Estudo da Capacidade de Autodepuração dos Rios Potengi e Pium, localizados no Estado do Rio Grande do Norte

Patrícia Freire Chagas[1], Silvia Helena Lima dos Santos[2] & Arthur Mattos[3]

RESUMO --- Este trabalho trata do estudo para verificar a capacidade de autodepuração dos rios Potengi e Pium, situados na região metropolitana da cidade de Natal, Rio Grande de Norte. O estudo consistiu na aplicação de um modelo matemático, com base nos princípios de transporte de massa, para determinar a distribuição das concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio, do Oxigênio Dissolvido e dos Coliformes, resultados de lançamentos de efluentes nos referidos rios. Foram considerados cenários de estação chuvosa e estação de estiagem para ver de que forma estes rios são afetados por diferentes lançamentos. Os resultados mostram que, mesmo nas estações chuvosas, qualquer lançamento de efluente nestes rios, necessita de um tratamento prévio para este efluente.

ABSTRACT--- This research treats of the studying to verify the capacity of assimilation of the Potengi and Pium Rivers, located in the metropolitan area of the city of Natal, Rio Grande do Norte. The study consisted of the application of a mathematical model, with base in the mass transport principle, to determine the distribution of the concentrations of the Biochemical Demand of Oxygen, of the Dissolved Oxygen and of Coliform, results of releases of referred effluents in the rivers. Sceneries of rainy station and drought station were considered to see how these rivers are affected for different releases. The results show that, even in the rainy stations, any effluent release in these rivers, needs a previous treatment for this effluent.

Palavras-Chave: Modelagem de Qualidade de Água; Processos de Deputação em Rios; Lançamentos de Efluentes.

[1] Pesquisadora do Departamento de Saneamento da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Email: pfchagas@yahoo.com

[2] Doutora em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará e bolsista da Capes. Campos do Pici, CEP-60445-760. Bloco 713. Fortaleza – Ceará. E-mail: silviahlsantos@hotmail.com

[3] Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Introdução

O crescimento das grandes cidades tem acelerado o acréscimo do consumo de água e a produção de resíduos líquidos que são lançados, preferencialmente, nos corpos d'água superficiais. Esses lançamentos introduzem nos corpos hídricos substâncias ou características físicas que ali não existiam, ou que existiam em quantidades toleráveis. As formas e os níveis de lançamentos de efluentes, nos sistemas hídricos, são variáveis, e exigem um controle adequado desses lançamentos, de forma a garantir os padrões de qualidade desejáveis para os diversos fins.

As alterações da qualidade da água representam as evidências do impacto das atividades humanas. Estas mudanças de características do meio físico poderão refletir de formas diferentes na qualidade da água de rios, podendo estas modificações levar a irreversíveis desequilíbrios ecológicos.

O presente trabalho tem por objetivo quantificar a capacidade de autodepuração dos rios, Potengi, na área metropolitana de Natal, e Pium, nos municípios de Parnamirim e Nizia Floresta, ambos no Estado do Rio Grande do Norte, de modo a identificar os níveis de lançamentos possíveis sem comprometer a qualidade ambiental daqueles corpos hídricos.

Para tal está sendo usado um modelo matemático, com base nos processo de transporte de poluentes, capaz de avaliar o comportamento das concentrações para as principais substâncias que compõem os efluentes de origem doméstica, da cidade de Natal.

Através deste modelo será possível fazer um diagnóstico sobre a qualidade de água dos referidos rios para diferentes lançamentos.

Processos Pertinentes aos Corpos Hídricos

Com relação à caracterização de um corpo hídrico, existem diversos parâmetros de qualidade de água que representam as características físicas, químicas e biológicas da mesma. Considera-se que a água está poluída quando os indicadores de qualidade de água ultrapassam os valores máximos permitidos para determinado uso.

Entre os fenômenos físicos da autodepuração pode-se citar a capacidade de diluição, a turbulência da água, a sedimentação, a variação da temperatura e a presença da luz solar. A diluição é um dos fatores mais importantes, pois, quanto maior for a vazão do curso d'água em relação à vazão do esgoto, maior é a capacidade de autodepuração do corpo receptor. Da mesma forma, quanto mais agitada a água maior é o poder de reoxigenação da mesma. O oxigênio de saturação depende da temperatura, sendo menor para valores elevados desta. O sol tem ação germicida, além de ser energia para a realização da fotossíntese pelos fitoplâncton, uma das fontes de oxigênio. A ação da gravidade contribui para a sedimentação de areias e argilas, bem como de partículas orgânicas.

Os fenômenos químicos são as reações de oxidação e redução. As reações de oxidação da matéria orgânica ocorrem devido aos processos de respiração dos organismos e, quando realizadas por seres aeróbios, provocam redução no oxigênio do meio. Entre os processos de redução química, destacam-se os de síntese orgânica, sendo mais importante o da fotossíntese, o qual resulta na produção de oxigênio.

Entre os fenômenos biológicos pode-se citar o predatismo, aglutinação e produção de antibióticos e toxinas. O predatismo é a destruição de microrganismos patogênicos por outros organismos. Já alguns microrganismos aquáticos produzem substâncias tóxicas e antibióticas que exercem significativas influências sobre alguns tipos de bactérias patogênicas. Existem, também, os microrganismos que têm a característica de se aglutinarem podendo aderir às partículas em suspensão e serem arrastados para o fundo.

Como esses fenômenos contribuem para a redução de poluentes nos corpos d'água é fundamental considerar a influência dos mesmos nos estudos de qualidade de água.

Caracterização dos Efluentes

As principais fontes de poluição das águas superficiais são esgotos domésticos, esgotos industriais, pesticidas e fertilizantes provenientes das atividades agrícolas, e águas pluviais. Esses efluentes podem conter várias substâncias que alteram as características da água, tais como, compostos orgânicos, microrganismos patogênicos, metais pesados, entre outros.

A característica das águas residuárias domésticas, e grande parte dos resíduos industriais, é de apresentar uma considerável parcela de compostos orgânicos, isto é, moléculas de alta estrutura e elevado potencial energético.

