



DINÂMICA FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM REGIÃO DE INTENSA CRIAÇÃO DE SUÍNOS: EXEMPLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUJA-BONITO, MUNICÍPIO DE BRAÇO DO NORTE, SC

G. M. Hadlich^{1,*}, L. F. Scheibe^{2,**}

¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Departamento de Geoquímica,
Rua Barão Geremoabo, s/n., sala 314A – 40170-290 Salvador, BA

²Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas

^tDepartamento de Geociências, Campus Universitário – 88040-900 Florianópolis, SC

*E-mail: [*gisele@ufba.br](mailto:gisele@ufba.br), **scheibe@cfh.ufsc.br

Recebido para publicação em novembro de 2006, aprovado para publicação em dezembro de 2007

RESUMO

A dinâmica físico-química das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, em Braço do Norte, SC é relacionada com o impacto ambiental dos dejetos gerados pelo modelo de suinocultura intensiva ali adotado. As análises da temperatura, pH, OD, coliformes, DQO, DBO, turbidez, sólidos totais, amônia, nitratos, nitritos, fósforo total, sulfatos, sulfetos, ABS e vazão mostram que os principais parâmetros, e em especial o oxigênio dissolvido (OD), dependem da liberação direta ou indireta dos dejetos na água. A análise do perfil longitudinal do rio é de fundamental importância para compreender o comportamento físico-químico dos poluentes.

ABSTRACT

The physical-chemical dynamics of the superficial waters of the hydrographic basin of the Coruja-Bonito river, in the Braço do Norte municipality, Santa Catarina State, Southern Brazil, is related to the environmental impact produced by wastes generated by the intensive swine production model. Several analyses of the temperature, pH, DO, coliforms, COD, BOD, turbidity, total solids, ammonia, nitrates, nitrites, total P, sulfates, sulfides, ABS and the discharge show that the behavior of the main parameters, and of the dissolved oxygen (DO) in particular, are related to the direct or indirect release of wastes to the river and its longitudinal profile. The study of the longitudinal profile of the river is of fundamental importance to understand the physical and chemical behavior of the pollutants.

INTRODUÇÃO

A ocupação e uso do solo por atividades humanas alteram processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem

ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água, pois, através do ciclo hidrológico, as precipitações sobre as vertentes possibilitam o escoamento superficial e sub-superficial das águas,

propiciando o transporte de poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, os rios integralizam conseqüências de diversos fenômenos ocorrentes na bacia.

Dentre as atividades agropecuárias que provocam impacto sobre a qualidade das águas destaca-se a suinocultura intensiva, fato que tem levado ao desenvolvimento de pesquisas sobre águas superficiais e subterrâneas em áreas de intensa produção suinícola não apenas no Brasil, mas em todo o mundo (Embrapa, 1998; Smith *et al.*, 2007; Ceretta *et al.*, 2005; Bakhsh *et al.*, 2005, entre outros).

O Brasil é o quarto maior produtor e exportador mundial de carne suína, com produção em 2005, segundo a FAO, de 3.150 mil toneladas (3% de toda produção mundial) (Desouza, 2005). Destaca-se, nacionalmente, o Estado de Santa Catarina, que possui um rebanho de 4,5 milhões de cabeças, 17% do rebanho nacional, e responde por 40% dos abates industriais (Porkworld, 2005).

A produção confinada, na qual se observam as maiores produtividades, constitui a base da expansão da atividade. Entretanto, a elevada concentração de animais gera uma também elevada produção de dejetos (que incluem urina, fezes, água utilizada no manejo e na limpeza das granjas), a qual implica em problemas para seu armazenamento e manejo, levando ao lançamento desses dejetos no solo e nos cursos d'água (Oliveira, 1995; Perdomo & Lima, 1998). Sob o prisma ambiental, portanto, a criação de suínos, ou melhor, a grande produção de dejetos de suínos, concentrada, constitui-se num importante causador de poluição de mananciais hídricos, fato reconhecido internacionalmente (OCDE, 2003).

Os principais constituintes dos dejetos¹ que provocam impactos na água, sobretudo a superficial, são matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos - sobretudo material particulado orgânico - que alteram suas características e afetam

possibilidades de uso, como consumo humano direto, dessedentação de animais e recreação. Os dejetos de suínos, bem como de outros animais domésticos, são portadores de agentes infecciosos que provocam doenças em outros animais e no homem; na água, provocam um aumento na demanda de oxigênio, elevam os níveis de fosfatos e de nitratos, provocam eutrofização, mau cheiro e gosto desagradável (Votto, 1999; Seiffert & Perdomo, 1998; Ottaway, 1982; Oliveira, 1993).

Problemas gerados pela ocorrência de dejetos de suínos em águas superficiais são facilmente percebidos nas principais regiões produtoras no sul do país (Guivant & Miranda, 1999; Assis, 2004); na região sul de Santa Catarina, a suinocultura constitui uma das principais fontes de poluição na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar Santo Antônio-Imarui-Mirim (Santa Catarina, Unisul, 1998; Santa Catarina, 1997; Bortoluzzi, 2003).

Com o objetivo de verificar impactos gerados pela suinocultura, este trabalho apresenta uma análise da dinâmica físico-química das águas superficiais do rio Coruja-Bonito, afluente do rio Braço do Norte, um dos principais afluentes do rio Tubarão. A bacia hidrográfica em estudo corresponde a uma área com intensa atividade suinícola, apontada como detentora da maior densidade

¹ São considerados dejetos: a urina, as fezes, e a água utilizada no manejo e limpeza das granjas. A quantidade total de dejetos produzidos em uma granja varia de acordo com o número de animais, da categoria destes animais, do sistema de alimentação adotado, da quantidade de água desperdiçada pelos bebedouros e do sistema de higienização e sanitização dos animais e instalações. Os valores médios diários variam em torno de 1,4L (para leitões desmamados) a 27L/animal (porcas em lactação), considerando uma concentração de 40% de matéria seca (Oliveira, 1995; Perdomo & Lima, 1998; Fernandes & Oliveira, 1995). Podem, ainda, estar presentes nos dejetos, quando estes atingem a estrutura de armazenamento: água de chuva, alimentos derramados e desperdiçados, solo, e outros (embalagens, vidros, plástico, animais mortos, poeira) (Seiffert, s.d.).

de suínos no país (Fiesc, 1999), motivo que, associado a outros aspectos locais comuns em importantes áreas produtoras (odor de dejetos na água e no ar, presença de muitos borrachudos), aponta para a suinocultura como principal fonte poluente das águas superficiais.

A ÁREA DE ESTUDO

DEJETOS DE SUÍNOS E SEU MANEJO

A bacia hidrográfica que alimenta o rio Coruja-Bonito localiza-se no município de Braço do Norte. Com precipitações distribuídas ao longo do ano, totalizando 1471 mm em média, e temperatura média anual de 18,7°C, o clima é subtropical úmido (Cfa, segundo Köppen).

