

PROJETO DE EXTENSÃO
FAI - UFSCar 15072
Secretaria de Meio Ambiente de Franca
Contrato nº 380/2022 (Processo nº 12.183/2022)

**PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS
NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP)**

**RELATÓRIO 3
ANEXO 3.1.4.2**
Prognósticos para a qualidade da água

Setembro – 2023

Prognósticos para a qualidade da água

Considerando as atividades que ocorrem na bacia hidrográfica do Rio Canoas, um prognóstico de possíveis impactos na qualidade da água foi realizado em relação à pecuária, agricultura, presença de voçorocas e águas subterrâneas.

1. Pecuária

A pecuária pode ser dividida em sistemas de pastagem (bovinos e ovinos) e sistemas internos (suínos e aves). O aumento das perdas de nutrientes, efluentes agrícolas (principalmente resíduos de gado), agrotóxicos, contaminação bacteriana e protozoária do solo e da água são algumas das principais preocupações em relação à degradação da qualidade da água (Hooda et al., 2000). À medida que o número de cabeças de gado aumenta, o pH da água diminui e os materiais em suspensão, nitratos e fosfatos aumentam nas águas superficiais (Cesoniene et al., 2018). Níveis elevados de cargas orgânicas e de nutrientes provenientes do estrume de gado depositado diretamente ou em áreas adjacentes aos corpos d'água, podem esgotar o oxigênio dissolvido da água devido à decomposição da matéria orgânica. O aumento da temperatura da água, como resultado da redução da cobertura vegetal pelo acesso do gado, pode afetar a biota (Braccia e Voshell, 2006). As pastagens podem levar a erosão e transporte de sedimentos para as águas superficiais. A erosão e o transporte de sedimentos estão principalmente associados à alta densidade de gado. A pastagem pode carrear nutrientes (da urina e fezes) para os corpos de água. Os dois nutrientes de maior preocupação relacionados à produção animal são N e P. O fósforo causa a eutrofização dos corpos de água superficiais. O efeito de animais nas pastagens na qualidade do solo e da água deve ser avaliado em escala de bacia hidrográfica. Essa avaliação deve considerar, tanto a entrada direta de dejetos animais do animal que pasta como, também, as aplicações de fertilizantes inorgânicos para produzir pastagens de qualidade. Estudos em escala de bacias hidrográficas têm usado principalmente a abordagem de cargas de nutrientes por área de terra e remoções de nutrientes como colheitas de gado. As bacias hidrográficas com populações pecuárias concentradas descarregam até 5 a 10 vezes mais nutrientes do que as bacias hidrográficas em terras agrícolas ou florestais (Hubbard e Newton, 2004).

Outra grande preocupação com a qualidade da água com animais em pastejo são os patógenos, que podem se mover dos resíduos para os corpos d'água superficiais (Johnson et al., 1978; Nader et al., 1998; Myers e Kane, 2011; Voeller et al., 2021 Voeller) ou lençóis freáticos. Os principais problemas de qualidade da água superficial associados a patógenos têm sido associados a produção animal, principalmente quando os animais têm acesso livre aos corpos d'água na área de pastagem. Doenças bacterianas potenciais, mas relativamente raras, transmitidas pela água e transmitidas por esterco e urina de gado são salmonelose, leptospirose e brucelose (Gary et al., 1983).

O uso racional de esterco e fertilizantes minerais na produção de pastagens pode ajudar a reduzir os problemas de poluição/contaminação decorrentes das práticas de pecuária (Hooda et al., 2000). Boas práticas de manejo para a produção de forragem protegem a superfície do solo da erosão em comparação com as culturas produzidas convencionalmente (Hubbard e Newton, 2004). O crescimento agrícola colocará pressões adicionais sobre os sistemas de água doce, como o Rio Canoas, e poderá causar maior deterioração na qualidade da água, comprometendo os esforços para atingir as metas de qualidade da água. Planos eficazes de gerenciamento de bacias hidrográficas precisam adotar uma abordagem integrada em toda a

bacia, considerando, não apenas fontes de poluição difusa, mas também fontes pontuais. A participação dos agricultores em práticas agroambientais, em larga escala, também pode contribuir para a manutenção de uma adequada qualidade da água para os usos múltiplos (Conroy et al., 2016), como abastecimento de água no Rio Canoas. Destaca-se a necessidade de pesquisas contínuas na bacia hidrográfica do Rio Canoas para definir os fatores ambientais e socioeconômicos específicos do local, sob as condições hidrológicas, indicando a eficiência das práticas de manejo de gado que aumentam o risco de impacto na qualidade da água devido a interações entre o gado e o rio.

