

IV-083 - ESTUDO DE OCUPAÇÃO URBANA DE ÁREA SITUADA EM BACIA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Gerson F. Fattori

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Infraestrutura dos Transportes e Logística pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Ex-professor de Engenharia Sanitária da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Ex-professor Substituto de Engenharia Sanitária do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS. Engenheiro Consultor.

Endereço: Rua da República, 717 - Farroupilha - RS - CEP: 95180-000 - Brasil - Tel: (54) 3268-1749 - e-mail: g_fattori@terra.com.br

RESUMO

A ocupação de áreas urbanas situadas dentro de bacias de captação de água para abastecimento público tem recebido fortes restrições, não apenas através dos técnicos das Prefeituras Municipais, mas, de forma mais abrangente, pela população, preocupada com a possibilidade de poluição das águas devido à descarga dos efluentes domiciliares e industriais. O presente estudo busca analisar os impactos produzidos na qualidade das águas do arroio Barracão, em Bento Gonçalves – RS, curso d'água no qual é captado aproximadamente 15% da água consumida na cidade, considerando-se a ocupação de parte da bacia hidrográfica situada a montante do ponto de captação, atualmente com restrições de usos, através de duas possibilidades de projetos de parcelamento do solo com fins residenciais unifamiliares, portanto com diferentes situações de adensamento urbano, abordando o lançamento de efluentes sanitários tratados ou não, verificando o impacto produzido na qualidade das águas do corpo receptor provocado pelas alternativas consideradas.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade das Águas, Modelagem da qualidade, Bacia de Captação, Parcelamento do Solo, Adensamento Urbano.

INTRODUÇÃO

O arroio Barracão é um curso d'água que corre ao leste da cidade de Bento Gonçalves. Nele a Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, concessionária de saneamento em Bento Gonçalves, efetivou barramento possibilitando a captação de água para tratamento e distribuição à população local.

No passado, este sistema de abastecimento de água era o único existente e, por isso mesmo, responsável pelo atendimento de toda população urbana da cidade. Atualmente, segundo informações obtidas na Unidade de Saneamento – US, da CORSAN, em Bento Gonçalves, nele é captado menos de 15% da água distribuída à população.

Através da Lei Complementar Municipal Nº 103, de 26 de outubro de 2006, foi instituído o novo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado – PDDI, de Bento Gonçalves.

Com o propósito de preservar a qualidade das águas, nele foram consideradas duas áreas com restrições de ocupação e uso do solo, localizadas na fração da bacia hidrográfica do arroio Barracão, situada a montante do ponto de captação de água, denominadas Zona de Proteção de Mananciais - ZPM, inseridas no Plano Diretor com a seguinte nomenclatura: ZPM1 e ZPM2.

Ao buscar proteger os mananciais de águas, primeiramente os técnicos e na sequência os legisladores municipais, dentro das competências e responsabilidades que lhes são inerentes, se preocuparam com a possibilidade de poluição das águas do arroio Barracão e a consequente dificuldade que esta situação poderia provocar no abastecimento público de água tratada à população da cidade, fato extremamente louvável.

Entretanto, ao restringir a ocupação daquelas áreas, o PDDI impôs sérias dificuldades ao crescimento ordenado da cidade de Bento Gonçalves, uma vez que os locais nele destinados à expansão urbana ficaram bem mais distantes do centro da cidade, provocando inconvenientes na mobilidade urbana, com incremento nos custos de conservação do sistema viário urbano.

Com o propósito de verificar a eficácia das medidas de proteção propostas no PDDI foi feita a modelagem da qualidade das águas do arroio Barracão, considerando a hipótese de ocupação da fração da bacia de drenagem atualmente protegida, através de projetos convencionais de parcelamento do solo de uso residencial unifamiliar, similares aos permitidos na legislação municipal para as zonas residenciais. Neste estudo, assume-se como pertinente e adequada a proibição de ocupação industrial nas ZPM1 e 2.

A cidade de Bento Gonçalves, até o momento, ainda não dispõe de rede coletora e tratamento coletivo dos efluentes domiciliares e industriais. Entretanto, a atual legislação municipal impõe aos novos projetos de parcelamento do solo a implantação da rede coletora e estação de tratamento, no próprio empreendimento.

METODOLOGIA

Segundo Marcos Von Sperling, na consagrada obra denominada “Estudos e modelagem da qualidade da água de rios”, há inúmeros índices de qualidade da água em utilização, sendo vários deles baseados no Índice de Qualidade das Águas – IQA, desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos. O IQA retrata, através de um índice único global, a qualidade das águas em um determinado ponto de monitoramento.

Os modelos de indicação de qualidade das águas de rios vêm sendo utilizados desde o surgimento do modelo clássico de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), criado por Streeter e Phelps, em 1925. Este modelo representou um marco histórico da engenharia sanitária e ambiental. Posteriormente, vários outros modelos foram sendo desenvolvidos. O modelo mais conhecido e utilizado é o QUAL2-E (ou na versão mais recente QUAL2-K), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), o qual representa em maior profundidade os ciclos de oxigênio, nitrogênio e fósforo na água.

Baseado no modelo QUAL2-E, o Professor Marcos Von Sperling, da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG desenvolveu um programa em Excel denominado QUAL-UFMG, disponibilizado para livre acesso no site do professor Marcos, possibilitando uma simulação rápida e precisa do impacto provocado nos cursos d’água pelo lançamento pontual de esgotos ou por rios afluentes. Por se tratar de modelo reconhecido pela facilidade de usos e pelos gráficos gerados, o QUAL-UFMG será uma das ferramentas adotadas para modelar o impacto produzido pela urbanização de parte da bacia do arroio Barracão na qualidade de suas águas. O modelo de OD de Streeter-Phelps, pela simplicidade de aplicação e apresentação, também será utilizado.

SIMULAÇÃO DE OCUPAÇÃO DA BACIA DE CAPTAÇÃO

Segundo informações obtidas com técnicos do Instituto de Pesquisas Urbanas – IPURB, órgão da Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves responsável pelo planejamento urbano, a superfície total do perímetro urbano da cidade é de 60,66km².

