

Ciclo do nitrogênio em ambientes dulcícolas e as interferências antrópicas



Yuri das Neves Guimarães^a, Nayra de Lima Ferreira^a, Gabriela Brito de Souza^a, Larissa Lopes Barroso^a,
Stephanie Garcia da Silva^a, Edmir dos Santos Jesus^b, Antônio Pereira Júnior^c 

^aAcadêmicos de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Paragominas, Pará, Brasil.

^bDoutor em Ciências Climáticas, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA), Paragominas, Pará, Brasil.

^cMestre em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA), Paragominas, Pará, Brasil.

RESUMO A correlação entre o ciclo do nitrogênio no meio aquático dulcícola deve ser analisada e monitorada, porque ele interage com o ecossistema de maneira direta e indireta e podem ser alteradas com despejo de esgotos domésticos e excesso de matéria orgânica. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a relação existente entre o ciclo do nitrogênio e as consequências da saturação desse componente em ambientes aquáticos dulcícolas, além de evidenciar a associação com bioindicadores como aguapés (*Eichhornia* sp), alface d'água (*Pistia* sp) e orelha-de-onça (*Salvinia* sp) com este elemento químico. O método utilizado foi o exploratório e dedutivo com aplicação de três etapas (levantamento de estudos acerca do tema, cronologia das literaturas e tratamento estatístico dos dados) descritas no método *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings* (SMARTER). Os dados obtidos e analisados indicaram que a acumulação biológica causada pelo excesso de nitrogênio biodisponível em ambientes aquáticos, pela inserção de efluentes industriais e domésticos, e isso contribui para a floração ou *bloom* de cianobactérias, além de microrganismos decompositores como as bactérias dos gêneros *Nitrossomonas* spp, *Nitrosococcus* spp e *Nitrospira* spp. Então, o excesso ou a baixa concentração desse elemento químico afeta diretamente os organismos vivos (fitoplânctons). Logo, aquelas ações humanas intervêm negativamente em tais ambientes, entretanto estes efeitos são amenizados pela presença do aguapé, alface d'água e orelha-de-onça determinam a absorção da quantidade excedente de nitrogênio, bem como indicam o estado de conservação do ecossistema aquático dulcícola, porém, recomenda-se o controle dessas populações para que não ocorra degradação da qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE acumulação biológica; água doce; bioindicadores

Aceito 26 de junho de 2020 *Publicado online* 11 de julho de 2020

Cite este artigo: Guimarães et al. (2020) Ciclo do nitrogênio em ambientes dulcícolas e as interferências antrópicas. *Multidisciplinary Reviews* 3: e2020015.
DOI: 10.29327/multi.2020015

The nitrogen cycle in freshwater environments and anthropic interference

ABSTRACT The correlation between the nitrogen cycle in the freshwater environment must be analyzed and monitored because it interacts with the ecosystem directly and indirectly and can be altered by dumping domestic sewage and excess organic matter. This work aimed to demonstrate the relationship between the nitrogen cycle and the consequences of the saturation of this component in freshwater aquatic environments, in addition to highlighting the association with bioindicators such as water lilies (*Eichhornia* sp), water lettuce (*Pistia* sp) and jaguar's ear (*Salvinia* sp) with this chemical element. The method used was exploratory and deductive with the application of three stages (survey of studies on the subject, the chronology of literature, and statistical treatment of data) described in the *Simple Multi-Attribute Rating Technique method using Exploiting Rankings* (SMARTER). The data obtained and analyzed indicated that the biological accumulation caused by the excess of bioavailable nitrogen in aquatic environments, by the insertion

of industrial and domestic effluents, and this contributes to the flowering or bloom of cyanobacteria, in addition to decomposing microorganisms such as bacteria of the genera *Nitrossomonas* spp, *Nitrosococcus* spp, and *Nitrospira* spp. Then, the excess or low concentration of this chemical element directly affects living organisms (phytoplankton). Therefore, those human actions intervene negatively in such environments, however, these effects are mitigated by the presence of the water lily, water lettuce and jaguar ear determine the absorption of the excess amount of nitrogen, as well as indicate the state of conservation of the freshwater aquatic ecosystem; however, it is recommended to control these populations so that no degradation of water quality occurs.

