

II-481 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO A PARTIR DO APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DO LODO E EFLUENTE GERADOS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM SUB-BACIAS DO RIO SÃO FRANCISCO

Renata Leandro Rodrigues Bortolini⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Antonio Teixeira de Matos⁽¹⁾

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa e doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Titular da Universidade Federal de Minas Gerais, no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Luísa Ornelas Ferreira⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Vanessa Rodrigues de Melo⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Gabriela Raissa Martins Maciel⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço⁽¹⁾: Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, CEP: 31270-901 – Brasil.
Tel: +55 (31) 3409-1946 – E-mail: renata_lr@msn.com

RESUMO

Os nutrientes presentes no esgoto sanitário têm origem dos alimentos consumidos e descartados pelo homem, os quais, em algum momento do ciclo produtivo, os retiraram do solo. Por esta razão, aponta-se que a maneira mais coerente de se fechar o ciclo destes nutrientes é retornando-os ao solo através da aplicação de lodo e efluente de esgoto. Este trabalho objetivou avaliar o potencial de utilização do lodo e do efluente gerados nas ETEs inseridas nas bacias hidrográficas SF5 e SF6, para atender a demanda por nitrogênio e fósforo nas atividades agrossilvipastoris da área de produção nos municípios. Para tanto, estimou-se a demanda de nutrientes nessas atividades e a oferta de nutrientes a partir dos subprodutos das ETEs. Ademais, investigou-se a área aproximada no entorno de cada estação que poderia ser adubada com o uso da totalidade dos subprodutos das ETEs. No que tange à oferta e à demanda de nutrientes, tem-se que 4,9% da demanda por nitrogênio e 3,6% da demanda por fósforo nas atividades agrossilvipastoris nas referidas bacias poderiam ser supridas pelo uso dos subprodutos do tratamento de esgoto, considerando a atual estrutura implantada. Caso as estações de tratamento existentes operassem em sua capacidade plena de projeto, tais subprodutos poderiam responder pelo suprimento de 7,2% e 5,3% da demanda por nitrogênio e por fósforo, respectivamente, nas áreas de produção agrossilvipastoril dessas bacias hidrográficas. Caso fossem colocadas em operação as estações já projetadas ou em implantação, o potencial de atendimento se ampliaria para 9,3% da demanda por nitrogênio e 6,3% da demanda por fósforo. Tais valores demonstram uma maior demanda do que oferta, indicando que, caso esta alternativa seja empregada, existirá demanda para receber a totalidades desses subprodutos. Adicionalmente, a prática da reciclagem de nutrientes do lodo e efluente proporcionaria diminuição na poluição causada pela disposição destes subprodutos em aterros e lançamento em corpos d'água. Em relação às áreas passíveis de serem fertilizadas, tem-se que para as ETEs com baixo equivalente populacional, a área necessária para dispor a totalidade dos subprodutos é relativamente pequena, reduzindo-se a distância pela busca de possíveis receptores. Os resultados apontam grandes possibilidades para reciclagem agrícola dos nutrientes presentes no lodo e esgoto doméstico, forma de disposição final essencial na concepção de ETEs mais sustentáveis e que desempenhem papel importante dentro do conceito da economia circular.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário, lodo de esgoto, reciclagem de nutrientes, economia circular.

INTRODUÇÃO

O esgoto sanitário é composto por água e por sólidos, sendo que esta última fração é composta tanto por substâncias orgânicas quanto inorgânicas. Dentre os componentes da fase sólida, estão presentes aqueles que consistem em macro ou micronutrientes das plantas, especialmente os macronutrientes nitrogênio e fósforo. O

nitrogênio (N) pode estar presente nas formas orgânica, amônia, nitrito e nitrato, enquanto o fósforo (P) existe na forma orgânica (combinado à matéria orgânica) e inorgânica (ortofosfatos e polifosfatos) (VON SPERLING, 2005). O teor de N e P presentes no efluente tratado e no lodo, assim como a quantidade de lodo produzida, varia de acordo com a tecnologia de tratamento da fase líquida. Com base na literatura (ANDREOLI, VON SPERLING e FERNANDES, 2001; ROSA, CHERNICHARO e MELO, 2015; NASCIMENTO, 2016) e considerando diversas tecnologias de tratamento, depreende-se que o teor de N no lodo varia entre 2,0 a 4,4 % enquanto teor de P varia entre 0,2 a 1,6%. Já no efluente tratado, a concentração de N varia entre 10,4 a 95,1 mg/L e a de P entre 2,1 a 13,2 mg/L.

