

7 – ASPECTOS AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO GRAMAME

Neste capítulo, são enfocados os diversos aspectos relacionados ao meio ambiente na bacia do rio Gramame e ao abastecimento d'água a partir dos seus mananciais.

De uma maneira geral na bacia, as condições ambientais não são desfavoráveis. No entanto, problemas localizados existem notadamente com referência à poluição hídrica devido a efluentes industriais. Com efeito, o riacho Mussuré, afluente do rio Mumbaba, que cruza o Distrito Industrial de João Pessoa recebe cargas poluidoras das mais diversas.

Ademais, agroindústrias e mineradoras existentes na bacia apresentam parcela contribuinte para a alteração do quadro natural da bacia.

O uso de agrotóxicos na agricultura também tem sido fonte de problemas com a possível alteração da qualidade das coleções d'água na bacia.

7.1 Avaliação da Qualidade das Águas

7.1.1 Águas Superficiais

De acordo com os dados (tabela 7.1) fornecidos pela CAGEPA (1999a) – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, as águas que escoam superficialmente pela bacia do rio Gramame até a formação dos reservatórios de Gramame e Mamuaba apresentam-se em geral de boa qualidade. Isto é, com valores de pH, cor e turbidez dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente para a Classe 2, na qual estão inseridas as águas da referida bacia. A presença de coliformes será discutida no item 7.4. Exceção ocorre nos sistemas do riacho da Prata / rios Gramame e Mumbaba que abastecem Pedras de Fogo e João Pessoa, respectivamente. Esses sistemas apresentam valores elevados da cor, ou seja acima do limite máximo estabelecido para águas da Classe 2 (Resolução CONAMA).

As águas naturais possuem cor que varia entre 0 e 200 mg Pt/l pois, acima disto, já seriam águas de brejo ou pântano com altos teores de matéria orgânica dissolvida. No Brasil aceita-se para água bruta, isto é, antes de ser tratada e distribuída em sistemas urbanos valores de até 75 mg Pt/l de cor. Neste caso, com relação a cor, os sistemas citados são considerados inadequados para o tratamento de potabilização da água.

Tabela 7.1 – Parâmetros de qualidade da água de mananciais utilizados para abastecimento público da bacia

Identificação			Determinações					
Município	Manancial Abastecedor	PH	Cor (mgPt/l)	Turbidez (mg/l)	CO ₂ (mg/l)	Oxigênio Consumido (mg/l)	Alcalinidade total (mg/l)	Coliformes total NMP/100 ml
Pedras de Fogo	Rch. Prata / Gramame	6.7	140	7	14	7	29	>2.400
João Pessoa*	Gramame / Mamuaba	6.9	7.5	12	5	4.6	12	>2.400
João Pessoa*	Mumbaba	8.9	160	53	5.3	6.5	27	>2400

* Apesar da sede estar fora da bacia , os mananciais que abastecem a microrregião de João Pessoa estão nela inseridos (Sist. Gramame e Marés).

Entretanto, os riscos de poluição das águas da bacia em estudo são evidentes em virtude dos inadequados serviços de coleta, transporte, tratamento e destino final de esgotos domésticos, despejos industriais e resíduos sólidos. Também o uso indiscriminado de agrotóxicos na agropecuária e irrigação e as atividades de mineração podem contribuir para alterações na qualidade das águas da bacia a montante dos reservatórios.

A tabela 7.2, obtida da SUDEMA (1999a) – Superintendência de Administração do Meio Ambiente – apresenta o resultado do monitoramento dos principais cursos d'água da bacia do rio Gramame, a jusante dos reservatórios de Gramame e Mamuaba. O monitoramento compreendeu o período de 1992 até outubro de 1999. A figura 7.1 apresenta o mapa de localização dos pontos de coleta de água.

Observa-se pela tabela 7.2 que os cursos d'água da região a jusante das barragens de Gramame e Mamuaba vem sofrendo crescente processo de poluição, em especial o riacho Mussuré. Pode-se constatar que são elevados alguns indicadores de poluição, tais como índice de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), tendo como principais fatores de poluição das águas o incremento da implantação de indústrias geradoras de efluentes líquidos no Distrito Industrial de João Pessoa e o lançamento desses efluentes em geral sem tratamento, no referido riacho, que proporcionam o consumo de oxigênio dissolvido nas águas, devido a sua decomposição pelas bactérias aeróbias.

Figura 7.1 – Localização dos pontos de coleta d'água

Tabela 7.2 – Monitoramento dos Principais Cursos D'água da Bacia do rio Gramame – Análises físico-químicas.