O Município, que possui 194,2 km² e uma população de 20 mil habitantes, caracteriza-se pela predominância de pequenas propriedades rurais e uma intensa produção suinícola¹. Destaca-se que, entre 1990 e 2004, o rebanho suíno quadruplicou, passando de 44,3 mil cabeças para 186,7 mil cabeças (Brasil, 2006); concomitantemente, aumentou o valor médio e a variação dos valores de coliformes nas águas superficiais na região, conforme evidenciado por Bortoluzzi (2003)³.

A área total da bacia do rio Coruja-Bonito é de 52 km²; a altitude máxima é 540 m e a mínima 40 m; localiza-se na parte sudeste-leste de Braço do Norte. O rio Coruja atravessa grande faixa da área rural do município; próximo à foz, onde já é chamado de rio Bonito, atravessa o perímetro urbano (Figura 1). Segundo o Decreto Estadual 14.250/81 (Santa Catarina, 1981)³, o rio Coruja-Bonito está enquadrado na classe 2, compatível com a Classe 2 definida pela Resolução 357/05 do CONAMA (Brasil, 2005).

Na bacia do rio Coruja-Bonito, o rio é encaixado e a maior parte das encostas apresenta limitações de uso agrícola devido à declividade acentuada. Em 2000, existiam 63 propriedades com granjas de suínos e 13

abatedouros. As granjas totalizavam 69 mil animais (capacidade instalada, segundo Santa Catarina, 2000), resultando uma densidade de 1.327 suínos/km². Nessa condição, aproximadamente 593 m³ de dejetos de suínos seriam produzidos diariamente, gerando uma Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO de 13,8 ton⁴.

O manejo dos dejetos de suínos deve prever seu tratamento e armazenamento, para posterior utilização. A esterqueira é o sistema de armazenamento preponderante entre as unidades produtoras de suínos no Estado. No entanto, a redução do poder poluente das (bio)esterqueiras não atende às exigências dos órgãos ambientais (Gossmann, 1997); essas estruturas não propiciam tratamento adequado para propriedades onde há grande número de suínos, sendo geralmente subdimensionadas (Guivant & Miranda, 1999; Votto, 1999). Problemas relacionados à utilização de esterqueiras foram comprovados para a bacia estudada, levando os suinocultores a “despejar os excessos na rede de drenagem

² Na região, outras fontes poluentes das águas superficiais são apontadas, como efluentes industriais, esgotos domésticos, depósitos sanitários (lixões) e agrotóxicos (Santa Catarina, 1997; Santa Catarina, Unisul, 1998). No entanto, Bortoluzzi (2003) mostra que a poluição orgânica agrava-se nos anos 1993-94, exatamente quando ocorre a rápida expansão da suinocultura local. Cabe lembrar que o Equivalente Populacional – EP dos suínos varia de 0,6 (para leitões) a 8,3 (para matrizes com leitões), o que significa que, em média, um suíno com peso médio de 61 kg equivale a 3,5 pessoas em termos de carga poluente (Fiesc, 1999).

³ Decreto nº 14.250, de 05/06/1981, Art. 5º, II – Classe 2 – águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho) (Santa Catarina, 1981).

⁴ Valor diário médio de geração de dejetos: 8,6 L (Fernandes & Oliveira, 1995). Valor diário médio de DBO: 200g por animal (Perdomo & Lima, 1998).



Figura 1: Localização da área de estudo e dos pontos de coleta de água para monitoramento do rio Coruja-Bonito, Braço do Norte, SC.

natural, sempre que ocorrerem casos de transbordamento” (Santa Catarina, 2000).

Quanto à utilização, destaca-se a adubação orgânica, prática adotada por 97% dos suinocultores na bacia (Hadlich, 2004). A adubação deve ocorrer de forma controlada, seguindo especificações técnicas na forma, momento e quantidade de aplicação. Na prática isso não ocorre, e a aplicação de grandes volumes de esterco, a não incorporação ao solo, a aplicação em áreas declivosas ou com inadequadas medidas de controle de erosão,

proporcionam o transporte de sedimentos e dejetos pelas chuvas ou pelo excesso de água nos dejetos, até os cursos d’água. Ademais, as granjas de suínos comumente localizam-se junto aos cursos d’água, facilitando o despejo de dejetos nas águas ou transbordamento de esterqueiras. Além disso, o uso continuado da prática de aplicação de esterco líquido no solo propicia a contaminação de águas subterrâneas principalmente por nitratos (Oliveira, 1993; Bakhsh *et al.*, 2005). Portanto, a utilização de esterqueiras e a aplicação de dejetos no solo não garantem uma redução satisfatória

nos níveis de poluição das águas (Kunz *et al.*, 2006; Assis, 2004; Koehler *et al.*, 2007) Adiciona-se que, segundo Seganfredo (2002), já existem informações suficientes para se concluir que as áreas aptas para aplicação de dejetos nas regiões suínícolas do sul do país são insuficientes para a quantidade de dejetos nelas produzidos.

A utilização dos rios como receptor final de dejetos de suínos, de forma direta (através dos dejetos atingindo diretamente os cursos d'água por liberação voluntária das esterqueiras ou seu transbordamento) ou indireta (através dos poluentes que atingem as águas a partir de sua aplicação no solo) geram importantes problemas ambientais e conflitos de uso das águas superficiais. Na região de Braço do Norte, os principais conflitos ocorrem entre a atividade agropecuária (leia-se suinocultura) e a atividade turística; reclamações dizem respeito à incidência elevada de borrachudos e ao desagradável odor de dejetos no ar e na água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A análise das águas superficiais do rio Coruja-Bonito deu-se através da realização de um monitoramento que contemplou a avaliação (1) do perfil longitudinal e vazão

do rio e (2) de aspectos físico-químico-biológicos (qualidade da água).

Foram realizadas nove coletas de amostras de água entre maio de 2001 e maio de 2002, em quatro pontos do rio Coruja-Bonito, totalizando 36 amostras de água. Os pontos de coleta foram determinados com base no perfil longitudinal do rio, na localização das áreas rural e urbana (sendo que na área rural, foram observadas a declividade do rio e a área de maior concentração de granjas de suínos) e no reconhecimento em campo, onde foi considerada a facilidade de acesso ao rio e a possibilidade de medição da vazão. A figura 2 apresenta a localização dos pontos no perfil. Observa-se que os pontos 1, 2 e 3 localizam-se no trecho do rio que atravessa a área rural, enquanto o ponto 4 localiza-se a jusante da área urbana, próximo ao ponto de afluição no rio Braço do Norte. Analisando o Mapa Hidroviário e de Localização das Propriedades Rurais da bacia do rio Coruja-Bonito (Santa Catarina, 2000), percebe-se a concentração de granjas de suínos nas proximidades do ponto 2, tendo sido mapeadas apenas duas granjas a montante do ponto 1 e sete granjas e um abatedouro a jusante do ponto 3. Na bacia existem, ao todo, 68 produtores de suínos e 12 abatedouros (Santa Catarina, 2000).