2. Agricultura

As práticas agrícolas também podem ter impactos negativos na qualidade da água. Métodos agrícolas inadequados podem elevar as concentrações de nutrientes, coliformes fecais e cargas de sedimentos. Os fertilizantes são parte integrante da produção agrícola, fornecendo elementos minerais essenciais para o crescimento das culturas. Os fertilizantes são agrupados em dois tipos: (i) inorgânicos ou químicos que incluem fertilizantes nitrogenados, fosfáticos, potássicos e complexos e (ii) orgânicos que compreendem esterco, farinha de ossos, composto, adubo verde. Assim, os fertilizantes podem ser sintéticos ou naturais, como o esterco, sendo o N, P e K, os principais elementos constituintes. Não devemos esquecer que os fertilizantes têm impurezas, como metais: Hg, Cd, As, Pb, Cu, Ni e Cu e radionucleotídeos naturais: U, Th e Po (Khan et al., 2018).

Excesso de N e P na água proveniente de fertilizantes provoca eutrofização que traz uma série de problemas relacionados a qualidade da água. Alguns desses impactos incluem o surgimento de algas (Withers et al., 2014), causando o esgotamento do oxigênio dissolvido nas águas superficiais (Vallero, 2005).

Os agrotóxicos (i.e., defensivos agrícolas) podem atingir as águas superficiais por meio do escoamento superficial onde as plantas e o solo adjacente às áreas agrícolas foram tratados com essas substâncias. O solo é contaminado, assim, como as águas subterrâneas. As pulverizações de agrotóxicos podem atingir diretamente a vegetação não alvo ou podem derivar, ou volatilizar da área tratada e contaminar o ar, o solo e a biota (Spadotto et al., 2010). Outra preocupação é o impacto dos agrotóxicos sobre os polinizadores, pois esse são fundamentais para a produção agrícola (Belchior et al., 2014). Podemos exemplificar alguns grupos químicos em agrotóxicos: carbamatos, organofosforados, organoclorados e piretróides. São compostos químicos amplamente utilizados em agropecuária como inseticidas e associam-se a intoxicações casuais ou propositais em animais e seres humanos (Lalah et al., 2022).

Práticas agrícolas não sustentáveis podem intensificar os processos de erosão, elevando a entrada de sedimentos nos corpos d'água adjacentes às plantações. O aumento das cargas de sedimentos dificulta o tratamento da água potável, afetando, também, a biota aquática. Os sólidos suspensos carregam nutrientes e produtos químicos agrícolas, causando degradação da qualidade da água (Sthiannopkao et al., 2006). Assim, como para as atividades de pecuária, sugere-se a adoção das boas práticas agrícolas que garantam a minimização dos impactos ambientais causados à qualidade da água do Rio Canoas, como eutrofização e contaminação por agrotóxicos. Ressalta-se que essas ações à montante da captação e água do Rio Canoas visa garantir a qualidade da água para o abastecimento do município de Franca.

3. Presença de voçorocas

Os distintos usos da terra, como construção de sistemas viários sem um sistema de drenagem adequado e a expansão rural e urbana, estão contribuindo para a aceleração das características erosivas (Sampaio et al., 2016). As voçorocas podem ser desencadeadas por mudanças no uso da terra ou eventos hidrológicos extremos; representando uma importante fonte de sedimentos nas bacias hidrográficas (Casalí et al., 2009). Voçorocas são formas erosivas permanentes que se desenvolvem pelas mudanças no uso da terra. As voçorocas funcionam como fontes, depósitos e transportadores de sedimentos que ligam as encostas aos canais a jusante. A erosão também causa sedimentação indesejável que afeta os ambientes aquáticos adjacentes (Aber et al., 2010).

A qualidade da água nos rios depende da aptidão econômica da bacia hidrográfica. A qualidade da água de um rio é amplamente influenciada pela poluição difusa e pontual de municípios, indústrias e práticas agrícolas. Durante as chuvas ou períodos de escoamento, a turbidez pode aumentar substancialmente (David e Cornwell, 2022).