Os esgotos domésticos também podem ser ricos em microrganismos patogênicos. Esses microrganismos são introduzidos na água juntamente com as fezes humanas. Para determinar a presença, ou não, desses microrganismos, utiliza-se um indicador, que são as bactérias do grupo coliformes.

O lançamento de efluentes em um curso d'água pode provocar alterações em suas características físicas, químicas e biológicas. Essas alterações dependerão, principalmente, das características dos efluentes e dos parâmetros hidráulico-hidrológicos do corpo receptor. As conseqüências negativas da poluição da água podem ser de caráter sanitário, ecológico, social ou econômico.

O conceito de poluição hídrica está associado aos usos da água e aos danos que ela pode causar ao homem, ou outras formas de vida. Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses teores constituem os padrões de qualidade de água, os quais são definidos segundo a Resolução Nº 357 - de 17 de março de 2005, do CONAMA.

Para se avaliar as consequências do lançamento no presente estudo, considerou-se somente os esgotos domésticos. Para qualquer outro tipo de lançamento torna-se necessário a realização de tratamentos específicos, de acordo com as exigências do CONAMA e dos órgãos estaduais de controle.

Os efeitos do lançamento de esgotos domésticos nos corpos d'água podem ser avaliados através do consumo da matéria orgânica presente, e a consequente redução do oxigênio dissolvido, com impactos sobre os organismos aeróbios e possíveis desequilíbrios ecológicos; e o índice de coliformes fecais, indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água.

Oxigênio Dissolvido

Quando se lança matéria orgânica em um manancial, ocorre a proliferação de bactérias aeróbias, que iniciam o processo de decomposição desta matéria. Ingerindo esses alimentos as bactérias e outros seres microscópicos aeróbios transformam compostos orgânicos de cadeias mais complexas, como proteínas e gorduras, em aminoácidos, amônia, ácidos graxos e outros, cada vez menos oxidáveis. Esses processos aeróbios se fazem à custa do Oxigênio Dissolvido existente na água, o qual pode extinguir-se por completo ou alcançar níveis muito baixos. Isto acontecendo, os seres aeróbios são substituídos pelos seres anaeróbios, que prosseguem na degradação do material poluidor, em ausência de oxigênio. A decomposição anaeróbia da matéria orgânica, além de mais lenta e menos eficiente, produz gases e maus odores.

A quantidade de oxigênio necessária às bactérias para decomposição da matéria orgânica é expressa por um parâmetro denominado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Este é um parâmetro determinado em laboratório, e indica que quanto maior a quantidade de matéria orgânica lançada no meio, maior a quantidade de oxigênio a ser utilizada pelos microrganismos, ou seja, maior a DBO. De acordo com a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico, os teores de oxigênio dissolvido, após o déficit inicial, podem voltar a se recuperar.

A temperatura e a altitude influenciam na quantidade de oxigênio presente na água. Para a região Nordeste, o teor de saturação de oxigênio dissolvido na água de mananciais superficiais fica na faixa de 8 a 9 mg/l, podendo, em condições especiais, chegar a valores menores.

Esse fenômeno de depuração da carga orgânica tem sido detalhadamente estudado e representa uma importante ferramenta nos trabalhos de controle de poluição dos recursos hídricos. O estudo do comportamento de um corpo receptor, após receber uma carga poluidora de característica predominantemente orgânica, vai indicar as medidas a serem tomadas visando compatibilizar o seu lançamento com a capacidade do manancial de recebê-la, de modo que sejam mantidas as condições necessárias à sobrevivência dos organismos aquáticos e sejam garantidos os usos previamente estabelecidos para a água.

Coliformes Fecais

A água para consumo humano não deve conter microrganismos patogênicos. Para se saber se uma água está em condições de ser ingerida, deve-se proceder à sua analise bacteriológica.

Os coliformes fecais foram escolhidos como indicadores da qualidade bacteriológica da água pelas seguintes razões:

- Existem em grande quantidade nas fezes; sua presença na água indica que a mesma recebeu dejetos.
- São de determinação relativamente fácil em laboratório.
- Não havendo a presença de coliformes fecais, não deve haver microrganismos patogênicos.

Os coliformes fecais, assim como os microrganismos patogênicos, sofrem a ação adversa do meio e tendem a decair com o tempo (ou distância), após o lançamento de uma carga de esgoto doméstico em um curso d'água.

A Resolução Nº 357 - de 17 de março de 2005, do CONAMA, estabeleceu um limite máximo de 1.000 NMP por 100 ml.

Caracterização dos Rios em Estudo

- **Rio Potengi**

Desaguando junto à cidade de Natal, o rio Potengi forma uma planície flúvio-marinha que, para montante, transforma-se em planície fluvial, ambas pertencentes à unidade geomorfológica da Faixa Litorânea e envolvidas por relevos tabulares dos Tabuleiros Costeiros, predominantes na porção sul da bacia. Do ponto de vista de uso, é importante dizer que o rio Potengi, por estar escoando por uma região de alta densidade populacional, permite o desenvolvimento de atividades nos mais diversos setores da sociedade.

O setor de turismo é um dos segmentos que mais tem feito uso deste rio, principalmente, no que diz respeito à recreação e navegação. Com isso, pode se dizer que a conservação e preservação deste corpo hídrico deveriam representar uma importante meta para todos os governos do Rio Grande do Norte.

- **Rio Pium**

O rio Pium se origina na lagoa do Jiqui, como se fosse uma espécie de continuação do rio Pitimbu, e desemboca na praia de Pirangi do Sul. Os dois rios integram a bacia do rio Pirangi, que tem área de cobertura de 2.867 quilômetros quadrados. Essa bacia é importante porque as águas são utilizadas também para consumo humano.

O rio Pium, que cruza os municípios de Parnamirim e Nísia Floresta, começa a dar os primeiros sinais de necessidade de preservação e de uma intervenção urgente. A ocupação desordenada das margens do rio está comprometendo as águas do manancial. Alguns trechos estão assoreados e outros com alto grau de poluição.

Análise dos resultados provenientes do laboratório, referentes às amostras dos rios em estudo mostram que os mesmos possuem, nos principais indicadores de qualidade de água, valores muito acima dos permitidos pela legislação brasileira. Por exemplo, para o rio Pium, análises mostram uma quantidade de coliformes equivalente a 8400 /100 ml, onde este valor se encontra, completamente, acima dos padrões definidos pela Resolução.

