

Efeitos naturais e antrópicos sobre os aspectos qualitativos da água na bacia hidrográfica do rio Niquim

Natural and anthropic effects on the qualitative aspects of water in the Niquim river basin

Helenice Ferreira Filgueiras¹ , Nelia Henriques Callado¹ ,
Vladimir Caramori Borges de Souza¹ , Fernando Natanael da Silva Pacheco¹ 

¹Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, AL, Brasil. E-mails: helenice.filgueiras@gmail.com, nelia.callado@yahoo.com.br, vcaramori@yahoo.com, eng.fernandopacheco@gmail.com

Como citar: Filgueiras, H. F., Callado, N. H., Souza, V. C. B., Pacheco, F. N. S. (2025). Efeitos naturais e antrópicos sobre os aspectos qualitativos da água na bacia hidrográfica do rio Niquim. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 22, e1. <https://doi.org/10.21168/reg.v22e1>

RESUMO: Foram analisados os efeitos naturais e antrópicos sobre a qualidade da água do Rio Niquim, localizado na Região Hidrográfica de São Miguel, com o objetivo de desenvolver a classificação das águas do rio Niquim. Foi realizado o monitoramento qualitativo da água em três pontos, o primeiro ponto na Lagoa do Rio Niquim (RNL), o segundo próximo à captação de água da cidade (RNEC) e o terceiro próximo a foz (RNF). Os resultados das análises mostram o comportamento dos parâmetros nos períodos chuvoso e seco. Para classificação, o rio foi dividido em 3 trechos, para os quais foram sugeridas as classes 1 e classe 2, mas verificou-se que alguns parâmetros não atendem aos seus usos preponderantes. No trecho 1, busca-se aumentar o oxigênio dissolvido, e reduzir a demanda biológica de oxigênio e o nitrogênio amoniacal, através da preservação das formações florestais para diminuir a carga orgânica nesse trecho. No trecho 2, é preciso diminuir os parâmetros demanda biológica de oxigênio e nitrogênio amoniacal através da preservação das áreas vegetadas, principalmente da mata ciliar, para diminuir a carga orgânica nesse trecho. No trecho 3, os parâmetros demanda biológica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, demanda biológica de oxigênio e *Escherichia coli* estão acima do estabelecido na resolução. Para alcançar os limites da classificação proposta em todos os trechos, é necessário a destinação correta dos efluentes, preservação de áreas verdes, planejamento dos usos e ocupação do solo.

Palavras-chave: Qualidade da Água; Uso e Ocupação do Solo; Disponibilidade Hídrica.

ABSTRACT: The natural and anthropogenic effects on the water quality of the Niquim River, located in the São Miguel Hydrographic Region, were analyzed with the aim of developing a classification of the waters of the Niquim River. Qualitative monitoring of the water was carried out at three points: the first point in the Niquim River Lagoon (RNL), the second near the city's water intake (RNEC), and the third near the mouth (RNF). The results of the analyses show the behavior of the river walls during the rainy and dry seasons. For classification, the river was divided into three sections, for which classes 1 and 2 were suggested, but it was found that some parameters do not meet their predominant uses. In section 1, the aim is to increase dissolved oxygen and reduce biological oxygen demand and ammonia nitrogen by preserving forest formations to reduce the organic load in this section. In section 2, it is necessary to reduce the biological oxygen demand and ammonia nitrogen parameters by preserving vegetated areas, especially riparian forests, to reduce the organic load in this section. In section 3, the biological oxygen demand, ammonia nitrogen, biological oxygen demand and *Escherichia coli* parameters are above the levels established in the resolution. In order to reach the limits of the proposed classification in all sections, it is necessary to correctly dispose of effluents, preserve green areas, and plan land use and occupation.

Keywords: Water Quality; Land Use and Occupation; Water Availability.

INTRODUÇÃO

Um dos desafios enfrentados pela gestão dos recursos hídricos para assegurar o desenvolvimento socioeconômico e a segurança hídrica é a oferta adequada de água, em quantidade e qualidade compatível com os usos (Ighalo & Adeniyi, 2020). A qualidade da água é definida pela combinação de

Recebido: Setembro 29, 2024. Revisado: Dezembro 19, 2024. Aceito: Fevereiro 21, 2025.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

eventos ocorridos ao longo do rio e suas alterações variam de acordo com as escalas temporais e espaciais do uso e ocupação do solo da bacia. Portanto, compreender essa relação é fundamental para proteção da qualidade da água (Mello et al., 2020), sendo os efeitos quantitativos da atividade antrópica na qualidade da água essenciais e urgentes. O ritmo acelerado das atividades antrópicas reflete diretamente nas características do uso do solo e tem gerado degradação ambiental, poluição da água e perda de biodiversidade, tornando-se uma preocupação ambiental, devido a degradação das águas superficiais e aumento da vulnerabilidade do ecossistema aquático, colocando em risco a saúde dos seres humanos, além de dificultar o desenvolvimento social e econômico (Ji et al., 2021). Portanto, identificar as relações quantitativas entre a qualidade da água, o uso e ocupação do solo e os aspectos quantitativos tornou-se um meio eficaz para gestão integrada dos recursos hídricos em bacias hidrográficas (Liu et al., 2018).

Trabalhos desenvolvidos com o objetivo de destacar a relação existente entre o uso e ocupação do solo e qualidade da água, considerando, muitas vezes, um curto período para análises dos parâmetros de qualidade da água (Hurley & Mazumder, 2013; Yu et al., 2016; Shi et al., 2017; Simedo et al., 2018), destacam a bacia hidrográfica como uma unidade funcional e ressalta a importância de compreender os efeitos do uso e ocupação do solo, associados às condições topográficas e tipo de solos, sobre a qualidade da água, para melhorar o diagnóstico da contaminação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas não monitoradas e para fornecer diretrizes para o planejamento do uso do solo (Chen et al., 2021).

Para avaliar a degradação decorrente das atividades antrópicas, deve-se avaliar os diferentes usos e ocupação do solo na bacia e apresentar o estudo em níveis quantitativos e qualitativos para enquadramento dos corpos hídricos, ferramenta fundamental para orientar os representantes na tomada de decisão (Faria et al., 2011). O processo de enquadramento necessita da definição dos usos preponderantes e de um diagnóstico que determine o grau de degradação em termos qualitativo dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, ocorridos de forma natural ou decorrente de atividade antrópica (Moreira, 2007).