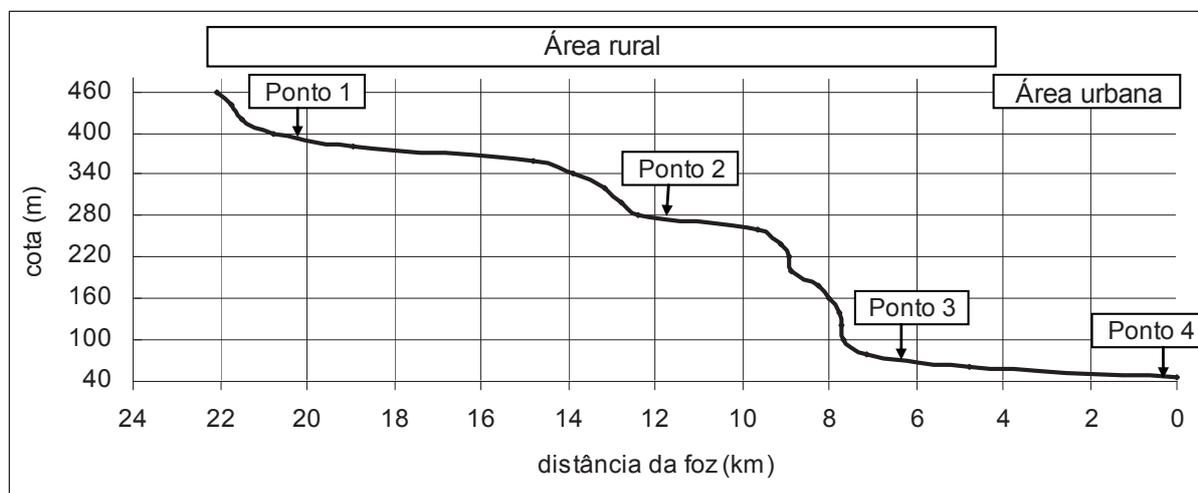


Figura 2: Perfil longitudinal do rio Coruja-Bonito e localização dos pontos de coleta.

Os parâmetros selecionados para análise in situ ou em laboratório, descritos adiante, foram baseados em legislação vigente na época (Santa Catarina, 1998; Brasil, 1986) e em bibliografias específicas (Carmouze, 1994, Willrich & Smith, 1970). As coletas foram realizadas conforme recomendado pela CETESB (Agudo, 1987).

No momento da coleta, foram realizadas análises in situ: temperatura do ar e da água, pH, Oxigênio Dissolvido - OD e vazão. As medidas foram efetuadas diretamente no corpo d'água, com equipamentos próprios, respectivamente: termômetro digital portátil; pHmetro digital portátil com correção de temperatura; oxidímetro portátil e método do vertedouro retangular e/ou de flutuadores⁵.

As amostras de água encaminhadas ao laboratório⁶ foram coletadas em frascos próprios, esterilizados, cerca de 15 cm abaixo da superfície da água, e transportadas em caixa fechada de isopor, chegando ao laboratório em menos de 5 horas após a coleta.

As análises realizadas em laboratório (e respectivos métodos, segundo APHA, 1995) foram: coliformes totais e fecais

(tubos múltiplos); Demanda Química de Oxigênio - DQO (refluxo, com dicromato de potássio); Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (método respirométrico); turbidez (turbidímetro); sólidos totais (gravimetria); nitrogênio amoniacal (destilação, com tampão de fosfato); nitrato, nitrito, fósforo total – P total e sulfetos (espectrofotometria UV/Vis); sulfatos (método condutimétrico); Alquil-Benzeno-Sulfônicos – ABS (espectrofotometria UV/Vis).

Os resultados de qualidade da água e vazão foram avaliados através de gráficos, dados individuais e estatísticos. Para efeito de cálculo dos valores médios e conseqüente identificação do comportamento médio

⁵ Conforme indicado por Villela & Matos (1975) e Roche (1963). Os métodos para medição da vazão foram selecionados devido à dimensão do rio e disponibilidade de material. No ponto 1 foi utilizado o método do vertedor retangular. Na medição da vazão com flutuadores (pontos 2, 3 e 4) foram realizadas 5 repetições, excluindo-se os valores extremos.

⁶ Análises realizadas no Laboratório de Análises do Centro Tecnológico da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, em Tubarão, SC.

Tabela 1: Resultados (médios) das análises nos quatro pontos de coleta de amostras de água no rio Coruja-Bonito, Braço do Norte, e valores de referência para Classe de Qualidade 2. Valores médios, desconsiderados os valores extremos excluídos pelo Teste Q de Dixon.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Decreto 14.250/81	CONAMA 357/05
Vazão (M ³ /s)	0,04	0,62	0,75	1,34	-	-
T água (°C)	16,6	16,6	16,8	18,2	-	-
T ar (°C)	16,2	18,3	21,2	21,7	-	-
pH	6,1	6,2	6,5	6,4	-	6,0 – 9,0
OD (mg/L)	4,7	11,1	12,4	10,1	> 5	> 5
Col. Totais (NMP/100mL x 10 ³)	240	231	217	240	< 5	-
Col. Fecais (NMP/100mL x 10 ³)	187	150	17	83	< 1	< 1
DQO (mg/L)	22,5	30,1	38,4	30,6	-	-
DBO (mg/L)	10,2	11,2	5,8	12,7	< 5	< 5
Sól. Totais (mg/L)	94,7	94,5	94,7	108,8	-	-
Turbidez (UNT)	10,1	10,2	10,1	10,2	-	100
NO ₃ (mg/L)	4,32	29,4	35,1	25,7	< 10	< 10
NO ₂ (mg/L)	0,0047	0,0142	0,0152	0,0084	< 1	< 1
N amoniacal (mg/L)	1,68	0,48	0,28	0,28	< 0,5	3,7**
P total (mg/L)	0,004	0,007	0,007	0,008	-	< 0,1*
ABS (mg/L)	0,23	0,28	0,35	0,45	-	-
Sulfatos (mg/L)	89,5	66,0	60,0	70,0	-	< 250
Sulfetos (mg/L)	0,07	0,08	0,21	0,14	-	< 0,002

* Considerado ambiente lótico – P total; ** Considerado pH ≤ 7,5

dos parâmetros de qualidade e quantidade de água analisados, foi aplicado o Teste Q de Dixon; assim, foi possível identificar valores considerados excepcionais. Tabelas de correlação foram elaboradas com 95% de significância.

Como referência foram utilizados valores do Decreto n. 14.250/81 (Santa Catarina, 1981) e da Resolução n. 357/2005 do CONAMA que atualmente estabelece os padrões para classificação dos cursos d'água (Brasil, 2005).

