

AVALIAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA E DE NUTRIENTES GERADA POR ATIVIDADES PECUÁRIAS NA REGIÃO DO COREDE SERRA E SEU IMPACTO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA TAQUARI-ANTAS

Taison Anderson Bortolin^{1}; Leonardo Teixeira Rocha²; Tiago Panizzon³; Ludmilson Abritta Mendes⁴; Vania Elisabete Schneider⁵*

Resumo – Este trabalho apresenta os resultados de um estudo de diagnóstico da geração de carga orgânica e nutrientes pelas atividades avícolas e suínícolas desenvolvidas na região do COREDE Serra, situada no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. O trabalho também avalia o impacto dessas atividades pecuárias sobre a qualidade das águas superficiais no trecho da bacia hidrográfica Taquari-Antas inserido no COREDE Serra, principalmente nas sub-bacias dos rios da Prata, Guaporé e Carreiro, onde se concentra o maior número de produtores. Para essa avaliação, a geração de nutrientes e de carga orgânica estimada é comparada com os dados de qualidade da água obtidos em 13 pontos de monitoramento, situados nas referidas sub-bacias. O estudo foi realizado pelo Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) da Universidade de Caxias do Sul (UCS) em parceria com a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (SCT-RS).

Palavras-Chave – Qualidade da água; suinocultura.

EVALUATION OF NUTRIENT AND ORGANIC LOAD GENERATED BY ANIMAL RAISING IN COREDE SERRA REGION AND ITS IMPACTS IN WATER QUALITY OF TAQUARI-ANTAS BASIN

Abstract – This paper presents results from a study conducted to evaluate the organic load generation by swine and aviculture in COREDE Serra region, located in the northeast of Rio Grande do Sul state. The estimated nutrient and organic load is compared to the water quality results from thirteen monitoring points, in order to evaluate the impacts caused by the animal raising in Taquari-Antas basin, mainly in Prata, Guaporé and Carreiro sub-basins. The study was developed by Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) of Universidade de Caxias do Sul (UCS), together with Secretaria de Ciência e Tecnologia of Rio Grande do Sul State (SCT-RS).

Keywords – Water quality, swine.

INTRODUÇÃO

A região que abrange os municípios do Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra (COREDE Serra) apresenta diversos usos d'água, tais como abastecimento público, irrigação de culturas, geração de energia por hidrelétricas e a criação de animais, notadamente a suinocultura e a avicultura. Por concentrarem grande número de animais em espaços reduzidos, as atividades avícola e suínícola geram elevada quantidade de resíduos orgânicos. A avicultura gera resíduos sólidos com baixo teor de umidade e elevado valor comercial, o que possibilita sua comercialização quando o

¹ Mestrando em Engenharia de Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Eng. Ambiental do Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Email: tabortol@ucs.br

² Mestrando em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Email: tr.leonardo@hotmail.com

³ Eng. Ambiental do ISAM/UCS. Email: tpanizzon@gmail.com

⁴ Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Pesquisador do ISAM/UCS. Email: lamendes@ucs.br

⁵ Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos pela UFRGS. Diretora do ISAM/UCS. Email: veschnei@ucs.br

* Autor Correspondente

produtor não dispõe de área suficiente para aplicação como fertilizante. A suinocultura gera resíduos líquidos que trazem transtornos para o manejo, pois seu alto grau de diluição dificulta seu uso como fertilizante e inviabiliza sua comercialização. A baixa rentabilidade da suinocultura e a pequena capacidade de investimento do produtor dificultam o uso de tecnologias avançadas de tratamento dos resíduos, que são lançados diretamente nos corpos hídricos (Berto, 2004).

Este trabalho apresenta os resultados obtidos no projeto “Avaliação das Águas Superficiais e Subterrâneas em Municípios da Serra”, desenvolvido pelo Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) da Universidade de Caxias do Sul (UCS) em parceria com a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (SCT-RS). O objetivo do projeto foi avaliar o impacto da suinocultura e da avicultura sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica Taquari-Antas, principalmente nas sub-bacias dos rios da Prata, Guaporé e Carreiro, onde se concentra o maior número de produtores, fornecendo subsídios técnicos para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e do Plano Regional de Saneamento Ambiental do COREDE Serra.

CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

O COREDE Serra situa-se no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul e abrange uma área de 8.062 km². A região, formada por 32 municípios, abriga 871.566 habitantes, dos quais 88,4% residem em áreas urbanas. Metade da população regional concentra-se no município de Caxias do Sul, cujo crescimento populacional foi de 20,8% no período 2000-2010.

A maior parte do território do COREDE Serra insere-se na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, a qual drena uma área de 26.428 km². O rio Taquari nasce no extremo leste da bacia com o nome de rio das Antas, o qual percorre uma região de vales íngremes com diversas corredeiras e cachoeiras. Na confluência do rio Carreiro, o rio das Antas recebe o nome de Taquari e passa a escoar por uma região menos íngreme, apresentando baixa velocidade e trechos navegáveis até sua foz no rio Jacuí. O rio Taquari-Antas soma 359 km de extensão. Os rios da Prata, Guaporé e Carreiro são seus principais afluentes pela margem direita (STE, 2010). A Figura 1 apresenta a localização do COREDE Serra e da bacia hidrográfica Taquari-Antas.

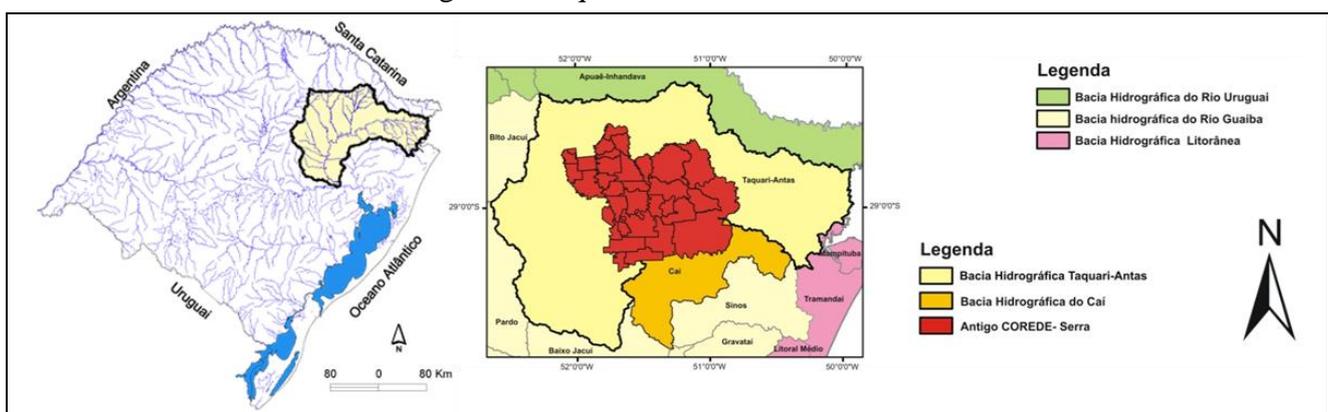


Figura 1 – Localização do COREDE Serra e da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas

METODOLOGIA DE CÁLCULO DA GERAÇÃO DE CARGA ORGÂNICA

Para avaliação do potencial poluidor das atividades avícolas e suínícolas desenvolvidas na região, foram utilizadas informações relativas à capacidade instalada das propriedades rurais, tipo de criação e período de permanência dos animais que constam no Banco de Dados do Plano de Desenvolvimento Rural da Serra (PDRS-Rural Serra). Foram cadastrados pelo PDRS-Rural Serra 2.872 produtores rurais com atividades pecuárias no período 2005-2007.