A bacia hidrográfica do Rio Niquim (BHRN) apresenta diferentes padrões de uso e ocupação do solo. Alguns estudos de qualidade da água foram realizados, mas nenhum relacionado às modificações ambientais no entorno da bacia e o uso e ocupação do solo, que tem gerado alteração na qualidade do rio, ocupação de encostas de tabuleiros, de restingas e mangues, e desmatamento, que refletem na qualidade das águas e em seus usos (Alagoas, 2003). Este estudo avaliou potenciais os efeitos naturais e antrópicos sobre a qualidade da água dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Niquim, resultando em proposta de classificação, segundo os usos preponderantes da água, considerando a evolução dos usos e ocupação do solo e o diagnóstico da qualidade atual das suas águas. Da mesma forma, o trabalho apresenta um elenco de ações que podem contribuir para que a qualidade da água do rio atinja os níveis definidos no enquadramento proposto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudos

A Bacia Hidrográfica do Rio Niquim (BHRN) está localizada no estado de Alagoas, integrando a região hidrográfica do São Miguel. Seu curso principal, o Rio Niquim, nasce no município de São Miguel dos Campos, atravessa o município de Barra de São Miguel e deságua no Oceano Atlântico. Os pontos de monitoramento (Figura 1) foram definidos ao longo de toda bacia, baseando-se nas características de cada trecho e na facilidade de acesso aos mesmos. As coordenadas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos de monitoramento

Pontos	Localização	Latitude	Longitude	Descrição
RNL	Lagoa Niquim	9°48'14" S	35°55'27" W	Localizado na lagoa, acima da chácara andorinhas
RNEC	Estação da CASAL	9°49'41" S	35°53'41" W	Localizado na chácara Niquim
RNF	Foz	9°50'37" S	35°53'55" W	Localizado no Pier da Barra

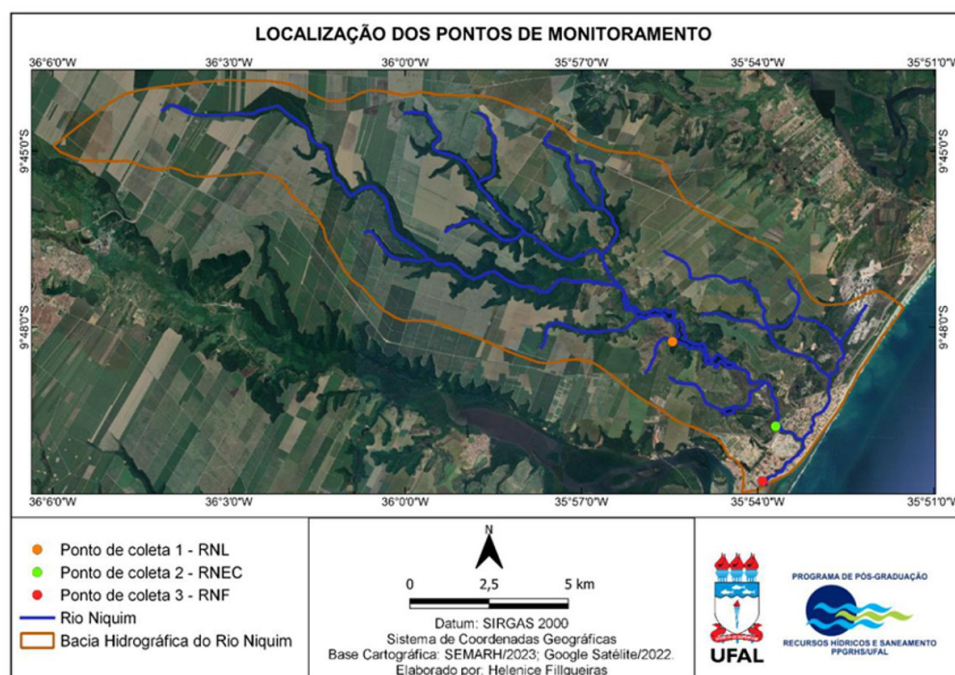


Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos de monitoramento.
Fonte: Autora, 2022.

O rio Niquim sofre elevada variação na demanda hídrica durante o ano, por ser o manancial de abastecimento da Barra de São Miguel – que recebe um afluxo de população flutuante na época de alta temporada. Com destaque a lagoa dó rio Niquim, localizada anterior à sua foz, fundamental para o turismo, o lazer e a piscicultura. As áreas de tabuleiro são ocupadas quase que integralmente pelo cultivo de cana de açúcar, considerando suas características geológicas favoráveis (está inserida na bacia sedimentar de Sergipe-Alagoas da Província Borborema). Essa intensa ocupação, acompanhada da supressão vegetal, proporciona com maior intensidade o desenvolvimento de processos erosivos que, aliados às declividades do relevo, impactam na qualidade da água da bacia (Alagoas, 2003).

As altitudes na bacia variam de 1 m a 130 m, o Rio Niquim, com cerca de 27 km de extensão em seu terço superior, possui um volume de água pequeno, mas aumento gradual do volume escoado após receber tributários com maior volume, em seu terço médio, passando a ser explorado para usos nobres e para irrigação de canaviais (Alagoas, 2003).

A vegetação é caracterizada por formações florestais, típica de mata atlântica e próximo a faixa litorânea pelas formações de manguezais tipo *Rhizophora mangle*. Os manguezais estão bastante alterados pela ação antrópica, principalmente nas proximidades das áreas urbanas. Em outros trechos, os manguezais perdem espaço e vão se misturando a uma vegetação ciliar, quando não são substituídos pelos canaviais que circundam os tabuleiros sedimentares. Em igual proporção, os ambientes urbanizados também reduzem o alcance da vegetação (Menezes et al., 2012).

Levantamento do uso e ocupação do solo

Para avaliar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água, foi analisado o uso e ocupação do solo a montante de cada ponto de monitoramento, considerando a localização dos pontos. Dessa forma, é possível relacionar as áreas de uso e ocupação do solo com os resultados da qualidade da água dos pontos de monitoramento.