Valores Médios (1992 a 1999)						
Ano	Temperatura(°C)	Cor (mg Pt/l)	Turbidez (UNT)	pH	OD (mg/l O ₂)	DBO (mg/l O ₂)
MS 03						
1992	25,8	55	9	6,61	1,2	5,1
1993	26,4	94	29	6,42	1,2	6,1
1994	26,7	85	11	6,42	0,9	3,4
1995	27,0	90	21	6,47	1,0	8,9
1996	27,0	81	15	6,65	0,6	14,7
1997	27,3	100	26	6,86	0,1	18,4
1998	28,6	132	33	7,12	0,5	30,1
1999	28,0	193	32	7,95	0,5	20,6
MB 01						
1992	24,3	72	14	6,53	6,6	0,3
1993	24,8	50	19	6,08	6,3	0,5
1994	25,0	140	30	6,32	6,4	0,5
1995	25,8	125	25	6,49	6,4	0,7
1996	25,5	133	35	6,43	6,4	0,8
1997	26,0	108	21	6,41	6,4	0,3
1998	26,6	65	15	6,35	6,2	0,8
1999	26,0	153	37	6,54	6,1	0,7
MB 03						
1992	25,7	74	15	6,63	5,4	1,1
1993	26,1	66	22	6,31	5,1	1,2
1994	25,6	141	28	6,44	5,1	0,9
1995	26,3	104	23	6,60	5,4	1,6
1996	26,6	131	28	6,58	4,6	2,5
1997	26,9	95	17	6,67	5,7	2,1
1998	27,0	78	16	6,99	2,6	5,8
1999	27,0	155	25	7,41	1,3	7,1
GR 01						
1992	26,3	60	13	6,57	6,6	0,4
1993	27,4	50	13	6,40	6,1	0,6
1994	26,9	117	24	6,57	5,8	1,0
1995	27,6	82	12	5,56	6,5	0,9
1996	26,2	106	21	6,53	6,4	1,2
1997	27,7	74	14	6,69	6,1	0,6
1998	28,0	46	7	7,02	5,8	1,3
1999	27,0	118	26	7,65	4,5	1,0
GR 03						
1992	26,3	117	22	7,14	2,7	5,5
1993	27,8	383	28	7,27	0,9	14,2
1994	27,8	363	36	6,97	3,1	8,7
1995	28,1	208	20	6,95	2,5	7,1
1996	27,1	165	27	6,83	4,8	4,4
1997	28,2	69	13	6,69	6,4	1,2
1998	27,4	54	8	6,96	4,9	2,3
1999	28,0	119	24	6,98	3,5	2,3
GR 05						
1992	26,7	91	15	6,95	2,8	1,0
1993	27,7	108	12	7,01	2,0	2,8
1994	27,8	155	19	6,90	3,1	1,9
1995	27,9	142	17	6,79	2,0	2,8
1996	27,0	140	26	6,69	3,9	2,3
1997	27,9	93	16	6,56	1,7	0,9
1998	28,0	61	8	6,84	1,7	1,2
1999	28,0	102	14	7,14	1,7	2,6
BA 00						
1999	28,0	44	5	6,91	1,9	1,3
BA 01						
1999	27,0	52	7,3	6,88	3,3	0,9

Também nos pontos MB 03, GR 03 e GR 05 (tabela 7.2) a situação é bastante crítica. Verifica-se que apesar da baixa concentração de DBO observada nos últimos anos nesses pontos, a concentração de OD é igualmente baixa, principalmente no ponto GR 05. Isso significa que os rios Mumbaba e Gramame estão perdendo a capacidade de autodepuração após receberem a carga poluidora do Distrito Industrial através do riacho Mussuré. Neste ponto, a concentração de OD já atingiu valores bem abaixo do limite inferior de 5mg/l imposto pelo CONAMA para a Classe 2, o que causa a mortandade de peixes e outros microrganismos aquáticos, tornando o curso d'água sem vida.

O rio Água Boa também apresenta uma concentração média de OD muito baixa para uma concentração igualmente baixa de DBO, particularmente no ponto BA 00 localizado na confluência com o rio Gramame (SUDEMA, 1999b). No entanto, para o rio Água Boa, a baixa concentração de OD não significa uma demanda deste parâmetro em função do lançamento e matéria orgânica nas suas águas. Tal fato decorre da baixa aeração do rio por tratar-se de uma faixa de nascente do mesmo, não havendo ainda, portanto, uma boa oxigenação. Porém, o rio em questão é passível de poluição em função da localização de indústrias à montante de sua nascente.

O agravamento dos problemas de degradação da bacia do rio Gramame está relacionado com a grande irregularidade na distribuição da precipitação que ocorre na região da bacia e a baixa vazão desses cursos d'água, que não poderiam ser usados como diluidores de despejos. O lançamento de efluentes mesmo que tratados no riacho Mussuré, significa o escoamento de águas com teores não recomendáveis de poluentes, pelas calhas dos rios em determinados períodos do ano. Nestes casos, não se deve utilizar a capacidade de autodepuração dos cursos d'água para a diluição de despejos.

7.1.2 Águas Subterrâneas

A composição química da água subterrânea é altamente dependente da litologia do local do aquífero, uma vez que o tempo de exposição da água à rocha é maior do que para águas superficiais.

No entanto, durante a percolação, a água atravessa a zona não saturada e, nesse movimento pode apresentar teores de soluto superiores aos do aquífero. Neste caso, a variação da qualidade da água com a profundidade é função da litologia das diversas camadas que a água atravessa. Porém, variações com o tempo, das concentrações encontradas no aquífero, são muito pouco significativas, visto que o movimento da água é muito lento.

O movimento da água e seus solutos através da zona não saturada é o meio principal de penetração de poluentes nas reservas subterrâneas de água. Poluentes de diversos tipos percolam até o aquífero a partir de áreas urbanas e rurais.

A contaminação de aquíferos é um fenômeno muito mais preocupante do que a das águas superficiais, visto que estas rapidamente se renovam e se recuperam após cessar o lançamento de efluentes. No caso de lençóis subterrâneos a recuperação da qualidade apresenta custos elevadíssimos e pode ser tão demorada que muitas vezes se dá o aquífero como perdido. Esta contaminação pode se dar a partir de vazamentos em sistemas de esgotos, lixões e aterros sanitários, disposição direta de esgotos domésticos no solo, infiltração de fossas sépticas, lagoas de estabilização, vazamentos em tanques de armazenamento de produtos tóxicos derivados de petróleo e outros. A agricultura também tem grande responsabilidade, contribuindo com a contaminação por agrotóxicos, nitratos, impurezas contidas nos fertilizantes, irrigação de culturas com águas poluídas ou mesmo a salinização do aquífero pela lixiviação de solos salinos irrigados.