RESULTADOS

Os resultados (valores médios) de qualidade e quantidade de água obtidos no monitoramento constam da Tabela 1, bem como valores de referência para águas de Classe 2.

As temperaturas medidas variaram, entre verão e inverno, cerca de 10°C no ar e 8°C na água. No ponto 4 observa-se a diminuição da concentração de OD com aumento da temperatura da água (coeficiente de correlação igual a -1,0).

O valor médio do pH no rio Bonito-Coruja, de 6,3, varia pouco entre os pontos. Entretanto, inúmeras amostras apresentaram valores inferiores a 6,0.

Os níveis de OD são máximos no ponto 3, e os pontos 1 e 2 apresentam relação positiva (+0,94 e +0,99, respectivamente) entre OD e nitratos. Ainda no meio rural, o aumento do nível de OD tem relação com a diminuição do número de coliformes fecais (correlação de -0,96) e da DQO (correlação de -0,92).

Das 36 análises realizadas de coliformes totais, 34 apresentaram resultado superior a 240.000 NMP/100mL. Os valores de coliformes fecais variaram de 790 a mais de 240.000, com valores variando muito entre os pontos. Através de matrizes de correlação, foi possível identificar as seguintes relações

significativas (superior a 0,90) dos coliformes fecais: positivas com P-total e com pH (pontos 2 e 4), com DBO (pontos 1, 2 e 4), e negativa com OD (pontos 1, 2 e 3).

Grandes oscilações foram identificadas nos valores de DQO (9,0 a 708 mg.L⁻¹), e picos com mais de 400 mg.L⁻¹ foram considerados excepcionais. A DBO variou de 2 a 18 mg.L⁻¹ sendo que 74% das análises realizadas apresentaram dados superiores a 5 mg.L⁻¹. Em termos gerais, no meio rural, a DBO e a DQO, correlacionadas (+0,95), apresentam relações negativas com os níveis de OD. A DBO apresenta, ainda, correlação negativa (-1,00) com a vazão no ponto 4 e a DQO apresenta a mesma tendência (-0,90) no meio rural. Há ainda tendências positivas entre DQO e P total nos pontos 2 e 3 (coeficientes de +0,92), e entre DQO e ABS nos pontos 2 e 4 (+0,93 e +0,97, respectivamente). No ponto 4, há correlações positivas entre DQO e sulfatos (+1,00) e DQO e nitratos (+0,99).

O teor de amônia, no meio rural, aumenta com o número de coliformes fecais. Na primeira coleta ocorreram valores excepcionais em todos os pontos, chegando a 4,4 mg.L⁻¹ (ponto 1). Existe, no meio rural, uma relação inversa entre amônia e vazão (correlação -0,96) e positiva entre OD e nitratos; no ponto 2 aparece ainda uma correlação negativa (-0,99) entre OD e N-amoniaco. Na área urbana (ponto 4), teores de nitrato e nitrito apresentam correlação positiva com DBO (> 0,97).

Assim como os teores de nitrato, os de P-total, de sulfato e de sulfeto também variaram muito. Os teores de P-total apresentam correlação positiva com coliformes fecais (em todos os pontos), com ABS (ponto 2) e com DQO (ponto 2 e 3) e DBO (ponto 1). Quanto aos sulfatos, os resultados encontram-se abaixo do limite máximo previsto pela Resolução 357/05, exceto em uma análise do ponto 3 (que, segundo o teste Q deve ser desconsiderada). Os valores de sulfato apresentam correlação positiva com DQO no ponto 4 (+1,00) e com ABS (+0,96). Em

50% das amostras, o resultado de sulfetos foi “não detectado”, tendo sido considerado zero para o cálculo de médias. Quando detectados, os valores encontrados variaram entre 0,09 e 0,62 mg.L⁻¹.

Os valores de ABS aumentam em direção à foz do rio. No ponto 4, após a área urbana, o valor médio é de 0,45 mg.L⁻¹, desconsiderando os dados descartados pelo teste Q, e 0,68 mg.L⁻¹ considerando esses valores extremos.

A turbidez mantém-se praticamente a mesma ao longo do rio, tendo como média o valor 10,15 NTU (excetuando-se duas amostras excepcionais). Existe uma correlação elevada entre a turbidez e a quantidade de sólidos totais, para todos os pontos, sendo que os valores de sólidos variam, à exceção de uma análise, entre 73,6 e 147,2 mg.L⁻¹.

Os parâmetros analisados comprovam a poluição do rio, segundo a Resolução CONAMA 357/05. Os valores médios de DBO ultrapassam os máximos permitidos; os valores de nitrato estão abaixo do nível máximo admitido para Classe 2 somente no ponto 1; o pH, para diversas amostras, encontra-se abaixo de 6,0, valores para os quais a água não possui classificação; os sulfetos, finalmente, para 50% das amostras, possui valor muito superior ao admitido para classe 2. Considerando que a média de um único parâmetro fora dos padrões é suficiente para alterar a classificação de um rio, constata-se que o rio Coruja-Bonito está fora dos padrões de qualidade desde sua nascente, comprometendo seu uso para os fins aos quais a legislação o destina: enquadrado como Classe 2, sua condição de qualidade atual corresponde à Classe 4, podendo ser utilizado para navegação e harmonia paisagística, mas não para abastecimento para consumo humano (mediante tratamento convencional), proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de frutos ingeridos crus, aquicultura e pesca.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam a poluição orgânica do rio (elevada DBO) com dejetos de animais de sangue quente (grande número de coliformes fecais). Considerando o elevado número de suínos produzidos na bacia do rio Coruja-Bonito e o poder poluente dos dejetos produzidos, a degradação das águas decorrente da suinocultura torna-se inegável, mesmo que outras fontes, em proporções menores, colaborem para essa poluição.

A poluição é percebida desde a nascente. O ponto 1 está situado em região de baixa declividade (Figura 2) e apresenta condições específicas para diversos parâmetros analisados. A elevada carga orgânica presente, próximo às nascentes mas a jusante de duas granjas de suínos, indica a influência da atividade suinícola sobre a degradação da qualidade da água, refletindo em elevada quantidade de coliformes fecais que sobrevivem na água do rio devido à pouca oxigenação local.

No ponto 1, principalmente, verifica-se o baixo pH das águas, apesar da alcalinidade dos dejetos (comprovada por Hemkemeier *et al.*, 2001, para granjas na região de Braço do Norte, e por Seiffert, s.d. e Palhares & Calijuri, 2007 em outras regiões do país), possivelmente relacionada à acidificação resultante da presença de matéria orgânica que, ao ser decomposta em meio anaeróbio, forma ácidos orgânicos. A anaerobiose é comprovada pelo baixo teor de OD e pela elevada quantidade de N-amoniaco (Figura 3), bem como pela elevada relação coliformes fecais/coliformes totais, pois quanto maior essa relação, mais anaeróbio está o ambiente aquático, e, portanto, com tendências redutoras.