Levantamento da qualidade da água

O levantamento da qualidade da água foi realizado em estudo de campo descritivo com abordagem qualitativa, que consiste em observar, descrever e documentar aspectos de uma situação, buscando descrever relações entre variáveis, em que o pesquisador utiliza técnicas estatísticas e uma sequência lógica dos acontecimentos.

No estudo de qualidade da água foram utilizados dados primários. Desse modo, para compreender a dinâmica espaço-temporal da qualidade da água foram realizadas as análises dos seguintes parâmetros:

cor (C), turbidez (Tb), sólidos totais (ST), temperatura (T), salinidade, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), fósforo total (PT), cloreto (CL⁻), alcalinidade total (AT), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio amoniacal (NH₄⁺), nitrogênio kjeldahl total (NTK), coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (EC). Os valores de nitrito, nitrato e fósforo total encontrados nas amostras se mantiveram abaixo dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), onde apresenta limites de 1,0 mg/L, 10,0 mg/L e 0,1 mg/L respectivamente, essas análises foram feitas com um espectrofotômetro da marca HANNA.

As amostras foram coletadas em alguns pontos estratégicos do percurso do Rio Niquim, e analisadas de acordo com as metodologias prescritas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 1999). Os valores de temperatura, salinidade, turbidez, condutividade e OD foram medidos em campo utilizando-se a sonda multiparâmetros Horiba, os demais parâmetros foram quantificados utilizando-se da estrutura do Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do CTEC/UFAL da Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Todas as análises foram feitas em triplicata e a média aritmética das medidas foi considerada como sendo o resultado das mesmas. Com relação às análises estatísticas, os dados foram organizados por ponto de monitoramento para a aplicação das análises estatísticas descritivas por meio do software Excel 2010.

Classificação da qualidade da água

A área de estudo foi dividida em três trechos, o primeiro trecho que vai da nascente ao ponto RNL, o segundo trecho do ponto RNL ao ponto RNC e o terceiro trecho do ponto RNC ao ponto RNF. Os dados obtidos foram comparados com os valores recomendados pela Resolução CONAMA nº 357/05, em função dos usos preponderantes de cada trecho. A partir da análise dos dados obtidos foi feita a classificação dos trechos e relatados os principais problemas de classificação, baseados nas condições preconizadas principalmente na Resolução CONAMA nº 357/05, identificando os trechos com qualidade de água em desconformidade com os seus usos e suas causas. A comparação entre o valor máximo obtido para cada parâmetro, o limite legal da classe e o uso da água esperado propiciaram contribuir para um possível processo de enquadramento no sistema de classificação de qualidade de águas superficiais quanto ao relato das condições de qualidade que se encontram os pontos de coleta ao longo do rio, considerando apenas os parâmetros monitorados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo de qualidade da água

Para a análise da qualidade da água, os dados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos estudados foram organizados temporalmente em função do período com ocorrência de chuva (de julho a setembro) e sem ocorrência de chuva (outubro a dezembro) e, especialmente, em função do trecho de coleta. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros em tempo seco e chuvoso obtidos especialmente nos pontos da RNL, RNEC e RNF.

Tabela 2. Média e desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água, do período chuvoso e seco.

Parâmetros (unidade)		RNLN		RNEC		RNF	
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
Físicos	Temp. (°C)	30,4±1,3	28,7±1,3	26,4±1,0	27,7±1,0	26,4±0,7	27,7±1,2
	Cor (Uc)	35,67±4,5	33±9,5	42±14,	38,67±16,0	69,3±22,8	64,7±29,5
	Turb. (NTU)	10,32±5,78	2,45±0,59	1,56±0,82	1,25±0,55	3,17±1,37	3,01±0,49
	ST (mg/L)	88±130	130±29,5	154±34,7	76,7±32,3	1.108±1.371	276±152
	Cond. (mS/cm)	0,077±0,001	0,0683±0,008	0,073±0,017Nd	0,087±0,005	1,81±2,15	0,62±0,34
	Salinid. (ppt)	Nd	Nd		Nd	0,97±1,17	0,3±0,17
Químicos	Cl. (mg/L)	14,26±5,15	16,54±9,5	14,3±5,32	7,59±5,76	107,4±41,7	72,2±50,5
	OD (mg/L)	5,35±0,67	4,84±1,37	6,19±1,3	8,21±1,98	8,56±8,34	3,56±1,11
	DBO (mg/L)	12,83±6,25	2,33±4,04	3,33±0,58	32,7±32,6	15,3±18,8	17,5±8,8
	DQO (mg/L)	39,9±9,1	42,2±10,4	41,57±11,47	38,88±12,6	41,57±14,87	38,88±13,23
	NTK (mg/L)	14±2,8	26,6±23,1	2,59±1,95	15,4±5,05	47,4±29,8	31,7±36
	N-amon (mg/L)	0,93±0,85	3,85±3,15	9,01±3,33	1,26±0,21	7,77±3,64	1,12±0,53
	pH	6,1±0,095	6,08±0,53	5,63±0,87	5,44±0,31	5,9±0,31	5,95±0,37
	AT (mg/L)	9,75±0,75	23,5±9,99	12±3,97	11±4,33	18±9,12	16,5±9,0
Biol.	CT (NMP/100 mL)	1.985±1.245	633±538	378±316	1.387±802	5.897±6.857	21.987±6.389
	EC (NMP/100 mL)	260±50	193±181	70±52,9	120±50	2.697±3.675	11.933±7.527

Na Figura 2 pode-se observar a variação dos parâmetros temperatura, cor, turbidez, sólidos totais, condutividade elétrica e salinidade, analisados para os dois períodos.