Conforme definido no PDDI, a ZPM1 tem, aproximadamente, 8,22km² e a ZPM2 possui superfície aproximada de 4,70km², totalizando área de 12,92km², ou seja, 21,30% da extensão total do perímetro urbano da cidade de Bento Gonçalves.

Devido ao fato da ZPM2 já estar praticamente toda parcelada e adensada, nela não será efetuada a simulação de ocupação.

Sobre a ZPM1 será simulada a ocupação e uso dentro de índices considerados normais pelo PDDI em zonas residenciais unifamiliares, com o propósito de possibilitar a verificação do impacto que esta ocupação produziria na qualidade das águas do arroio Barracão.

O PDDI define como área de proteção permanente – APP as faixas laterais de cursos d’água correntes existentes na ZPM1, com larguras diferenciadas daquelas definidas na Lei Federal Nº 4.771, conhecida como Código Florestal Federal. Pelos critérios constantes no PDDI, as APPs situadas dentro da ZPM1 somam, aproximadamente, 2,83km², portanto, restaram 5,39km² ou 539ha, como áreas possíveis de parcelamento dentro da ZPM1. Nesta área de 539ha foram consideradas duas situações de ocupação, denominadas Alternativa 1 e Alternativa 2.

Na Alternativa 1 foi considerada a possibilidade de adensamento de toda a extensão da gleba, o que é impossível de acontecer devido às ocorrências de vegetação secundária em estágios avançado e médio de regeneração e locais com declividades superiores a 30%.

Na Alternativa 2 foi considerado o adensamento apenas das áreas possíveis de serem parceladas dentro da superfície de 539ha, estimadas em 50% da área total. Esta alternativa teve a sua extensão estimada uma vez inexistente o levantamento da incidência de vegetação secundária em estágio médio e avançado de regeneração nela existente, vegetação protegida pela legislação. Para ambas as alternativas foram analisados os impactos nas águas do arroio Barracão com a consideração de efluentes tratados e efluentes sem tratamento. Na sequência mostram-se as populações esperadas nas duas situações de adensamento e as vazões de esgoto com a respectiva carga orgânica produzida.

Alternativa 1.

Possibilidade de implantação de loteamentos residenciais unifamiliares destinados a pessoas de padrão médio, com ocupação de 4 (quatro) habitantes por lote, parâmetro que levará a uma densificação bem superior da existente, uma vez a consideração de densidade atual, conforme informação da CORSAN constante no Projeto do Plano Municipal de Saneamento de Bento Gonçalves, de ocupação média de 2,5 habitantes por domicílio.

Admitindo-se o parcelamento de 539ha de extensão, com a implantação de 15 lotes por hectare, indicador médio dos empreendimentos similares em Bento Gonçalves, seriam obtidos 8.085 lotes. De acordo com o critério adotado no projeto de loteamentos residenciais unifamiliares, isto é, um lote uma família, cada uma delas com 4 habitantes, a população total máxima possível de ser assentada na área seria igual a $8.085 \text{ lotes} \times 4 \text{ hab/lote} = 32.340$ habitantes, fato que representa, aproximadamente, trinta e dois por cento da população atual de Bento Gonçalves.

É pertinente ressaltar que esta população de 32.340 habitantes seria o limite máximo de densificação no local, uma vez considerada como possível de parcelamento toda a área da ZPM1, descontando apenas as APPs incidentes sobre os arroios lá existentes. Estariam incluídas as frações cobertas com vegetação secundária em estágios avançado e médio de regeneração, bem como as áreas com declividades superiores a 30%, situações com restrições legais de ocupação, portanto impossibilitadas de serem parceladas. Se estas áreas com restrições fossem desconsideradas, levariam a uma redução no número de lotes possíveis de serem obtidos, com redução da população, situação contemplada na Alternativa 2.

Considerando a implantação de lotes com 360m² de área (12x30m), os 8.085 lotes considerados ocupariam uma área útil de 291ha, representando 54% da superfície parcelada, indicador razoável em projetos similares. Os 248ha restantes seriam destinados à recreação, uso institucional, sistema viário e preservação permanente.

Para uma população de 32.340 habitantes e adotando-se as informações constantes na Tabela 1 da NBR 7229/1993, na qual consta a contribuição diária de esgoto para ocupação residencial de padrão médio igual a 130L por pessoa por dia, haveria uma produção diária de esgoto sanitário igual a $32.340 \text{ hab} \times 130 \text{ L/hab.dia} = 4.204.200 \text{ L/dia} = 4.204,20 \text{ m}^3/\text{dia} = 48,66 \text{ L/s}$, denominada vazão doméstica média ($Q_{\text{dom med}} = 48,66 \text{ L/s}$).

A esta vazão média domiciliar deverá ser adicionada à fração correspondente à infiltração na rede, uma vez que as canalizações coletoras de esgoto são dimensionadas considerando tratar-se de condutos livres, operando em regime permanente e uniforme, por isso, passíveis de receber ou incorporar águas de infiltração.

Para determinação da contribuição da infiltração na rede coletora e poços de visita, será necessário estimar a sua extensão e a taxa de infiltração média, uma vez que a vazão de infiltração é determinada pelo produto do comprimento da rede coletora pela taxa de infiltração.

Como a rede não está projetada é necessário estimar a sua extensão. Para isso, foi considerada uma densidade de rede de 100m/ha, valor verificado pela CORSAN em redes implantadas, critério adotado pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto - SAMAE na elaboração do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da cidade de Caxias do Sul - RS.

Com relação à taxa de infiltração, consta na NBR 9649/1986, para Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, que as vazões lineares de infiltração nas redes coletoras podem variar entre 0,05 e 1L/s.km de extensão de rede. A CORSAN, na Ordem de Serviços nº 2/2006, que dispõe sobre as diretrizes e requisitos

técnicos para elaboração de projetos de redes de distribuição de água e coletoras de esgoto sanitário em projetos de parcelamento do solo, define o valor de 0,5L/s.km.