A presença de nutrientes no esgoto está fortemente relacionada à dieta humana e aos resíduos alimentares gerados na cozinha e que chegam ao esgoto. Dito isso, pode-se afirmar que os nutrientes existentes no esgoto têm origem dos alimentos consumidos e descartados pelo homem, os quais, em algum momento do ciclo produtivo, os retiraram do solo. Por esta razão, aponta-se que a maneira mais coerente de se fechar o ciclo destes nutrientes é retornando-os ao solo, o que, dentre outras vantagens, proporcionaria um alívio sobre a exploração de fontes convencionais e não renováveis de nutrientes, por exemplo, as rochas fosfatadas. De outro modo, quando estes nutrientes são dispostos nos cursos d'água ou em aterros sanitários, tem-se um desequilíbrio do sistema, a deterioração dos cursos d'água pelo aporte indevido de nutrientes e um desperdício de recursos de grande valor.

As estações de tratamento de esgotos (ETEs) comumente são concebidas considerando como rota final do efluente tratado um corpo d'água receptor. Quanto ao lodo gerado como subproduto do tratamento, a rota de destinação mais utilizada no Brasil é a disposição em aterros sanitários. É sabido que apesar de serem soluções aceitas, nem sempre são as mais adequadas. Segundo Mota e von Sperling (2009) a presença de nutrientes em corpo d'água pode, em certas condições, conduzir ao fenômeno de eutrofização. Além disso, a presença de nitrogênio na forma de amônia livre é tóxica aos peixes.

Em contrapartida, a aplicação de lodo e efluente de esgoto no solo pode trazer diversos benefícios. Dentre os benefícios associados à melhoria da qualidade do solo, a maior parte está associada à adição de matéria orgânica, podendo-se mencionar: aumento da superfície específica da fração sólida, estruturação e estabilização dos agregados, retenção de água, melhoria da consistência, aumento da fertilidade, alteração favorável no pH, neutralização de elementos químicos tóxicos, adição de micronutrientes e melhoria na biota do solo (MATOS, 2014). Outras vantagens associadas à prática são: maior parcelamento da fertilização, evitando-se perdas e proporcionando o atendimento às necessidades das plantas nas diferentes etapas de desenvolvimento da cultura; além de economia de insumos e, conseqüentemente, de recursos financeiros (BASTOS, 2003).

Diante dos diversos aspectos positivos apresentados, neste trabalho teve-se o intuito de avaliar as oportunidades para o desenvolvimento da prática de reciclagem de nutrientes a partir de um olhar voltado para a necessidade de adubação das áreas destinadas às atividades agrosilvipastoris. O trabalho foi desenvolvido a partir da seleção de duas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) da bacia hidrográfica do Rio São Francisco - as UPGRHs da Bacia do Rio das Velhas e Bacia dos Rios Jequitá e Pacuí e Trecho do São Francisco, codificadas, respectivamente, como SF5 e SF6. A escolha das áreas esteve associada à grande diversidade nas suas características antropológicas, culturais, climáticas e econômicas, considerando-se o cenário estadual. A seguir, na Figura 1, apresenta-se a localização da área de estudo no estado de Minas Gerais.

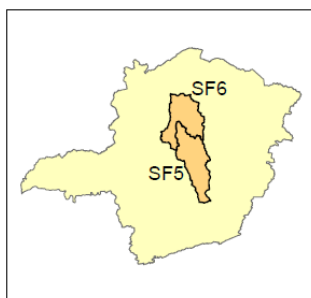


Figura 1: Situação locacional das bacias SF5 e SF6 no Estado de Minas Gerais

A unidade de planejamento SF5 localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais, possui área de drenagem de 29.173 km², onde estão localizados 51 municípios (MARILLAC, 2005), dentre eles, a capital do estado e vários dos que constituem a chamada Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A unidade de planejamento SF6 localiza-se nas mesorregiões Central Mineira e Norte de Minas, possui área de drenagem igual a 25.129 km², onde estão inseridos total ou parcialmente 27 municípios (CBH JEQUITAIÁ E PACUÍ, AGB PEIXE VIVO, 2011). Dentre os municípios localizados nestas bacias, 5 inserem-se em ambas bacias, logo, o total de municípios que compõe o presente estudo equivale a 73.