Com relação ao rio Potengi, parâmetros como Sólidos Totais, Dureza Total e Sulfatos, se encontram com seus valores muito acima dos valores permitidos. Por exemplo, os Sólidos Totais, que tem seu valor máximo permitido igual a 500 mg/l, têm valores de concentração na ordem de 30.000 mg/l. O mesmo aconteceu com Dureza Total e com os Sulfatos que foi encontrado com uma concentração da ordem de 2.300 mg/l, quando a legislação permite, somente, uma concentração da 250 mg/l.

Desta forma, pode concluir que, esses rios, respeitando suas variabilidades hidrológicas, as quais são bastante significativas, merecem um cuidado especial, quando a questão se refere a possíveis lançamentos de agentes poluentes nos mesmos.

Modelo de Qualidade de Água

Neste estudo desenvolveu-se um modelo matemático para avaliar a capacidade de depuração dos rios Pium e Potengi, após o recebimento de esgotos domésticos. Os parâmetros de qualidade de água utilizados nas simulações foram OD, DBO e coliformes.

O modelo assume que os mecanismos de transporte, a advecção e dispersão são predominantes na direção principal do escoamento. O modelo é capaz de simular o recebimento de múltiplos lançamentos de efluentes, considerando o escoamento variado e não permanente.

Para se avaliar o comportamento das concentrações ao longo do rio foi utilizada a equação da difusão advectiva (eq. 1). Esta equação descreve o processo de transporte de massa em um meio fluido que se movimenta sob um campo de velocidade, sendo largamente aplicada em qualquer análise que procure avaliar o comportamento de um campo de concentração em um meio qualquer (CHAGAS, 2005).

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{1}{A}\frac{\partial}{\partial x}(AE\frac{\partial C}{\partial x}) - KC + S_D \qquad (1)$$

Onde:

C é a concentração do constituinte, em mg/l;
u é a velocidade do escoamento, em m/s;
x é distância ao longo do canal, em metros;
A é a área da seção transversal do canal principal, em m^2;
E é coeficiente de dispersão longitudinal, em m^2/s;
t é o tempo, em segundos;
K é o coeficiente de decaimento de primeira ordem, em T^{-1};
S_d é uma fonte de lançamento do constituinte, ao longo do canal.

O Coeficiente de dispersão longitudinal pode ser calculado através da equação:

$$E = 0.05937 \frac{Q}{S_0 B} \tag{2}$$

Onde:
Q é a vazão, em m^3/s;
S_0 é a declividade longitudinal do rio;
B é a largura média do canal principal.

Estas equações estão sendo usadas para simular as concentrações de coliformes ao longo dos rios Potengi e Pium.

O Modelo usado para a Demanda Bioquímica de Oxigênio e para o Oxigênio Dissolvido foi definido através das equações abaixo (CHAGAS, 2005).

- Equação de DBO:

$$\frac{\partial L}{\partial t} + u\frac{\partial L}{\partial x} + L\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{A}\frac{\partial}{\partial x}(AE\frac{\partial L}{\partial x}) - K_R L + S_D \tag{3}$$

- Equação de OD:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x} + C\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{A}\frac{\partial}{\partial x}(AE\frac{\partial C}{\partial x}) - K_R L + K_A(C_S - C) \tag{4}$$

Onde:

L é a concentração da DBO, em mg/l;
u é a velocidade do escoamento em m/s;
E é o coeficiente de dispersão longitudinal, em m^2/s;
K_r é o coeficiente de desoxigenação, em T^{-1};
S_d taxa de lançamento difuso, se houver, em mg/l por segundo;
K_a é a coeficiente de reaeração, em T^{-1};
C é a concentração de OD, em mg/l;
C_s é a concentração de saturação do Oxigênio Saturado; e
A é a área da seção transversal do rio considerado, em m^2.

A concentração de saturação do Oxigênio Dissolvido pode ser calculada através da expressão, (Thomann, 1986):

$$C_s = \exp(z) \tag{5}$$

Onde z é definido por:

$$z = 139{,}34411 + \frac{1{,}575701 * 10^5}{T} + \frac{6{,}642308 * 10^7}{T^2} + \frac{1{,}2438 * 10^{10}}{T^3} + \frac{8{,}621949 * 10^{11}}{T^4} \quad (6)$$

Com T sendo a temperatura da água, em graus Kelvin.

Esse conjunto de equações foi usado para o desenvolvimento de um programa computacional que servirá de base para a realização das simulações.

Estimativas das Cargas de Esgotos Afluentes aos Rios.

Os estudos das capacidades receptoras dos rios Potengi e Pium foram realizados com base em três parâmetros:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DB0)
- Oxigênio Dissolvido (OD)
- Número Mais Provável de Coliformes Fecais (NMP / 100 ml).

Através de modelo matemático, estudou-se o comportamento destes parâmetros, nos diversos trechos dos cursos d'água que receberão o lançamento da Estação de Tratamento de Esgoto a ser implantada.

As simulações feitas objetivaram determinar a capacidade de autodepuração do referidos rios, de modo a definir o grau de tratamento requerido para um ambiente aquático sustentável naquelas regiões.

As vazões de lançamentos estimadas para os rios são as seguintes:

Rio Potengi:

- Vazão máxima: 1.169,92 L/s;
- Vazão média: 672,93 L/s;
- Vazão mínima: 354,51 L/s

Esse lançamento está previsto para um ponto distante 9 Km da foz.

Rio Pium:

- Vazão máxima: 443,03 L/s;
- Vazão média: 350,69 L/s;
- Vazão mínima: 184,09 L/s.

Esse lançamento realizado logo após a lagoa da Lagoa do Jiqui.

Normalmente, os componentes de esgotos domésticos, usados neste trabalho, sem qualquer tratamento, possuem as seguintes concentrações:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 300 mg / l.
- Oxigênio Dissolvido (OD): zero
- Número Mais Provável de Coliformes fecais, no esgoto: 10^5 /100 ml.