Neste estudo, cujo objetivo é determinar qual será o impacto negativo produzido na qualidade das águas do arroio Barracão, provenientes da urbanização de áreas integrantes da sua bacia hidrográfica, situadas a montante do ponto de captação, será adotado valor inferior com o propósito de obtenção de maiores concentrações de poluentes. Assim, foi definido 0,25L/s.km como taxa de infiltração, mesmo valor adotado pelo SAMAE na elaboração do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Caxias do Sul. Com estas premissas obteve-se a seguinte vazão de infiltração: $Q_{inf} = 539ha \times 0,10km/ha \times 0,25L/skm = 13,475L/s$.

A vazão média será obtida pela soma da vazão doméstica média com a vazão de infiltração. Assim a vazão média (Q_{med}) será a seguinte: $Q_{med} = 48,66 + 13,475 = 62,135L/s = 0,062135m^3/s = 5.368,464m^3/dia$.

Adotando-se a contribuição de carga orgânica $gDBO_5^{20}/dia$ definida na Tabela 3 da NBR 13.969/2007, igual a 45g para pessoas de padrão médio, teríamos uma contribuição de carga orgânica igual a: $32.340hab \times 45g/hab.dia = 1.455.300g/dia = 1.455,30kg/dia$. A concentração de matéria orgânica no esgoto seria a seguinte: $1.455,30kg/dia \div 5.368,464m^3/dia = 0,27108g/L = 271,08mgDBO/L$. Apenas a título de informação, se adotado ocupação por pessoas de padrão alto, a contribuição de esgoto seria de 160L/hab.dia e a carga orgânica de 50g/hab.dia, obtendo-se concentração igual a 255mg/L, menor do que a adotada no estudo.

Alternativa 2.

A segunda simulação integrante do presente estudo levou em conta apenas às áreas úteis da ZPM1 passíveis de serem parceladas, estimadas em 50% da superfície total da área de abrangência da referida ZPM. Convém realçar que a área possível de receber empreendimentos de parcelamento do solo dentro da ZPM1 foi apenas estimada, uma vez que a correta definição levaria à realização de levantamentos topográficos de elevados custos. Além disso, a legislação municipal impõe a destinação de 15% da área parcelada à recreação e ao uso institucional, portanto, a superfície a ser parcelada e o número de lotes produzidos por hectare considerados neste estudo, fica muito próximo daquele que realmente poderia ser obtido.

Com esta consideração seriam parcelados 270ha, oportunizando a implantação de 4050 lotes residenciais unifamiliares. Adotando o mesmo critério de adensamento considerado na alternativa 1, seria possível acomodar uma população igual a 16.200 habitantes, produzindo a seguinte vazão de efluentes domiciliares:

$$Q_{dom med} = (16.200hab \times 130L/hab.dia) \div 86400 s/dia = 24,375 L/s.$$

Seguindo os mesmos critérios adotados na determinação da vazão de infiltração na alternativa 1, a infiltração, na alternativa 2, seria assim calculada: $Q_{inf} = 270ha \times 0,10km/ha \times 0,25L/s.km = 6,75L/s$.

Conhecidas as vazões doméstica média e de infiltração obtém-se a vazão média igual a:

$$Q_{med} = 24,375 + 6,75 = 31,125L/s = 0,031125m^3/s = 2.689,2m^3/dia.$$

A carga orgânica seria a seguinte: $16.200hab \times 45g/hab.dia = 729,0kg/dia$. A concentração de carga orgânica é igual a: $729,0kg/dia \div 2.689,2m^3/dia = 0,27108g/L = 271,08mgDBO/L$, idêntica a obtida na alternativa 1.

Estas grandezas estão mostradas de forma resumida na tabela seguinte.

Tabela 1: Lotes projetados, população atendida, esgoto produzido, carga e concentração orgânica

Alternativa	Lotes (un)	Pop (hab)	Qdommed (L/s)	Qinfiltr. (L/s)	Qmédia (L/s)	Carga Orgânica (kg/dia)	Concentr. mgDBO/L
1 – 539ha	8.085	32.340	48,660	13,475	62,135	1.455,3	271,08
2 – 270ha	4.050	16.200	24,375	6,750	31,125	729,0	271,08

Definida a vazão de esgoto afluente ao arroio e a carga orgânica, o próximo passo é a determinação da vazão do arroio Barracão e a qualidade atual de suas águas. A coleta da amostra de água para análise foi feita a montante do provável ponto de lançamento dos efluentes considerados nas duas alternativas propostas.

O arroio Barracão tem o seu início no município de Carlos Barbosa, bem próximo da divisa municipal com Farroupilha. Seguindo na direção norte atravessa parte do 3º Distrito do município de Farroupilha, entrando no

município de Bento Gonçalves, por onde percorre até encontrar o arroio Buratti, daí em diante passando a chamar-se rio Buratti, cujas águas alcançam o rio das Antas, calha principal da bacia Taquari-Antas, na divisa municipal entre Bento Gonçalves e Veranópolis.

Desde a nascente até o ponto de descarga dos efluentes provenientes da ocupação proposta nas alternativas de densificação, situado aproximadamente 3km a montante da captação de água da CORSAN, extensão medida segundo o curso d'água através do Google Earth, a bacia de drenagem do arroio Barracão tem uma superfície aproximada de 47,63km², sendo 30,03km² situados nos município de Carlos Barbosa e Farroupilha e, os restantes 13,60km² localizados dentro do município de Bento Gonçalves.

Para determinar o impacto do lançamento de carga orgânica na qualidade das águas de um rio é necessário conhecer a sua vazão. Apesar de intensa procura em vários órgãos entre eles a Corsan, a Prefeitura de Bento Gonçalves, o Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a única, mas importante informação foi obtida junto ao setor de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHTE, da Superintendência Regional de Porto Alegre – SUREG/PA, Serviço Geológico do Brasil – SGB, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM.