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de utilização do lodo e do efluente gerados nas estações de tratamento de esgoto (ETE) inseridas nas bacias hidrográficas do Rio das Velhas (SF5) e dos Rios Jequitai e Pacuí e Trecho do São Francisco (SF6), para atender a demanda por nutrientes (nitrogênio e fósforo) nas atividades agrícolas, pecuária e de silvicultura da área de produção nos municípios. Avaliou-se, adicionalmente, a área aproximada no entorno das estações que poderia ser fertilizada com o aproveitamento de todo o efluente e lodo gerado nas ETES.

METODOLOGIA UTILIZADA

Em linhas gerais, o objetivo proposto foi alcançado investigando-se a necessidade de adubação do solo para suprir a necessidade de nitrogênio e fósforo das diferentes culturas plantadas na área de estudo – o que se denominou de demanda por nutrientes; e a quantidade destes mesmos elementos que estaria presente nos subprodutos (lodo e efluente líquido) das ETES – o que foi denominado de oferta de nutrientes. A partir destas estimativas, além de se avaliar em que proporção as ETES poderiam suprir a necessidade por nitrogênio e fósforo das culturas agrossilvipastoris, investigou-se qual a área aproximada no entorno de cada estação que poderia ser adubada com o uso da totalidade dos subprodutos. Os procedimentos utilizados para o cálculo de cada uma destas etapas são descritos a seguir.

ESTIMATIVA DA DEMANDA POR NUTRIENTES NAS ATIVIDADES AGROSSILVIPASTORIS REGIONAIS

Para estimativa da demanda de nutrientes por parte das atividades agrossilvipastoris na região, buscou-se conhecer a área total destinada a essas atividades e as necessidades de adubação específica de cada área de acordo com a cultura agrícola. A partir de pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais especificamente: a Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2015), a Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2015) e a Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (IBGE, 2015); foi possível estimar a área de cada município destinada à pastagem, à silvicultura e à produção agrícola.

Conhecendo-se a área destinada ao cultivo do solo e o tipo de cultura explorada nessa área estimou-se, com base na necessidade de adubação por cultura segundo a recomendação agrônômica oficial do Estado de Minas Gerais (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999), a demanda por nitrogênio e fósforo para as atividades agrossilvipastoris em cada município. Tal raciocínio é explicitado através da equação 1, que se segue:

$$D_m = \sum_i A_i \times d_i \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

D_m = demanda por nitrogênio ou fósforo do município (kg/ano);

A_i = Área cultivada com a cultura i (ha);

d_i = demanda por nitrogênio ou fósforo da cultura i (kg/ha).

ESTIMATIVA DA POTENCIAL OFERTA DE NUTRIENTES A PARTIR DOS SUBPRODUTOS DAS ETES DA REGIÃO

No que se refere à oferta de nutrientes na bacia, esta estimativa foi feita de forma individualizada para cada estação de tratamento de esgotos que se encontra em operação, em fase de implantação ou em projeto. Para isso, foram utilizadas informações previamente conhecidas relativas às ETES, parâmetros consultados na literatura e parâmetros calculados a partir dos dados dos monitoramentos realizados pelas prestadoras de serviços. Os dados utilizados foram:

- Informações previamente conhecidas a partir de consultas aos prestadores dos serviços de saneamento e Planos Municipais de Saneamento Básico: capacidade instalada e fluxograma de tratamento empregado na ETE;
- Parâmetros consultados na literatura: produção per capita de lodo conforme tecnologia de tratamento; teor de nitrogênio e fósforo no lodo conforme tecnologia de tratamento; teor de sólidos no lodo conforme tecnologia de desaguamento (ANDREOLI, VON SPERLING e FERNANDES, 2001; ROSA, CHERNICHARO e MELO, 2015; NASCIMENTO, 2016);
- Parâmetros calculados a partir dos dados de monitoramento dos prestadores: vazão média de operação e produção de lodo nas estações, concentração média de nitrogênio e fósforo no efluente conforme tecnologia de tratamento utilizada.