A presença de nitrogênio na água deve-se principalmente ao escoamento a partir de adubação na agricultura e de dejetos animais oriundos da agropecuária intensiva; áreas urbanas sem esgotamento sanitário adequado

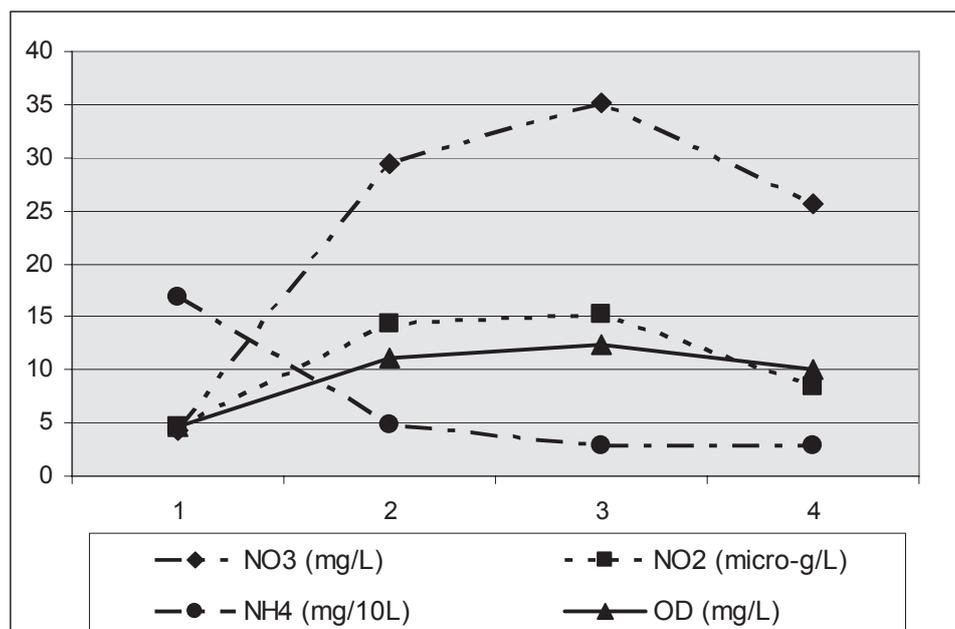


Figura 3: Valores médios de OD, NO₃⁻, NO₂⁻ e NH₄ ao longo dos quatro pontos de coleta (as unidades foram alteradas para que as curvas fossem melhor visualizadas).

contribuem com nitrogênio presente na urina. Ressalta-se que na área estudada, particularmente na área rural, a quantidade de dejetos produzida na suinocultura é muito elevada, fazendo com que essa atividade seja a principal fonte de nitrogênio para as águas locais, mesmo porque a área disponível para adubação, na bacia, é muito inferior à necessária para receber todos os dejetos produzidos, havendo um excedente anual de 20,5m³.ha⁻¹ (Santa Catarina, 2000).

A forma de nitrato é o produto final do processo de mineralização, com conversão do nitrogênio da forma de amônia para nitrito e, em seguida, para nitrato, sob condições aeróbias. Por ser uma forma oxidada, os nitratos originados de dejetos animais correspondem àqueles cujos dejetos foram aplicados no solo ou àqueles que já sofreram oxidação em ambiente aerado. Sua elevada presença na água, até mais de três vezes o limite admitido para a Classe 2, corrobora com a afirmativa de que a adubação orgânica não é solução definitiva para a destinação de dejetos em áreas de grande produção suinícola, conforme apontam autores já citados. Destaca-se o fato de que os valores de nitrato são mais elevados na área rural da bacia (principalmente no ponto 3) do que

após atravessar a área urbana (ponto 4), do que decorre a importância dos dejetos animais no aumento de nitratos na água.

Em meio anaeróbio, tem-se a presença de amônia no efluente, e não de nitrito e nitrato; portanto, o N-amoniaco está presente em concentrações elevadas em dejetos de suínos (Palhares & Calijuri, 2007; Oliveira, 1993), principalmente quando armazenados em meio anaeróbio, o que faz com que sua presença na água em concentrações elevadas seja considerada um indicativo de poluição recente das águas (Seiffert, s.d.). O N-amoniaco presente nas águas pode incluir material advindo do escoamento de dejetos aplicados recentemente nos solos, uma vez que há um período de 15-20 para mineralização do N-amoniaco (Ceretta *et al.*, 2005). No rio estudado, a origem do N-amoniaco associada aos dejetos é confirmada pela presença elevada de coliformes fecais.

Tratando especificamente da dinâmica do N nas águas, percebe-se sua relação com o teor de OD, evidente na Figura 3 e expressa nos valores de correlação entre OD e nitratos já especificados. A quantidade de OD dissolvido, por sua vez, está relacionada

ao perfil do rio (Figura 2): no ponto 1 o rio escoava lentamente por meandros; já nos pontos 2 (a jusante de corredeiras) e 3 (abaixo de cachoeiras) o fluxo é bastante turbulento, fazendo com que os valores de OD ultrapassem os de saturação (Figura 4). Ou seja, como há aumento de OD nos pontos 2 e 3, prevalece a forma oxidada de nitrogênio nesses pontos.

Essa dinâmica do N, associada à oxigenação da água, é que provoca um menor valor relativo de nitratos no ponto 1. Portanto, em ambientes com fluxo de água lento é imprescindível a análise de N amoniacal para avaliação da qualidade da água.

Além de afetar a dinâmica do N, o OD também influencia o número de coliformes fecais, principalmente no ponto 3. Os coliformes fecais representam uma parte dos coliformes totais e indicam poluição por resíduos animais; sua sobrevivência e seu ritmo de crescimento são semelhantes aos de muitos patógenos (Santa Catarina, Unisul, 1998; Machado, 2001). Nesse trecho do rio, com corredeiras e cachoeira, onde diminui a quantidade de coliformes, fica evidenciada a redução da quantidade de

microorganismos anaeróbicos em ambientes lóticos oxigenados.

A presença de coliformes fecais volta a aumentar no ponto 4, onde diminui o encachoeiramento do rio (Figura 2) e após atravessar a área urbana do município, onde ocorrem despejos de esgotos domésticos diretamente na rede de drenagem, conforme constatado em campo. Além disso, há rios tributários nesse trecho que drenam parte da área rural e possivelmente transportam dejetos da suinocultura. O fato de a quantidade de coliformes fecais estar positivamente correlacionado com o pH nos pontos 2 e 4 pode estar associado ao pH alcalino dos dejetos, dejetos esses mineralizados com a elevada oxigenação no ponto 3. A DBO, relativamente baixa no ponto 3, confirma a maior degradação biológica de material orgânico na presença de maior quantidade de OD. Comparando os pontos ao longo do rio, portanto, observa-se que tanto a área rural (até o ponto 3) quanto a mais urbanizada (ponto 4) contribuem para manter a elevada quantidade de coliformes totais na água. No entanto, a elevada turbulência e oxigenação da água no meio rural elevam os valores de OD, que é tóxico para coliformes fecais.