Através de mensagem eletrônica, a Eng^a Andréa de Oliveira Germano, Gerente da GEHTE – SUREG/PA, SGB/CPRM, fones (51) 32338395, (51) 34067307, fax (51) 32337772, informa o seguinte: de acordo com as estações existentes na bacia do rio das Antas, a vazão específica média de longo período (Q_{mlp}) é igual a 26,62 L/s/km², obtida através de medições realizadas no período de 1983 a 2007.

Conhecida a área da bacia hidrográfica do arroio Barracão, desde a sua nascente até o ponto de descarga considerado no estudo, segundo a linha do arroio situado 3 km a montante do ponto de captação de água da CORSAN, e definida a vazão específica média, a vazão média de longo período do arroio Barracão no local referido é assim obtida: $Q_{mlp} = 47,63 \text{ km}^2 \times 26,62 (\text{L/s/km}^2) = 1.267,91 \text{ L/s}$.

Para a modelagem do impacto de lançamentos pontuais de esgoto em um determinado curso d'água é necessário conhecer, além da vazão, os atuais padrões de qualidade das suas águas. Devido à inexistência de informações foi solicitado ao Laboratório Alac, estabelecido em Garibaldi-RS, empresa devidamente cadastrada na Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM, que efetuasse a coleta de amostras e realizasse o ensaio dos nove parâmetros considerados na determinação do IQA.

Os ensaios foram realizados e os resultados constam no Relatório de Ensaio N° 21275/2009, aqui transcrito: DBO₅²⁰: 35,0mg/L; P: 0,324mg/L; OD: 8,30mg/L; pH: 7,24; ST: 194,0mg/L; T: 17,5°C; Turbidez: 33,82UNT; Coliformes termotolerantes: 5730,0NMP/100mL; N total Kjeldahl: 4,11mg/L.

Os ensaios mostraram uma característica muito interessante, o oxigênio dissolvido – OD, igual a 8,30 mg/L, é um indicador com o qual a Resolução do CONAMA N° 357/2005 classificaria as água do arroio Barracão como Classe 1. Certamente, esse fato é devido à declividade existente a montante. Segundo medição efetuada, baseada em informações obtidas no Google Earth, a declividade média do rio é de 11,5m/km (1,15%), característica de rios com corredeiras, fato gerador de aumento da oxigenação de suas águas, apresentando condições plenamente favoráveis à ictiofauna.

Além dele, outros parâmetros obtidos na análise das águas do arroio Barracão são características de águas de boa qualidade (Classe 1 pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA) entre eles citam-se os seguintes: PH e Turbidez. É pertinente salientar que para todas as Classes de 1 a 4, a faixa do pH varia de 6 a 9.

Pelo ensaio realizado, os parâmetros que realmente comprometem a qualidade daquelas águas são os Coliformes termotolerantes (Coliformes fecais), a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, o Nitrogênio - N e o Fósforo – P, indicadores da poluição humana provocada pela ação antrópica.

Conhecidos os nove parâmetros e utilizando o programa de cálculo do IQA, disponível no site do Professor Marcos Von Sperling, foi obtido IQA igual a 39. Segundo os critérios da CETESB as águas seriam classificadas como “Aceitável”, já a NSF classificaria as águas como “Ruim”. É importante ressaltar que no Brasil, o IQA-NSF foi modificado pela CETESB, com a substituição do nitrato por nitrogênio total. No cálculo do IQA o oxigênio dissolvido – OD entra em percentual de saturação de OD. Para determiná-lo é necessário informar a altitude no ponto de coleta, no caso 500m, e a temperatura da água, igual a 17,5°, medida no dia da

coleta da amostra para ensaio, o próprio programa calcula o percentual de saturação. É importante salientar que a FEPAM utiliza o IQA para divulgar a qualidade das águas das bacias hidrográficas por ela monitoradas.

Utilizando os padrões de qualidade das águas do arroio Barracão mostrados anteriormente, ou seja: $OD_{rio}=8,3\text{mg/L}$; $DBO_{5,rio}=35\text{mg/L}$, foi aplicado o modelo OD de Streeter-Phelps para interpretar qual seria o impacto da descarga pontual de 62,135 L/s de esgoto, com carga orgânica igual a 271 mg/L, sem nenhum tratamento, nas águas do arroio Barracão, situadas 3km a montante do ponto de captação, com a consideração da vazão média de longo período, $Q_{mlp}=1.268\text{L/s}$. Os coeficientes adotados nesta simulação de descarga foram os seguintes: $K1=0,40$; $K2=10,0$ e $Kd=0,53$. Os coeficientes $K1$ e Kd foram obtidos no Quadro 8.2, na página 327 em Von Sperling (2007), corrigidos para a temperatura da água igual a 17,5°. O $K2$ foi tirado do Quadro 8.5 da mesma fonte bibliográfica.

Nas simulações de descarga de esgoto tratado foi adotada eficiência de remoção de DBO igual a 80%, OD do esgoto igual zero, bem como os seguintes coeficientes, $K1=0,22$; $K2=10,0$ e $Kd=0,23$. A concentração de saturação de oxigênio na cota 500 e temperatura da água de 17,5° é igual a 9,1mg/L. A vazão do rio considerada foi a $Q_{mlp}=1,268\text{m}^3/\text{s}$.

A simulação da alternativa 1, sem tratamento, mostrou que o OD do arroio Barracão igual a 8,30mg/L, no instante da mistura reduz para 7,91mg/L, a DBO_5 aumenta para 46,0 mg/L. Na chegada das águas no ponto de captação, isto é, três km a jusante do ponto de lançamento, a concentração de OD passa para 7,362mg/L com DBO igual a 44,5mg/L, mostrando que houve acréscimo de matéria orgânica nas suas águas.