KEYWORDS: biological accumulation, freshwater, bioindicators

Introdução

O ciclo do nitrogênio (N) é um dos principais ciclos presentes nos ecossistemas aquáticos dulcícolas, pois há participação direta desse elemento químico na composição dos ácidos nucleicos e proteínas, que são essenciais (Ex.: Alanina) para os seres vivos. Além deste fato, o nitrogênio é o elemento químico de maior quantidade na atmosfera do planeta ($\pm 70\%$). O nitrogênio é importante para a constituição do *Ribonucleic Acid* (RNA) e do *Deoxyribonucleic Acid* (DNA), devido a ação dos compostos nitrogenados que apesar de não serem utilizados diretamente nos mecanismos de respiração da maioria dos organismos vivos, são fundamentais para formação fisiológica deles (Figueiredo et al 2014).

Esses compostos são resultados dos processos de fixação do nitrogênio por apresentarem alta capacidade de ligação e que ocorre de duas formas, a biológica e a física. Isso cria uma relação direta com os diversos recursos hídricos dulcícolas que dependem da concentração deste elemento¹ (Araújo et al 2010).

Nestes meios aquáticos o elemento químico de estudo cíclico, é encontrado sob as formas de nitrogênio orgânico (N), amônia (NH_3) que é um produto gerado a partir da fixação biológica, nitrato (NO^-) e nitrito (NO) como principais formas oxidadas. Vale ressaltar que o NH_4^+ é o composto que possui melhor viabilidade do ponto de vista energético para os seres autótrofos nos ecossistemas dulcícolas (Souza 2016).

Neles, o *habitat* é caracterizado como um subconjunto dos ambientes aquáticos da terra, na qual estão inclusos lagos, rios, áreas alagadas, córregos e nascentes; além de apresentar dois grupos distintos: (1) os biosistemas lóticos, caracterizados com água corrente, e (2) os lênticos, que apresentam águas consideradas paradas (Blini 2015).

Para o grupo um, o deslocamento das águas ocorre devido a inclinação do relevo e no sentido montante – jusante, por isso são denominados de lóticos que além dessas características, também se apresentam como sistemas abertos, com fluxo de energia constante desde a nascente à foz, logo, é o vetor crucial para determinação das características de cada unidade fluvial (rios, riachos, entre outros) e da comunidade biótica que os compõem (Barreto et al 2013).

Nas denominadas “unidades fluviais”, a regulação da demanda de nitrogênio e da ciclagem de nutrientes, bem como o equilíbrio da produção primária desses ecossistemas aquáticos é auxiliada pelas interações entre seres vivos e não vivos e elas (Zoppas 2016).

Em relação ao segundo grupo, os lagos se caracterizam como corpos de água superficiais rodeados de terra. Elas são movimentadas pela ação dos ventos sobre elas e, quando comparados com as lagoas, inserida no grupo um, aqueles são mais extensos e profundos (Oliveira e Souza 2015).

Todavia o excedente da ciclagem destes nutrientes no meio aquático, tanto por origem natural quanto antrópica, aumentam a densidade populacional de microrganismos. Logo, este fenômeno tem como consequência, a eutrofização, ou seja, um aglomerado de microrganismos fotossintetizantes, e consequentemente proporcionam problemas nos ciclos biogeoquímicos (Esteves 2011).

Outra maneira de elevação nos teores de substâncias (Ex.: NO_3^-), especialmente os compostos nitrogenados, por ação antrópica, como a emissão de efluentes, mas isso resulta na transformação delas em amônia (NH_3^+). Além da contaminação da água, ocorre também a contaminação do solo durante os processos de escoamento superficial,

¹Atualmente denominada de acumulação biológica.

infiltração e percolação. Neste caso, a qualidade da água será reduzida em função do aumento da entrada de matéria orgânica no corpo hídrico dulcícola devido ao estímulo inicial e ao aumento da população de microrganismos patogênicos (Pereira e Mercante 2010).

Conseqüentemente, surgem problemas causados pelo excesso ou falta do nitrogênio nos ambientes dulcícolas e, por isso, necessitam ser monitorados, o que justifica essa pesquisa e incrementa a relevância da mesma, cujo objetivo foi demonstrar a relação existente entre o ciclo do nitrogênio e as interferências antrópicas em ambientes aquáticos dulcícolas, a partir da acumulação biológica via nitrificação da água.