Resumidamente, pode-se dizer que a oferta de nitrogênio e fósforo no lodo consiste na multiplicação da carga de lodo produzida pela estação anualmente pela concentração de nitrogênio e fósforo neste subproduto, enquanto a oferta de nutrientes no efluente consiste na multiplicação da vazão efluente pela concentração de nutrientes no efluente. As equações 2 e 3 que se seguem apresentam o cálculo da oferta de nutrientes no lodo e no efluente, respectivamente:

$$OF = C_{\text{lodo}} \times T \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

OF = oferta de nitrogênio ou fósforo no lodo (kg/ano);

C_{lodo} = carga anual de lodo (kg/ano);

T = teor de nitrogênio ou fósforo no lodo (%).

$$OF = Q \times Conc \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

OF = oferta de nitrogênio ou fósforo no efluente (kg/ano);

Q = vazão efluente da estação (m³/ano);

Conc = concentração de nitrogênio ou fósforo no efluente (kg/m³).

Cabe mencionar que foram considerados três cenários distintos. No primeiro cenário, a oferta de nitrogênio e fósforo foi calculada a partir da vazão média de operação das estações atualmente instaladas, ou seja, a vazão de esgoto de fato tratada no presente. No segundo, considerou-se a capacidade instalada das estações, estimando, assim, o acréscimo na oferta que poderia ser atingido caso as estações operassem em sua capacidade plena. Finalmente, no terceiro cenário, a oferta calculada refere-se tanto às estações implantadas operando em plena capacidade quanto às estações em processo de implantação e em projeto.

ÁREAS PASSÍVEIS DE SEREM FERTILIZADAS COM APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS

O cálculo da área passível de ser fertilizada com o aproveitamento dos subprodutos consiste na razão entre a oferta e a demanda média por unidade de área. Esta última variável equivale à divisão da demanda por nutrientes no município pela sua área total, o que representa um valor médio da necessidade de adubação de cada metro quadrado do município. Cabe mencionar que, ao se realizar este cálculo, assume-se a simplificação de que as atividades de cultivo agrossilvipastoril no município estão homoganeamente distribuídas ao longo de seu território. A equação 4 apresenta o cálculo da área passível de ser fertilizada, conforme explanado.

$$A_f = \frac{OF}{D_m / A_m}$$

equação (4)

Em que:

A_f = área no entorno da ETE passível de ser fertilizada com toda a oferta de nitrogênio ou fósforo (km²);

OF = oferta de nitrogênio ou fósforo (t/ano);

D_m = demanda por nitrogênio ou fósforo do município (t/ano);

A_m = área do município (km²).

Para melhor representação e visualização dos resultados associou-se, conforme as relações geométricas existentes, o raio a partir da ETE que definiria estas áreas (equação 5).

$$R = \sqrt{\frac{A_f}{\pi}}$$

equação (5)

Em que:

R = raio no entorno da ETE que delimita a área passível de ser fertilizada (km).

RESULTADOS OBTIDOS

ESTIMATIVA DA DEMANDA POR NUTRIENTES NAS ATIVIDADES AGROSSILVIPASTORIS REGIONAIS

Em linhas gerais, a demanda anual por nitrogênio nas bacias equivale a aproximadamente 120 mil toneladas, enquanto a demanda anual por fósforo equivale a aproximadamente 35 mil toneladas. Ao se comparar as duas bacias hidrográficas estudadas, nota-se que a bacia dos Rios Jequitai e Pacuí, apesar de representar 47% da área de estudo, apresenta uma demanda por nitrogênio e fósforo aproximadamente igual a 59% da demanda total da área de estudo.

Na Figura 2 é apresentada a distribuição da demanda por nitrogênio e fósforo entre as quatro atividades: silvicultura, lavoura temporária, lavoura permanente e pecuária.