Os sedimentos podem ter um impacto expressivo na qualidade da água e no habitat aquático. Os sedimentos carregam nutrientes e agrotóxicos, podendo impactar negativamente a qualidade da água pelo aumento de nitrogênio e fósforo. Sua presença nos ambientes aquáticos pode: (i) obstruir canais fluviais; (ii) causar assoreamento; (iii) cobrir os locais de desova dos peixes; (iv) reduzir a qualidade da água a jusante pelo aumento das partículas em suspensão; (v) aumentar a turbidez (e cor) da água; (vi) restringir a penetração da radiação solar, o que afeta a capacidade das plantas aquáticas de realizar a fotossíntese; (vii) sedimentos em suspensão podem entupir as brânquias de organismos aquáticos e causar a morte; (viii) afetar os macroinvertebrados bentônicos em decorrências da sedimentação; (ix) o aumento dos sedimentos na água acarretam incremento dos custos de manutenção e tratamento de água potável e (x) com o aumento da quantidade de partículas na água, as concentrações de oxigênio dissolvido podem ser reduzidas devido às temperaturas elevadas da água (USDA/NRCS, 2012).

A análise de possíveis cenários é uma abordagem para o prognóstico da qualidade da água de um sistema hídrico específico ou mesmo de uma bacia hidrográfica. Cenários são normalmente propostos para explorar as mudanças potenciais na qualidade da água em relação às funções de força (e.g. clima e/ou práticas de gestão) que modulam o sistema aquático. Considerando a escala regional, mudança no uso da terra é um estressor importante. Nesse sentido, a formação de voçorocas é um impacto na bacia hidrográfica do Rio Canoas, identificado há décadas (Vieira, 1974). Quando os solos são manejados e mantidos de forma adequada, eles são receptores eficientes da água da chuva.

Especificamente em relação à qualidade da água de abastecimento, a turbidez da água em ambientes lóticos é particularmente alta em regiões com solos erosivos, sendo maximizada em épocas de elevada precipitação pluviométrica, em que o escoamento superficial pode carregar partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo (FUNASA, 2014). A elevada turbidez na água de abastecimento faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (e.g., coagulantes) seja utilizada nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. A influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, funciona como um sítio de aderência para os organismos patogênicos, minimizando a ação do desinfetante, i.e., protegendo-os contra a ação dos agentes desinfetantes (Health Canada, 2012; FUNASA, 2014).

O aumento do número de feições erosivas aliada aos processos que desencadeiam a evolução das voçorocas provocam impacto negativo nos ambientes aquáticos, causando prejuízos econômicos e ambientais à população e ao poder público local para o município de Franca - SP (Megda, 2011). Em relação à qualidade da água do Rio Canoas, a prevenção da formação de voçorocas pode ser feita por meio da mudança do uso da terra e aplicando técnicas de conservação do solo e da água. As barreiras de vegetação feitas de resíduos vegetais ou com vegetação viva. No geral, o estabelecimento da vegetação em canais e bacias das voçorocas desempenha um papel fundamental na prevenção e controle de voçorocas (Frankl et al., 2021).

4. Água subterrânea: fossas e aterro

As áreas periurbanas possuem pouca cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgoto. A falta ou ineficiência de infraestruturas básicas adequadas de saneamento representa um risco às águas subterrâneas, como, por exemplo, através da infiltração de esgoto por fossas negras. O lançamento de esgotos no solo, via fossas rudimentares ou negras, tem como consequência, a contaminação da água subterrânea. Exemplos de contaminantes das águas subterrâneas são coliformes, cloretos (Capp et al., 2012) e nitratos (São Paulo, 2019).

Em áreas não favorecidas pelo sistema de saneamento básico e esgoto, como ausência da rede coletora de esgoto, a destinação dos efluentes domésticos em fossas sépticas é a solução mais adequada, pois, além de reduzir com muita eficiência a matéria orgânica, é também eficiente no controle microbiológico (Damasio et al., 2018), prevenindo a contaminação do solo e potenciais mananciais hídricos subterrâneos que apresentam potencial de uso para abastecimento.