Metodologia

O método utilizado foi o sintetizado por Ravindran e Shankar (2015). Nele, os autores afirmam que os estudos secundários são baseados em pesquisas abrangentes dos estudos primários. Tem-se uma estratégia explícita e reproduzível para o rastreamento e inclusão destes estudos, análise apropriada e descrição dos resultados, a partir de interpretações apoiadas em dados, e que devem contribuir para futuras pesquisas.

A finalidade de uma revisão sistemática de acordo com Edwards e Barron (1994), é localizar os estudos mais relevantes existentes para avaliar e sintetizar as respectivas contribuições. Por isso o método *Simple Multiattribute Rating Technique using Exploiting Rankings* (SMARTER) é considerada uma ferramenta de apoio para seleção e priorização de um conjunto de critérios considerados pela literatura como essenciais para representar o tema principal da pesquisa. Esse método é composto por nove etapas, todavia, para essa pesquisa, foram selecionadas e utilizadas apenas três (Quadro 1).

Quadro 1 Quatro etapas empregadas do método *Simple Multiattribute Rating Technique using Exploiting Rankings* (SMARTER).

Etapas	Ações
1	Levantamento de estudos acerca do tema: tem como objetivo pesquisar e selecionar artigos que melhores se encaixam com o tema principal. A seleção deles obedeceu ao recorte temporal entre 2010 a 2019 (10 anos).
2	Cronologia das literaturas: são critérios importantes considerados nos artigos pesquisados, sendo eles: recorte temporal, autores, título e periódicos com o intuito de manter o mais organizado possível as fontes pesquisadas.
3	Tratamento estatístico dos dados: com a aplicação da estatística descritiva para os cálculos de frequência absoluta (<i>fi</i>) e relativa (<i>fr%</i>) com auxílio de planilhas contidas no <i>software</i> Excel versão 2013 (MICROSOFT OFFICE, 2016) a fim de verificar o uso dos descritores em três seções: Título, Resumo e Palavras-Chave.
4	Tabulação dos dados obtidos em gráficos e tabelas conforme as normas ofertadas pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE, 1993).

Adaptado pelos autores a partir de dados contidos em estudos de Edwards e Barron (1994).

Para a seleção final, foram aplicados quatro descritores em seções do artigo: título, resumo e palavras-chave; (a) Ciclos biogeoquímicos, (b) eutrofização, (c) bioindicadores e (d) nitrogênio.

Resultados e Discussão

Seleção das literaturas

Os dados e analisados indicaram que dos artigos 25 pré-selecionados devido a termos relacionados (Ex.: nitrogênio) com o objeto da pesquisa, 14 deles apresentaram os descritores seletivos nas seções analisadas (Tabela 1). A análise dos dados obtidos também indicou que o periódico mais prolífero no período analisado, foi a Revista Engenharia Ambiental e Sanitária ($n = 15,38\%$) e o Boletim do Instituto de Pesca ($n = 15,38\%$).

A seleção da literatura foi concretizada com a aplicação dos quatro descritores de forma isolada, e os dados obtidos indicaram que eles foram utilizados para a composição de título, resumo e palavras-chave (Figura 1).

Na seção “resumo”, a análise dos dados indicou que o descritor nitrogênio ($n = 21,42\%$); eutrofização ($n = 14,28\%$); bioindicador ($n = 7,14\%$). Por último, na seção “palavras-chave” os descritores mais frequentes foram: eutrofização ($n = 21,42\%$) e nitrogênio ($n = 28,57\%$).

Tabela 1 Cronologia dos 14 artigos selecionados após a aplicação dos descritores.