As simulações foram realizadas para as situações mais favoráveis e mais desfavoráveis dos rios. Na situação mais favorável foi considerada uma vazão de 14.5 m^3/s, para o rio

Pontengi, enquanto que para o rio Pium, um rio muito pequeno, comparado com o rio Potengi, foi considerado uma vazão $1m^3/s$.

Já para a situação mais desfavorável foi considerada uma vazão de 2,6 m^3/s para o rio Potengi, enquanto que para o rio Pium, foi considerada uma vazão de 0,4 m^3/s.

Na solução do problema, através do modelo matemático, foram considerados, para as condições de iniciais, os seguintes parâmetros:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - 2 mg/l
- Oxigênio Dissolvido de saturação - 7 mg/l
- Número Mais Provável de Coliformes Fecais - 100 NMP / 100 ml

As características hidráulicas da calha do rio Potengi para vazões baixas foram consideradas com os seguintes valores:

- Forma da Seção: Retangular;
- Largura do canal: 37m
- Declividade longitudinal: 0,00004
- Coeficiente de Manning : 0,01

Para o rio Pium foram considerados os seguintes valores:

- Forma da Seção: Retangular;
- Largura do canal: 8 metros;
- Declividade media longitudinal: 0,00004;
- Coeficiente de Manning: 0,01

Para as características de Autodepuração do rio foram considerados os valores, para K_r, 0,23 d^{-1}. O Coeficiente de decaimento bacteriano assumido para a simulação dos coliformes foi de 1,5 d^{-1}. O Coeficiente de reaeração foi estimado em 0,46 d^{-1}.

Resultados

As simulações foram realizadas para os rios Potengi e Pium, considerando duas situações distintas. Na primeira, considerou-se um cenário de estação invernosa, onde as vazões dos rios estão com valores consideráveis. Na segunda, considerou-se um cenário de estação de estiagem, onde as vazões destes rios se encontram com valores bem baixos. Para os dois casos as simulações foram desenvolvidas para avaliar as concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), do Oxigênio Dissolvido (OD) e de coliformes fecais.

Como o estudo tem como objetivo principal, a determinação da capacidade receptora dos referidos rios, nas questões de lançamentos de efluentes domésticos, procurou-se fazer uma série de simulações, para diferentes concentrações dos constituintes DBO e de Coliformes Fecais, buscando, assim, observar o impacto que esses lançamentos causam no sistema hídrico considerado. Os resultados encontrados, através de um programa computacional, desenvolvido para este estudo, com base no modelo matemático proposto, estão sendo apresentados abaixo, para cada rio considerado no estudo.

Rio Pium

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD);

O rio Pium mostrou-se com uma baixíssima capacidade de receber qualquer tipo de lançamento. Sua capacidade hidráulica é muito pobre, com vazões tais que o torna incapaz de diluir mesmo lançamentos com pequenas concentrações.

Na Figura 1 estão sendo apresentados os resultados encontrados para uma simulação, onde foram considerados lançamentos de um efluente doméstico, com uma concentração de DBO de 30 mg/l, para o cenário mais desfavorável do rio, ou seja, com baixa vazão. Através da figura observa-se que a capacidade de diluição desse rio é muito pequena, tendo em vista que a concentração diluída, nas proximidades do ponto de lançamento, é de, aproximadamente, 24 mg/l, para o lançamento considerado. Para o Oxigênio Dissolvido, verifica-se, através dos resultados apresentados na figura, que as concentrações do mesmo se encontram com valores dentro de um padrão aceitável. Entretanto, é importante verificar que este lançamento de 30 mg/l de DBO é um lançamento com características de efluente tratado. Se houvesse uma simulação para lançamentos característicos de efluentes domésticos, onde as concentrações de DBO estão na casa dos 300 mg/l, certamente que este rio apresentaria concentrações de OD, fora dos padrões de uso.

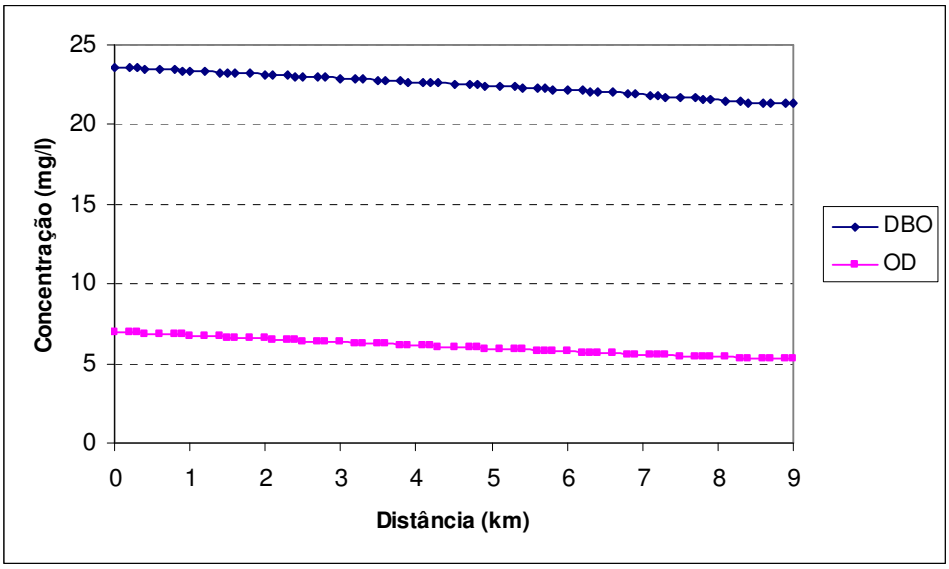

Figura 1 – DBO e OD para a situação mais desfavorável do rio Pium.

A Figura 2 mostra os resultados encontrados para um lançamento de um efluente doméstico com uma concentração de DBO igual a 50 mg/l, considerando o cenário mais favorável para receber lançamentos. Neste caso, os resultados apresentados mostram que, mesmo em uma situação favorável, a diluição é baixa e que, para esse lançamento, o Oxigênio Dissolvido atinge concentrações abaixo dos valores permitidos pela legislação brasileira, que considera a concentração de 5 mg/l, como a concentração mínima para um ambiente aquático sustentável.