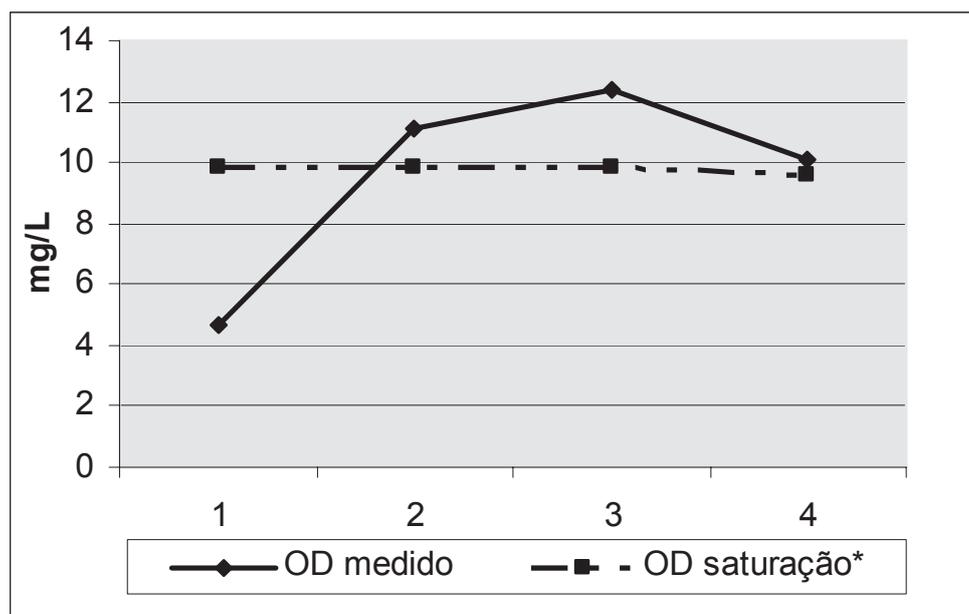


Figura 4: Valores médios de OD medidos no campo nos quatro pontos de coleta de água, e de saturação em OD para as temperaturas de água medidas.

Assim, a oxigenação elimina parte desses organismos no meio rural, eliminação esta menos evidente entre os pontos 3 e 4, na área mais urbanizada, onde a declividade do rio é menor. A quantidade de dejetos adicionada à água, entretanto, é muito elevada, sendo a turbulência do rio insuficiente para provocar a mineralização de todo o material orgânico presente.

Já a relação inversa entre as demandas de oxigênio e a vazão indica a possibilidade de diluição do material orgânico em períodos de aumento de vazão. A diluição é “utilizada” por suinocultores em regiões de intensa produção de suínos, sendo prática ocorrente a liberação de dejetos diretamente no rio principalmente no início de uma precipitação, visando sua diluição (Votto, 1999; Hadlich, 2004).

O aumento da DQO, no ponto 3, indica a presença de material não biodegradável. A relação DBO/DQO ilustra melhor essa situação, e variou, nas coletas, de 1,8% a 94,4%. A média da relação (considerando todas as datas) é de 52%, valor médio usado na Europa (Bortoluzzi, 2003), e, retirando-se a 4ª coleta, onde a relação foi muito baixa para todos os pontos, a média sobe para 60%. Valores baixos, como o de 15% (média do ponto 3) estão relacionados à presença de materiais não biodegradáveis ou mesmo tóxicos à vida microbiana, como substâncias usadas na limpeza e higienização de instalações animais ou oriundas de águas residuais residenciais. Várias amostras mostraram a relação em torno de 80%, comprovando a grande quantidade de coliformes fecais em relação aos totais presentes na água. A variação dessa proporção, entretanto, não permite estimar a DBO a partir da DQO ou o contrário, indicando a necessidade de analisar ambos os parâmetros para dimensionar a quantidade de oxigênio necessária.

O aumento contínuo dos valores de ABS ao longo do rio mostra a adição de detergentes em todos os seus trechos, e a relação positiva entre ABS e DQO nos pontos

2 e 3 confirma a presença de detergentes na determinação da DQO, pouco degradados pelos microorganismos. O ABS é um sal orgânico e um dos detergentes mais comumente utilizados, que indica a influência de águas usadas no corpo d'água receptor e que apresenta toxicidade para alguns animais aquáticos (São Paulo, s.d.).

Admitindo-se, pois, que pelo menos parte dos compostos que resultam em elevada DQO e ABS no rio provém dos dejetos eliminados das granjas de suínos, uma vez que esses contêm águas residuais da limpeza das instalações. Conclui-se que a poluição dos rios pela atividade suinícola não se restringe à poluição orgânica, mas pode provocar, também, contaminação por materiais não biodegradáveis.

No rio Coruja-Bonito, associados aos detergentes (ABS), são encontrados o fósforo e compostos de enxofre. São fontes de fósforo, em corpos d'água, os depósitos naturais; a descarga de efluentes industriais, domésticos ou agropecuários; adubos utilizados na agricultura; detergentes e outros domissanitários similares com o dispersante Calgon (Larini, 1987). Em dejetos frescos de animais, aproximadamente 73% do fósforo encontra-se sob forma orgânica (Seiffert, s.d.). Ao ser aplicado no solo, grande parte desse fósforo é adsorvida pelas partículas desse solo. A partir daí, o fósforo atinge as águas por escoamento superficial ou por processos erosivos (Willrich & Smith, 1970; Tabbara, 2003).

Além de se observar a correlação positiva entre P-total, ABS e DQO, verifica-se também a elevada correlação entre P-total e coliformes fecais, o que indica a presença de P-total originário de dejetos (que podem incluir detergentes usados na limpeza das granjas) e, provavelmente, de águas residuais residenciais, haja vista a carência sanitária na área rural da bacia (Hadlich, 2004). Ressalta-se que os valores médios de P-total são inferiores ao limite estabelecido pelo CONAMA (0,1 mg.L⁻¹ para ambientes lóticos). Entretanto, no rio Coruja-Bonito foram

observados alguns pontos com eutrofização, sugerindo que o fósforo seja fator limitante para o processo. Locais com eutrofização foram identificados em ambientes lênticos ou intermediários, totalmente tomados por macrófitas aquáticas, sempre junto a granjas de suínos ou abatedouros.

Além do fósforo, os compostos de enxofre também são coadjuvantes de detergentes (São Paulo, s.d.). No meio rural, os sulfatos podem provir, também, de fertilizantes que contenham enxofre na sua formulação e que são carregados até os cursos d'água, ou ainda podem originar-se no ciclo do enxofre proveniente da matéria orgânica. No rio Coruja-Bonito os sulfatos não apresentam níveis elevados; entretanto, sua associação aos detergentes é evidente, pois possuem elevada correlação com os valores de ABS e também de DQO, sobretudo no ponto 4, a jusante da área urbana do município.