A geração de carga orgânica e nutrientes da avicultura foi baseada nos dados da composição dos dejetos de aves de USDA (1996, apud Berto, 2004), conforme Tabela 1, e de peso e duração dos ciclos de AGRIBRANDS (2006) e USDA (1996, apud Berto, 2004), conforme Tabela 2. Para evitar a superestimativa dos valores de resíduos avícolas aplicados nas propriedades, foi estimada a quantidade de resíduo comercializada com base nas informações de percentual comercializado, identificação e localidade do receptor, que constam no banco de dados PDRS-Rural Serra.

Tabela 1: Características dos dejetos de frango de corte (com 5 a 6 lotes)

Componentes	Unidade	Excreta + desperdício de alimentos			
		Aves de corte	Matrizes de corte	Aves de postura	Perus
Peso	kg/d/1000kg PV	80	60,5	60,5	49,36
Volume	Ft ³ /d/1000lb PV	1,26	0,58	0,58	43,07
DBO5	kg/d/1000kg PV	5,1	3,7	3,7	3,3
N	kg/d/1000kg PV	1,1	0,83	0,83	0,74
P	kg/d/1000kg PV	0,34	0,31	0,31	0,28
K	kg/d/1000kg PV	0,46	0,34	0,34	0,28

Fonte: Adaptada de USDA (1996) apud Berto (2004).

Tabela 2: Taxa de crescimento do frango de corte com duração do lote de 45 dias

Tipo de criação	Fase de desenvolvimento	Peso médio inicial (kg)	Peso médio final (kg)	Duração do ciclo (dias)
Aves de corte	Frangos ¹	0,039	2,155	45
	Recria de Matrizes ²	0,039	1,816	154
Perus ²	Macho	1,00	12,00	102
	Fêmea	1,00	6,00	90
	Recria	0,029	1,00	28
Aves de postura ²	Recria	0,039	1,816	96
	Adultos	1,816	2,30	450

Fontes: ¹Adaptada de AGRIBRANDS 2006; ²USDA (1996, apud Berto, 2004).

A estimativa de carga orgânica dos dejetos suínos foi realizada através da multiplicação do número de cabeças pelos valores de geração média de dejetos e efluentes por cabeça, conforme disposto na Tabela 3. Para a estimativa de carga orgânica foi utilizada a mesma metodologia para dejetos. Multiplicou-se o número de cabeças em cada fase de desenvolvimento animal alojadas nas granjas pelos valores médios de geração de carga citados em literatura e apresentados na Tabela 4.

Tabela 3: Produção média diária de dejetos nas diferentes fases de desenvolvimento

Fase de desenvolvimento	Dejetos sólidos(kg/dia)	Dejetos+Urina(kg/dia)	Dejetos líquidos(L/dia)
Terminação	2,3	4,9	7
Fêmeas em reposição, cobrição, e gestantes	3,6	11	16
Fêmeas em lactação com leitões	6,4	18	27
Machos	3	6	9
Leitões	0,35	0,95	1,4
Média	2,35	5,8	8,6

Fonte: Oliveira(1993).

Tabela 4: Valores da DBO diária em função do peso e do ciclo produtivo dos suínos.

Fase de desenvolvimento	Peso (kg/cabeça)	Carga poluidora (kg DBO/animal.dia)
Terminação	68	0,136
Fêmeas em reposição, cobrição e gestantes	125	0,182
Fêmeas em lactação com leitões	170	0,34
Machos	160	0,182
Leitões	30	0,059

Fonte: Freire (1985) apud Oliveira (1993)

Para estimar a geração potencial de nutrientes na suinocultura, determinou-se a geração anual de efluentes em cada propriedade, a partir das informações do período de permanência dos animais e as estimativas de geração de efluentes apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: - Nutrientes presentes nos efluentes de suinocultura por tipo de criação

Tipo de Criação	Nutrientes (kg/m ³ efluente)		
	Nitrogênio	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potássio
UPL	1,29	0,83	0,88
Creche	1,91	1,45	1,13
Terminação	2,52	2,06	1,38

Fonte: Modificado de Oliveira (1993)

Os resultados da estimativa de carga orgânica e de nutrientes gerada pelas unidades de produção avícola e suinícola na região do COREDE Serra são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa de geração de carga nas atividades avícolas e suinícolas desenvolvidas no COREDE Serra