Ano da Publicação	Autores	Título	Periódico, volume, número, edição e páginas.
2010	Araújo, J. C.; Campos, A. P.; Correa, M. M. S.; Silva, E. C.; Sperling, M. V.; Chernicharo, C. A. L.	Enriquecimento de bactérias anaeróbias oxidadoras de amônia – Anammox.	Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.2, p. 205-212.
2010	Macedo, C. F.; Sipaúba-Tavares, L. H.	Eutrofização e qualidade da água na Piscicultura: consequências e recomendações	Boletim do Instituto de Pesca, v. 36, n. 2, p. 149 – 163.
2010	Pereira, L.P.F.; Mercante, C.T.J.	A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água.	Boletim do Instituto de Pesca, v.31, n. 1, p. 81-88.
2011	Esteves, F. A.	Fundamentos de Limnologia.	Interciência, 3ª ed., 828 p.
2012	Campos, B. R.; Miranda, K. C. F.; D’Incao, F.; Wasielesky, L. P. W.	Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa <i>Farfantepenaeus Brasiliensis</i> (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda).	Atlântica, v. 34, n. 1 p. 75-81.
2013	Barreto et al.	Eutrofização em rios brasileiros.	Enciclopédia Biosfera, v. 9, n.16, p. 1-15.
2014	Figueiredo, J. A.; Noriega, C.D.; Oliveira, E. M. C.; Neto, N. N.; Barroso, G. F.; Filho, M. A.	Avaliação biogeoquímica de águas fluviais com ênfase no comportamento dos compostos de Nitrogênio e Fósforo Total para diagnoses de sistema aquático provenientes de monitoramentos ambientais.	Geochimica Brasiliensis, v. 28, n. 2, p. 215-226.
2015	Blini, R. C. B.	Eficiência dos bioindicadores para avaliação na qualidade das águas superficiais da Lagoa Maior urbana de Três Lagoas/MS.	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, 102 p.
2015	Blini, R. C. B.	Eficiência dos bioindicadores para avaliação na qualidade das águas superficiais da Lagoa Maior urbana de Três Lagoas/MS.	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, 102 p.
2015	Oliveira, A. K. G.; Souza.	Alteração das concentrações de nitrogênio e fósforo na bacia do Rio Apodi-Mossoró em função dos efeitos da estiagem e espacialidade.	Química: ciência, tecnologia e sociedade, v. 4, n. 1, p. 09-23
2016	Costa, D. D.; Kempka, A. P.; Skoronski, E.	Contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: O panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais.	Rede-Revista Eletrônica do Prodema, v. 10, n. 2, p. 49-6
2016	Hegel, C. G. Z.; Melo, E. F. R. Q.	Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água dos arroios RPPN Maragato.	Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 9, n. 3, p. 673-693.
2016	Souza, E. C.	Análise metagenômica funcional de ciclos biogeoquímicos em solos de mata nativa e de plantio direto.	Ciência & Tecnologia Fatec-JB, v. 8, n. 2, p. 1-12.
2016	Zoppas, F. M.; Bernardes, A. M.; Meneguzzi, A.	Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea.	Engenharia Sanitária e Ambiental, v.21, n.1, p. 29-42.
2017	Santos, C. A. P.	Macrófitas biondicadoras em trecho urbano do Rio Grande – Oeste da Bahia.	Engenharia Agrícola, v. 34, n. 3 p. 542-553.

Os dados obtidos também indicaram que os pesquisadores utilizaram na seção “título”, de forma isolada, o descritor nitrogênio com maior frequência ($n = 28,57\%$), seguido de bioindicador ($n = 21,42\%$). Já eutrofização ($n = 14,28\%$) e ciclos biogeoquímicos ($n = 7,14\%$) foram utilizados com menor frequência.