Todas essas considerações levam a concluir que na bacia do rio Gramame os lençóis subterrâneos são suscetíveis à contaminação em virtude dos inadequados serviços de coleta, transporte, tratamento e destino final de esgotos domésticos, despejos industriais e resíduos sólidos. Também o uso indiscriminado de agrotóxico na agropecuária e irrigação e as atividades de mineração podem contribuir para alterações na qualidade das águas subterrâneas da bacia.

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Gramame é feita no capítulo 11.

7.2 Abastecimento de Água

A bacia do rio Gramame abastece um percentual razoável (70% aproximadamente) da população, das sedes municipais de Pedras de Fogo, Conde e Grande João Pessoa (abrange Bayeux, Cabedelo e parte de Santa Rita) por sistemas coletivos de abastecimento d'água.

No entanto, o problema da escassez da água devido a períodos de estiagem na bacia tem diminuído a oferta de água para consumo humano pondo em risco de colapso os sistemas de abastecimento de águas das sedes citadas.

O sistema Gramame/Mamuaba que abastece João Pessoa apresentou déficit em 1999, tendo a vazão de captação caído de 1.850 l/s para 1.200 l/s (tabela 7.3). A complementação da

vazão necessária para atender a população tem sido feito através da perfuração de poços profundos na Grande João Pessoa.

A tabela 7.3 também mostra as características dos sistemas de abastecimento e tratamento de água das sedes municipais de Conde, Pedras de Fogo e João Pessoa. Os dados foram fornecidos pela CAGEPA (1999a). Para os mananciais superficiais o processo de tratamento adotado é o convencional. Para os poços a água sofre apenas desinfecção simples.

Tabela 7.3 - Características de sistemas de abastecimento d'água na bacia do rio Gramame

Município/Distrito		Abastecimento de Água		
Nome	Manancial Abastecedor	Vazão de Captação (l/s)	Tratamento Atual	Administração
Conde	6 poços	4,17	Cloração	Cagepa
Pedras de Fogo	Riacho da Prata / rio Gramame	14,5	Convencional	Cagepa
João Pessoa*	Gramame / Mamuaba	1.200	Convencional	Cagepa
João Pessoa*	Mumbaba	423	Convencional	Cagepa

* Apesar da sede estar fora da bacia, os mananciais que abastecem João Pessoa estão nela inseridos (Sistema Gramame e Marés)

Estão inseridos também na bacia do rio Gramame as localidades de Mumbaba do Pinicho, Vila da Giasa, Tabatinga, Campo Verde, Gramame, Santa Terezinha, Pousada do Conde, Gramame, Centro Terapêutico do Adolescente, Coqueirinho, Angico, Jangada, Odilândia, Bica, Mamuaba e Cicerolândia. Com exceção de Pousada do Conde e Odilândia que se abastecem através de poços profundos, todas as outras comunidades se utilizam de poços rasos, tubulares ou cacimbões. Todos os poços(rasos ou profundos) são operados sem nenhum controle sanitário, sendo a água armazenada em tambores e tanques sem proteção podendo contribuir para a incidência de cólera, esquistossomose, doenças em população carente, principalmente a infantil.

Maiores informações sobre abastecimento d'água da bacia do rio Gramame encontram-se no Capítulo 9, item 9.1.

7.3 Poluição Hídrica

Um grande problema que tem afetado a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Gramame diz respeito à poluição decorrente dos lançamentos de resíduos provenientes de esgotos domésticos, resíduos industriais, resíduos sólidos, assim como fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Os danos à saúde pública se acentuam, principalmente quando o corpo receptor dos resíduos poluidores é utilizado como fonte de captação para abastecimento doméstico e os serviços essenciais de saneamento básico (quando existem) são inadequados ou ineficientes.

Assim, na bacia do rio Gramame são consideradas como áreas críticas: o riacho Mussuré por atravessar o Distrito Industrial recebendo cargas de efluentes industriais as mais diversas; os rios Gramame e Mumbaba a jusante das barragens de Gramame/Mamuaba que tem como afluente o riacho Mussuré; a montante da barragem de Gramame/Mamuaba pela localização da Giasa, que utiliza o vinhoto na fertirrigação; o rio Água Boa que conta com indústrias em boa parte de seus alto e médio cursos.

7.3.1 Esgotos Sanitários

A inexistência de sistema de esgotamento sanitário nas sedes municipais de Pedras de Fogo e Conde inseridas na bacia do rio Gramame resulta no lançamento de esgotos domésticos no solo e nos cursos d'água ou na adoção de soluções individuais tipo fossa, nem sempre adequadas, ou ainda valas superficiais. Em casos isolados e de maneira clandestina, os efluentes são lançados em galerias de águas pluviais ou sarjetas. Isso pode contribuir para a poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos da região da bacia, expondo a população a riscos de doenças, principalmente aquelas de veiculação hídrica como a cólera, a esquistossomose, envolvendo um aspecto sanitário de mais alta significação. As áreas mais vulneráveis de proliferação dessas doenças são aquelas sem sistema de abastecimento e tratamento de água como no meio rural e nas localidades de Mumbaba do Pinincho, Vila da Giasa, Tabatinga, Campo Verde, Santa Terezinha, Pousada do Conde, Gramame, Centro Terapeutico do Adolescente, Coqueirinho, Angico, Jangada, Odilândia, Bica, Mamuaba e Cicerolândia. Nessas áreas, as práticas mais comuns para o destino dos despejos são os lançamentos dos mesmos no solo, na água e o enterramento. As soluções individuais, do tipo fossas, são pouco utilizadas.