Fazendo a simulação pelo mesmo modelo OD de Streeter-Phelps na alternativa 1, agora com a consideração de tratamento dos esgotos através de processo com eficiência de 80% na remoção da matéria orgânica, eficiência facilmente obtida, considerando OD do afluente, mesmo tratado, igual a zero e utilizando-se os seguintes coeficientes, $K1=0,22$, $Kd=0,23$ e $K2=10,0$, os resultados da simulação são os seguintes: OD da mistura igual a 7,91mg/L, com DBO de 35,9mg/L. Três quilômetros a jusante, no ponto de captação, a DBO estaria em 35,2 mg/L, praticamente igual aquela atualmente existente no arroio, e o OD seria de 7,892 mg/L. O menor valor de OD é igual a 7,891, encontrado 3,8km a jusante do ponto de lançamento, menor do que o atualmente existente, mas superior ao limite de enquadramento das águas na classe 1, da Resolução nº 357/2005 do CONAMA, que define OD em qualquer amostra não inferior a 6 mg/L para as águas Classe 1.

Aplicando-se o mesmo modelo de OD de Streeter-Phelps agora para a alternativa 2, com população de 16.200 hab, produzindo vazão média de esgoto de 31,125 L/s, com carga orgânica de 271,08mg/L, primeiramente sem tratamento, os resultados foram os seguintes: OD da mistura igual a 8,1mg/L e DBO da mistura 40,7 mg/L. Três quilômetros a jusante foi encontrado OD igual a 7,58mg/L e a DBO de 39,4mg/L. Para a alternativa 2, com tratamento do esgoto, obteve-se: OD da mistura: 8,1 mg/L; DBO igual a 35,5 mg/L, após 3km de percurso do arroio, na chegada do barramento do Barracão tem-se: OD igual a 7,984 mg/L e DBO_5 de 34,8 mg/L. Os coeficientes $K1$; $K2$ e Kd foram os mesmos usados na modelagem da alternativa 1. O OD mínimo é igual a 7,938mg/L, ocorrente no km 8 a jusante do ponto de mistura.

No ponto de lançamento considerado nas simulações a água do arroio Barracão possui OD = 8,3mg/L e $DBO_5=35\text{mg/L}$, então é fácil perceber que o presente estudo de adensamento da sua bacia hidrográfica não irá impactar negativamente a qualidade atual das suas águas, se os efluentes domiciliares forem tratados. Com ou sem tratamento, em ambas alternativas, o OD ficou acima de seis, parâmetro de águas classe I pelo CONAMA. Já a DBO fica prejudicada pelo alto índice atualmente observado nas águas do arroio Barracão. É pertinente e importante ressaltar o seguinte, o OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.

Os resultados das simulações pelo modelo de oxigênio dissolvido de Streeter-Phelps, nas duas alternativas 1 e 2, e para cada uma delas sem e com tratamento de eficiência de 80%, e OD do efluente igual a zero, estão mostrados na tabela seguinte. Nela também consta a DBO última, uma vez que no modelo de oxigênio dissolvido os cálculos são baseados na demanda última de oxigênio e não na demanda de cinco dias.

Tabela 2: Resultados das simulações através do modelo OD de Streeter-Phelps

Parâmetro	Alternativa 1 (Q _{média} = 62,14L/s)		Alternativa 2 (Q _{média} =31,13L/s)	
(mg/L)	Com tratamento	Sem Tratamento	Com Tratamento	Sem Tratamento
Q _{mlp} =1,268m³/s	K1=0,22; Kd=0,23	K1=0,35; Kd=0,40	K1=0,22; Kd=0,23	K1=0,35; Kd=0,40
K2=10,0; (Para 500m e 17,5° - OD _{sat} =9,1mg/L; OD _{rio} =8,3mg/L; DBO _{rio} =35; Eficiência Trat.=80%				
OD Mistura	7,91	7,91	8,10	8,10
DBO ₅ Mistura	35,9	46,0	35,5	40,7
OD-3km jusan.	7,892	7,362	7,98	7,58
DBO ₅ -3km jus.	35,2	44,5	34,8	39,4
OD mínimo	7,891 (km 3,8)	7,09 (km 8)	7,938 (km 10)	7,330 (km 10)
DBO última mist	53,8	55,5	53,2	49,2

Além disso, conforme mostrado na tabela anterior, foi considerado concentração de OD no esgoto afluente igual a zero, mesmo na situação de tratamento, fato que, se considerada a sua verdadeira grandeza, levaria a valores mais satisfatórios sob o ponto de vista ambiental.

Apenas com o propósito de mostrar o verdadeiro impacto dos lançamentos pontuais estudados, foram feitas as simulações com a consideração de extensão de 20km a jusante do lançamento. Nelas constata-se para as condições da alternativa 1, sem tratamento, que após a mistura o OD vai diminuindo até alcança o menor valor, 7,09mg/L, 8 quilômetros a jusante do ponto de lançamento, mas mesmo assim superior ao mínimo considerado para águas classe 1. A partir daí o OD volta a aumentar. Com a DBO constata-se o que já é sabido, ou seja, ao longo do escoamento a sua concentração vai reduzindo cada vez mais, devido ao fenômeno de autodepuração dos cursos d'água.

Como forma de complementação e comparação foi utilizado o modelo QUAL-UFMG para a verificação dos resultados obtidos através do modelo de OD de Streeter-Phelps, com a adoção dos mesmos coeficientes K1, K2 e Kd. A modelagem restou prejudicada uma vez conhecidos apenas os parâmetros de qualidade utilizados na determinação do IQA, não contemplando as frações do nitrogênio e fósforo presentes nas águas do arroio Barracão. Em razão disso, a aplicação do modelo QUAL-UFMG apenas comprovou os resultados obtidos na aplicação do modelo de Streeter-Phelps para DBO e OD.

Entretanto, quando se deseja simular o impacto proveniente do lançamento de cargas poluidoras num corpo receptor é importante utilizar a vazão mínima do curso d'água, pois ela representa as condições de estiagem, portanto, condições críticas, nas quais a capacidade de diluição do curso d'água é menor. No Brasil as vazões de referência mais utilizadas são as seguintes: Q₉₀ (ou Q₉₅) e Q_{7,10}.