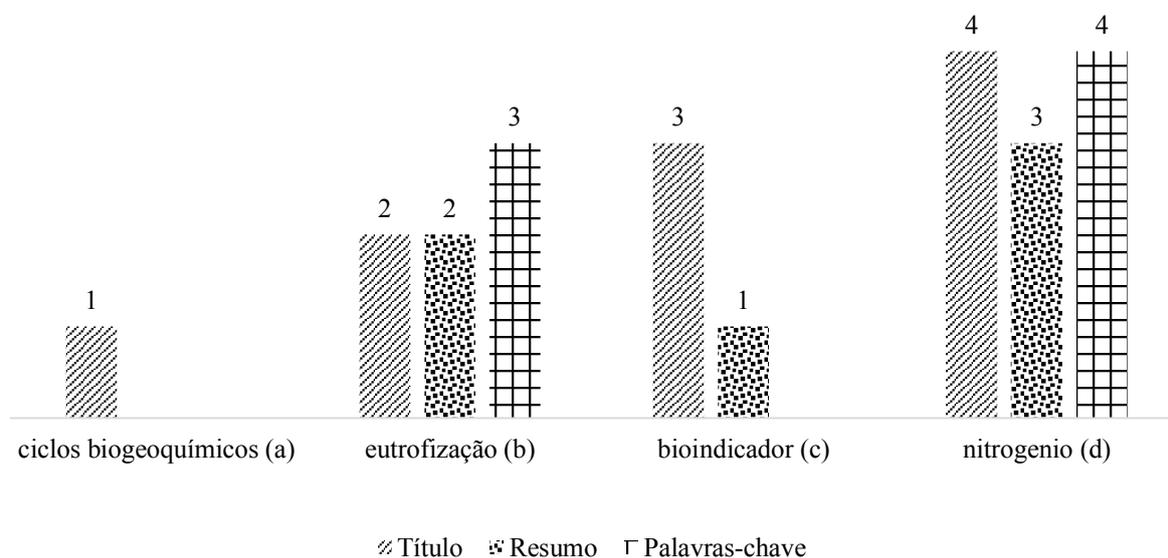


Figura 1 Valores para frequência absoluta quanto à ocorrência de descritores em três seções das literaturas científicas selecionadas: título, resumo e palavras-chave.

Acerca do uso de descritores isolados, Galvão e Pereira (2014) efetuaram uma revisão sistemática e concluíram que há grande quantidade e variedade de artigos científicos com base de dados dos descritores isolados. Isso ocorreu porque apenas 14 dos 25 artigos pré-selecionados continham os descritores de forma isolada.

Já os usos deles, de forma associada, indicaram que na seção resumo, foram encontrados os seguintes descritores: ($c + b + d = 7,14\%$); ($a + b = 7,14\%$); ($b + c = 7,14\%$) e, por último, ($b + d = 7,14\%$), isto é, há quatro artigos com associação entre os descritores (Tabela 2).

Tabela 2 valores de média e desvio padrão dos descritores associados.

ASSOCIADOS		
Descritores	Média (\bar{x})	Desvio padrão (σ)
a;d	7,14	2,67
b;c	7,14	2,67
b;d	7,14	2,67
c;b;d	7,14	2,67

Legendas: a = ciclos biogeoquímicos; b = eutrofização; c = bioindicador; d = nitrogênio.

Verificou-se também as associações entre os descritores a + d tratados por Zoppas (2016). Observou-se ainda outras relações entre b + c + d abordados por Blini (2015). Além disso, o pesquisador Figueiredo et al (2013), preocupou-se em estudar a relação entre b + d, enquanto Santos (2017), utilizou como objeto de estudo b + c. Isto justifica o uso dos descritores ambientais escolhidos para o levantamento dos dados documentais.

Em relação a aplicação de descritores, Rocha et al (2013) afirmam que a utilização de descritores ambientais associados para a composição das revisões sistemáticas é essencial, pois expressa uma linguagem clara e objetiva além de instrumentos documentários para o êxito desse processo. A representação deste conhecimento é uma forma de

manifestar o pensamento, por meio de uma expressão e linguagem na qual se pode exprimir as informações necessárias acerca da realidade do mundo.

O nitrogênio elementar e a inserção nos ecossistemas dulcícolas

O nitrogênio elementar é um dos componentes químicos mais importantes no metabolismo dos espécimes aquáticos dulcícolas. A falta dele pode atuar como fator limitante à produção primária de biosistemas aquáticos, isso porque ele contribui para a formação de *Deoxyribonucleic acid* (DNA), *Ribonucleic acid* (RNA) e proteínas. Todavia, o excesso causa eutrofização através de altas concentrações de nutrientes para os produtores primários nestas zonas (Macedo e Sipaúba-Tavares, 2010).

Quanto a inserção do nitrogênio nos corpos hídricos, Pereira e Mercante (2010) efetuaram em uma revisão bibliográfica e concluíram que a ocorrência deste elemento no meio aquático pode ser natural (precipitação pluvial, matéria orgânica e inorgânica de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular) ou antropogênica oriunda, especialmente de efluentes domésticos, industriais e agrícolas.