Do ponto de vista ambiental e de saúde pública, este é um fato de extrema gravidade e requer a adoção de medidas de controle corretivo. O destino impróprio dos esgotos além dos problemas já citados anteriormente, agride o meio ambiente, polui o solo e frequentemente passam a escoar a céu aberto constituindo em perigosos focos de disseminação de doenças.

7.3.2 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos constituem hoje uma das grandes preocupações ambientais do mundo moderno.

Do ponto de vista sanitário e ambiental, adoção de soluções inadequadas para o problema do lixo faz com que seus efeitos indesejáveis se agravem.

Nas sedes municipais e localidades inseridas na bacia do rio Gramame não há qualquer infra-estrutura para o tratamento e o destino final adequado dos resíduos sólidos. Os sistemas não passam da fase de coleta e transporte dos resíduos, afastando-os dos domicílios, dispondo-os no solo e nos cursos d'água próximos. Também é prática comum queimar ou enterrar esses resíduos. A fotografia 7.1 mostra a disposição inadequada dos resíduos sólidos no município de Pedras de Fogo (Comunidade de Santa Terezinha). Observa-se, a formação de um lixão (depósito de lixo) praticamente na área urbana da comunidade citada.

Essa situação representa uma grave ameaça à saúde pública e ao meio ambiente com destaque para a poluição das águas superficiais e subterrâneas, pelos próprios resíduos ou pelo chorume que é produzido na decomposição do lixo depositado no solo.

Fotografia 7.1 – Disposição inadequada dos resíduos sólidos no município de Pedras de Fogo (comunidade Santa Terezinha).



7.3.3 Efluentes Industriais

A industrialização gera o desenvolvimento mas, freqüentemente, traz consigo consequências indesejáveis, como a degradação do meio ambiente, quando realizada sem que leve

em consideração os princípios ecológicos e a integridade dos recursos naturais. Essa degradação, resultante de todas as ações e ou omissões humanas, assume proporções de poluição da água, do ar e do solo, com prejuízos à qualidade de vida, ao bem estar e ao desenvolvimento sócio-econômico.

Particularmente, com relação a poluição da água, esta ocorre principalmente devido a disposição inadequada dos efluentes líquidos industriais no solo e ou diretamente nas coleções de água. Assim, além dos desagradáveis efeitos estéticos, a disposição destes efluentes concorre para o comprometimento sanitário da população e contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Na bacia do rio Gramame encontram-se instaladas indústrias de gêneros tradicionais, como os produtos alimentares, construção civil, serviços de reparação, manutenção e instalação, minerais não metálicos, metalúrgica, têxteis, etc. Não se tem informações detalhadas sobre as características dos efluentes gerados na maioria dessas indústrias e do destino final destes. Isto ocorre com mais frequência com unidades de pequeno porte, que deixam de adotar sistemas de tratamento adequado e eficiente dos seus efluentes para não onerar o custo do produto final. Já as indústrias de maior porte apresentam, em geral, bons sistemas de tratamento de águas residuárias industriais.

Este é um dado preocupante porque, geralmente, esses efluentes acabam atingindo os cursos d'água de maneira inadequada ficando estes sujeitos aos diferentes tipos de poluição (matéria orgânica, produtos químicos e tóxicos, germes patogênicos, elementos traços, etc.). A situação tende a se agravar com a queda acentuada da vazão nos cursos d'água provocada pelos grandes períodos de estiagem, dificultando o processo de autodepuração, podendo causar a mortandade de peixes e outros microrganismos aquáticos.

A maioria das indústrias citadas encontram-se no Distrito Industrial de João Pessoa, por apresentar infra-estrutura básica montada. Assim, o Distrito é sem dúvida a principal fonte poluidora da bacia, com lançamentos diretos de seus efluentes, principalmente no riacho Musuré.

Uma outra fonte de poluição da bacia em estudo, está representada por alguns estabelecimentos industriais como as de produção de açúcar e álcool que usam, eventualmente, o vinhoto sem tratamento na fertirrigação de canaviais nas proximidades de cursos d'água.

Cabe aqui uma observação a respeito de elementos traço. Estes são os elementos químicos que ocorrem na natureza, de um modo geral, em pequenas concentrações, da ordem de partes por bilhão (ppb) a partes por milhão (ppm). Outras denominações para esse grupo de elementos são freqüentemente encontrados na literatura: “metais pesados”, “metais traço”,

“micronutrientes”, etc. A denominação mais aceita atualmente é elemento traço, devido a não distinção entre metal e não-metal.

O termo “metal pesado”, embora muito utilizado, não tem nenhum fundamento físico-químico, visto que alguns elementos considerados como tal, nem sequer são metais como por exemplo, o arsênio.

Alguns elementos traço como magnésio, ferro, zinco, molibdênio, boro e cobre, quando em baixas concentrações, são essenciais aos seres vivos. Outros como mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, níquel e estanho, não têm função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos, inclusive ao homem.

