

II - 1547 - Análise do potencial de uso de biossólidos na produção agrícola do Estado da Bahia

Igor Silva Moreira dos Anjos

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA).

Bruna de Oliveira Passos

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB). Mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA).

Jamile Gonsalves de Oliveira Santos

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Área 1 - Faculdade de Tecnologia e Ciências (ÁREA1/CBES). Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA). Doutoranda em Engenharia Industrial pela EPUFBA.

Elicelma Carvalho dos Santos

Geógrafa pela Universidade Católica do Salvador. Especialista em Geotecnologias pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura da Escola de Engenharia Eletromecânica da Bahia - EEEMBA. Mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA).

Francisco Ramon Alves do Nascimento

Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC). Doutor em Engenharia Industrial pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA). Professor no Departamento de Engenharia Ambiental da EPUFBA.

Endereço: R. Prof. Aristίδes Novis, 2 - Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: (71) 3283-9780 - e-mail: anjos.igor@ufba.br

RESUMO

Com a intensificação dos impactos ambientais negativos causados pelo setor saneamento, a adoção de práticas mais sustentáveis para o gerenciamento do lodo de esgoto é fundamental para a melhoria do desempenho ambiental dos prestadores de serviço de saneamento e gestão de recursos valiosos para o setor agrícola. Neste contexto, a dependência externa de macronutrientes pode ser minimizada com o aproveitamento do lodo de esgoto. O principal objetivo deste presente trabalho é analisar as perspectivas de aproveitamento de biossólidos na produção agrícola das microrregiões de saneamento básico do estado da Bahia. A metodologia adotada para avaliação da oferta e demanda de NPK no estado da Bahia a partir do aproveitamento de lodo de esgoto foi baseada nos dados disponíveis de diversas instituições nacionais e estaduais, que foram utilizados para o cálculo da produção de lodo de esgoto por município e microrregião e da demanda de NPK por cultura em cada município e microrregião. Os resultados indicaram que a oferta de NPK via lodo de esgoto não é representativa em relação à demanda total estadual. No entanto, quando analisada a aplicação da oferta total do estado para cada cultivo, a aplicação de lodo de esgoto, na forma de biossólidos, pode ser uma alternativa promissora. Conclui-se que a recuperação de recursos nutrientes a partir do aproveitamento do lodo pode contribuir para o desenvolvimento agrícola mais sustentável no estado da Bahia.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento Sustentável, Biossólidos, Fertilidade do Solo, Nutrientes.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a expansão econômica ao longo dos anos acarretaram no aumento significativo da geração de esgotos domésticos e, conseqüentemente, de lodo de esgoto, que é proveniente dos sistemas de tratamento de esgoto. A disposição final inadequada de resíduos sólidos, esgoto tratado e lodo de esgoto causa poluição de corpos hídricos, poluição atmosférica, contaminação do solo por elementos-traço e a propagação de microorganismos patogênicos (FLIESSBACH et al., 1994; FERREIRA et al., 1999; VON SPERLING et al., 2005; VON SPERLING et al., 2014).

Quanto ao lodo de esgoto, diante das conseqüências negativas que a disposição inadequada causa à fauna, flora e à população, são necessárias medidas que façam com que a sociedade e o meio ambiente sejam

beneficiados com as propriedades deste subproduto. Neste sentido, o lodo de esgoto possui possibilidades de aplicação na construção civil (UKWATTA et al., 2015), recuperação de áreas degradadas (HOFFMANN, 2012), e agricultura (BITTENCOURT, 2014).