	Unidades de produção	Número de cabeças	Efluentes (m ³ /dia)	DBO (t/ano)	Nitrogênio (t/ano)	Fósforo (t/ano)	Potássio (t/ano)
Avicultura	2.224	68.209.424	-	58.015,40	12.638,46	4.123,50	5.214,66
Suinocultura	861	360.526	817.837,17	15.514,98	1.604,58	1.382,42	1.005,88
Total	-	-	817.837,17	73.530,38	14.243,04	5.505,92	6.220,54

Apesar dos suínos terem maior potencial poluidor, seu rebanho é muito inferior ao das aves, sendo estas a maior fonte de geração de carga orgânica na região. Considerando a geração diária de carga orgânica excretada de um habitante de 59 g (Jordão e Pessoa, 2005), a geração de carga orgânica pelas atividades avícolas e suinícolas no COREDE Serra equivale à geração de matéria orgânica de populações de 2.692.218 e 720.454 habitantes, respectivamente. Esses valores demonstram o potencial poluidor dessas atividades e a importância do manejo dos resíduos.

A partir da geração de carga orgânica calculada para cada unidade produtiva e da localização das propriedades, gerou-se o mapa de concentração de carga orgânica por unidade de área para os municípios da região, apresentado na Figura 2.

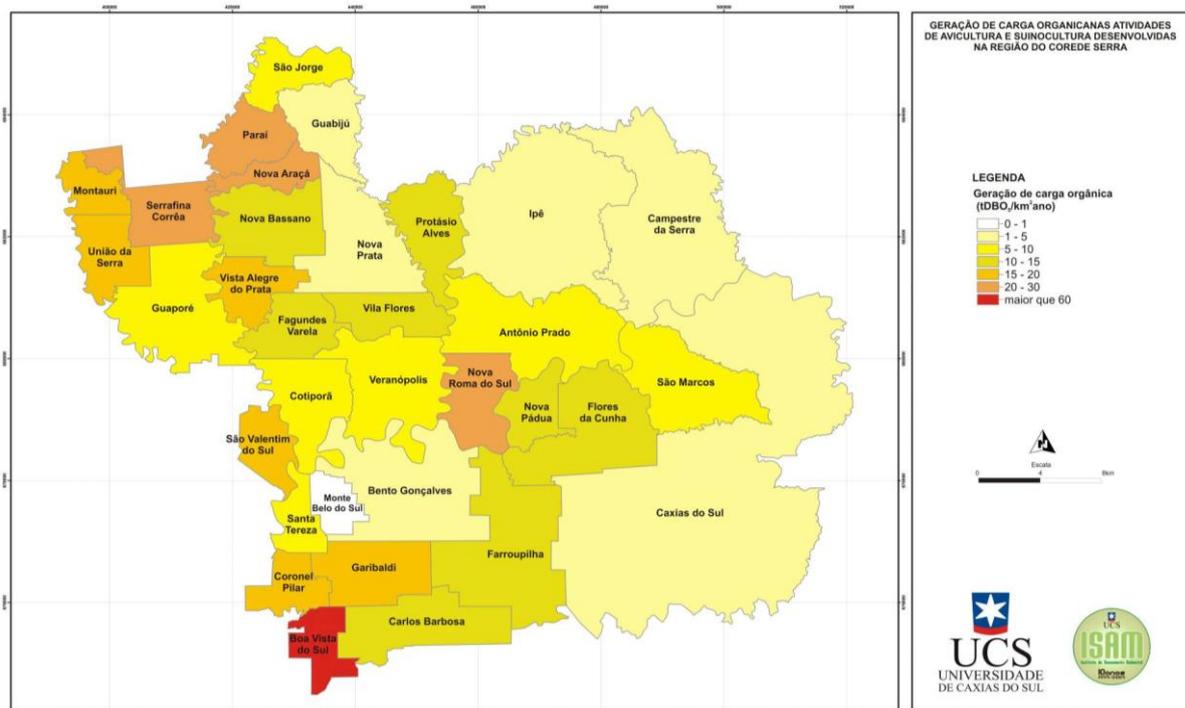


Figura 2 – Geração potencial de carga orgânica por unidade de área das atividades suinícolas e avícolas na região