Segundo Von Sperling (2007), Q₉₀ (ou Q₉₅) é a vazão em que 90% (ou 95%) dos dados diários da série são iguais ou superiores a ela, ou seja, apenas 10% (ou 5%) das vazões diárias são inferiores. Também pode ser entendida como a vazão em que 90% (ou 95%) do tempo se tem vazões iguais ou superiores a ela. Corresponde ao percentil 10% (ou 5%). Q_{7,10} é a vazão mínima com período de retorno de 10 anos e período de duração de 7 dias consecutivos.

Então, para a definição de Q₉₀ (ou Q₉₅) e/ou Q_{7,10} são necessários dados fluviométricos históricos do curso d'água. A CPRM, única fonte conhecida de informações de longo período sobre a bacia do rio das Antas, possui dados fluviométricos do mesmo, mas não do arroio Barracão. Assim, em contato com a CPRM, foram recebidas, através da Eng^a Márcia Conceição Pedrollo, as seguintes informações: no período de 1983 a 2007 a CPRM operou duas estações fluviométricas no rio das Antas, Passo do Gabriel, ainda em operação, e Ponte do Rio das Antas que operou até abril de 2008.

O Passo do Gabriel está situado num ponto mais a montante no rio das Antas, cuja área de drenagem é 1.725km², resultando, no período de 1983 a 2007, Q₉₀ igual a 9,14m³/s e Q₉₅ igual a 7,35m³/s. Para a Ponte do Rio das Antas, estação localizada mais a jusante, os resultados para o período de 1983 a 2007 são os seguintes, Q₉₀=55,3m³/s e Q₉₅=41,6m³/s para uma área de drenagem de 12.298km². A CPRM não determinou a Q_{7,10}.

As informações recebidas permitiram conhecer as vazões específicas através dos seguintes cálculos: a) Passo do Gabriel, Q_{esp90}=9140L/s÷1725km²=5,30L/s.km², Q_{esp95}=7350L/s÷1725km²=4,26L/s.km². b) Ponte do Rio das Antas, Q_{esp90}=55300L/s÷12298km²=4,50L/s.km², Q_{esp95}=41600L/s÷12298km²=3,38L/s.km².

Analisando as vazões específicas calculadas, foram empregadas aquelas da estação Ponte do Rio das Antas para a determinação da Q_{90} e Q_{95} no arroio Barracão. A escolha das informações provenientes da estação Ponte do Rio das Antas se justifica, não apenas por ela estar mais próxima da bacia hidrográfica do arroio Barracão, mas, principalmente, devido ao fato de produzir vazões menores daquelas calculadas com os valores obtidos na estação Passo do Gabriel, fato que melhor poderá interpretar, sob o ponto de vista ambiental, os impactos produzidos pelo adensamento da bacia do arroio Barracão na qualidade de suas águas.

Adotando o conceito de regionalização das vazões e conhecidas as vazões específicas e a área da bacia de drenagem igual a 47,63km², multiplicando uma pela outra são obtidas as seguintes vazões mínimas de referência no arroio Barracão, $Q_{90}=214,335\text{L/s}$ e $Q_{95}=160,989\text{L/s}$.

Não apenas como forma de comparação, mas com o propósito de definir $Q_{7,10}$, foram adotadas as relações típicas entre vazões de referência no estado de Minas Gerais constantes no Quadro 2.3, na pag. 89, do livro intitulado Estudos e modelagem da qualidade da água de rios, transcritas na tabela seguinte. Nela consta a seguinte informação: a relação entre $Q_{mlp}/Q_{7,10} = 3$ a 5 para a disponibilidade hídrica intermediária ou alta. Com esta consideração obtém-se a seguinte vazão específica: $Q_{7,10} = 26,62 \text{ L/s.km}^2 \div 4(\text{meio do intervalo}) = 5,32\text{L/s.km}^2$.

Tabela 3: Relações típicas entre vazões de referência no estado de Minas Gerais para distintas categorias de disponibilidade hídrica

Disponibilidade hídrica	Faixa de descarga específica em $Q_{7,10} (\text{L/s.km}^2)$	$Q_{95}/Q_{7,10}$	$Q_{90}/Q_{7,10}$	Q_{90}/Q_{95}	$Q_{mlp}/Q_{7,10}$
Baixa	0,1 a 1,0	1,5 a 2,3	1,8 a 3,2	1,2 a 1,5	6 a 15
Intermediária	1,0 a 5,0	1,2 a 1,6	1,4 a 2,0	1,2 a 1,3	3 a 5
Alta	5,0 a 10,0	1,1 a 1,4	1,3 a 1,7	1,2 a 1,4	3 a 5

Adaptado de Von Sperling, 2007.

Usando as relações $Q_{95}/Q_{7,10} = 1,1$ a 1,4 e $Q_{90}/Q_{7,10} = 1,3$ a 1,7, para disponibilidade hídrica alta uma vez $Q_{7,10}$ maior do que 5L/s.km^2 , obtém-se as seguintes vazões específicas: $Q_{esp95} = 5,32 \times 1,1 = 5,852\text{L/s.km}^2$; e $Q_{esp90} = 5,32 \times 1,3 = 6,916\text{L/s.km}^2$. Com elas é possível calcular $Q_{90} = 6,916\text{L/s.km}^2 \times 47,63\text{km}^2 = 329,41\text{L/s}$ e $Q_{95} = 5,852\text{L/s.km}^2 \times 47,63\text{km}^2 = 278,73\text{L/s}$, valores não muito diferentes daqueles recebidos da CPRM, certamente não trazendo modificações consideráveis nas simulações para a vazão de lançamento considerada na alternativa 2.

Entretanto, o propósito desta verificação foi observar a possibilidade de usar as relações apresentadas na tabela anterior para permitir, com as informações já conhecidas, estimar $Q_{7,10}$. Para isso, foi determinada a relação $Q_{90}/Q_{95} = 214,335 \div 160,989 = 1,33$. Com o valor encontrado e analisando a tabela, a melhor relação que pode ser usada na determinação da $Q_{7,10}$ é a seguinte, $Q_{95}/Q_{7,10} = 1,1$ a 1,4. Então, $Q_{7,10} = 161\text{L/s} \div 1,1 = 146,36\text{L/s}$.