Com a expansão do saneamento no Brasil e a pressão ambiental por adaptações às mudanças climáticas, as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) deverão ser pensadas com o objetivo de gerenciamento de recursos, na perspectiva de coprodutos, como matéria orgânica, água e nutrientes. Quanto à agricultura, o aproveitamento de lodo de esgoto na produção agrícola tem mostrado ser uma excelente alternativa de manejo mais sustentável deste material, quando tratado e estabilizado da maneira correta, devido ao poder fertilizante e condicionante do solo. Para isso, no Brasil, o lodo de esgoto deve ser transformado em biossólidos, conforme critérios e procedimentos para produção e aplicação em solos estabelecidos na resolução CONAMA nº 498/2020. Nesta resolução, biossólido é definido como “produto do tratamento do lodo de esgoto sanitário que atende aos critérios microbiológicos e químicos estabelecidos, estando, dessa forma, apto a ser aplicado em solos”. A utilização de biossólidos no solo contribui para a recuperação da resiliência dos ecossistemas e a diminuição da demanda por nutrientes provenientes de outras fontes, principalmente fertilizantes sintéticos.

Para um recorte geográfico regional, o estado da Bahia possui potencial de oferta de biossólidos para aproveitamento na agricultura. Quanto ao setor de esgotamento sanitário, a população baiana representa 7,1 % da população total do Brasil e é o quarto estado mais populoso, com um índice de atendimento urbano de esgoto de 55,4 % (IBGE, 2021; BRASIL, 2021). Quanto ao setor de produção agrícola, segundo estimativas da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB), o setor agropecuário gerou cerca de 36,6 bilhões de reais no ano de 2021, representando 10,5 % do PIB estadual (FIEB, 2022). Além disso, o estado faz parte da região MATOPIBA, que possui potencial agrícola crescente, com crescimento no PIB de 542 % entre os anos de 2000 e 2013 (PEREIRA et al., 2018). Neste sentido, este cenário indica a necessidade de um planejamento regional mais estratégico e abrangente, que considere práticas de saneamento mais sustentável para a melhoria da eficiência ambiental dos sistemas de saneamento.

A aptidão agrícola do país e o destacado desenvolvimento econômico do setor na Bahia nas últimas décadas justificam um aprofundamento na análise da utilização de biossólidos, como insumo agrícola, nas principais culturas no estado. Devido aos impactos ambientais negativos potenciais gerados pelos sistemas agrícolas e a produção crescente de lodo de esgoto sem destinação adequada, o principal objetivo deste presente trabalho é analisar as perspectivas de aproveitamento de biossólidos na produção agrícola das microrregiões de saneamento básico do estado da Bahia. Para isso, um balanço da oferta e demanda de macronutrientes (NPK) foi proposto a partir da produção anual de lodo de esgoto e da demanda de nutrientes para as áreas plantas dos principais cultivos da produção agrícola estadual.

MATERIAIS E MÉTODOS

Devido ao potencial fornecedor e consumidor de biossólidos, o estado da Bahia foi escolhido como local de estudo. O levantamento de dados foi realizado nas bases de instituições nacionais e estaduais, além de artigos técnicos-científicos, dissertações, teses, receituários agrônômicos, recomendações técnicas e normas técnicas sobre principalmente tecnologias de tratamento e destinação lodo de esgoto e demanda de nutrientes para as culturas selecionadas para estudo.

Conforme estabelecidas pela Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento (SIHS) e de acordo com a Lei Complementar nº 48, de 10 de junho de 2019, as microrregiões de saneamento básico do estado da Bahia foram utilizadas para a avaliação da oferta e demanda de biossólidos. As regiões metropolitanas dos municípios de Salvador e Feira de Santana foram consideradas como microrregiões e estabelecidas nas Leis Complementares nº 41 de 13 de junho de 2014 e nº 35 de 6 de julho de 2011, respectivamente.