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

A espacialização das atividades avícolas e suínícolas permitiu identificar as sub-bacias com maiores concentrações de carga orgânica e nutrientes. Esta avaliação subsidiou a escolha dos 13 pontos de monitoramento de qualidade da água, cuja localização é descrita na Tabela 7.

Tabela 7: - Localização dos pontos de monitoramento

Ponto	Coordenadas		Sub-Bacia	Município	Área de drenagem a montante (km ²)
	E	N			
1	428432	6773491	Médio Antas	Santa Tereza	53,4
2	426548	6792282	Rio Carreiro	São Valentim do Sul	2.455,6
3	428227	6795197	Rio Carreiro	Cotiporã	110
4	423393	6804947	Rio Carreiro	Fagundes Varela	319
5	418774	6808220	Rio Carreiro	Guaporé	1.830,7
6	401748	6814153	Rio Guaporé	União da Serra	92
7	403242	6821630	Rio Guaporé	União da Serra	23,9
8	419596	6830084	Rio Carreiro	Paráí - Nova Araçá	89
9	425410	6845584	Rio Carreiro	São Jorge	103
10	440603	6827558	Rio da Prata	Nova Prata	313
11	449209	6816817	Rio da Prata	Nova Prata	475,3
12	458538	6821054	Rio da Prata	Ipê	40
13	456409	6813240	Rio da Prata	Protásio Alves - Antônio Prado	2.979

Foram realizadas 12 coletas bimestrais no período de julho/2010 a junho/2011 para determinação de 22 parâmetros de qualidade da água: pH, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio, nitrogênio total kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo total, fósforo orgânico total, fósforo dissolvido total, clorofila a, coliformes totais e *Escherichia coli*. As amostras foram coletadas seguindo os métodos descritos pela NBR nº 9.898 (ABNT, 1987) e Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011). A análise dos parâmetros seguiu a metodologia descrita pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Os corpos hídricos da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas foram enquadrados em classes de uso preponderante segundo a Resolução CRH nº.121/12 (Rio Grande do Sul, 2012). Na Tabela 8 é apresentada, para cada ponto, a classe em que está enquadrado o corpo hídrico pela Resolução CRH nº.121/12 para os horizontes de 10 e de 20 anos.

Tabela 8: Classe de enquadramento válida nos pontos de monitoramento

Pontos	Classe de Enquadramento	
	10 anos	20 anos
1	1	1
2, 3 e 4	2	1
5	2	2
6 e 7	3	2
8	2	2
9, 10, 11, 12 e 13	2	1

Dentre os 22 parâmetros de qualidade monitorados, foram selecionados os resultados dos 10 parâmetros que têm padrões definidos pela Resolução CONAMA nº.357/05 (Brasil, 2005) – pH, oxigênio dissolvido, DBO, *E.coli*, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, clorofila a e turbidez – para calcular o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). O ICE foi desenvolvido pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment: Water Quality Guidelines*

(CCME, 2001) com o objetivo de fornecer uma ferramenta para avaliação de dados de qualidade das águas, incorporando os parâmetros mais convenientes de cada instituição e com facilidade de entendimento. Entretanto, é recomendável que sejam considerados no mínimo quatro parâmetros e quatro campanhas de medição.

O ICE atualmente é utilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA) para avaliar a qualidade das águas dos rios brasileiros em relação aos padrões estabelecidos para as classes em que estão enquadrados (ANA, 2012).

O Índice de Conformidade ao Enquadramento é composto pelos seguintes fatores:

Fator 1: Representa a abrangência das desconformidades, isto é, o número de variáveis que violaram os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observação (Equação 1).