Na bacia hidrográfica do Rio Canoas, está localizado o Aterro Fazenda Municipal (próxima à Rodovia Cândido Portinari - SP 334), já desativado. Em função do passivo ambiental, análises da água subterrânea na área do aterro, indicaram a presença de anilina, hidrocarbonetos derivados de petróleo e metais (As, Cr, Mo, Ni, Ba e Pb e Se) em limites acima do permitido pela legislação (DD nº 256/2016/E, CETESB). A presença de substâncias químicas de interesse (SQL) indicam risco potencial para contaminação da água subterrânea (Geo-Analítica, 2020). O monitoramento das águas subterrâneas realizado no aterro de resíduos inertes e da construção civil localizado, também, na bacia hidrográfica do Rio Canoas, constatou a presença de chumbo e nitrato acima dos limites permitidos pela DD nº 125/2021/E (Souza, 2022).

Nesse contexto, deve-se considerar que bacia hidrográfica do Rio Canoas representa uma área de recarga do Aquífero Guarani (Bertelli et al., 2022). Assim, o aumento de áreas urbanizadas ou industrializadas deve considerar, com extrema relevância, a água subterrânea, uma vez que infraestrutura de saneamento básico ineficientes e inadequadas irão impactar não só a qualidade, mas também a quantidade da água.

Referências bibliográficas

- Aber, J.S.; Marzolff, I.; Ries, J.B. (2010). Gully erosion monitoring. Small-Format Aerial Photography, 193–200.
- Belchior, D.C.V.; Souza, S.A.; López, A.M.C.; Scheidt, G.N. (2014). Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. Cadernos de Ciência & Tecnologia, 34(1):135-51. 34, n. 1, p. 135-151, jan./abr. 2014
- Bertelli, C.; Melo, G.T.; Silva, L.C.O. (2022). A Educação Ambiental como ferramenta na proteção do Aquífero Guarani na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no município de Franca SP, Brasil. In: Oliveira, S.F.P. (Org.). A Educação Ambiental como ferramenta na proteção do Aquífero Guarani na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no município de Franca SP, Brasil. Franca SP: Uni-FACEF, 1: 9-23.
- Braccia, A.; Voshell, J.R. (2006). Benthic macroinvertebrate fauna in small streams used by cattle in the Blue Ridge Mountains, Virginia. Northeastern Naturalist, 13(2):269–286.
- Casalí, J.; Giménez, R.; Bennett, S. (2009). Gully erosion processes: monitoring and modelling. Earth Surface Processes and Landforms, 34(14):1839–1840.
- Capp, N.; Ayach, L.R.; Santos, T.M.B.; Guimarães, S.T.L. (2012). Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). Geografia Ensino & Pesquisa, 16(3):77–92.
- Cesoniene, L.; Dapkiene, M.; Sileikiene, D. (2018). The impact of livestock farming activity on the quality of surface water. Environmental Science and Pollution Research, 26:32678–32686.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2016). Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” e dá outras providências. Decisão de Diretoria nº 256/2016/E, de 22 de novembro de 2016.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2021). Dispõe sobre a aprovação da atualização da lista de valores orientadores para solo e água subterrânea. CETESB. Decisão de Diretoria nº 125/2021/E de 09 de dezembro de 2021.
- Conroy, E.; Turner, J.N.; Rymszewicz, A.; O’Sullivan, J.J.; Bruen, M.; Lawler, D.; Lally, H.; Kelly-Quinn, M. (2016). The impact of cattle access on ecological water quality in streams: examples from agricultural catchments within Ireland. Science of The Total Environment, 547:17-29.
- Damasio, G.V.; D’Oswaldo, C.; Oliveira, J.B.; Pelissari, M.R.; Berto, V.S.; Pinhatti, A.L.; Hirata, R. (2018). Como construir e locar uma fossa séptica ambientalmente segura?: manual de auxílio ao usuário. Águas subterrâneas, 1-4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29447>. Acesso em 16 de fevereiro de 2023.

Davis, M.L.; Cornwell, D.A. (2022). Introduction to Environmental Engineering. McGraw-Hill Companies, New York, 1072p.

Frankl, A.; Nyssen, J.; Vanmaercke, M.; Poesen, J. (2021). Gully prevention and control: techniques, failures and effectiveness. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(1):220–238.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde (2014). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 112 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false. Acesso em: 05 de março de 2023.

Gary, H.L.; Johnson, S.R.; Ponce, S.L. (1983). Cattle grazing impact on surface water quality in a Colorado front range stream. *J. Soil and Water Conserv.* 38:124-1 28.