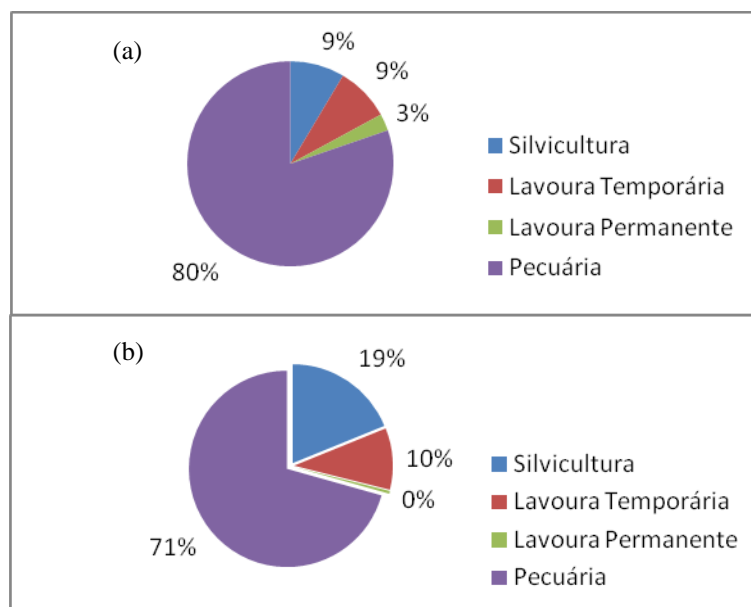


Figura 2: Distribuição da demanda por nitrogênio (a) e fósforo (b) por atividade

Verifica-se grande demanda por nutrientes para a exploração da atividade pecuária na região, a qual pode ser explicada pela baixa taxa ocupação dos pastos, requerendo, assim, grandes áreas de pastagem.

Com relação às culturas permanentes, observou-se que o cafeeiro e a bananeira, juntos, ocupam 70% da área total destinada à lavoura permanente na região. Tais culturas representam 94% da demanda total por nitrogênio e 82% da demanda por fósforo em relação à demanda pelas culturas permanentes. Sobre as lavouras temporárias, destaca-se a expressividade da cultura de milho, possuindo área de plantio correspondente a 54% da área total destinada à lavoura temporária e representando 74% da demanda de nitrogênio e 63% da demanda de fósforo na região.

ESTIMATIVA DA POTENCIAL OFERTA DE NUTRIENTES A PARTIR DOS SUBPRODUTOS DAS ETES DA REGIÃO

A seguir, apresentam-se na Tabela 1 os resultados obtidos sobre a potencial obtenção de nitrogênio e fósforo a partir do lodo e do efluente gerados nas estações de tratamento de esgoto da área de estudo.

Tabela 1: Oferta de nitrogênio e fósforo no lodo e no efluente das ETES das bacias hidrográficas SF5 e SF6 nos diferentes cenários

CENÁRIO	NITROGÊNIO (t/ano)			FÓSFORO (t/ano)		
	LODO	EFLUENTE	TOTAL	LODO	EFLUENTE	TOTAL
1	911	5.051	5.962	261	1.008	1.269
2	1.360	7.182	8.572	396	1.475	1.871
3	1.787	9.381	11.168	487	1.745	2.232

Ao se comparar a distribuição percentual da oferta de nitrogênio e fósforo nas duas bacias hidrográficas tem-se que a bacia SF6 conta com apenas 16% da oferta de nitrogênio e 11% da oferta de fósforo. Tal observação indica, indiretamente, o grande déficit de tratamento de esgotos nesta bacia.

ÁREAS PASSÍVEIS DE SEREM FERTILIZADAS COM APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS

Finalmente, com relação aos raios calculados a partir da oferta de nitrogênio e fósforo e da demanda desses nutrientes por unidade de área, obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 3 (nitrogênio) e na Figura 4 (fósforo). Para apresentação destes resultados, as estações foram segregadas em três grupos distintos, conforme o equivalente populacional a que elas atendem: menor que 10.000 habitantes, entre 10.000 e 100.000 habitantes e maior que 100.000 habitantes. Os raios de cada equivalente populacional, em cada cenário, correspondem à média dos raios calculados para as estações pertencentes a cada grupamento.