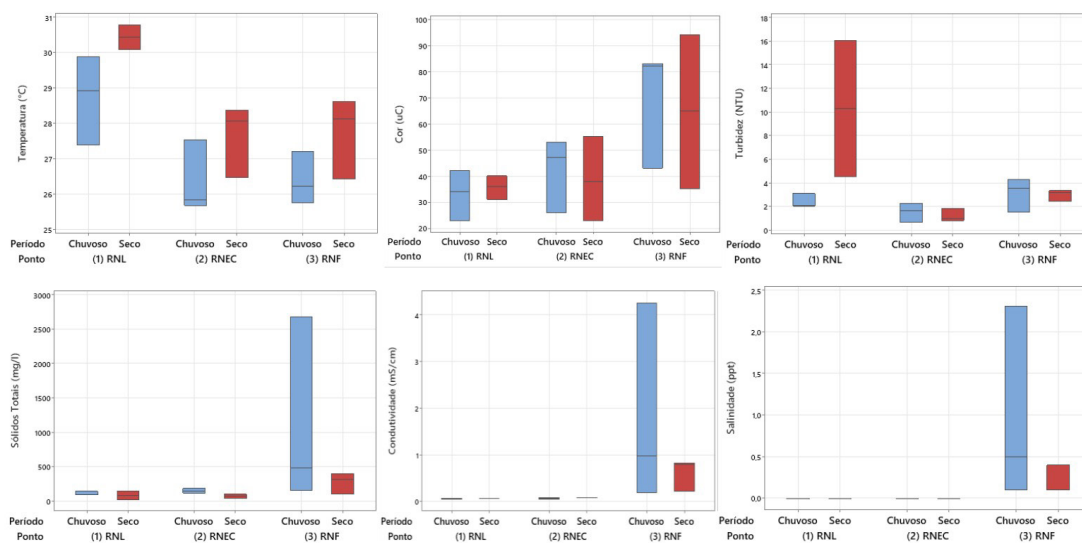


Figura 2. Parâmetros físicos

O ponto RNL, referente ao ponto localizado na lagoa, apresentou maiores temperaturas e turbidez, variando em função da sazonalidade, sendo os maiores índices observados no período seco, época do ano com registro de maiores temperaturas atmosféricas. Possivelmente devido a menor proteção em suas margens que faz com que a incidência solar seja maior, tenha um carreamento por escoamento superficial, de sedimentos, nutrientes e contaminantes para a rede de drenagem. Haja vista que, a área no entorno apresenta influência direta do cultivo de cana-de-açúcar e da agricultura.

O ponto localizado próximo a foz (RNF) possui algumas características de destaque devido à proximidade com o litoral e a urbanização na área: a primeira delas é a salinidade, a baixa turbidez, alto índice de sólidos dissolvidos na água, aumentando sua condutividade elétrica. Segundo Vanzela et al. (2010), a concentração dos sólidos na água do manancial tem origem nas áreas habitadas, matas degradadas e áreas de agricultura.

Na Figura 3 pode-se observar a variação dos parâmetros temperatura, cor, turbidez, sólidos totais, condutividade elétrica e salinidade, analisados para os quatro pontos nos dois períodos.

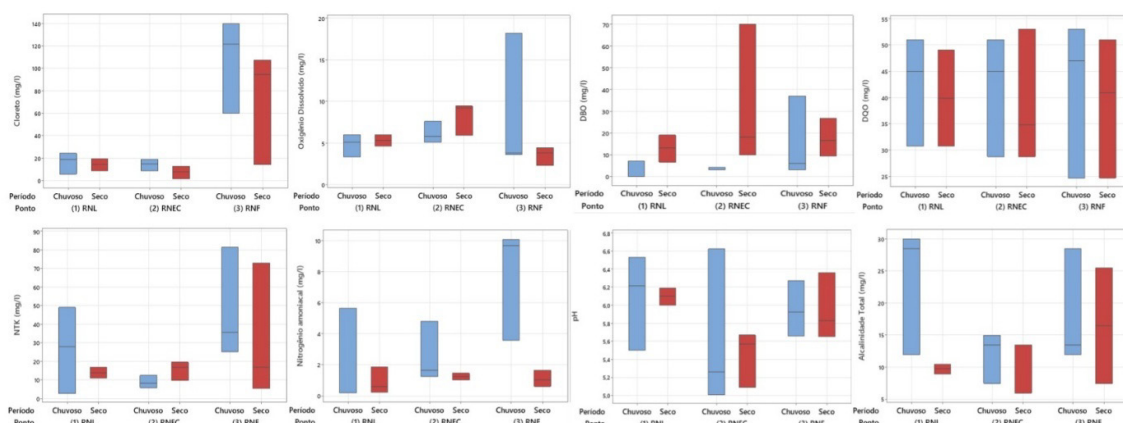


Figura 3. Parâmetros químicos

No ponto próximo a foz (RNF) no período chuvoso, os parâmetros cor, salinidade, condutividade, alcalinidade, cloro, nitrogênio amoniacal e NTK aumentaram e o pH diminuiu, em relação aos outros pontos de monitoramento. O aumento desses parâmetros indica diminuição da qualidade do corpo hídrico, pois foram constatadas residências em suas margens e uma pequena quantidade de resíduos

domésticos, que não alterou de forma expressiva o OD devido ao aumento do volume de água causado pelo escoamento superficial. Entretanto, preocupações acerca da retirada da vegetação e da entrada de resíduos devem ser destacados.

Nesse trecho, a vegetação, principalmente os manguezais, sofrem modificações pela ação antrópica, onde aglomerados urbanos, como o município de Barra de São Miguel, veio a se desenvolver nos terrenos da planície fluvio-lagunar-marinha, que teve a sua vegetação de manguezal retirada para a construção de edificações. Em outros trechos, os manguezais perdem espaço e vão se misturando a uma vegetação ciliar, quando não são substituídos pelos canaviais que circundam os tabuleiros sedimentares. Em igual proporção, os ambientes urbanizados também reduzem o alcance da vegetação. De acordo com os dados do Mapbiomas (Brasil, 2022), na área de contribuição do ponto, 77,32% são caracterizadas por áreas antropizadas, destinadas para cultivo de cana-de-açúcar, expansão da agricultura, pecuária, área urbana e não vegetada, podendo provocar aumento da quantidade de matéria orgânica na água no trecho da foz.

Na Figura 4 pode-se observar a variação dos parâmetros biológicos, analisados para os quatro pontos nos dois períodos.