Geo-Analítica (2020). Relatório técnico de execução de investigação de passivo ambiental no Aterro da Fazenda Municipal de Franca. Adamantina, 152p.

Health Canada (2012). Guidelines for canadian drinking water quality: guideline technical document - Turbidity. Part II. Science and technical considerations. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-turbidity/page-5-guidelines-canadian-drinking-water-quality-turbidity.html>. Acesso em: 05 de março de 2023.

Hooda, P.S.; Edwards, A.C.; Anderson, H.A.; Miller, A. (2000). A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Science of the Total Environment*, 250(1-3):143–167.

Hubbard, R.K.; Newton, G.L.; Hill, G.M. (2004). Water quality and the grazing animal. *Journal of Animal Science*, 82 E-Suppl:E255-263.

Johnson, S.R.; Gary, H.L.; Ponce, S.L. (1978). Range cattle impacts on stream water quality in the Colorado Front Range. Forest Service U.S. Department of Agriculture. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Research Note RM-359.

Khan, M.N.; Mobin, M.; Abbas, Z.K.; Alamri, S.A. (2018). Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. In: Della Sala, D.A.; Goldstein, M.I. (eds). *The Encyclopedia of the Anthropocene*, 5: 225-240.

Lalah, J.O.; Otieno, O.P., Odira, Z.; Ogunah, A.J. (2022). Pesticides: chemistry, manufacturing, regulation, usage and impacts on population in Kenya. In: Larramendy, M.L.; Soloneski, S. (eds). *Pesticides - updates on toxicity, efficacy and risk assessment*.

Megda, O.R. (2011). Impactos das erosões aceleradas em meio urbano: o caso do município de Franca – São Paulo. *Revista Geográfica de América Central*, 2:1-19.

Myers, L.; Kane, J. (2011). The impact of summer cattle grazing on surface water quality in High Elevation Mountain Meadows. *Water Quality, Exposure and Health*, 3(1):51–62.

Nader, G.; Tate, K.W.; Atwill, R.; Bushnel, J. (1998). Water quality effect of rangeland beef cattle excrement. *Rangelands*, 20(5):19-25.

Sampaio, L. F.; Oliveira, M.P.P.; Cassaro, R.R.; Rodrigues, V.G.S.; Pejon, O.J.; Sígolo, J. B.; Ferreira, V.M. (2016). Gully erosion, land uses, water and soil dynamics: A case study of Nazareno (Minas Gerais, Brazil). *DYNA*, 83(199):198-206.

São Paulo. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (2019). Nitrato nas águas subterrâneas: desafios frente ao panorama atual. São Paulo: SIMA/IG, 128p.

Sthiannopkao, S.; Takizawa, S.; Wirojanagud, W. (2006). Effects of soil erosion on water quality and water uses in the upper Phong watershed. *Water Science and Technology*, 53(2):45-52.

Spadotto, C.A.; Scorza Junior, R.P.; Dores, E.F.G.C.; Gebler, L.; Moraes, D.A.C. (2010). Fundamentos e aplicações da modelagem ambiental de agrotóxicos (Documentos, 78). Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 46 p.

Souza, A.L. (2022). Relatório Técnico 0204/2022 (Amostragem: 08/06/2022 e 29/08/2022 - Codrate Locação De Máquinas E Caçambas Eireli).

Withers, P.J.A.; Neal, C.; Jarvie, H.P.; Doody, D.G. (2014). Agriculture and eutrophication: where do we go from here? *Sustainability*, 6: 5853-5875.

USDA/NRCS - United States Department of Agriculture/Natural Resources Conservation Service (2012). Water sediment. Disponível em: https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/AR/Water_Quality_Degradation_Sediment.pdf. Acesso: 16 de fevereiro de 2023.

Vallero, D.A. (2005). Paradigms Lost: learning from Environmental Mistakes, Mishaps and Misdeeds. Butterworth-Heinemann, 600p.

Vieira, N.M. (1974). O desequilíbrio do quadro natural de Franca (SP) e a formação de voçorocas. *Revista Brasileira de Geografia*, 36(4):37-80.

Voeller, D.J.; Ketcham, B.J.; Becker, B.H. (2021). Improved microbial water quality associated with best management practices on coastal dairies and livestock grazing operations. *Rangeland Ecology & Management*, 76:139-149.