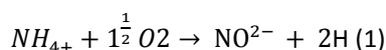
Em relação a estes desequilíbrios ambientais causados por essas ações antrópicas, Figueiredo et al (2014), realizaram pesquisa na Bacia do Rio Doce (ES) e concluíram que o nitrogênio está diretamente ligado ao processo de acumulação biológica em ecossistemas de águas dulcícolas. Os teores de nitrogênio total verificados são mais elevados no período chuvoso devido ao aumento do escoamento superficial e a redução da temperatura na região do estudo. Consequentemente, pode-se afirmar que um dos fatores para a elevação do teor de matéria orgânica nos rios, ocorre nesse período.

A formação de compostos nitrogenados em ecossistemas dulcícolas

Já em relação à formação dos compostos nitrogenados reduzidos, Esteves (2011), verificou que a formação da amônia (NH_3), ocorre a partir do resultado da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica alóctone ou autóctone no interior do corpo hídrico.

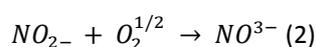
A oxidação desses compostos a nitrato é chamada de nitrificação ou nitrosação. De acordo com a pesquisa realizada por Souza (2016), acerca da análise deste ciclo em solos de mata nativa e de plantio direto ao redor de um ambiente dulcícola no município de Dourados (MS), este processo consiste na utilização de compostos inorgânicos reduzidos como, por exemplo, o íon amônio (NH_4^+), como doador de hidrogênio (H) sendo que, por meio da oxidação, os microrganismos obtêm os equivalentes de redução para o processo de síntese.

Estes processos de nitrificação apresentam gêneros de bactérias denominadas *Nitrossomonas* spp, *Nitrosococcus* spp e *Nitrospira* spp. As *Nitrossomonas* oxidam amônio em nitrito (Equação 1).



Acerca da nitrificação, foi efetuado pesquisa no município de Belo Horizonte (MG) por Araújo et al. (2010) e os autores concluíram que há produção de hidroxilamina (NH_2OH) como composto intermediário. As bactérias nitrificantes são autotróficas, e possuem velocidades de crescimento muito baixas quando comparadas com as bactérias heterotróficas, devido estas bactérias atuarem somente em zonas que apresentam oxigênio disponível, e onde há presença de sedimentos, ou seja, na interface água-ar dos biosistemas dulcícolas. Logo, o nitrogênio é extremamente importante para os ambientes dulcícolas.

Já as bactérias dos gêneros *Nitrobacter* spp, *Nitrospina* spp e *Nitrococcus* spp oxidam nitrito em nitrato e, assim, caracterizam o processo denominado de nitratação que ocorre da seguinte forma (Equação 2).



Observa-se que, dos oito elétrons liberados pelo nitrogênio amoniacal na oxidação para nitrato, apenas cinco são recuperados quando o nitrato é reduzido para nitrogênio molecular .

Nestes sentido os ambientes localizados em regiões temperadas, o nitrogênio amoniacal (N-NH_3), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) estão diretamente associados aos processos de produção e decomposição. Isso se confirma na pesquisa efetuada por Blini (2015), no município de Três Lagos (MS) os dados por eles obtidos, indicaram que eles são influenciados pelo comportamento térmico da massa d'água e do pH, além disso, as substâncias resultantes deles são distribuídas verticalmente na coluna d'água.

Acerca desse processo, Zoppas (2016), efetuou estudo de revisão bibliográfica e concluiu que tal ação é de caráter oxidante, e que reduz o nitrato à nitrogênio molecular. Ele também afirma que a densidade populacional das bactérias desnitrificantes *Alcaligenes* sp, *Paracoccus* sp, *Pseudomonas* sp, *Thiobacillus* sp e *Thiosphaera* sp depende da presença de matéria orgânica e da concentração de NO_2^- e NO_3^- .

Já na remoção biológica dos compostos nitrogenados, denominadas de desnitrificação, Zoppas (2016) efetuou uma revisão bibliográfica e concluiu que em há conversão de nitrato (NO_2^-) a óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) e gás nitrogênio (N_2). Esse processo respiratório anóxico é realizado por bactérias heterotróficas, que tem como gêneros mais significativos as *Alcaligenes* sp, *Paracoccus* sp, *Pseudomonas* sp, *Thiobacillus* sp e *Thiosphaera* sp.