A poluição hídrica da bacia do rio Gramame por elementos traço será abordada posteriormente.

7.3.4 Resíduos de Agrotóxicos

O desenvolvimento da agricultura tem contribuído para a poluição do solo e das águas. Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em quantidades inadequadas ou indiscriminadamente nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, onde intoxicam e matam diversos seres vivos dos ecossistemas. Causam também sérios problemas para o homem e os animais, porque apresentam alta toxidez, efeitos cumulativos e é de difícil decomposição química.

Embora todos defensivos agrícolas sejam tóxicos para o homem, animais e plantas, uns são mais perigosos que outros. Com o objetivo de distinguir o grau de periculosidade, esses produtos são classificados em quatro classes toxicológicas: classe I (extremamente tóxico); classe II (altamente tóxico); classe III (medianamente tóxico) e classe IV (pouco tóxico).

Os agrotóxicos organofosforados (classe I), causam basicamente três tipos de seqüelas neurológicas após intoxicação aguda ou exposição crônica: a polineuropatia retardada, a síndrome intermediária ou os efeitos comportamentais.

A polineuropatia retardada inclui fraqueza progressiva e ataxia das pernas, podendo evoluir até uma paralisia flácida.

A síndrome intermediária tem como sintoma principal, uma paralisia que afeta principalmente os músculos flexores do pescoço, músculos das pernas e respiratórios. Por vezes, ocorre também diarreia intensa, com perda severa de potássio, complicando ainda mais o quadro de envenenamento. Há risco de morte devido a depressão respiratória associada.

Os efeitos comportamentais são considerados resultantes da intoxicação aguda, ou exposições contínuas a baixos níveis de agrotóxicos organofosforados, que se acumulam através

do tempo, ocasionando intoxicações leves e moderadas. Eles se apresentam, em muitos casos, como efeitos crônicos sobre o sistema nervoso central, especialmente do tipo neuro-comportamental, como insônia ou sono perturbado, ansiedade, retardo de reações, dificuldades de concentração, apatia, irritabilidade e depressão, entre outros sintomas.

O mal uso de agrotóxicos, associado a suas técnicas de aplicação, vem provocando a contaminação ambiental. As aplicações onde não são seguidas as técnicas corretas, facilitam o deslocamento desses agrotóxicos, pelo vento, para áreas onde os produtos tóxicos apresentam inconvenientes e ou venham a constituir focos de acumulações.

A água, principal receptor desses produtos, pode ter sua contaminação relacionada a aplicação direta ou próxima dela em superfícies inclinadas para os rios ou lagos. Os resíduos das aplicações são arrastados pela chuva para os canais fluviais e mesmo subterrâneos que servem para abastecimentos diversificados.

Além do mal uso dos agrotóxicos, a poluição das águas pode ocorrer nas seguintes situações: acidentes, lavagem de equipamentos nos cursos de água, sobra de agrotóxicos jogados nos cursos d'água, destinação inadequada das embalagens, etc.

Na bacia do rio Gramame, que tem uma base econômica essencialmente rural, as atividades de irrigação têm se destacado para racionalizar e intensificar sua produção agrícola.

Essa atividade tem ocasionado grande consumo de fertilizantes e agrotóxicos. A tabela 7.4 apresenta a relação de agrotóxicos (produtos comerciais) utilizados nas atividades agrícolas na bacia citada, fornecida pela SUDEMA (1999c).

Tabela 7.4 – Uso de agrotóxico detectados nas atividades agrícolas vinculadas aos imóveis rurais nas bacias hidrográficas Gramame/Mamuaba e Mumbaba/Marés

IMÓVEL / IRRIGANTE	BACIA HIDROGRÁFICA	ATIVIDADES AGRÍCOLAS	AGROTÓXICOS (MARCA COMERCIAL)	CLASSE TOXICOLÓGICA
Mumbaba do Rangel / Manoel Aureliano da Costa	Mumbaba	Cana-de-açúcar, mamão e feijão	Azodrin 400	I – Extremamente Tóxica
			Agritoato	I – Extremamente Tóxica
				II - Altamente Tóxica
			Dicis 25 CE	II - Altamente Tóxica
Manoel Aureliano da Costa	Mumbaba	Cana-de-açúcar, mamão e feijão	Sharpa 200	II - Altamente Tóxica
			Nuvacron 40	I – Extremamente Tóxica
Mumbaba do Rangel / Cleubo Bezerra de Souza	Mumbaba	Pimentão, Batata doce e abacaxi	Ridonil mamcozeb	III - Mediamente Tóxico
			Stron	I – Extremamente Tóxica
			Tamaron BR	I - Extremamente Tóxica
			Karate 50 CE	II - Altamente Tóxica
Mumbaba dos Canários / José Américo Filho	Mumbaba	Abacaxi	Karmex	IV - Pouco Tóxico
Granja Senhor do Bonfim / João Xavier de Araújo	Mumbaba	Abacaxi e coqueiro	Benlate 500	III - Mediamente Tóxico
			Talcord 25 CE	II - Altamente Tóxica
			Assist.	IV - Pouco Tóxico
			Recop	IV - Pouco Tóxico
Granja Senhor do Bonfim / João Xavier de Araújo	Mumbaba	Abacaxi e coqueiro	Triona	IV - Pouco Tóxico
			Metasystox	I – Extremamente Tóxica
			Cercobin 500 SC	IV - Pouco Tóxico
			Carbarl fersol pó 75	II - Altamente Tóxica
			Nuvacron	I – Extremamente Tóxica
			Dithane	III - Mediamente Tóxico
			Óleo mineral	IV - Pouco Tóxico
			Agril	IV - Pouco Tóxico
Granja Bom Jesus / Leonardo Pereira da Silva	Mumbaba	Abacaxi	Folidol	I – Extremamente Tóxica
			Decis 25 CE	II - Altamente Tóxica
			Benlate 500	III - Mediamente Tóxico
			Agril	IV - Pouco Tóxico
			Karmex 500 Sc	II - Altamente Tóxica
Mumbaba do Rangel / Antônio Luís da Silva	Mumbaba	Abacaxi, mamão, inhame e pimentão	Benlate 500	III - Mediamente Tóxico
			Decis 25 CE	II - Altamente Tóxica
			Recomil	IV - Pouco Tóxico
			Perfekthion	I - Extremamente Tóxica
			Vertimec 18 Ce	I - Extremamente Tóxica
Granja Mumuaba / Oriosvaldo Batista de Almeida	Mamuaba	Abacaxi e mamão	Wilfix	IV - Pouco Tóxico
			Cention	II - Altamente Tóxica
			Herbipak 500 BR	III - Mediamente Tóxico
			Benlate 500	III - Mediamente Tóxico
			Lannate BR	I - Extremamente Tóxica
Fazenda Açai / Oscar Gouveia	Mamuaba	Cana-de-açúcar	Aminol	I - Extremamente Tóxica
			Herbroun 500 BR	II - Altamente Tóxica
Granja Santo André / Roberto Serrano Pereira	Marés	Maracujá e acerola	Dithane	III - Mediamente Tóxico
			Benlate 500	III - Mediamente Tóxico
			Cupravit azul	IV - Pouco Tóxico
			Decis 25 CE	II - Altamente Tóxica
Mumbaba do Rangel / Marcos Frederico Régis R. Coutinho	Mumbaba	Abacaxi, feijão Macassá		
			Perfekthion	I – Extremamente Tóxica