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de variáveis que ultrapassaram o limite legal}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Fator 2: Representa a porcentagem de vezes que a variável esteve em desconformidade em relação ao número de observações (Equação 2).

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de medições que ultrapassaram o limite legal}}{\text{Número total de medições}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Fator 3: Representa a extensão da não conformidade legal, isto é, a diferença entre o valor medido e o limite legal, sendo calculado em três etapas:

I) O número de vezes no qual a concentração individual é maior que o limite da classe (ou menor, quando o objetivo é um mínimo);

II) O número total de medições individuais em desacordo com o limite legal é calculado somando as variações individuais em relação aos limites legais e dividindo pelo número total de medições;

III) O valor de F3 é calculado pela soma normalizada das variações em relação aos limites legais, sendo que estas foram reduzidas a uma variável entre 0 e 100.

A fórmula de cálculo do ICE é apresentada na Equação 3.

$$ICE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (3)$$

O fator de 1,732 normaliza os valores resultantes para a faixa entre zero e 100, onde zero representa a pior qualidade e 100 a melhor qualidade das águas. São estabelecidas faixas de valores para o índice, com o objetivo de caracterizar a qualidade das águas, como apresentado no Quadro 1.

80 ≤ ICE ≤ 100 Conforme	A maioria ou todas as medições estão dentro dos padrões de qualidade da água.
45 ≤ ICE < 80 Afastado	As medições estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água.
ICE < 45 Não conforme	A maioria ou a totalidade das medições está violando os limites da classe de enquadramento.

Quadro 1– Faixas de classificação do ICE

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Nas sub-bacias monitoradas, os resultados indicaram ocorrência frequente de valores elevados de *E. coli* acima dos limites estabelecidos para as classes em que seus rios estão enquadrados.

Verificaram-se também ocorrências esporádicas de concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo, possivelmente originadas da lavagem dos solos que receberam aplicação dos resíduos avícolas e suínos como fertilizante. As concentrações de fósforo apresentaram comportamento semelhante com as concentrações de clorofila a observadas durante o monitoramento, com influência sobre os valores do ICE.

Apesar da geração elevada de carga orgânica nestas bacias, em geral não foram encontradas concentrações elevadas de DBO, indicando que estes compostos orgânicos apresentam comportamento e mobilidade diferente dos nutrientes nitrogênio e fósforo. Provavelmente a matéria orgânica fica retida na matriz do solo onde ocorre a aplicação, em função dos solos da região serem, em geral, argilosos e com boa capacidade de adsorção.

Os resultados do ICE para os pontos 1 a 13 são apresentados na Figura 3.