O nitrogênio e os organismos aquáticos

A análise dos dados obtidos indicou que o nitrogênio interfere na comunidade aquática de forma direta porque compõe estruturas proteicas e organizacionais deles, por isso, quaisquer resíduos nitrogenados têm que ser reaproveitado.

Sobre isso, Campos et al (2012), efetuaram uma pesquisa na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e concluíram que os resíduos de nitrogênio são degradantes comuns do meio, como a excreção dos organismos que habitam esses corpos hídricos, por exemplo, o camarão-rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille 1817). Ele também alerta que, se as concentrações alcançarem níveis elevados, podem comprometer o crescimento ou causar mortandade dos organismos aquáticos.

Quanto as alterações ocasionadas, pela inserção de resíduos nitrogenosos, este fato ocorre principalmente devido à elevação na densidade populacional da comunidade fitoplânctônica, que altera a dinâmica do oxigênio dissolvido (OD), uma vez que a atividade fotossintética proporciona o acréscimo de oxigênio, provoca saturação no meio aquático, o que pode ocasionar a embolia gasosa (bolhas de ar adentram nos vasos sanguíneos) nos organismos aquáticos.

Essa análise é afirmada de acordo com a revisão bibliográfica realizada por Barreto et al (2013) a partir da ferramenta índices de estados tróficos (IET) e também conclui que durante a noite e no início da manhã a grande taxa de respiração do fitoplâncton pode ocasionar o consumo por completo do oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, limitando a população dos organismos heterotróficos.

Outro fator que leva ao acúmulo de nitrogênio nos ambientes dulcícolas é a agricultura. De acordo com estudo realizado por Costa, Kempka e Skoronski (2016) acerca da contaminação de mananciais, a nível nacional, por nitrato (NO_3^-) está relacionado com a elevação na utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas a base de nitrogênio que intensifica o processo de lixiviação e escoamento superficial deste elemento para os corpos hídricos, especialmente em rios, pondo em risco a qualidade da água principalmente aqueles próximos de áreas agrícolas onde encontra-se elevadas concentrações de nitrato.

Além disso, as atividades próximas a corpos hídricos impactam os organismos bioindicadores, pois segundo estudo realizado por Oliveira e Souza (2015), em pesquisa na bacia do rio Apodi-Mossoró - RN, os dados por eles obtidos indicaram que a ausência/presença deste elemento químico pode demonstrar alterações (concentração de nitrogênio) nas características do ambiente.

Logo, em razão dos fitoplânctons serem organismos sensíveis a diferentes substâncias tóxicas e metais pesados cromo (Cr) e cobre (Cu) encontrados nos efluentes nitrogenados, isto se torna um pré-requisito essencial quando se trata de um bioindicador de poluição ambiental.

O nitrogênio e os bioindicadores nos ecossistemas dulcícolas

Para os bioindicadores responsáveis pela fixação de nitrogênio dos ecossistemas, podem-se citar as macrófitas aquáticas. Acerca disso Hegel e Melo (2016) realizaram uma pesquisa nos trechos dos arroios do Valinho e do Pinheiro Torto, situados na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Maragato, Passo Fundo – RS, e afirmaram que as macrófitas são vegetais visíveis a olho nu que realizam fotossíntese, e assim consomem grandes quantidades de nitrogênio presentes nos ecossistemas e podem ser encontradas emersas, submersas ou totalmente imersas em águas dulcícolas ou salobras por períodos de grande frequência, pois fazem o controle do excesso de nitrogênio nessas áreas, porém recomenda-se o controle dessas populações para que não ocorra a degradação ambiental.

Ainda sobre essa importância, em estudo efetuado por Santos (2017), em um trecho urbano do Rio Grande no oeste de Salvador - BA, no qual aborda o crescimento populacional de plantas, o autor concluiu que existem outras espécies, a exemplo dos aguapés (*Eichhornia* sp), alface d'água (*Pistia* sp) e orelha-de-onça (*Salvinia* sp), que indicam o estado de conservação dos corpos hídricos, e alertou sobre o lançamento de efluentes contendo cargas elevadas de nitrogênio e a influência disso nas características químicas e físicas destes corpos d'água, associados a outros fatores como o escoamento superficial e tempo de residência dessa água.