Tabela 7.4 – Uso de agrotóxico detectados nas atividades agrícolas vinculadas aos imóveis rurais nas bacias hidrográficas Gramame/Mamuaba e Mumbaba/Marés (continuação)

IMÓVEL / IRRIGANTE	BACIA HIDROGRÁFICA	ATIVIDADES AGRÍCOLAS	AGROTÓXICOS (MARCA COMERCIAL)	CLASSE TOXICOLÓGICA
Fazenda Maracanã / Raimundo Nonato Siqueira	Gramame Localizado a montante CAGEPA	Cana-de-açúcar e abacaxi	Benlate 500	III - Mediamamente Tóxica
			Dontor	I - Extremamente Tóxica
			MSMA 720 CS	III - Mediamamente Tóxica
			Gramocil	I - Extremamente Tóxica
			Diuron 500 SC	II - Altamente Tóxica
				III - Mediamamente Tóxica
			Premerilin 600 CE	II - Altamente Tóxica
			Tebuthiuron 500 SC	III - Mediamamente Tóxica
Fazenda Maracanã	Gramame	Cana-de-açúcar e abacaxi	Gramoxone 200	I - Extremamente Tóxica
			Sumithion 500CE	II - Altamente Tóxica
Fazenda Maracanã / Raimundo Nonato Siqueira	Gramame Localizado a montante CAGEPA	Cana-de-açúcar e abacaxi	U 46 D - Fluid 2.4	I - Extremamente Tóxica
			Atta – Fos 50	II - Altamente Tóxica
			Karmex 500 SC	II - Altamente Tóxica
			Dimexion	I - Extremamente Tóxica
Destilaria GIASA / Gerente José Ivo de Moraes	Gramame Localizado a montante da barragem	Cana-de-açúcar e eucalipto	Katana	II - Altamente Tóxica
			Marathien 1000 CE	I - Extremamente Tóxica
			Plenum	II - Altamente Tóxica
			Fusilade 125	II - Altamente Tóxica
			Countain	
			Gemine	III - Mediamamente Tóxica
Destilaria GIASA / Gerente José Ivo de Moraes	Gramame Localizado a montante da barragem	Cana-de-açúcar e eucalipto	Roundup	II - Altamente Tóxica
			Boxer	I – Extremamente Tóxica
			Premerilin 600 CE	II - Altamente Tóxica
			MSMA 720 CE	III - Mediamamente Tóxica
			Gramoxone 200	I – Extremamente Tóxica
			Tordoin 64g / l - 240 g / p. 2.41	I – Extremamente Tóxica
			Simbar 800	III - Mediamamente Tóxico
			Laço CE	I - Extremamente Tóxica
			Perflan 800 BR	III - Mediamamente Tóxico
			Stta - fos	II - Altamente Tóxica
			Provence 750 WG	III - Mediamamente Tóxico
			Diuron 500 SC	II - Altamente Tóxica
			Topeze SC	III - Mediamamente Tóxico
			SinergeCE	II - Altamente Tóxica
			Dontor	I – Extremamente Tóxica
			Gesapax Grda	IV - Pouco Tóxico
			Biarbinex 400	II - Altamente Tóxica
			Extravon	IV - Pouco Tóxico
			Advance	III - Mediamamente Tóxico
			Thiodan CE	II – Altamente Tóxica
			Counter 50G	III – Mediamamente Tóxico
Augusto Granja / José Augusto Inácio da Silva	Mamuaba	Abacaxi, acerola e graviola	Assist	IV – Pouco Tóxico
			Cention	II – Altamente Tóxica
			Wil fix	IV – Pouco Tóxico
			Manzat 800	III – Mediamamente Tóxico
Engenho Aurora / Pedro Gonçalves de Andrade	Gramame	Cana-de-açúcar	Cention SC	III – Mediamamente Tóxico
			Asulox	III – Mediamamente Tóxico
			Endosulflan 350 CE	I – Extremamente Tóxica