Os dados relacionados aos municípios que compõem cada microrregião, como populações atendidas por cada ETE para o ano de 2019, código municipal, consumo *per capita* de água, Produto Interno Bruto (PIB) relacionado à agropecuária para o ano de 2019, foram coletados principalmente da Secretaria Estadual de Infraestrutura Hídrica e Saneamento (SIHS), a Agência Nacional de Águas (ANA), a partir do Atlas Esgotos 2013 e 2019, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

Para o tratamento de dados, foi utilizada a ferramenta digital de planilhas do Google Sheets para associar os dados relacionados ao nome da cidade, o código IBGE, a população, o PIB da agropecuária e à microrregião de saneamento básico em uma planilha, e em outra, os dados relacionados ao nome do município, a tipologia do sistema de tratamento e a massa total de lodo produzida, bem como a geração dos gráficos de representatividade de cada microrregião.

A produção total potencial de lodo de esgoto por microrregião foi obtida a partir do somatório da produção total potencial anual de lodo de esgoto de cada município da microrregião ($MmLs$, em t/ano), calculada a partir da multiplicação da população atendida de cada ETE do município (Pop), da taxa *per capita* de produção de lodo por tipologia de tratamento predominante no município ($Mlpd$, em g/kg) e do teor de sólidos secos (Tss) (Equação 1).

$$(1) MmLs = (Pop \times Mlpd \times Tss) \times 365$$

Para determinação da população atendida (Pop), os dados foram obtidos a partir dos dados disponíveis da vazão média diária de esgoto no sistema ($VEmd$, em m³/dia), da vazão média diária de água ($VAMD$, em m³/dia) e do consumo *per capita* de água (CAp , em l/hab/dia) nas bases de dados do SNIS, ANA e EMBASA, conforme Equações 2 e 3. Para a conversão da vazão de esgoto para vazão de água foi utilizado o fator 1,2, considerando a taxa de retorno de esgoto (80 %).

$$(2) VAMD = 1,2 \times VEmd$$

$$(3) Pop = VAMD \times 1000 / CAp$$

Para a determinação da taxa média *per capita* de produção de lodo, os dados de valores máximos e mínimos da taxa *per capita* de produção de lodo (Tabela 1) obtidos de Von Sperling *et al.* (2014) foram associados às tipologias de tratamento por ETE obtidas dos Atlas Esgotos 2013 e 2019 (ANA, 2013; 2019), e base de dados da Embasa. Para cada arranjo tecnológico das ETE, a taxa média *per capita* de produção de lodo considerada foi baseada na tipologia de tratamento com maior geração de lodo biológico, os tratamentos secundários para remoção de matéria orgânica. Nos casos em que só havia um tipo de tratamento foi considerado aquele existente. A quantidade total de NPK potencial ofertada via lodo de esgoto foi calculada a partir da multiplicação da produção total potencial anual de lodo de esgoto de cada município da microrregião ($MmLs$, em t/ano) pelos teores de N (24,1 g/kg), P (27,7 g/kg) e K (73 g/kg) no lodo de esgoto (EMBRAPA, 2021).

Tabela 1: Massa média de lodo seco per capita anual por tipologia de tratamento.

Tipologia de Tratamento	Massa média de lodo seco per capita anual (gSS/hab.ano)
Lagoa Anaeróbia	2.190
Reator Anaeróbio + lagoa facultativa	1.233,7
Filtro Aeróbio	401,5
Lodos Ativados	343,1
Lagoa Facultativa	290,175
Lagoa Aerada	324,85
Reator Anaeróbio + Tanque de Aeração	262,8
Lodos Ativados de Aeração Prolongada	156,95
Reator Anaeróbio	120,45
Lagoa aerada em série	1.146,1

Fonte: Von Sperling *et al.*, 2014.

Quanto à demanda de NPK no estado da Bahia, a seleção das 10 principais culturas foi realizada com base nos critérios de área plantada e valor de produção, além da relevância cultural agrícola, a partir do cruzamento dos *rankings* de cada critério. A partir dos resultados, 5 culturas a mais foram consideradas devido participarem da

composição da cesta básica e serem alimentos produzidos pela agricultura familiar. Este cenário favorece uma análise mais abrangente e próxima da realidade heterogênea dos perfis agrícolas de cada microrregião. Para as culturas selecionadas, a estimativa da demanda de nutrientes (NPK) foi realizada a partir das recomendações de adubação indicadas no Manual de Adubação e Calagem para o Estado da Bahia, conforme Tabela 2, (EMBRAPA, 1989) e da área plantada de cada cultura, conforme dados obtidos do banco de dados SIDRA, para o ano de 2021 (IBGE, 2023).