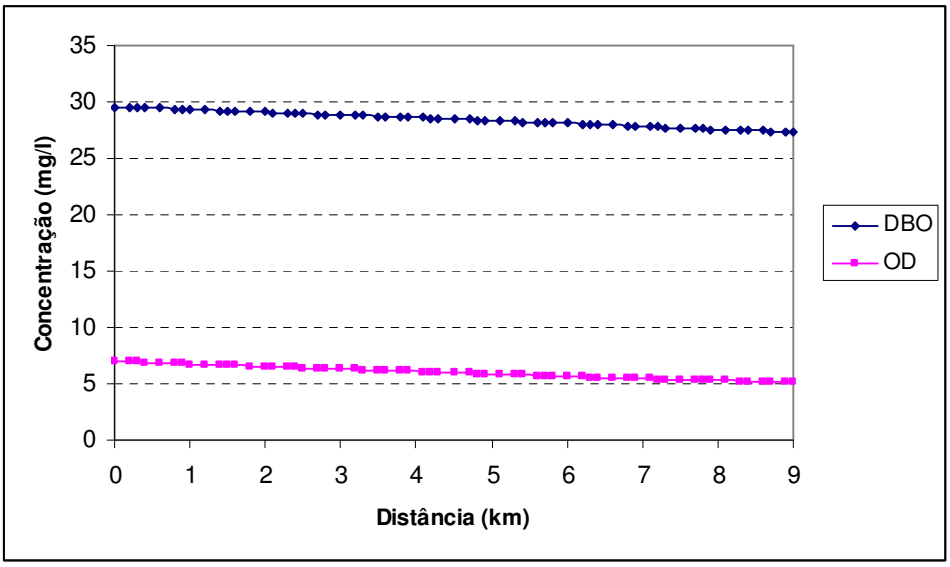

Figura 2 – DBO e OD para a situação mais favorável do rio Pium.

- Coliformes fecais

A Figura 3 mostra os resultados obtidos considerando os Coliformes Fecais como o constituinte principal no lançamento. Para esta simulação, considerou-se uma concentração de lançamento igual a 1000 NMP/100 ml, para a estação de estiagem. É interessante observar que lançamentos com esta concentração de coliformes representam lançamentos com um rigoroso grau de tratamento para os seus efluentes. Mesmo assim, os resultados encontrados mostram a baixa capacidade de diluição deste corpo hídrico. A diluição inicial não ultrapassa a 20%, o que é um indicador da baixa capacidade de autodepuração deste rio.

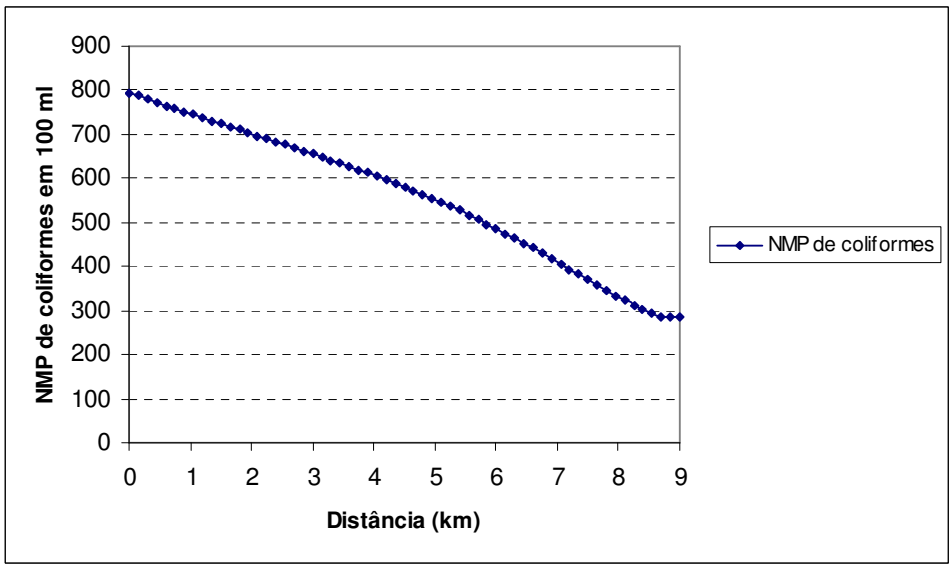

Figura 3 – NMP de coliformes para o cenário desfavorável do rio Pium.

Na Figura 4 verificam-se os resultados da simulação, para as mesmas condições de lançamentos, mas para um cenário de estação invernosa. Neste caso, a diluição inicial melhorou um pouco, atingindo, aproximadamente, 35%, o que é, ainda, uma diluição muito baixa para ser utilizada como um corpo receptor de esgotos domésticos.

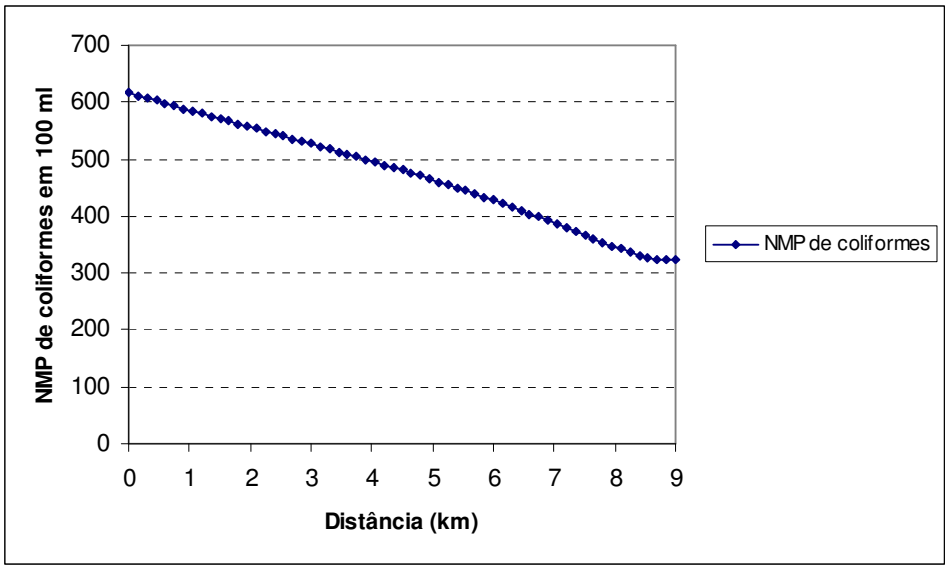

Figura 4 – NMP de coliformes para o cenário favorável do rio Pium.