Tabela 7.4 – Uso de agrotóxico detectados nas atividades agrícolas vinculadas aos imóveis rurais nas bacias hidrográficas Gramame/Mamuaba e Mumbaba/Marés (continuação)

IMÓVEL / IRRIGANTE	BACIA HIDROGRÁFICA	ATIVIDADES AGRÍCOLAS	AGROTÓXICOS (MARCA COMERCIAL)	CLASSE TOXICOLÓGICA
Engenho Aurora / Pedro Gonçalves de Andrade	Gramame	Cana-de-açúcar	Topeze SC	III – Mediamente Tóxica
			Gramoxone 200	I – Extremamente Tóxica
			Kamex 500 SC	II – Altamente Tóxica
			Roundup	II – Altamente Tóxica
			Dontor	I – Extremamente Tóxica
			DMA 806 BR	I – Extremamente Tóxica
			Gotafix	IV – Pouco Tóxico
			Aminol 806	I – Extremamente Tóxica

Observa-se pela tabela 7.4 que em toda a bacia do rio Gramame (inclusive a montante da captação de água da CAGEPA) são aplicados agrotóxicos dos mais perigosos (classes I e II) e em praticamente todos os tipos de cultura.

Apesar do uso intensivo e indiscriminado na bacia do rio Gramame, não foi detectado nenhum resíduo de agrotóxicos (princípios ativos) analisados na água, nos pontos amostrados. De acordo com a CAGEPA (1999b) os locais de coletas foram: rio Marés, captação Marés, saída da Estação de Tratamento de Água de Marés, captação de Mumbaba, rio Gramame, rio Mamuaba, captação Gramame, captação Mamuaba, chegada a Estação de Tratamento de Água de Gramame e saída da Estação de Tratamento de Gramame.

Os agrotóxicos (princípios ativos) analisados foram: acefato, α -HCH, γ -clordano, α -clordano, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, α -endossulfan, β -endossulfan, , aldrin, azinfol, azinfol metil, clorotalocil, clorpirifós, clorpirifós etil, diazinon, diclorvos, dicofol, dieldrin, dimetoato, dissulfoton, endossulfan sulfato, endrin, etion, etrinfos, fenitroton, fentoato, fention, HCB, heptacloro, heptacloro epóxido, iprodione, malaoxon, malation, metamidofós, nurese, op-DDD, op'-DDT, paraoxon metil, paration etil, paration metil, paraoxon etil, pirimifós, pirimifós metil, tetradifon, pp'-DDD, pp'-DDE, pp'-DDT, triclorfon, vinclozolin.

Dos agrotóxicos (princípios ativos), que foram investigados pela CAGEPA, apenas HCB, dieldrin, endossulfan, heptacloro, aldrin, heptacloro epóxido, malation, paration etil, paration metil, endrin, γ -clordano, pp'-DDE e pp'-DDT, são citados na Resolução do CONAMA e ou na Portaria do Ministério da Saúde. Outros que constam na Resolução e ou Portaria não foram analisados. Os demais agrotóxicos investigados pela CAGEPA não aparecem na referida Resolução e Portaria.

Portanto, de acordo com os resultados fornecidos pela CAGEPA se conclui que, as águas da bacia do rio Gramame não estão contaminados com resíduos de agrotóxicos (princípios ativos). No entanto, como atualmente existe no mercado entre 10.000 e 20.000 prepara-

dos (produtos comerciais), essa conclusão não é definitiva. Seria prudente investigar todos os princípios ativos citados na Resolução e ou Portaria, para se ter um quadro mais real da contaminação ou não, das águas da bacia do rio Gramame, de acordo com a legislação vigente.

7.3.5 Resíduos de Mineração

Nos últimos anos o setor industrial tem experimentado um certo crescimento do ramo de minerais não metálicos na bacia do rio Gramame.

Dessas indústrias não se tem informações sobre o processo produtivo e destino final da água residual. Porém é prática comum o lançamento dos resíduos de mineração, de maneira inadequada nos solos ou cursos d'água sendo neste menos freqüente.

Sabe-se no entanto que a mineração é, em geral, uma atividade que pode provocar uma degradação bastante intensa no ambiente. Ela tem um forte efeito perturbador na paisagem porque requer a remoção da vegetação, dos solos e das rochas. Isso provoca impactos como a erosão, escorregamento/deslizamento, assoreamento dos cursos d'água e poluição dos mananciais.

Assim, uma das fontes prováveis de poluição das águas, existentes na bacia em estudo é a atividade de extração de minerais não metálicos. As atividades de mineração na bacia estão descritos no capítulo 5.

7.3.6 Elementos Traço

Embora toda água possa conter naturalmente elementos traço devido as características geoquímicas do solo, a contaminação artificial por esses elementos em rios, lagos, reservatórios e até o sistema de distribuição de água tratada está associada a praticamente todos os tipos de atividades do homem. Na agricultura, por exemplo, os elementos traço estão presentes em pesticidas (i.e.:cobre, arsênio e mercúrio), em fungicidas (mercúrio), fertilizantes (cádmio, cromo, chumbo) . Os efluentes industriais, as chuvas ácidas, o próprio tratamento químico das águas nas estações de tratamento e a corrosão dos encanamentos são também fatores desta contaminação.