Determinadas as seguintes vazões críticas, $Q_{90}=214,35\text{L/s}$, $Q_{95}=161,0\text{L/s}$ e $Q_{7,10}=146,36\text{L/s}$, foi aplicado o modelo OD de Streeter-Phelps para efluentes tratados com $OD=0$ e 2mg/L , com os mesmos coeficientes K_1 , K_d e K_2 para efluentes tratados usados nas simulações anteriores, cujos resultados estão mostrados na tabela seguinte.

É possível constatar que o OD continua maior do que o mínimo definido pelo CONAMA para as águas classe 1. Já a DBO é maior do que a máxima permitida para águas classe 3, mas a causa não é a descarga proveniente dos efluentes produzidos na simulação de ocupação da bacia por empreendimentos do parcelamento do solo, mas sim, a atual qualidade daquelas águas.

Tabela 4: Resultados das simulações através do modelo OD de Streeter-Phelps para vazões mínimas

Esgoto Tratado	$Q_{\text{lançamento}} = 31,13 \text{ L/s}; OD_{\text{esgoto}} = 0 \text{ mg/L}; K_1 = 0,22; K_d = 0,23; K_2 = 10,0$			
Vazão	$Q_{\text{mlp}} = 1.267,9 \text{ L/s}$	$Q_{7,10} = 146,36 \text{ L/s}$	$Q_{95} = 161,00 \text{ L/s}$	$Q_{90} = 214,35 \text{ L/s}$
Dados da Mistura $DBO_{\text{rio}} = 35 \text{ mg/L}$ $OD_{\text{rio}} = 8,3 \text{ mg/L}$ $OD_{\text{satur.}} = 9,1 \text{ mg/L}$	$Q_{\text{total}} (\text{m}^3/\text{s})$	0,177	0,192	0,245
	OD (mg/L)	6,84	6,96	7,25
	$DBO_5 (\text{mg/L})$	38,4	38,1	37,4
	$DBO_{\text{última}} (\text{mg/L})$	57,5	57,1	56,1
Dados Trecho (final, 3 km jusante - captação)	$DBO_5 (\text{mg/L})$	37,7	37,4	36,7
	OD (mg/L)	7,37	7,42	7,57
	$OD_{\text{mín}} (\text{mg/L})$	6,84 (km 0)	6,96 (km 0)	7,25 (km 0)
	$Q_{\text{lançamento}} = 31,13 \text{ L/s}; OD_{\text{esgoto}} = 2 \text{ mg/L}; K_1 = 0,22; K_d = 0,23; K_2 = 10,0$			
Dados da Mistura	OD (mg/L)	7,20	7,28	7,50
	$DBO_5 (\text{mg/L})$	38,4	38,1	37,4
	$DBO_{\text{última}} (\text{mg/L})$	57,5	46,1	56,1
Dados do trecho	$DBO_5 (\text{mg/L})$	37,7	36,9	36,7
	OD (mg/L)	7,53	6,95	7,68
	$OD_{\text{mín}} (\text{mg/L})$	7,20 (km 0)	6,82 (km 7,5)	7,50 (km 0)

Tendo em vista os resultados obtidos, foram buscadas na bibliografia informações para melhor entendimento dos valores encontrados nas simulações.

No volume 7 da série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, intitulado Estudos e modelagem da qualidade da água de rios, na página 309, Marcos Von Sperling assim escreve. “Ao se analisarem as possíveis estratégias do controle da poluição no curso d’água, é fundamental que se atribua uma visão regional para a bacia hidrográfica como um todo, objetivando atingir-se a qualidade desejada para a água, ao invés de se tratar o problema pelos seus focos isolados. Quando se emprega um enfoque regional, uma grande variedade de estratégias alternativas torna-se disponível, normalmente conduzindo a maior economicidade e segurança. Uma estrutura organizacional adequada torna-se fundamental para desempenhar estas funções”.

Além disso, é pertinente e oportuno transcrever o que escreveu Suetônio Mota, na página 153 da sua obra intitulada Gestão Ambiental de Recursos Hídricos, na qual consta o seguinte: “A medida mais eficaz de controle da poluição da água é a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos domésticos e industriais.”

Muito importante é transcrever a lavra de José Galizia Tundizi, no livro intitulado Água no Século XXI, Enfrentando a Escassez, no qual, na página 141, se lê o seguinte: “nenhum desenvolvimento humano pode ocorrer sem o uso eficiente dos recursos hídricos; a reciclagem de água na indústria e o tratamento de esgotos deveriam ser práticas correntes.”

Na página 23 do Manual de Saneamento, publicado pela Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, órgão do Ministério da Saúde, assim consta: “No planejamento das atividades, visando estratégias de controle da poluição da água, é fundamental que se considere a bacia hidrográfica como um todo a fim de se obter maior eficiência na realização dessas atividades. Entre as principais técnicas encontradas podemos citar: implantação de sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários e industriais, controle de focos de erosão e recuperação de rios objetivando o retorno ao seu equilíbrio dinâmico, restauração de suas condições naturais.”

Consultando o site da Agência Nacional de Águas – ANA, encontra-se o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES. No texto explicativo do PRODES assim consta: “Dentre os maiores desafios da gestão de recursos hídricos no Brasil está a redução das cargas poluidoras nos corpos d’água. Principalmente em regiões metropolitanas, a degradação da qualidade da água vem criando situações insustentáveis do ponto de vista de desenvolvimento. Os efluentes domésticos representam uma das principais fontes poluidoras dos ecossistemas aquáticos do território nacional. Menos de 20% do esgoto urbano recebe algum tipo de tratamento, o restante é lançado nos corpos d’água ‘in natura’, colocando em risco a saúde do ecossistema e da população local.” Mais adiante consta o seguinte: “O tratamento de esgotos é fundamental para qualquer programa de despoluição das águas.”