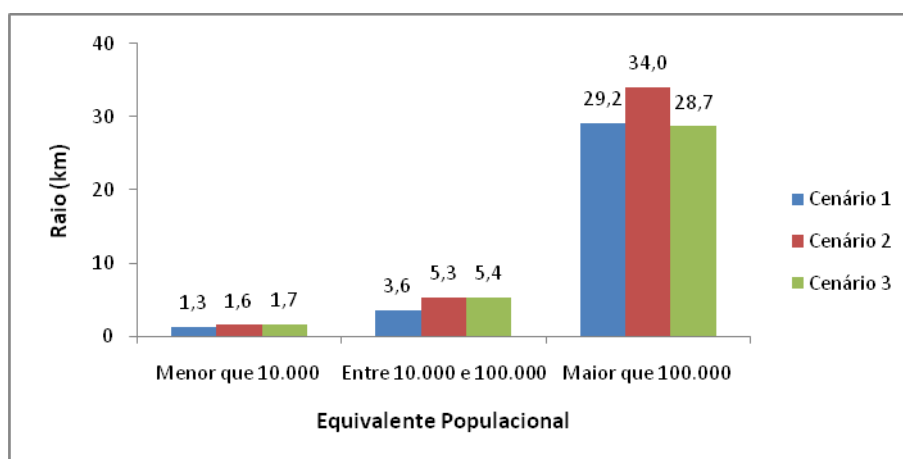


Figura 3: Raio médio para aproveitamento de toda a oferta de nitrogênio no entorno das ETES

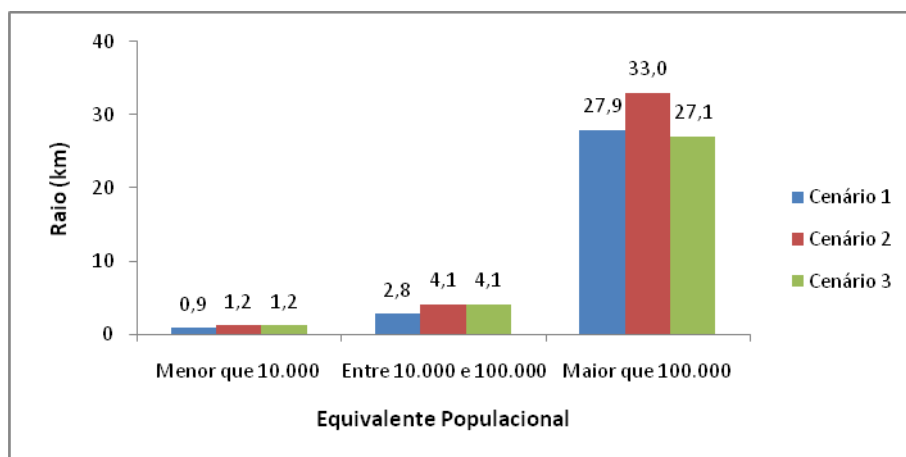


Figura 4: Raio médio para aproveitamento de toda a oferta de fósforo no entorno das ETEs

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante dos resultados apresentados, nota-se que, 4,9% da demanda por nitrogênio e 3,6% da demanda por fósforo nas atividades agrossilvipastoris das bacias em estudo poderiam ser supridas pelo uso dos subprodutos do tratamento de esgoto (lodo e efluente), considerando a atual estrutura implantada.

Caso as estações de tratamento existentes operassem em sua capacidade de projeto, tais subprodutos poderiam responder pelo suprimento de 7,2%, em termos da demanda por nitrogênio, e 5,3%, em termos da demanda por fósforo. Ainda, caso fossem colocadas em operação as estações já projetadas ou em implantação, o potencial de atendimento se ampliaria para 9,3% da demanda por nitrogênio e 6,3% da demanda por fósforo.

Tais valores, apesar de aparentemente baixos, representam um suprimento de nutrientes importante nessas bacias hidrográficas, no primeiro cenário, por exemplo, seria possível suprir toda a demanda de nitrogênio das lavouras permanentes, enquanto no terceiro cenário poderia suprir-se toda a necessidade de nitrogênio das lavouras temporárias ou da silvicultura. Além disso, e com maior relevância, tais resultados mostram que existe maior demanda pelos subprodutos do tratamento de esgoto do que oferta, indicando que, caso esta alternativa fosse perseguida, existiria demanda para receber a totalidades desses subprodutos. Adicionalmente, a decisão de se praticar a reciclagem de nutrientes do lodo e efluente proporcionaria diminuição na poluição causada por outras formas de disposição destes subprodutos, como disposição em aterros e lançamento em corpos d'água.