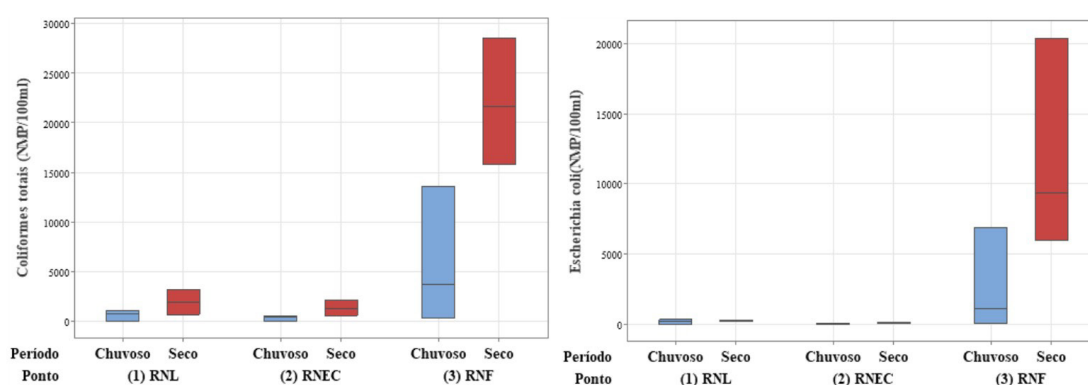


Figura 4. Parâmetros biológicos

No ponto próximo a foz (RNF) percebe-se no período seco um aumento significativo dos coliformes termotolerantes que deve estar associado a contribuições da área urbana circundante e o lançamento de dejetos, principalmente no período seco, com a diminuição da vazão do rio, a diluição diminui. O despejo de compostos resulta na proliferação de microrganismos e ocasiona a elevação dos coliformes, que apresentaram os maiores índices entre todos os pontos de coleta.

De acordo com o Mapbiomas de 2022, considerando que a área de contribuição do ponto é caracterizada por áreas antropizadas, destinadas para cultivo de cana-de-açúcar, expansão da agricultura, pecuária, área urbana e não vegetada, sendo assim, responsável pelo aumento da quantidade de matéria orgânica na água no trecho da foz.

O uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Niquim são muito antigos para o cultivo de cana-de-açúcar, seguidos pela pecuária e pelo cultivo de coqueirais. O aumento da demanda hídrica do manancial vem ocorrendo, tanto por motivos econômicos, como também pela influência antrópica caracterizada intensa expansão e ocupação para fins turísticos. As principais causas da degradação ambiental da bacia hidrográfica se relacionam, dessa forma, às atividades antrópicas, em especial, ao crescimento urbano localizado na região sul, à exploração agrícola e pecuária, que contribuem para o aumento da demanda hídrica e comprometem a qualidade da água dos cursos d'água e do solo.

Análises e apresentação do prognóstico

No último ponto (RNF), os parâmetros cor, salinidade, condutividade, alcalinidade, cloreto, nitrogênio amoniacal, NTK, coliformes totais, E. coli e sólidos totais aumentaram e o pH diminuiu, em relação aos outros pontos amostrais. O aumento desses parâmetros indica diminuição da qualidade do corpo hídrico. Nesse ponto amostral, verifica-se a contribuição do escoamento superficial que carrega dejetos até o rio. Esses despejos podem estar relacionados à expansão das áreas urbanas, agrícolas e áreas não vegetadas. Na área de contribuição do ponto, 77,32% são caracterizadas por áreas antropizadas, destinadas para cultivo de cana-de-açúcar, expansão da agricultura, pecuária, área

urbana e não vegetada, sendo assim, responsável pelo aumento da quantidade de matéria orgânica na água no trecho da foz.

A presença de matéria orgânica no ponto RNEC também é evidenciada pelos valores de OD e DBO_{5,20} e indicam carga de matéria orgânica no rio. A carga orgânica nesse ponto pode estar relacionada com matéria orgânica vegetal e animal ou com a decomposição do solo, considerando que a área de contribuição do ponto RNEC antecede a expansão da área urbana, mas possui 66,48% de área antropizada – com destaque as áreas de cultivo de cana-de-açúcar (51,16%) e agricultura e pastagem (13,92%).

No ponto RNL, as concentrações de turbidez e DQO foram maiores do que os outros pontos ao longo de Rio, haja vista que esse ponto possui uma área natural maior e uma área antropizada menor do que os outros pontos, favorecendo as áreas de formação florestal e sem nenhuma influência de áreas urbanas. No entanto, possui 60,64% da área destinada ao cultivo de cana e 14,11% para agricultura e pastagem, o que favorece o aumento desses parâmetros nesse ponto. Ainda, esses parâmetros podem estar relacionados com matéria orgânica vegetal e animal ou com a decomposição do solo, provenientes das áreas de cultivo de cana-de-açúcar.

Em geral, as áreas de contribuição dos três pontos demonstraram predominância de áreas destinadas aos cultivos de cana-de-açúcar e isso explica as cargas orgânicas no corpo hídrico. Além disso, a carga de matéria orgânica possivelmente está relacionada tanto com a decomposição do solo e matéria de origem vegetal ou animal, como por despejos domésticos evidenciados pelos parâmetros DBO_{5,20}, Oxigênio Dissolvido (OD) e Coliformes Totais (CT) e *E-coli* (EC).

De modo geral, os valores de DQO são menores na lagoa e aumentam gradativamente até o último ponto, ou seja, a carga de matéria orgânica aumenta no sentido da foz. O aumento do parâmetro DQO representa o aumento do teor de toda a matéria orgânica oxidável presente na água e esse aumento pode estar relacionado com a matéria orgânica vegetal ou animal, microrganismos, despejos domésticos ou industriais (von Sperling, 2014). Porém, verifica-se que no trecho do rio não há existência de indústrias que RNEC poderiam estar relacionadas com está atrelada ao despejo de efluentes domiciliares, comerciais e públicos.

Os resultados apontaram que, no período chuvoso, não há diferença significativa entre os pontos de monitoramento para todos os parâmetros. Entretanto, no período seco, há diferença significativa nos valores de turbidez, condutividade, alcalinidade e *Escherichia coli*, entre os três pontos de monitoramento – RNL, RNEC e RNF.