Tabela 2: Demanda nutricional por tipo de cultivo.

Nome do cultivo	Demanda de nutrientes (kg/ha)		
	N	P	K
Soja	0	35	33
Milho	90	39	50
Cacau	30	26	38
Algodão	90	48	50
Café (total)	60	35	63
Tomate	170	87	150
Feijão	30	26	50
Mandioca	30	14	25
Banana	100	13	250
Manga	15	7	13

Fonte: EMBRAPA, 1989.

RESULTADOS

A partir do cruzamento dos dados disponíveis do SNIS, ANA e EMBASA, foram analisadas 366 Estações de Tratamento de Esgoto existentes no estado da Bahia, sendo 84 % operadas pela EMBASA e 16 % operadas por outras instituições, como 5% SAAE e prefeituras. Desconsiderando os arranjos com fossas sépticas e rudimentares, 37 tipos de arranjos tecnológicos operados nas ETES no estado da Bahia foram analisados.

A produção total de lodo de esgoto no estado da Bahia calculada foi 8.224 t/ano. Com base nos dados levantados, a tipologia de tratamento predominante na maioria das ETES nos municípios baianos é o reator anaeróbio (UASB/DAFA), adotado como método único ou combinado com outras tipologias, representando cerca de 68 % das estações. A segunda tipologia de tratamento mais utilizada são lagoas, adotadas em cerca de 36,1 % das ETES no estado, adotadas como método único ou combinadas com outras tipologias.

As cinco microrregiões com maior representatividade na produção total de lodo de esgoto são Região Metropolitana de Salvador (41,3 %), Litoral Sul e Baixo Sul (10,5 %), Recôncavo (6,6 %), Litoral Norte e Agreste Baiano (5,1 %) e Extremo Sul (4,8 %) (Figura 1). A representatividade da Região Metropolitana de Salvador (RMS) é destacada devido à população da região (3.574.804 habitantes), que, no ano 2010, representava 25,5 % da população estadual, com base no Censo 2010 (IPEA, 2015). A RMS possui 136 ETES, representando 37 % da quantidade total de ETES do estado. A segunda maior representatividade é da microrregião Litoral Sul e Baixo Sul

Para viabilizar o aproveitamento de biossólidos para o uso agrícola, o gerenciamento do lodo nas ETES deve considerar o teor de sólidos possível em sua composição, além dos parâmetros previstos nas legislações vigentes no Brasil como a CONAMA nº 498/2020 (regula a produção e a aplicação de biossólidos no solo), e as previstas nas instruções normativas (IN) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que orientam as práticas que devem ser adotadas caso o biossólido venha a ser incorporado e comercializado

como fertilizante orgânico. A partir da produção total de lodo de esgoto, a oferta total de NPK nas ETEs existentes no estado da Bahia é 198 t/ano de N, 227 t/ano de P e 600 t/ano de K.