Considerações Finais

A relação existente entre o ciclo do nitrogênio e as interferências antrópicas foi identificada, pois se observa que esses ambientes dulcícolas sofrem acumulação biológica causada sobretudo pela inserção de resíduos industriais e domésticos o que afeta diretamente os organismos vivos, especialmente o fitoplâncton, que habitam nesses ambientes. No entanto, esses efeitos são amenizados pela presença de macrófitas que absorvem o excedente de nitrogênio e indicam o estado de conservação desses ambientes dulcícolas.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- Araújo JC, Campos AP, Correa MMS, Silva EC, Sperling MV, Chernicharo CAL (2010) Enriquecimento de bactérias anaeróbias oxidadoras de amônia – Anammox. Engenharia Sanitária e Ambiental 15:205-212.
- Barreto LV, Barros FM, Bonomo P, Rocha FA, Amorim JS (2013) Eutrofização em rios brasileiros. Enciclopédia Biosfera 9:1-15.
- Blini RCB (2015) Eficiência dos bioindicadores para avaliação na qualidade das águas superficiais da Lagoa Maior urbana de Três Lagoas/MS. Dissertação (Mestrado em Geografia).
- Campos BR, Miranda KCF, D'Incao F, Wasielesky LPW (2012) Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus Brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda). Atlântica 34:75-81.
- Costa DD, Kempka AP, Skoronski E (2016) Contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: O panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. REDE- Revista Eletrônica do PRODEMA 10:49-61.
- Edwards W, Barron FH (1994) SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. Organizational Behavior and Human Decision Processes 60:306-325.
- Esteves FA (2011) Fundamentos de Limnologia. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP.
- Figueiredo JA, Noriega CD, Oliveira EMC, Neto NN, Barroso GF, Filho MA (2014) Avaliação biogeoquímica de águas fluviais com ênfase no comportamento dos compostos de Nitrogênio e Fósforo Total para diagnoses de sistema aquático provenientes de monitoramentos ambientais. Geochimica Brasiliensis 28:215-226.
- Galvão TF, Pereira MG (2014) Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. Epidemiologia e Serviço de Saúde 23:183-184.

-
- Hegel CGZ, Melo EFRQ (2016) Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água dos arroios RPPN Maragato. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 9:673-693.
- Macedo CF, Sipaúba-Tavares LH (2010) Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca* 36:149-163.
- Microsoft Excel professional plus for Windows 10 (2010) Disponível em: support.microsoft.com/pt-br/office/quais-versões-do-office-funcionam-com-o-windows-10-0fc85c97-da69-466e-b2b4-54f7d7275705?ui=pt-br&rs=pt-br&ad=br. Acesso em 20 novembro de 2019.
- Oliveira AKG, Souza L (2015) Alteração das concentrações de nitrogênio e fósforo na bacia do Rio Apodi-Mossoró em função dos efeitos da estiagem e espacialidade. *Química: ciência, tecnologia e sociedade* 4:9-23.
- Pereira LPF, Mercante CTJ (2010) A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca* 31:81-88.
- Ravindran V, Shankar S (2015) Systematic reviews and meta-analysis demystified. *Indian Journal of Rheumatology* 10:89-94.
- Rocha JR, Santos MF, Cervantes BMN, Carelli AE (2016) O processo de análise de descritores em periódicos científicos eletrônicos da área de ciência da informação. Disponível em: <http://eprints.rclis.org/30917/1/363-1483-1-PB.pdf>.
- Santos CAP (2017) Macrófitas biondicadoras em trecho urbano do Rio Grande – Oeste da Bahia. *Caderno de Pesquisa* 29:25-35.
- Souza EC (2016) Análise metagenômica funcional de ciclos biogeoquímicos em solos de mata nativa e de plantio direto. *Ciência & Tecnologia* 8:1-12.
- Zoppas FM, Bernardes AM, Meneguzzi A (2016) Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 21:29-42.