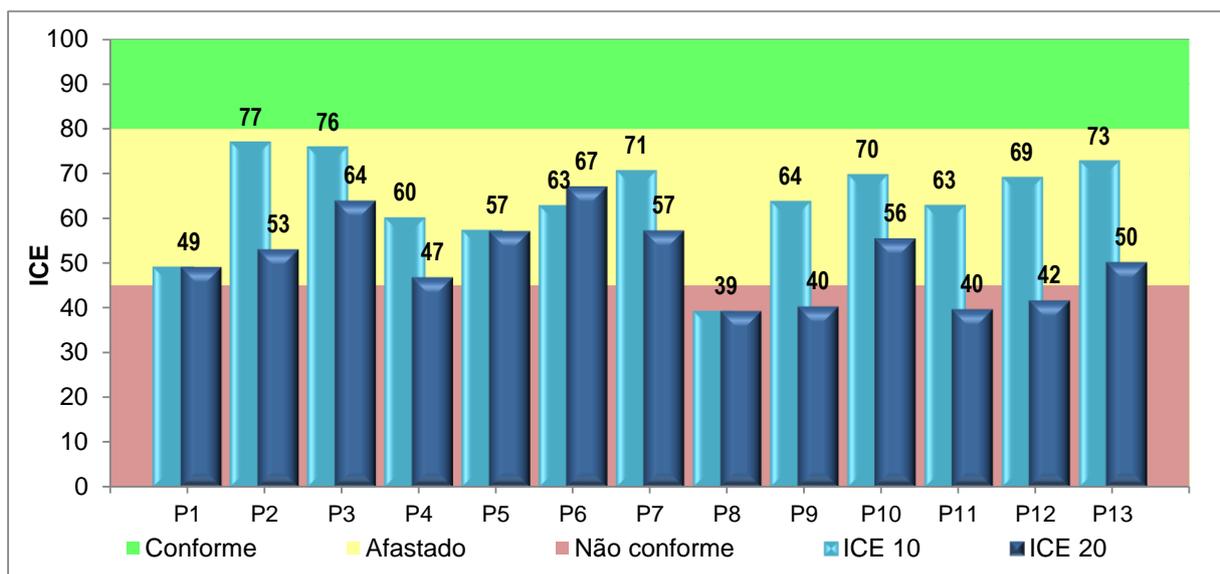


Figura 3 – Índice de Conformidade ao Enquadramento para os treze pontos monitorados

Os resultados mostram que todos os pontos apresentam nível de qualidade afastado da meta intermediária de enquadramento, válida pelos próximos 10 anos. Os pontos P2 e P3, situados no Rio Carreiro, são os que se mostram mais próximos da meta de qualidade da classe 2. Ainda na bacia do Rio Carreiro, o ponto P8 é o que mais se afasta da meta intermediária de qualidade, com resultado de ICE que indica violação dos padrões em todas ou na maioria das medições.

Os resultados para a meta final de enquadramento, com horizonte para 20 anos, são ainda piores, uma vez que, para quase todos os pontos, as metas finais de qualidade são mais rigorosas que as metas para 10 anos. Os pontos P8 e P9, no Rio Carreiro, e P11 e P12, no Rio da Prata, obtiveram valores de ICE na categoria não conforme, ou seja, que denotam violação frequente das suas metas finais de qualidade.

CONCLUSÃO

Em todos os pontos, as variáveis que mais impactaram o resultado do ICE no sentido de afastamento das metas de qualidade foram *E. coli* e Fósforo Total. O parâmetro *E. coli* está diretamente relacionado ao lançamento matéria orgânica nos corpos hídricos, pois refere-se a bactérias que normalmente habitam o trato intestinal dos animais de sangue quente. A presença de Fósforo Total está relacionada à lavagem dos solos das propriedades avícolas e suínos.

Além dos problemas de saneamento rural, somam-se também os problemas urbanos, contribuindo para o atual cenário da qualidade da água. Este cenário de qualidade regular dos corpos hídricos cria a necessidade de investimentos em saneamento rural, com melhorias dos sistemas de tratamento nas propriedades suinícolas e avícolas, e orientação na ocupação dos solos, garantindo áreas de proteção ripária. A tendência de crescimento das atividades pecuárias analisadas na região, no entanto, pode agravar os impactos ambientais no futuro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio concedido à realização do projeto.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR n° 9.897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. ABNT: Rio de Janeiro, 1987.
- AMARO, C.A. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- ANA – Agência Nacional das Águas. *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil*: 2012. 264 p. ANA: Brasília, 2012.
- BERTO, J.L. *Balanço de nutrientes em uma sub-bacia com concentração de suínos e aves como instrumento de gestão ambiental*. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 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. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.
- CCME – Canadian Council of Ministers of the Environment. Water Quality Index: Technical Report. In: *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. 2001. Disponível em: http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrptfctsh_e.pdf. Acesso em: 10 abr. 2013.
- ISAM – Instituto de Saneamento Ambiental. *Avaliação das Águas Superficiais e Subterrâneas em Municípios da Serra*. Relatório Final. Caxias do Sul: 2011. 239 p.
- JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 683 p.
- OLIVEIRA, P.A.V. et al. *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*: Documento 27. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993.
- RIO GRANDE DO SUL. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução CRH n° 121/12. Aprova o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 07 jan.2013.
- STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A. *Plano de Bacia do Taquari-Antas*. Canoas: 2010.