Já os sulfetos, em regiões de intensa produção suínica, resultam da introdução de dejetos na água e/ou da redução biológica de proteínas, sulfatos, e outros compostos de enxofre, presentes no material digerido (Oliveira, 1993). A elevada quantidade de sulfetos na água do rio Coruja-Bonito confirmam, portanto, a adição de dejetos de suínos.

Devido à elevada correlação entre turbidez e sólidos totais, a análise de ambos os parâmetros é desnecessária em regiões onde a principal fonte poluente é a suinocultura. Excluindo dados excepcionais (conforme discutido adiante), constata-se que no rio Coruja-Bonito mantém-se um nível médio de transporte de 95 mg.L⁻¹. Possivelmente o material que é adicionado ao longo do percurso do rio Bonito-Coruja é consumido (em se tratando, sobretudo, de material orgânico) ou depositado como carga de fundo e/ou em locais de menor turbulência.

Enfim, os valores obtidos evidenciam a intensa poluição do rio Coruja-Bonito por carga orgânica, o que é expresso pelo número de coliformes e DBO.

Os valores médios mostram diferentes comportamentos:

– no ponto 1, onde não há encachoeiramento e o rio atravessa lentamente, com meandros, uma área quase plana de pastagem, encontramos a situação mais anaeróbica: baixos valores de OD, elevada quantidade de coliformes fecais, elevado teor em N-amoniacoal e baixo em nitratos (denunciando ambiente redutor);

– no ponto 2, quando o rio já apresenta maior vazão e após ter passado por um pequeno trecho encachoeirado, os valores de OD e nitratos aumentam; nesse ponto também há aumento de P total, de ABS e da DQO, indicando também a contaminação por detergentes e/ou outros materiais não biodegradáveis;

– no ponto 3 a condição aeróbica aumenta em função das quedas d'água a montante, o que faz diminuir a quantidade de coliformes fecais e o que, numa primeira análise, parece auxiliar na degradação da matéria orgânica e diminuir os valores de DBO. No entanto, verifica-se um aumento da DQO, o que significa que os materiais presentes não são passíveis de degradação biológica, provavelmente devido à presença de substâncias não biodegradáveis ou tóxicas (oriundas de materiais de limpeza ou antibióticos de granjas ou de águas residuais residenciais) que impedem uma maior proliferação microbiana;

– no ponto 4 aumentam ainda mais os valores de ABS, indicando a adição de águas residuais residenciais no meio urbano.

DADOS EXCEPCIONAIS: IMPACTO DA SUINOCULTURA

Alguns dados excepcionais merecem consideração na análise do comportamento da dinâmica físico-química do rio Coruja-Bonito como exemplo das variações que podem ocorrer em regiões com intensa produção suínica em sistema confinado.

Um dos valores mais críticos de poluição foi obtido no dia 7 de maio de 2002, quando, em campo, no ponto 3, observou-se a

chegada de uma “onda de dejetos” certamente liberados de uma esterqueira a montante. Neste dia, as análises de DQO de amostras coletadas antes e após a chegada da onda apresentaram resultados, respectivamente, de 7,8 mg.L⁻¹ e 93,1 mg.L⁻¹. Além disso, a amostra obtida após a onda apresentou os maiores valores de turbidez e de sólidos totais de todas as análises realizadas no monitoramento: 57 NTU e 327,6 mg.L⁻¹, bem como um valor extremamente alto de N-amoniaco, o que comprova tratar-se de material orgânico armazenado: 2,8 mg.L⁻¹.

Constata-se, portanto, que o despejo direto de efluentes das esterqueiras nos rios ocorre na bacia do rio Coruja-Bonito, a exemplo do que é citado por Votto (1999) e Guivant (1998) para a região Oeste de Santa Catarina. Esse comportamento foi confirmado por moradores locais, inclusive alguns suinocultores, em reunião realizada na comunidade, e ocorre com maior frequência nos finais de semana, durante a noite ou no início de precipitações, sempre visando dificultar a identificação do autor e evitar fiscalização (Hadlich, 2004).

Essa prática e os valores extremos obtidos comprovam que em poucos minutos é possível atingir níveis de poluição muito elevados e que diferem significativamente dos valores médios que expressam a qualidade da água do rio Coruja-Bonito, o que implica em necessidade de realização de monitoramento contínuo dessas áreas.

CONCLUSÕES

Analisando o rio como um elemento que, devido ao ciclo hidrológico, reflete realidades locais de uso e ocupação do solo, comprovou-se a degradação das águas superficiais pela suinocultura, a partir da análise da dinâmica físico-química e biológica dessas águas. Pôde-se evidenciar:

– que em região onde a suinocultura é intensa, essa é a principal atividade que polui o rio, dada a quantidade de dejetos gerados, seu potencial poluidor e a insuficiência de

sistemas de armazenamento e tratamento de dejetos (constatada por Santa Catarina, 2000, para a região estudada);

– que a degradação dos rios em áreas de intensa suinocultura não se restringe à poluição orgânica, mas pode incluir poluição por produtos não biodegradáveis, detergentes ou produtos tóxicos à vida microbiana;

– que há outras atividades e ações que colaboram para a poluição do rio, como esgotamento sanitário (mais concentrado na área urbana).

Os parâmetros que apresentaram maiores evidências da poluição orgânica, no caso por dejetos de suínos, foram OD, DBO (o que está em acordo com Machado, 2001), coliformes e formas nitrogenadas.

A dinâmica de diferentes parâmetros físico-químicos no rio está associada ao perfil longitudinal do curso d’água: em trechos sem turbulência, predominam condições redutoras, sendo importante a análise de N-amoniaco para avaliar a qualidade da água; já em áreas de quedas d’água há uma maior oxigenação, o que favorece a mineralização de matéria orgânica e redução da DBO e do número de coliformes fecais, sendo que nesses trechos do rio destaca-se a importância da análise de nitratos. Nesse contexto, destaca-se a necessidade da análise de OD devido à influência química que exerce sobre as formas em que se apresenta o nitrogênio, pela correlação com DBO e DQO e pela toxicidade para coliformes fecais, microorganismos anaeróbicos.

A DQO e ABS são importantes para a indicação da presença de materiais não degradados biologicamente e detergentes.

É importante considerar não apenas os valores médios na análise da qualidade das águas, mas também valores extremos, pois esses implicam em condições pontuais com forte impacto sobre o ambiente aquático. Para tanto, deve-se ter um monitoramento contínuo das áreas com intensa produção suinícola.