A variação entre os pontos de monitoramento deve-se às contribuições ao longo do curso do Rio Niquim, decorrentes das atividades antrópicas que caracterizam o uso e ocupação do solo, sendo predominantes as contribuições provenientes de áreas de cultivo de cana-de-açúcar e expansão das áreas urbanas e não vegetadas, assim como aquelas advindas de esgotos domésticos do município da Barra de São Miguel, em que, durante os períodos chuvosos, os efluentes deságuam próximo a foz, o que contribui e interfere na qualidade das águas superficiais. As condições naturais da bacia, como declividade e a vegetação contribuem para a formação do solo e servem como indicador na caracterização de áreas de risco e restrição de uso, uma vez que a declividade e a cobertura do solo alteram o escoamento das águas superficiais e, conseqüentemente, o carreamento de materiais, pois quanto maior a declividade e a redução da cobertura vegetal nativa, maior será o escoamento superficial e a velocidade da água, arrastando substâncias e partículas, diminuindo a infiltração do solo e, principalmente, alterando a qualidade das águas superficiais dos processos erosivos fluviais e pluviais.

Proposta de classificação da qualidade da água

Por meio da análise dos dados de qualidade da água, foi proposta a segmentação da bacia, identificando a classe em que cada trecho do rio estudado pode ser classificado, considerando os usos preponderantes (Quadro 1 e Figura 5).

Nos trechos 1 e 2, há predomínio de formação florestal e mosaico de agricultura e pastagem, antecedendo a expansão da área urbana. Verifica-se que as águas não atendem aos limites para o enquadramento atual em Classe 2, da Resolução CONAMA nº 357/05. Os parâmetros da DBO_{5,20} e o nitrogênio amoniacal, se encontram acima do limite inferior para a classe. Como observado, o uso preponderante desses trechos é para preservação dos ambientes aquáticos, ou seja, criação de unidades de conservação de proteção integral, em virtude do trecho 1 ser área de nascente. Portanto, de acordo com os dados analisados, a proposta para esses trechos é serem enquadrados na Classe 1, da Resolução CONAMA nº 357/05.

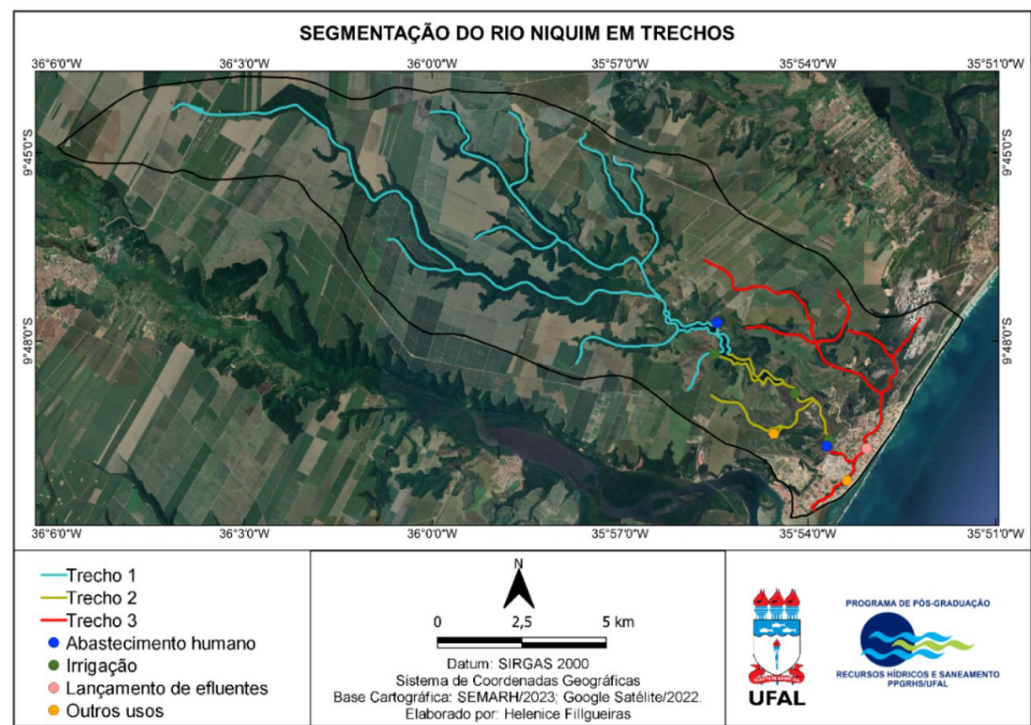


Figura 5. Segmentação do Rio Niquim em trechos.
Fonte: Autora, 2023.

Quadro 1. Classificação por trecho.

Trechos	Enquadramento sugerido	Usos preponderantes
Nascente ao ponto RNL (1)	Classe 1	Proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); irrigação de hortaliças; e, abastecimento doméstico após tratamento simplificado.
Ponto RNL ao ponto RNC (2)	Classe 1	Proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); irrigação de hortaliças; e, abastecimento doméstico após tratamento simplificado.
Ponto RNC ao ponto RNF (3)	Classe 2	Proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e, abastecimento doméstico, após tratamento convencional.

O trecho 3 é caracterizado como área de urbanização e não vegetada, sendo assim, é responsável pelo aumento da quantidade de matéria orgânica na água no trecho da foz. Verifica-se que a qualidade das águas não atende ao atual enquadramento em Classe 2, devido ao valor elevado do parâmetro *Escherichia coli*, nitrogênio amoniacal e OD, limitando essa classificação à Classe 4. Os demais parâmetros estão na Classe 1. Assim, o parâmetro a ser trabalhado deve ser o de *Escherichia coli*, buscando diminuir os níveis. Portanto, de acordo com os dados analisados neste trabalho, a proposta para esse trecho é manter o enquadramento na Classe 2, da Resolução CONAMA nº 357/05 – trabalhando os parâmetros, por meio de implantação de rede coletora e tratamento de esgotos, além de preservação das matas ciliares, definição de áreas destinadas ao lazer ao longo do Rio, entre outros.