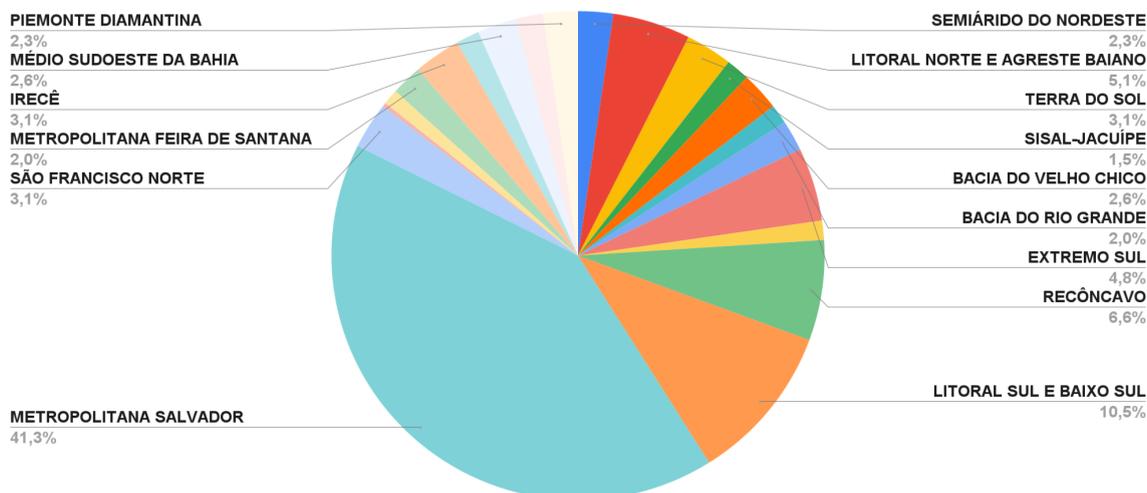


Figura 1: Representatividade das microrregiões quanto à produção de lodo no estado da Bahia.

Quanto à demanda de N, as principais microrregiões são Bacia do Rio Grande, Semiárido do Nordeste e Sisal-Jacuípe, com representatividade de 29,4 %, 11,7 % e 7,0 %, respectivamente (Figura 2). Quanto à demanda de P, as principais microrregiões são Bacia do Rio Grande, Litoral Sul e Baixo Sul e Irecê, com representatividade de 41,3 %, 9,7 % e 7,9 %, respectivamente (Figura 3). Quanto à demanda de K, as principais microrregiões são Bacia do Rio Grande, Litoral Sul e Baixo Sul e Bacia do Velho Chico, com representatividade de 29,4 %, 11,7 % e 7,0 %, respectivamente (Figura 4).

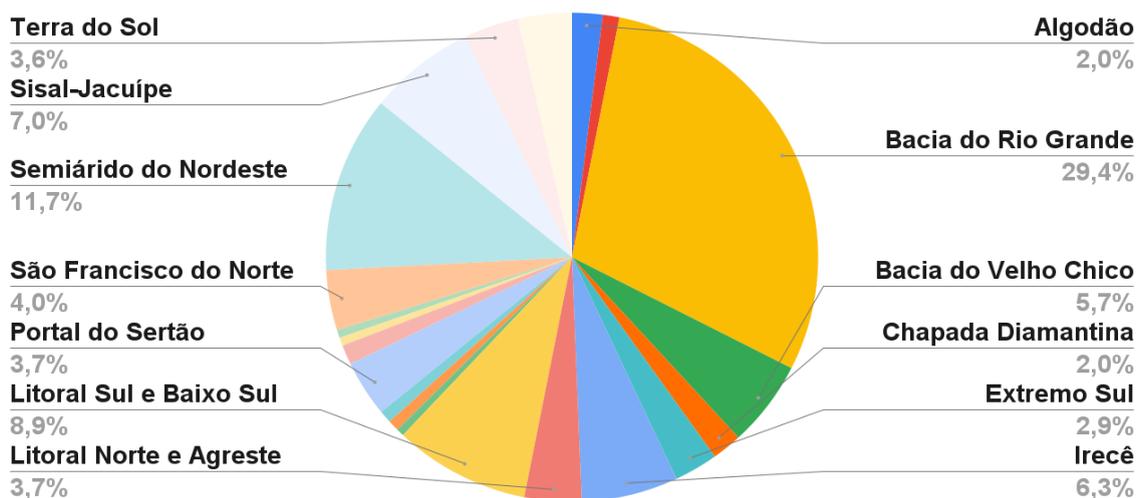


Figura 2: Representatividade da demanda de N por microrregiões do estado da Bahia