Rio Potengi

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD)

A Figura 5 mostra os resultados obtidos através de uma simulação, onde foram considerados lançamentos, com uma concentração de DBO de 40 mg/l, admitindo um cenário de estação de estiagem. Os resultados mostram, primeiramente, que o rio Potengi tem uma melhor capacidade de autodepuração. A diluição inicial chega a ser de, aproximadamente, 40%, o que é um indicador de que este rio pode receber uma carga poluente, ainda que controlada. Entretanto, como, para este rio, há a previsão de dois pontos de lançamentos, em um momento futuro, foram realizados simulações para outro ponto de lançamento no meio do trecho em que está se considerando o estudo. Os resultados mostram que, nas proximidades do segundo ponto de lançamento, ou seja, 4,5 Km a jusante do primeiro lançamento, a concentração se torna bastante significativa. Isto mostra que, neste ponto, o consumo de oxigênio é bem alto indicando o que pode exigir um maior rigor para o tratamento do efluente.

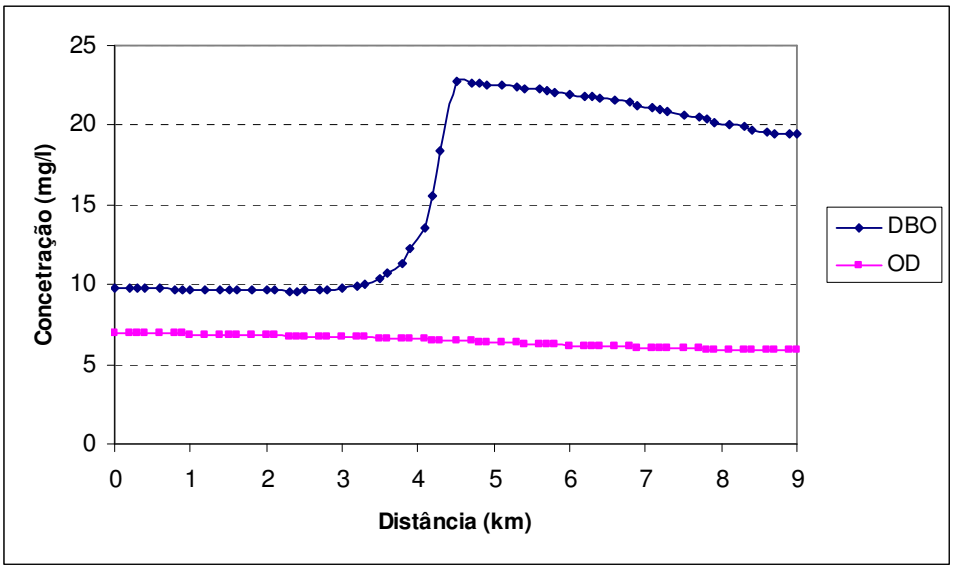

Figura 5 - DBO e OD para a situação mais desfavorável do rio Potengi.

A Figura 6 mostra os resultados de uma simulação para dois lançamentos, com uma concentração de DBO igual a 50 mg/l, admitindo um cenário de uma estação de estiagem. Os resultados mostram que, para este nível de concentração de lançamento, o rio responde com certa vulnerabilidade, principalmente quando se considera a concentração de DBO nas proximidades do segundo ponto de lançamento. Neste ponto a referida concentração chega a 28 mg/l, valor este acima dos permitidos pela legislação em vigor.

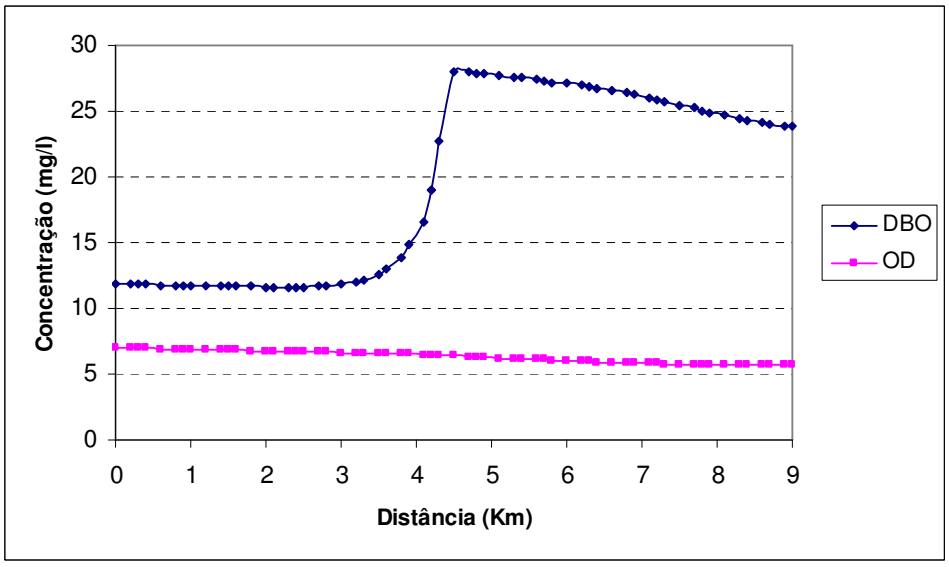

Figura 6 - DBO e OD para a situação mais desfavorável do rio Potengi.

A Figura 7 mostra os resultados de uma simulação para dois lançamentos, com uma concentração de DBO igual a 40 mg/l, admitindo um cenário de estação chuvosa. Os resultados mostram que, para este lançamento, o rio responde com certa sustentabilidade. Os

valores da DBO não ultrapassam, em nenhum ponto, os valores permitidos e a concentração de oxigênio dissolvido se comporta dentro dos padrões da legislação.