Do que foi mostrado e comentado, associado ao fato da qualidade atual das águas do arroio Barracão, é importante apresentar algumas sugestões para melhorar e conservar a qualidade das suas águas, sem prejudicar o crescimento ordenado da cidade de Bento Gonçalves. As recomendações estão colocadas juntamente com as conclusões.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A determinação do IQA do arroio Barracão indicou tratar-se de águas classificadas como ruim pelos critérios da NSF, ou aceitáveis pelos critérios da CETESB. Além disso, segundo a Resolução N° 357/2005 do CONAMA, a maioria dos parâmetros analisados mostrou tratar-se de águas Classe IV. Apenas o Oxigênio Dissolvido, Turbidez e PH satisfazem os critérios da Resolução para águas Classe 1.

O arroio Barracão apresenta excelente nível de oxigênio dissolvido, característica de cursos d'água com grande poder de oxigenação. Entretanto, a elevada quantidade de matéria orgânica, constatada no nível de DBO, prejudica a qualidade de suas águas.

A simulação de ocupação de parte da bacia hidrográfica ainda não urbanizada mostrou não produzir maiores impactos negativos além dos já existentes, uma vez tratados os efluentes domiciliares produzidos pela ocupação residencial unifamiliar daquela área.

Para melhorar a qualidade das águas do arroio Barracão não adianta simplesmente restringir o uso e ocupação do solo na sua bacia hidrográfica, outras questões, talvez muito mais importantes, devem ser consideradas. A coleta e tratamento dos efluentes domiciliares produzidos pelas habitações, atualmente lá existentes e as futuras, especialmente aquelas localizadas na ZPM2, é a principal delas. Além disso, o controle de qualidade da água deve estar associado a um planejamento de abrangência em toda a bacia hidrográfica, e não apenas por agentes pontuais de alteração.

Além da urgente preocupação com o tratamento dos efluentes é importante adotar, tão logo possível, as recomendações sugeridas na sequência, com o propósito de se buscar a melhoria da qualidade das águas do arroio Barracão, importante manancial escoando sinuosamente a leste da cidade de Bento Gonçalves, curso d'água do qual, por muitos anos, foi retirada toda a água consumida pela população.

Com o propósito de contribuir são apresentadas as seguintes recomendações.

- a) caso inexistente, organizar e implantar imediatamente plano de recuperação da mata ciliar ao longo das faixas de preservação permanente – APP, definidas no Código Florestal Federal (Lei Federal N° 4.771, de 15 de setembro de 1965), através do plantio de mudas de espécies nativas da região. Esta medida deverá ser adotada não apenas ao longo do arroio Barracão, mas também, em todos os seus afluentes, especialmente os existentes nas ZPM1 e ZPM2.
- b) controle da ocupação das encostas com mais de 30% de declividade, existentes dentro da bacia de drenagem do arroio Barracão. O ideal seria levantar, mapear e proibir a sua ocupação, salvo se tomadas todas as medidas adequadas de contenção, inclusive a recuperação da vegetação original;
- c) levantar as áreas cobertas com vegetação primária, se existente, ou secundária em estágios avançado e médio de regeneração, ocorrentes em áreas situadas dentro da ZPM1, até o momento ainda não urbanizadas, como forma de protegê-las no caso da implantação de futuros empreendimentos de parcelamento do solo no local;
- d) na aprovação de novos projetos de parcelamento do solo dentro da bacia de drenagem do arroio Barracão, permitir unicamente os loteamentos residenciais unifamiliares, proibindo a implantação de loteamentos industriais. Além disso, exigir maior percentual de áreas públicas, especialmente as áreas de recreação e de uso institucional, dentro de percentuais razoáveis e aceitáveis, nelas permitindo a inclusão das áreas com vegetação nativa e aquelas com declividades superiores a 30%, ao invés de aumentar a área dos lotes, fato potencialmente gerador de futuros fracionamentos, redundando em maior densificação urbana, em contraponto ao dimensionamento das redes de infraestrutura implantadas.

e) criar um programa de cadastro, gerenciamento e monitoramento das nascentes existentes na bacia hidrográfica do arroio Barracão, desenvolvendo e fomentando práticas de proteção às nascentes, principalmente a recuperação da vegetação existente no entorno delas;

f) criar um comitê comunitário municipal, ou preferencialmente regional, para o acompanhamento, gerenciamento e monitoramento da qualidade das águas do arroio Barracão, considerando-se que a nascente dele está localizada no município de Carlos Barbosa, atravessando parte do município de Farroupilha, antes de entrar no município de Bento Gonçalves, entre outras mais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES, disponível em <http://www.ana.gov.br/prodes.asp>, acesso em 20 de junho de 2009.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 7229, Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanque Séptico. Rio de Janeiro, 1993.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 9649, Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 13.969, Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1997.
5. BRASIL, Lei Federal Nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Brasília-DF, 1965.
6. BRASIL, MS. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Manual de Saneamento. Brasília, DF, 2007.
7. BRASIL, MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução Nº 357, de outubro de 2005. Brasília, 2005.
8. GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, Ordem de Serviço Nº 2. Porto Alegre, 2006.
9. MOTA, S. Gestão Ambiental De Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 3ª Edição. Rio de Janeiro, 2008.
10. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto– SAMAE. Plano Municipal de Saneamento, Caxias do Sul, 2001.
11. PREFEITURA MUNICIPAL DE BENTO GONÇALVES, Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado– PDDI, Bento Gonçalves, 2007.
12. PREFEITURA MUNICIPAL DE BENTO GONÇALVES, Projeto do Plano de Saneamento. Bento Gonçalves, 2009.
13. TUNDISI, J.G. Água no século XXI – Enfrentando a Escassez, RiMa Editora/Instituto Internacional de Ecologia. São Carlos – SP, 2003.
14. VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. DESA – UFMG. Belo Horizonte, 2007.