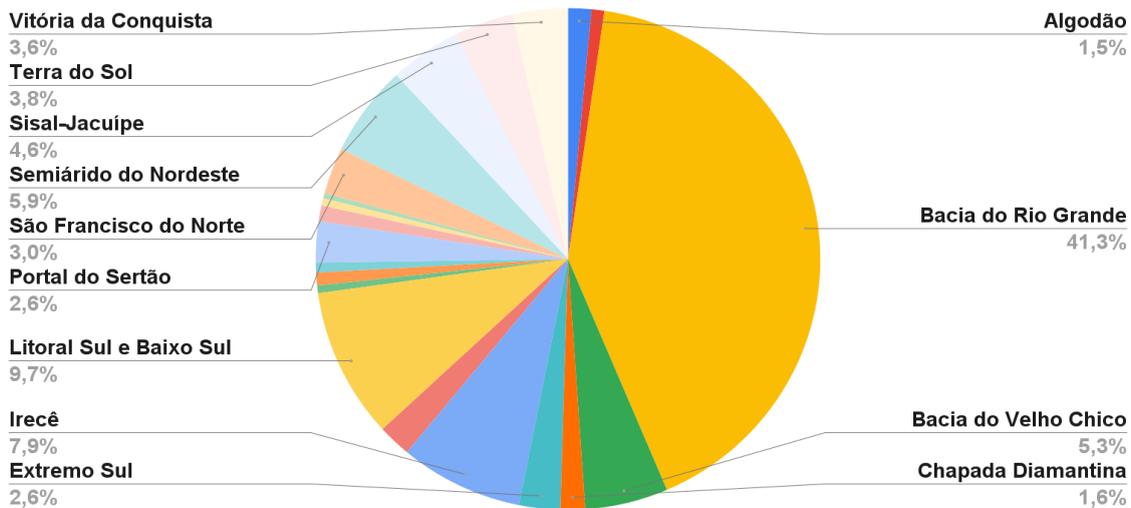


Figura 3: Representatividade da demanda de P por microrregiões do estado da Bahia

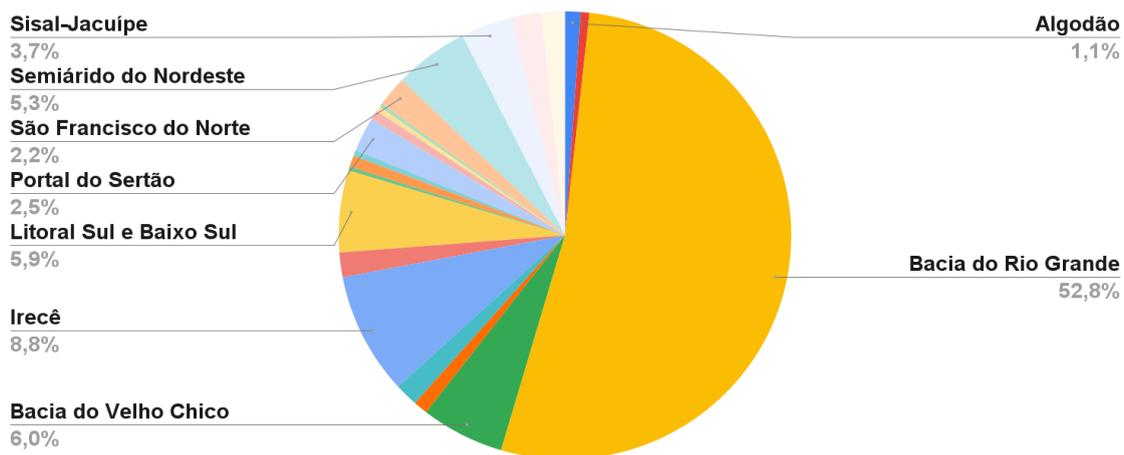


Figura 4: Representatividade da demanda de K por microrregiões do estado da Bahia

De acordo com a seleção realizada, as principais culturas no estado são soja, milho, cacau, feijão, algodão, café, mandioca, sisal, manga, banana e tomate (Tabela 3), em ordem decrescente em relação a área plantada. O cultivo da soja é destacada das demais devido ocupar uma área três vezes maior que a cultura do milho, segundo maior cultivo.

