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.118>>. Acesso em: 30 set. 2020.
- MACHADO, J. M. H et al. Territórios saudáveis e sustentáveis: contribuição para saúde coletiva, desenvolvimento sustentável e governança territorial. *Com. Ciências Saúde*, v.2, n.28, p.2443-49, 2017.
- MEZZELANI, M. et al. Ecotoxicological potential of non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in marine organisms: Bioavailability, biomarkers and natural occurrence in *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Environmental Research*, v.121, p.31-9, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.03.005>>. Acesso em: 30 set. 2020.
- MEZZELANI, M. et al. Long-term exposure of *Mytilus galloprovincialis* to diclofenac, Ibuprofen and Ketoprofen: Insights into bioavailability, biomarkers and transcrip-

- tomic changes. *Chemosphere*, v.198, p.238-48, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.148>>. Acesso em: 29 set. 2020.
- MONTEIRO, M. A. et al. Occurrence of antimicrobials in river water samples from rural region of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Environmental Protection*, v.7, p.230-41, 2016.
- OLIVEIRA, M. L. B. C. *Possibilidades de aplicação do modelo FPSEEA/OMS na construção de indicadores de saúde ambiental*. Brasília, 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília.
- OLIVEIRA M. L. B. C.; FARIA S. C. Indicadores de saúde ambiental na formulação e avaliação de políticas de desenvolvimento sustentável. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v.11, p.16-22, 2008.
- OLIVEIRA, M. L. B. C.; FARIA, S. C. Aplicação do modelo FPSEEA na construção de indicadores de saúde ambiental. In: PHILIPPI, A. J.; MALHEIROS, T. F. (Ed.) *Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental*. Barueri: Manole, 2012. p.445-71.
- OPAS – Organización Pan-Americana de la Salud. *Indicadores básicos de salud ambiental para la región de la frontera México – Estados Unidos*. Washington: OPAS; 2001. [Documento conceptual].
- PAROLINI, M. Toxicity of the Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAID) acetylsalicylic acid, paracetamol, diclofenac, ibuprofen and naproxen towards freshwater invertebrates: A review. *Science of The Total Environment*, v.740, p.140043, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140043>> Acesso em: 14 set. 2020.
- PINTO, M. A.; PERES F.; MOREIRA J. C. Utilização do modelo FPSEEA (OMS) para a análise dos riscos relacionados ao uso de agrotóxicos em atividades agrícolas do estado do Rio de Janeiro. *Cien Saude Colet*, v.17, n.6, p.1543-55, 2012.
- RUHOY, A.; DAUGHTON, C.G.; Beyond the medicine cabinet: An analysis of where and why medications accumulate. *Environment International*, v.34, p.1157-69, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.05.002>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- SCHNEIDER V. E.; STEDILE N. L. R. Resíduos de serviços de saúde: um olhar interdisciplinar sobre o fenômeno. 3^a ed. Caxias do Sul: Educs; 2015.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico 2018*. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=175>>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- _____. *Diagnóstico 2019*. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=175>>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- SOBRAL, A.; FREITAS, C. M. Modelo de Organização de Indicadores para Operacionalização dos Determinantes Socioambientais da Saúde. *Saúde Soc*, v.19, n.1, p.35-47, 2010.
- STEDILE N. L. R. et al. A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 11, p. 3683-3694, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.19352016>> Acesso em: 14 mar. 2022.

TOMCZAK, M.; TOMCZAK, E. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *Trends Sport Sci.*, v.1, n.21, p.19-25, 2014. Disponível em: <<https://9lib.org/document/6qmek7z8-report-effect-estimates-revisited-overview-recommended-measures-effect.html>>. Acesso em: 3 jan. 2022.

TORRES, A. C. G. Pertinência da normativa estadual e distrital sobre logística reversa aplicada ao setor de medicamentos no Brasil. *Cad. Ibero-Amer.*, v.5, p.41-59, 2016. Disponível em: <[dx.doi.org/10.17566/ciads.v5i1.238](https://doi.org/10.17566/ciads.v5i1.238)>. Acesso em: 16 maio 2021.

WEN, Z.-H. Occurrence and human health risk of wastewater-derived pharmaceuticals in a drinking water source for Shanghai, East China. *Science of the Environment*, v. 490, p.987-93, 2014. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24914528/>>. Acesso em: 5 jul. 2020.

WHO - World Health Organization. *Environmental health indicators for Europe – A pilot indicator-based report*. Copenhagen: World Health Organization, 2004.

RESUMO: Utilizando a matriz FPSEEA, este trabalho objetivou compreender a realidade socioambiental da implementação da logística reversa de medicamentos para minimizar a fármaco-contaminação e alcançar os ODS. Assim, destacou as ações de controle, monitoramento e educação ambiental para redução dos impactos dos resíduos farmacêuticos e promoção da sustentabilidade. Além disso, analisaram-se 18 variáveis socioambientais pelos métodos cluster hierárquico e *K-means*, definindo três cenários brasileiros: mais desenvolvido (Sudeste); menos desenvolvido (Norte, Nordeste e Centro-Oeste); e em desenvolvimento (Sul). Adicionalmente, mostrou que a forma de disposição final dos resíduos sólidos é influenciada pela existência de leis de logística reversa de medicamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Fármaco-contaminação, Disposição final de Resíduos sólidos, Diagnóstico das Regiões do Brasil, Dispositivos legais, Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT: Using the FPSEEA matrix, this work aimed to understand the socio-environmental reality of the implementation of reverse logistics of medicines to minimize pharmaceutical-contamination and achieve the SDGs. Thus, it highlighted the actions of control, monitoring and environmental education to reduce the impacts of pharmaceutical waste and promote sustainability. In addition, it analyzed 18 socio-environmental variables by hierarchical clustering and K-means methods, defining three Brazilian scenarios: more developed (Southeast); less developed (North, Northeast and Midwest); and developing (South). Additionally, it showed that the form of final disposal of solid waste is influenced by the existence of reverse logistics laws for medicines.

KEYWORDS: Pharmacocontamination, Final disposal of solid waste, Diagnosis of Brazilian regions, Legal devices, Sustainable development.

Sara Raquel Laurentino Barbosa de Lima é engenheira ambiental e mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
@ – sararaquellbl@gmail.com / <https://orcid.org/0000-0002-6858-0940>.

Viviane Souza do Amaral é professora associada III coordenadora geral do Programa Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Departamento de Biologia Celular e Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

@ – vi.mariga@gmail.com / <https://orcid.org/0000-0002-9326-9054>.

Julio Alejandro Navoni é professor no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente e do curso de doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Associação Plena em Rede, Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. @ – navoni.julio@gmail.com / <https://orcid.org/0000-0001-8715-0527>.

Recebido em 13.6.2023 e aceito em 3.7.2023.

^{I,II,III} Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