O acréscimo na oferta de nutrientes ao se considerar aumento na captação e tratamento de esgotos também é notório e digno de destaque, tendo em vista que a oferta de nitrogênio e fósforo aproximadamente dobrará ao se passar do cenário 1 para o 3. Destaca-se, também, a baixa oferta de nutrientes disponibilizada na bacia SF6, quando comparada à totalidade da região em estudo, o que indica, indiretamente, o grande déficit no tratamento de esgotos na mesma. A partir desta observação ressalta-se a grande importância de se conceber novos sistemas de tratamento de esgoto na área de estudo e, especialmente, na SF6, que considerem a aplicação do lodo e do efluente tratado ou do próprio esgoto doméstico no solo.

Por fim, a razão entre a oferta de cada ETE e a demanda unitária dos municípios indica que, para as ETEs com equivalente populacional menor que 100.000 habitantes, a área necessária para dispor a totalidade dos subprodutos é relativamente pequena. Isto significa que, caso houvesse interesse por parte dos gestores em se realizar o aproveitamento agrícola do lodo e efluente, a busca por possíveis receptores não precisaria se estender a grandes distâncias, pois os cálculos indicaram que haveria demanda para receber estes subprodutos na vizinhança próxima.

CONCLUSÕES

Dado o grande déficit da cobertura com tratamento de esgoto observado no estado como um todo e na atual forma de concepção do local de instalação e operação de ETEs, não se considerando a facilidade e os custos da destinação final dos subprodutos gerados, as informações apresentadas nesta pesquisa apontam grandes possibilidades para reciclagem agrícola dos nutrientes presentes no lodo e esgoto doméstico. Conclui-se indicando o desenvolvimento de uma nova forma de se entender e conceber ETEs mais sustentáveis e que desempenhem papel importante dentro do conceito da economia circular.

Por fim, como recomendação deste trabalho, aponta-se a necessidade de estudos mais aprofundados que englobem áreas menores, como os limites municipais. Tais pesquisas poderiam indicar mais precisamente a oferta e a demanda por nutrientes através do conhecimento de determinadas informações que, neste trabalho, foram assumidas e pesquisadas na literatura ou por simplificações. Adicionalmente, informa-se a importância da observação da legislação nacional (CONAMA 375), única legislação existente sobre aproveitamento agrícola de subprodutos de ETE e que se refere, especificamente, ao aproveitamento agrícola do lodo de esgoto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e financiamento por parte do Governo do Reino Unido, através do Foreign & Commonwealth Office e da Embaixada Britânica no Brasil, à COPASA MG pela parceria no desenvolvimento do trabalho e colaboração na disponibilização de dados, e aos municípios das Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e dos Rios Jequitai e Pacuí pelas informações fornecidas que possibilitaram a execução do presente trabalho no âmbito do projeto Minas Gerais Sustainable Sewage Treatment. À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) e ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH-UFMG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. *Lodo de esgotos: tratamento e disposição final*. 1ª Edição. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. VI, 2001.
2. BASTOS, R. K. X (Coord.). *Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura*. 1ª Edição. ed. Rio de Janeiro: RIMA, 2003.
3. CBH JEQUITAI E PACUÍ, AGB PEIXE VIVO. *Relatório de Atividades CBH Jequitai Pacui - SF6*. [S.l.], p. 34. 2011.
4. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: [s.n.], 1999. 355 p.
5. IBGE. *Pesquisa Pecuária Municipal*. SIDRA, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2015>>. Acesso em: 05 Outubro 2016.
6. IBGE. *Produção Agrícola Municipal*. SIDRA, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 05 Outubro 2016.
7. IBGE. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. SIDRA, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2015>>. Acesso em: 05 Outubro 2016.
8. MARILLAC, L. D. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas*. Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte, p. 228. 2005.
9. MATOS, A. T. *Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos*. 1ª Edição. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014.
10. MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: PROSAB, 2009. 428p.
11. NASCIMENTO, A. L. *Caracterização microbiológica, química e presença de poluentes orgânicos em amostras de lodo de esgoto de São Paulo*. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, p. 88. 2016.
12. ROSA, A. P.; CHERNICHARO, C. A. L.; MELO, G. C. B. *Contribuição para o aproveitamento energético do lodo de ETEs em processos térmicos*. DAE, São Paulo, v. 63, n. 198, p. 55-62, Janeiro 2015. ISSN 0101-6040.
13. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ª Edição. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. I, 2005.