REFERÊNCIAS

- AGUDO, E.G. (1987) Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo: CETESB, 1987. 150p.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. APHA, Washington.
- ASSIS, F.O. (2004) Bacia hidrográfica do rio Quilombo: dejetos de suínos e impactos ambientais. *R. RA'E GA*, 8:107-122.
- BAKSH, A.; KANWAR, R.S. & KARLEN, D.L. (2005) Effects of liquid swine manure applications on NO₃-N leaching losses to subsurface drainage water from loamy soils in Iowa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 109:118-128.
- BORTOLUZZI, I.P. (2003) Estudos sobre interações entre a água e o material em suspensão, na bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar/SC – Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de Santiago de Compostela.
- BRASIL (1986) Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, 30 julho 1986.
- BRASIL (2005) Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, 18 março 2005.
- BRASIL (2006) Pesquisa pecuária municipal. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>
- CARMOUZE, J-P. (1994) O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Editora Edgard Blücher, FAPESP, São Paulo, 254 p.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L. & BERWANGER, A.L. (2005) Dejeito líquido de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. *Ciência Rural*, 35 (6):1296-1304.
- DESOUZART, O. (2005) Os 10 mais da carne suína no mundo. *Porkworld*, 4(26):18-21.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1998) Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves. Manejo de dejetos agrícolas. Embrapa-CNPSA, Concórdia, 31 p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 11).
- FIESC – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (1999) Suinocultura e avicultura em Santa Catarina. FIESC/IEL, Florianópolis. (Elaborado por Elfride Anrain Lindner).
- FERNANDES, C.O.M. & OLIVEIRA, P.A.V. (1995) Armazenagem de dejetos suínos. In: EPAGRI. Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos. EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, Florianópolis, p. 35-66.
- GOSMANN, H.A. (1997) Estudos comparativos com bioestequeira e esterqueira para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos. Dissertação de Mestrado. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- GUIVANT, J.S. (1998) Conflitos e negociações nas políticas de controle ambiental: o caso da suinocultura em Santa Catarina. *Ambiente & Sociedade*, 1(2):101-123.
- GUIVANT, J.S. & MIRANDA, C. (1999) As duas caras de Jano: agroindústrias e agricultura familiar diante da questão ambiental. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 16(3):85-128.

- HADLICH, G. M. (2004) Poluição hídrica na bacia do rio Coruja-Bonito (Braço do Norte, SC) e suinocultura: uma perspectiva sistêmica. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- HEMKEMEIER, M.; MICHELS, M.L.; COSTA, D.M. (2001) Caracterização de efluentes da suinocultura de dois municípios da região da AMUREL (Associação dos Municípios da Região de Laguna/SC). In: Encontro de Química da Região Sul, 9, Londrina. Livro de resumos. p. QA-042.
- IMHOFF, K. & IMHOFF, K.R. (2002) Manual de tratamento de águas residuárias. 26 ed. Edgard Blucher, São Paulo.
- KOEHLER, R.; LEWANDOWSKI, A. & MONCRIEF, J. (2007) Effects of swine manure applications on soil nutrient levels and phosphorous loss risk. University of Minnesota Extension Service, 16 p. (AG-BU-08424)
- KUNZ, A.; SCHIERHOLT, G.; MENOZZO, G.F.; BORTOLI, M.; RAMME, M. & COSTA, R. (2006) Estação de tratamento de dejetos de suínos (EDTS) como alternativa na redução do impacto ambiental da suinocultura. Embrapa-CNPSA, Concórdia, 6 p. (Comunicado Técnico, 452).
- LARINI, L. (1987) Toxicologia. Ed. Monde, São Paulo.
- MACHADO, P.J.O. (2001) Recursos hídricos: uso e planejamento. *Geosul*, 16(31):103-115.
- OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques (2003) Agriculture, échanges et environnement: le secteur porcin. OCDE, 208 p. (Apérçu general).
- OLIVEIRA, P.A.V. (1993) Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. EMBRAPA-CNPSA, Concórdia, 188 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).
- OLIVEIRA, P.A.V. (1995) Manejo da água – influência no volume de dejetos produzidos. In: EPAGRI. Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos. EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, Florianópolis, 29-33.
- OTTAWAY, J.P. (1982) Bioquímica da poluição. EPU/EPUS, São Paulo.
- PALHARES, J.C.P. & CALIJURI, M.C. (2007) Caracterização dos afluentes e efluentes suínos em sistemas de crescimento/terminação e qualificação de seu impacto ambiental. *Ciência Rural*, 37 (2):502-509.
- PERDOMO, C.C. & LIMA, G.J.M.M. (1998) Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. (Ed.). Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho. EMBRAPA-SPI, Brasília; EMBRAPA – CNPSA, Concórdia, p. 221-235.
- PORKWORLD (2005) Santa Catarina é destaque no setor suinícola. *Porkworld*, 4(26):50-51.
- ROCHE, M. (1963) Hydrologie de surface. Gauthier-Villars Éditeur, Paris, 400 p.
- SANTA CATARINA (1997) Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral. SDM, Florianópolis, 163 p.
- SANTA CATARINA (1981) Decreto-Lei n. 14.250 de 05/06 de 1981: Regulamenta dispositivos da Lei no. 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e à melhoria da qualidade ambiental. *Diário Oficial SC*, 09/06/1981, p. 2
- SANTA CATARINA (2000) Inventário das terras da sub-bacia hidrográfica do rio Coruja / Bonito. EPAGRI – CIRAM, Florianópolis, 112 p.

- SANTA CATARINA, UNISUL (1998) Diagnóstico dos recursos hídricos e organização dos agentes da bacia hidrográfica do rio Tubarão – SC. UNISUL, Tubarão.
- SÃO PAULO (s.d.) Manual de produtos químicos perigosos. CETESB, São Paulo. <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>.
- SEGANFREDO, M.A. (2002) A poluição por dejetos de suínos: o aspecto econômico e o direito público. Embrapa-CNPSA, Concórdia.
- SEIFFERT, N.F. (s.d.) Caracterização do poder poluente de resíduos gerados pela criação de suínos. EMBRAPA – CNPSA, Chapecó, 29 p.
- SEIFFERT, N.F. & PERDOMO, C.C. (1998) Aptidão de solos da bacia hidrográfica do rio do Peixe para aporte de fertilizantes orgânicos. EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia 3 p. (EMBRAPA Suínos e Aves. Comunicado técnico, 230).
- SMITH, D.R.; OWENS, P.R.; LEYTEM, A.B. & WARNEMUENDE, E.A. (2007) Nutrient losses from manure and fertilizer applications as impacted by time to first runoff event. *Environmental Pollution*, 147: 131-137.
- TABBARA, H. (2003) Phosphorus loss to runoff water twenty-four hours after application of liquid swine manure or fertilizer. *Journal of Environmental Quality*, 32: 1044-1052.
- VILLELA, S.M. & MATTOS, A. (1975) Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p.
- VOTTO, A.G. (1999) Zoneamento da poluição hídrica causada por dejetos de suínos no extremo oeste de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- WILLRICH, T.L. & SMITH, G.E. (Ed.) (1970) *Agricultural practices and water quality*. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 415 p.

(Footnotes)

¹To whom the correspondence should be sent: scheibe@cfh.ufsc.br