A análise atual de qualidade das águas nos pontos e trechos em que estão inseridos foi realizada a partir da análise comparativa por ponto de monitoramento, entre o valor máximo obtido para cada parâmetro analisado, e o limite legal da classe estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/05. Cada trecho foi classificado de acordo com a classe mais baixa, segundo a avaliação atual de qualidade das águas nos pontos e trechos em que estão inseridos. A Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5 apresentam os valores mínimos e máximos de cada parâmetro e a classificação, de acordo com os padrões de cada classe definidos pela Resolução CONAMA 357/05, em cada ponto.

Tabela 3. Classificação do trecho 1 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

Parâmetros (unidade)	Mínimo	Máximo	Classificação
Temperatura (°C)	27,39	30,78	Não possui referência na resolução
Cor (Uc)	23	42	Dentro dos padrões para classe 1
Turbidez (NTU)	2,08	16,1	Dentro dos padrões para classe 1
Sólidos Totais (mg/L)	22	154	Dentro dos padrões para classe 1
Salinidade (ppt)	0	0	Não possui referência na resolução
pH	5,5	6,53	Dentro dos padrões para classe 1
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	3,35	6,04	Dentro dos padrões para classe 3
Condutividade (mS/cm)	0,059	0,077	Não possui referência na resolução
DQO (mg/L)	30,81	50,98	Não possui referência na resolução
DBO (mg/L)	0	19	Dentro dos padrões para classe 4
Alcalinidade Total (mg/L)	9	30	Não possui referência na resolução
Cloreto (mg/L)	6	24,44	Dentro dos padrões para classe 1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,21	5,67	Dentro dos padrões para classe 3
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/L)	2,8	49	Não possui referência na resolução
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	40	3.230	Não possui referência na resolução
Escherichia coli (NMP/100 mL)	0	360	Dentro dos padrões para classe 2

Tabela 4. Classificação do trecho 2 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

Parâmetros (unidade)	Mínimo	Máximo	Classificação
Temperatura (°C)	25,69	28,38	Não possui referência na resolução
Cor (Uc)	23	55	Dentro dos padrões para classe 1
Turbidez (NTU)	0,7	2,32	Dentro dos padrões para classe 1
Sólidos Totais (mg/L)	42	192	Dentro dos padrões para classe 1
Salinidade (ppt)	0	0	Não possui referência na resolução
pH	5,01	6,62	Dentro dos padrões para classe 1
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,13	9,47	Dentro dos padrões para classe 1
Condutividade (mS/cm)	0,055	0,092	Não possui referência na resolução
DQO (mg/L)	28,79	53	Não possui referência na resolução
DBO (mg/L)	3	70	Dentro dos padrões para classe 4
Alcalinidade Total (mg/L)	6	15	Não possui referência na resolução
Cloreto (mg/L)	1,68	19,17	Dentro dos padrões para classe 1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1,05	4,83	Dentro dos padrões para classe 3
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/L)	6,02	19,6	Não possui referência na resolução
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	20	2.220	Não possui referência na resolução
Escherichia coli (NMP/100 mL)	10	170	Dentro dos padrões para classe 1

Tabela 5. Classificação do trecho 3 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

Parâmetros (unidade)	Mínimo	Máximo	Classificação
Temperatura (°C)	25,77	28,62	Não possui referência na resolução
Cor (Uc)	35	94	Dentro dos padrões para classe 1
Turbidez (NTU)	1,56	4,34	Dentro dos padrões para classe 1
Sólidos Totais (mg/L)	108	2.680	Dentro dos padrões para classe 1
Salinidade (ppt)	0,1	2,3	Não possui referência na resolução
pH	5,65	6,36	Dentro dos padrões para classe 1
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,33	18,19	Dentro dos padrões para classe 3
Condutividade (mS/cm)	0,2	4,26	Não possui referência na resolução
DQO (mg/L)	24,76	53	Não possui referência na resolução
DBO (mg/L)	3	37	Dentro dos padrões para classe 4
Alcalinidade Total (mg/L)	7,5	28,5	Não possui referência na resolução
Cloreto (mg/L)	14,38	139,9	Dentro dos padrões para classe 1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,63	10,08	Dentro dos padrões para classe 3
Nitrogênio kjeldahl total (mg/L)	5,6	81,2	Não possui referência na resolução
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	370	28.560	Não possui referência na resolução
Escherichia coli (NMP/100 mL)	90	20.400	Dentro dos padrões para classe 3

De acordo com as tabelas, observa-se que, em todos os trechos, alguns parâmetros não atenderam aos limites de Classe Especial, Classe 1, Classe 2 ou Classe 3, porém estão dentro dos limites de classificação estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. Entretanto, desconformidade em alguns parâmetros não generaliza a classificação para todos os parâmetros, mas facilita o estabelecimento das metas para o atendimento do enquadramento pretendido, com a identificação dos parâmetros que limitam cada trecho a uma classe melhor. Sendo assim, os dados apresentam que quase todos os parâmetros do Rio Niquim estão dentro dos limites determinados para a classificação para rios de Classe 1. Vale destacar que a maioria dos parâmetros utilizados na pesquisa atendem a classe 1 e que a resolução estabelece muitos outros parâmetros para a determinação da classificação.

No trecho 1, os parâmetros OD, DBO_{5,20} e nitrogênio amoniacal não atendem aos limites estabelecidos para o seu atual enquadramento, que seria a Classe 2, da Resolução CONAMA 357/05, pois os parâmetros estão fora dos limites estabelecidos para a classe. Os parâmetros precisam ser analisados, buscando medidas para a diminuição das concentrações, pois a proposta para esse trecho é ser enquadrado na Classe 1, buscando aumentar o OD e diminuir os outros parâmetros através da preservação das formações florestais a fim de diminuir a carga orgânica nesse trecho, devido ao uso preponderante para abastecimento humano, irrigação e recreação de contato primário.

No trecho 2, os parâmetros DBO_{5,20} e nitrogênio amoniacal não atenderam aos limites estabelecidos para o seu atual enquadramento na Classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, pois os parâmetros estão fora dos limites estabelecidos para classe, limitando sua classificação à Classe 4 (para a DBO_{5,20}) e Classe 3 (para o nitrogênio amoniacal). Os parâmetros precisam ser analisados, buscando medidas que diminuam suas concentrações, pois a proposta para esse trecho é ser enquadrado na Classe 1, visando reduzir os parâmetros através da preservação das áreas vegetadas, principalmente da mata ciliar, para diminuir a carga orgânica nesse trecho, devido ao uso preponderante para abastecimento humano, irrigação e lazer.