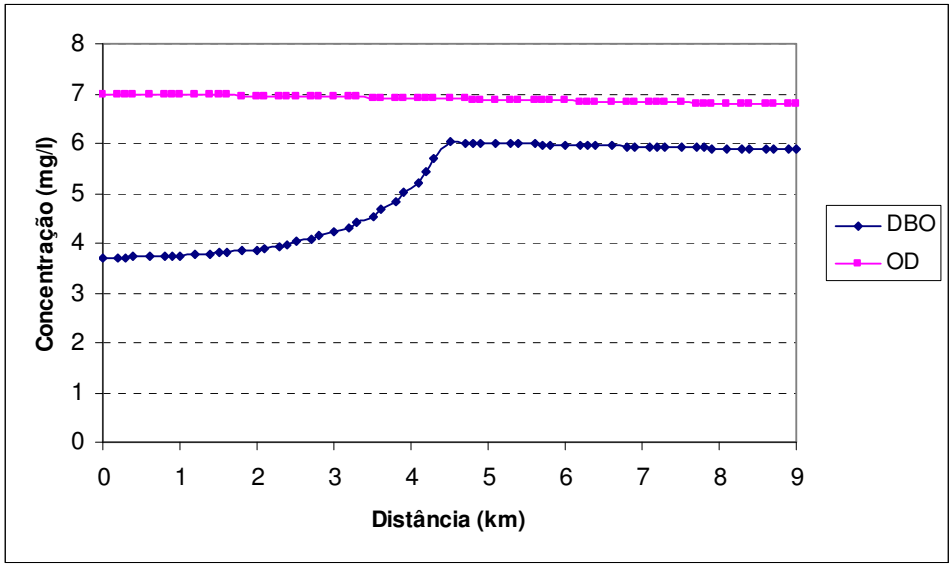

Figura 7 - DBO e OD para a situação mais favorável do rio Potengi.

- Coliformes

A Figura 8 mostra os resultados de uma simulação, considerando dois lançamentos, com uma concentração de coliformes igual a 1000 NMP/100 ml, para um cenário de estação de estiagem. Os resultados mostram que, para este cenário, o rio Potengi apresenta resultados que permitem concluir que, lançamentos com esta concentração de coliformes representam um quadro bastante comprometedor para o ambiente aquático. Através da figura pode-se ver que, nas proximidades do segundo ponto de lançamento, há uma concentração de coliformes com valores muito próximos do valor máximo permitido pela legislação brasileira, fato este que indica certo grau de vulnerabilidade para este valor de concentração de lançamento.

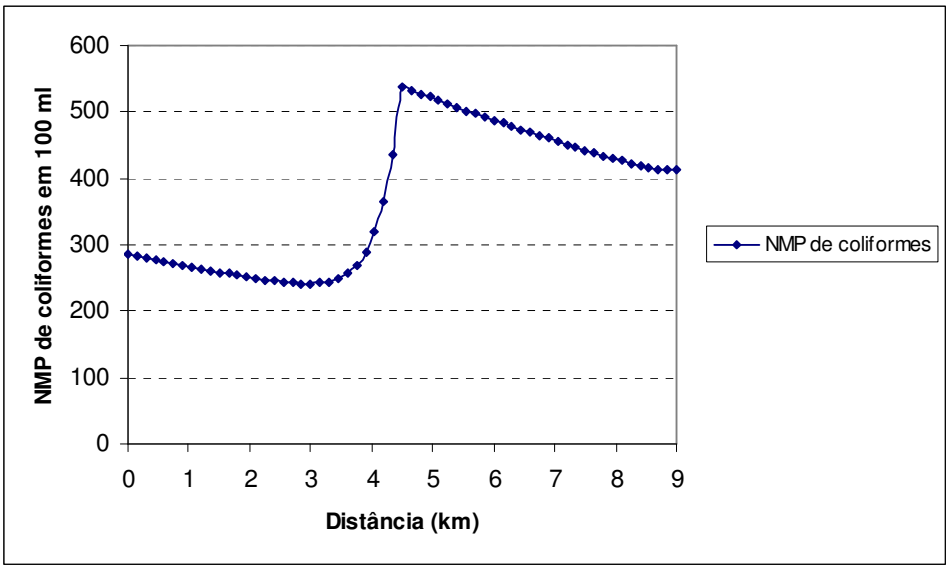

Figura 8 - NMP de coliformes para o cenário desfavorável do rio Potengi.

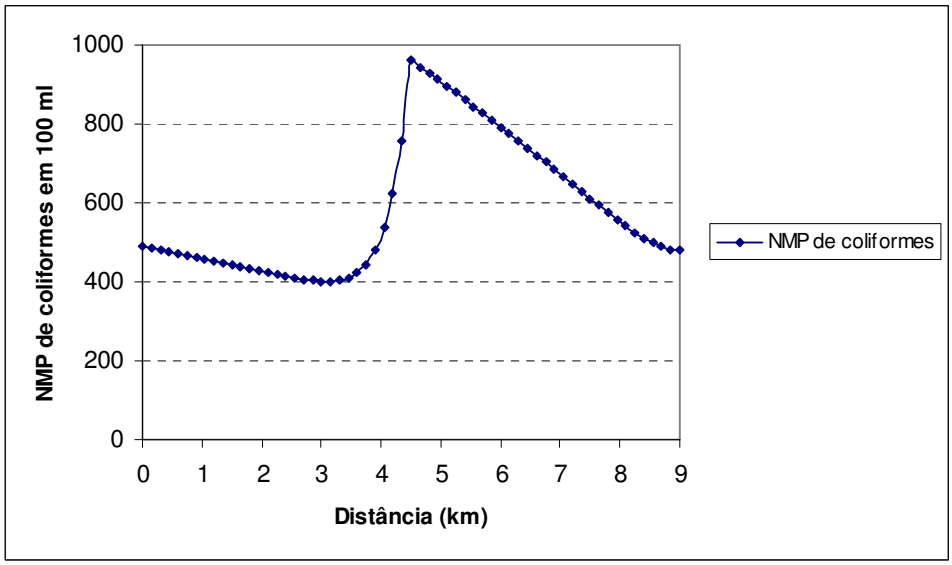

Figura 9 - NMP de coliformes para o cenário desfavorável do rio Potengi.