No ano 2021, a demanda total de nutrientes das culturas estudadas é 120.980 t/ano de N, 123.556 t/ano de P e 161.082 t/ano de K. O balanço total de oferta e demanda de NPK encontrado representa menos de 1 % da demanda total das culturas estudadas. Ao analisar separadamente o balanço de demanda e oferta para cada cultura, aplicando todo lodo de esgoto, na forma de biossólidos, em cada cultivo, um potencial mais representativo foi encontrado para as culturas de milho, soja e algodão (Tabela 4). Vale destacar que estes cultivos que não possuem consumo humano direto e que poderiam ser utilizados como produtos piloto para a aplicação de biossólido como insumo agrícola.

A Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) publicou a Instrução Normativa nº 25/2009, na qual elenca o lodo de esgoto como um fertilizante orgânico seguro que deve atender aos limites estabelecidos para contaminantes na IN nº 27/2006 e na alteração publicada na IN nº 7/2016, bem como o teor mínimo de macronutrientes secundários e micronutrientes necessários para o fertilizante a ser aplicado no solo. Ambas instruções trazem valores mais restritivos (metade do valor previsto na CONAMA nº 498/2020 para concentração de Chumbo e

Arsênio, por exemplo. Além disso, a exigência de um teor mínimo para macro e micronutrientes assegura o teor nutritivo do composto conforme parâmetros agrônômicos.

Tabela 3: Principais culturas no Estado da Bahia consideradas no estudo.

Área plantada (ha)	Valor de área (ha)	Valor de Produção (R\$1.000,00)
Soja (em grão)	1.699.965	R\$ 17.515.830,00
Milho (em grão)	617.726	R\$ 4.057.804,00
Cacau (em amêndoa)	423.256	R\$ 2.599.211,00
Feijão (em grão)	340.963	R\$ 2.264.258,00
Algodão herbáceo (em caroço)	275.517	R\$ 1.820.113,00
Café (em grão) Total	114.387	R\$ 1.478.870,00
Mandioca	98.695	R\$ 1.022.286,00
Banana	65.574	R\$ 741.083,00
Manga	31.125	R\$ 686.874,00
Tomate	4.784	R\$ 521.24,00

Fonte: IBGE, 2023.

Tabela 4: Relação de atendimento da demanda nutricional anual e a oferta de lodo no Estado Bahia.

Culturas	N	P	K
Milho	28%	11%	5%
Soja	0%	26%	9%
Cacau	6%	5%	3%
Feijão	5%	4%	3%
Algodão	13%	6%	2%
Café	3%	2%	1%
Banana	3%	0%	3%

Fonte: elaboração própria.

Quanto à participação no PIB da agropecuária estadual (Figura 2), as cinco microrregiões com maior participação são as microrregiões Bacia do Rio Grande (14,4 %), Extremo Sul (11,5 %), Litoral Sul e Baixo Sul (10,5 %), Bacia do Velho Chico (10,0 %) e São Francisco Norte (8,6 %). Nestas regiões, devido às condições de investimento, podem ocorrer articulações para um gerenciamento mais sustentável do lodo de esgoto. As microrregiões com as maiores ofertas de lodo de esgoto estão longe das microrregiões que possuem as maiores demandas de NPK e potenciais de uso de biossólidos na agricultura, acarretando em mais custos relacionados à logística (LIMA, 2003), desperdício do potencial de melhoria dos solos agrícolas do estado e aumento da dependência externa de fertilizantes sintéticos.