Assim como nos trechos anteriores, no trecho 3, os parâmetros DBO_{5,20} e nitrogênio amoniacal apresentaram inconformidade, assim como os parâmetros OD e E.coli não atenderam aos limites estabelecidos para o seu atual enquadramento na Classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, classificando o Rio em Classe 3 e Classe 4. Nesse sentido, as águas não podem ser destinadas ao abastecimento humano sem um tratamento adequado para torná-las apropriadas para uso. Os parâmetros precisam ser analisados, buscando medidas que reduzam suas concentrações, pois a proposta para esse trecho é ser enquadrado na Classe 2, buscando diminuir os parâmetros através da destinação correta de efluentes domésticos e seu respectivo tratamento, além do planejamento no uso e ocupação do solo, mantendo a preservação de áreas verdes, necessárias para diminuir a carga orgânica nesse trecho, devido ao uso preponderante para abastecimento humano e lazer.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que a caracterização da bacia permitiu compreender a configuração dos efeitos antrópicos e naturais, e como esses influenciam nas mudanças que ocorrem na bacia, devido às atividades antrópicas, que geram alterações e impactos ambientais. As alterações e os impactos ambientais identificados permitiram confirmar a dinâmica de causa e efeito sobre a qualidade da água dos recursos hídricos, por razão do uso e ocupação do solo. Assim, foram identificadas alterações e impactos ambientais que interferem na qualidade e na disponibilidade da água na bacia.

Portanto, as atividades antrópicas contribuem significativamente para mudanças na qualidade da água. As alterações são observadas, no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Niquim, nas áreas urbanas com ausência de cobertura vegetal e lançamentos de efluentes domésticos e resíduos sólidos diretamente nos corpos d'água. Nesse sentido, recomenda-se que sejam realizadas ações efetivas para controle das alterações e melhora na qualidade da água da bacia hidrográfica, visto que ela possui ponto de captação para abastecimento da população.

REFERÊNCIAS

- Alagoas. (2003). *Plano diretor de recursos hídricos das bacias dos rios São Miguel, Jequiá, Niquim, das lagoas e Poxim*. Maceió: SEMARHN.
- American Public Health Association – APHA. (1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed., 521 p.). Washington: APHA.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2005). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem

- como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. MapBiomas. (2022). *Projeto de mapeamento anual do uso e cobertura da terra no Brasil*. Brasília. Recuperado em 22 de dezembro de 2022, de <https://mapbiomas.org/>
- Chen, X., Lee, R. M., Dwivedi, D., Son, K., Fang, Y., Zhang, X., Graham, E., Stegen, J., Fisher, J. B., Moulton, D., & Scheibe, T. D. (2021). Integrating field observations and process-based modeling to predict watershed water quality under environmental perturbations. *Journal of Hydrology*, 602, 125762. <http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125762>
- Faria, D. A., Trannin, I. C. B., & Simões, S. C. (2011). Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá (SP). In *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Uberlândia: UFU.
- Hurley, T., & Mazumder, A. (2013). Spatial scale of land-use impacts on riverine drinking source water quality. *Water Resources Research*, 49(3), 1591-1601. <http://doi.org/10.1002/wrcr.20154>
- Ighalo, J. O., & Adeniyi, A. G. (2020). A comprehensive review of water quality monitoring and assessment in Nigeria. *Chemosphere*, 260, 127569. <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127569>
- Ji, L., Li, Y., Zhang, G., & Bi, Y. (2021). Anthropogenic disturbances have contributed to degradation of river water quality in arid areas. *Water*, 13(22), 3305. <http://doi.org/10.3390/w13223305>
- Liu, J., Shen, Z., & Chen, L. (2018). Assessing how spatial variations of land use pattern affect water quality across a typical urbanized watershed in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, 176, 51-63. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.04.006>
- Mello, K., Taniwaki, R. H., Paula, F. R., Valente, R. A., Randhir, T. O., Macedo, D. R., Leal, C. G., Rodrigues, C. B., & Hughes, R. M. (2020). Multiscale land use impacts on water quality: assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 270, 110879. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879>
- Menezes, A. F., Cavalcante, A. T., & Auto, P. C. C. (2012). *A reserva da biosfera da mata atlântica no Estado de Alagoas. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica* (Caderno da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: Série Estados e Regiões da RBMA, No. 29). São Paulo: Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 96 p.
- Moreira, H. A. (2007). *Diagnóstico da qualidade ambiental da bacia do rio Jaboatão: sugestão de enquadramento preliminar* (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Shi, P., Zhang, Y., Li, Z., Li, P., & Xu, G. (2017). Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *Catena*, 151, 182-190. <http://doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.017>
- Simedo, M. B. L., Martins, A. L. M., Pissarra, T. C. T., Lopes, M. C., Costa, R. C. A., Valle-Junior, R. F., Campanelli, L. C., Rojas, N. E. T., & Finoto, E. L. (2018). Effect of watershed land use on water quality: a case study in Córrego da Olaria Basin, São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 78(4), 625-635. <http://doi.org/10.1590/1519-6984.168423>
- Vanzela, L. S., Hernandez, F. B. T., & Franco, R. A. M. (2010). Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(1), 55-64. <http://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>
- von Sperling, M. (2014). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias* (4ª ed., 472 p.). Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Yu, S., Xu, Z., Wu, W., & Zuo, D. (2016). Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin, China. *Ecological Indicators*, 60, 202-212. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.029>

Contribuições dos autores:

Helenice Ferreira Filgueiras: elaborou o artigo, contribuiu na elaboração do projeto, coleta de dados, manipulação estatística dos dados.

Nelia Henriques Callado: coordenou o projeto, participou da coleta de dados e contribuiu na revisão crítica do trabalho escrito e escrita do artigo.

Vladimir Caramori Borges de Souza: contribuiu na revisão crítica do trabalho escrito.

Fernando Natanael da Silva Pacheco: contribuiu na coleta de dados e manipulação dos dados.