A Figura 9 mostra os resultados para uma simulação considerando uma concentração de lançamento igual a 2000 NMP/100 ml, para o mesmo cenário anterior, ou seja, um cenário de estiagem. Os resultados mostram que as concentrações encontradas estão bem comportadas, dentro dos limites definidos pela legislação brasileira, mas que este quadro não parece representar uma situação de sustentabilidade, tendo em vista que, nas proximidades do segundo ponto de lançamento, a concentração estão muito próximas dos valores limites estabelecidos na legislação.

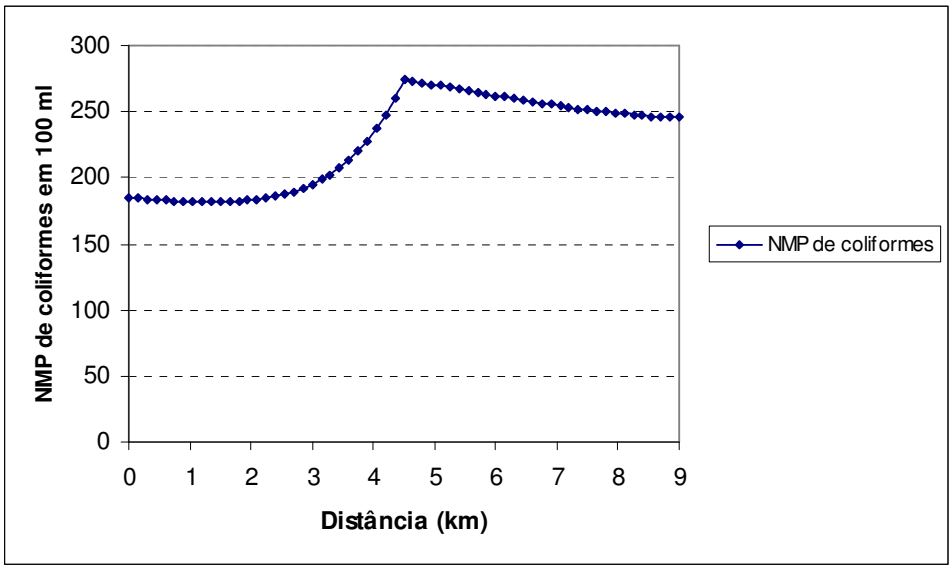

Figura 10 - NMP de coliformes para o cenário favorável do rio Potengi.

A figura 10 mostra os resultados para o mesmo lançamento, e sob as mesmas condições anteriores, mas considerando um cenário de estação invernosa. Neste caso, os resultados mostram um quadro de sustentabilidade considerável, tendo em vista que a concentração máxima encontrada, não ultrapassou os valores de 300 NMP/100 ml. Em outras palavras, este rio, admitindo as condições de estação chuvosa, possui uma capacidade de autodepuração que permite o lançamento de efluentes com concentração de coliformes fecais da ordem de 2000 NMP/ 100 ml. Entretanto, considerando que este rio tem uma variabilidade hidrológica significativa, e considerando ainda que, nas estações de estiagem, seus parâmetros hidrológicos atingem valores muito baixos, não é aconselhável um lançamento de efluentes com concentrações acima de 1000 NMP/100 ml.

Conclusões

Após análise dos resultados obtidos, através de algumas simulações realizadas, com o auxílio de um programa computacional, pode-se concluir que:

- O rio Pium possui baixa capacidade de diluição para substâncias poluentes, tornando, assim, seu processo de autodepuração bastante comprometido. As simulações realizadas permitiram concluir que este corpo hídrico, mesmo como um tratamento convencional, para os efluentes domésticos, apresenta um quadro hidroambiental bastante comprometido, o que permite dizer que é desaconselhável qualquer tipo de lançamento no mesmo.

- O rio Potengi apresentou um quadro bem melhor para os cenários de lançamentos simulados. Sua capacidade de diluição é considerável satisfatória, principalmente nas estações chuvosas. Entretanto, os resultados mostraram ainda que, nas estações de estiagem, este corpo hídrico requer um controle significativo para qualquer lançamento. Assim, considerando os constituintes analisados, pode-se concluir que, tendo em vista, as estações de seca, os efluentes domésticos, cujos lançamentos estão sendo previstos para o rio Potengi, não devem ultrapassar os valores 40 mg/l, para a DBO, e de 1000 NMP/100ml, para os coliformes fecais. Além desses valores, o risco de degradação ambiental torna-se considerável.

5. BIBLIOGRAFIA

BRANCO, S. M. **Hidrologia Ambiental**, v. 3, Edusp, ABRH, 1991.

CHAGAS, P. F. Perspectivas da Aplicação da Teoria Fuzzy para o cálculo de risco em sistemas hidrodinâmicos. Tese defendida no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em recursos hídricos, 2005.

CHAPRA, S. C. **Surface Water-Quality Modeling.** New York: McGraw-Hill, 1997, 844p.
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n. 357 - de 17 de março de 2005. Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama.

FISCHER, H. B. **Mixing in Inland and Coastal Water**, Academic Press, Inc, 1979.
JAMES, A. **An Introduction to WATER QUALITY MODELLING**. 2nd Edition. By John Wiley & Sons Ltd, 1993, 311p.

KASHEFIPOUR, S. M. and FALCONER, R. A. Longitudinal Dispersion Coefficients in Natural Channels, **Water Research**, 36, p.1596-1608, Pergamon, 2002.

LAM, R. H. F.; BROWN, P. J.; FAN, A. M.; MILEA, A. Chemical in California drinking water: source contaminations, risk assessment, risk management, and regulatory standards. **Journal of Hazardous Materials** , n. 39, p. 173-192, 1994.

LEÓN, L. F.; SOULIS, E. D.; KOUWEN, N. and FARQUHAR, G. J. No point Source Pollution: A Distributed Water Quality Modeling Approach. **Water Resource**, v. 35, n. 4, p. 997-1007, 2001.

SILVA, R. C. V. da S.; MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G. **Hidráulica Fluvial**. v. I. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2003.

THOMANN, R. V., and MUELLER, J. A. **Principles of Surface Water Quality Modelling and Control**. Harper & Row, Publishers, New York, 1987.