CONCLUSÕES

Nas análises realizadas a partir do mapeamento preliminar da oferta de biossólidos e demandado de NPK, conclui-se que o estado da Bahia possui potencial de integrar o lodo de esgoto em forma de biossólidos nas lavouras cultivadas, pois a demanda de nutrientes é significativamente maior do que a oferta de fertilizantes fornecidos às microrregiões. O território da microrregião do Rio Grande tem área agrícola expressiva, incluída na reconhecida fronteira agrícola chamada MATOPIBA, onde há demanda crescente por fertilizantes para a produção de soja, milho e algodão principalmente, nas quais o biossólido pode ser aplicado e fornecer de 10% a 30% da demanda agrônômica.

O gerenciamento adequado do lodo de esgoto e o aproveitamento de biossólidos na agricultura se torna uma alternativa viável para contribuir no processo de alcance dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), no que tange o ODS 2 (fome zero e agricultura sustentável) e o ODS 7 (água potável e saneamento), além de abrir discussões acerca de outras problemáticas derivadas do tema. Sendo assim, o aproveitamento de lodo se apresenta como uma alternativa sustentável que proporciona o fechamento do ciclo do processo de tratamento de esgoto, e complementa a demanda de nutrientes contribuindo para o aumento da produtividade da agricultura baiana.

AGRADECIMENTO

Ao apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com a concessão da bolsa PIBIC para o primeiro autor. A segunda autora é bolsista do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) Emergencial de Consolidação Estratégica dos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu Acadêmicos (Portaria nº 155, de 10 de Agosto de 2022), financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. Agência Nacional das Águas. Atlas de Saneamento. 2013. Disponível em <<http://atlassegotos.ana.gov.br/>>
2. BITTENCOURT, S. Gestão do processo de uso agrícola de lodo de esgoto no estado do Paraná: Aplicabilidade da resolução conama 375/06. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático - Gestão Técnica de Esgoto – 2021. Disponível em: <https://arquivossnis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_ESGOTO_A_E_SNIS_2021.pdf>. Acesso em 12 abril 2023.
4. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá / Ana Lúcia Borges, editora técnica. – 2. ed. – PDF (303 p.) : il. color. ISBN 978-65-87380-38-4 . – Brasília, DF : Embrapa, 2021.
5. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Adubação e Calagem para o Estado da Bahia. 1989.
6. FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V. Produção e características dos biossólidos. Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura/Organizado [por] Aderlene Inês de Lara, Andréia Cristina Ferreira, Cleverson Vitorio Andreoli, Eduardo Sabino Pegorini, Ricardo Germano Kurten Ihlenfeld. Curitiba: PROSAB/SANEPAR, 1999.
7. FIEB. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA. Relatório técnico: Estimativa do PIB da Bahia 2022.
8. FLIESBACH, A; MARTENS, R; REBER, H. Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge. Soil Biology And Biochemistry, v. 26, n. 9, p. 1201-1205, 1994.
9. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação. 2021.
10. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Áreas Urbanizadas do Brasil: 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

11. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Governança Metropolitana no Brasil: Região Metropolitana de Salvador. Rio de Janeiro: IPEA, 2015.
12. LAMBAIS, Marcio Rodrigues; CARMO, Janaina Braga do. Impactos da aplicação de biosólidos na microbiota de solos tropicais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 3, p. 1129-1138, 2008. FapUNIFESP (SciELO).
13. LIMA, Maurício Pimenta. Custeio do transporte rodoviário de Cargas. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2003.
14. PEREIRA, C. N.; PORCIONATO, G. L.; CASTRO, C. N. de. Aspectos socioeconômicos da região do Matopiba. Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA), v. 18, p. 47-59, 2018.
15. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto. 2021.
16. UKWATTA, A.; MOHAJERANI, A.; SETUNGE, S.; ESHTIAGHI, N. Possible use of biosolids in fired-clay bricks. Construction and Building Materials, v. 91, p. 86-93, 2015.
17. VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
18. VON SPERLING, M. Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final. 2ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.