Assim, mesmo obedecendo aos padrões mínimos de potabilidade, a água que chega ao consumidor pode conter concentrações de elementos traço acima do permitido pela legislação, uma vez que as estações de tratamento do tipo convencional não removem esses elementos.

Alguns elementos traço são de efeito acumulativo e são altamente tóxicos para o homem, como também para o meio ambiente. Dentre os seus mecanismos de toxicidade, incluem-se interações com sistemas enzimáticos, com membranas celulares além de efeitos especí-

ficos sobre certos órgãos e sobre o metabolismo vegetal. Particularmente, o mercúrio, causa transtornos neurológicos e renais, tem efeitos tóxicos nas glândulas sexuais, altera o metabolismo do colesterol e provoca mutações.

Assim, em função da intensa atividade agrícola, fazendo uso de agrotóxicos, e a instalação de várias indústrias na bacia do rio Gramame conforme abordado anteriormente, considera-se que os riscos de poluição das águas, por elementos traços são constantes e reais.

No entanto, dados fornecidos pela CAGEPA (1999c) (tabela 7.5), indicam a ausência de zinco, chumbo, cádmio, níquel e cobre nos pontos amostrados. O magnésio não figura no padrão da Resolução do CONAMA e o manganês e o boro encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução. Já a concentração de ferro apresenta-se fora desses limites na maioria dos locais de coleta das amostras de água.

O ferro é objetável nos sistemas públicos de abastecimento de água devido ao sabor que produz e a sua propriedade em provocar manchas na roupa lavada e acumular depósitos no sistema de distribuição. Alguns processos industriais, principalmente aqueles que utilizam água para branqueamento, são muitos sensíveis às concentrações de ferro. As águas ferruginosas permitem o desenvolvimento das chamadas ferro-bactérias. Elas se encontram principalmente na rede de distribuição, nos reservatórios de água tratada e, em algumas ocasiões, nos filtros ou poços profundos. Na rede de distribuição, são freqüentemente encontradas nas zonas de pequena circulação de água. As ferro-bactérias, desde o início do seu desenvolvimento até a morte, transmitem à água odores fétidos e cores avermelhadas, verde escura ou negra. Além dessas circunstâncias que, muitas vezes, tornam a água imprópria ao consumo, as ferro-bactérias obstruem as canalizações.

Assim, a necessidade de se fixar um padrão limite de ferro em 0,3mg/l prende-se muito mais as razões estéticas do que propriamente de ordem sanitária.

Pesquisadores do Centro de Tecnologia da UFPB, detectaram em outubro de 1997 a presença de mercúrio (0,0034 mg/l) em nível acima do permitido pela legislação para a classe 2 (0,0002 mg/l), no ponto de captação (estação elevatória - barragem de nível) do sistema Gramame/Mamuaba, para o abastecimento público. Esse ponto foi escolhido por representar a água que é efetivamente distribuída a população. Porém, como tratou-se de uma amostra pontual, o resultado não foi considerado definitivo em termos de contaminação por mercúrio. A constatação deveria implicar, no entanto, na necessidade de um estudo sistemático incluindo coletas de água em diferentes épocas do ano e em diversos pontos de cursos d'água da bacia do rio Gramame.

Tabela 7.5

Posteriormente, a CAGEPA (1999d) analisou mas não detectou a presença de mercúrio nos seguintes pontos amostrados: elevatória da estação de tratamento de água de Gramame (barragem de nível); efluente da fábrica Toália; rio Mumbaba; reservatório de água tratada (na estação de tratamento de água de Marés); barragem de Marés; rio Gramame; reservatório de água tratada (na estação de tratamento de Gramame); rio Mumbaba junto a captação; captação no rio Mamuaba e no rio Mumbaba após o Distrito Industrial. No entanto, o limite de detecção do mercúrio pelo método utilizado é de 0,001 mg/l, quando a Resolução do CONAMA sugere uma concentração máxima de 0,0002 mg/l para águas da classe 2, conforme mencionado anteriormente, o que se revela uma inconsistência no procedimento adotado.

7.4 Bioindicadores de Qualidade da Água

O meio aquático é habitado por um grande número de formas vivas, vegetais e animais. Nestas encontram-se os microrganismos, entre os quais acham-se os tipicamente aquáticos ou os que são introduzidos na água a partir de uma contribuição externa.

Os microrganismos aquáticos desenvolvem, na água, suas atividades biológicas de nutrição, respiração, excreção.

Os microrganismos de origem externa (ex.: microrganismos patogênicos introduzidos na água junto com matéria fecal) normalmente não se alimentam ou se reproduzem no meio aquático tendo caráter transitório neste ambiente.

Entre os organismos que podem ser encontrados na água destacam-se: as algas e os microrganismos patogênicos.

As algas, embora tendo grande importância para o equilíbrio ecológico do meio aquático, sendo responsáveis por parte do oxigênio presente no líquido (produzindo através do processo fotossintético), quando em grande concentração podem acarretar, também, alguns problemas, sendo os principais: formação de grande massa orgânica, levando à produção de quantidade excessiva de lodo e à liberação de vários compostos orgânicos, os quais podem ser tóxicos ou produzir sabor e odor desagradáveis; formação de camadas de algas nas superfícies dos mananciais, causando turbidez e dificultando a penetração da luz solar, com a consequente redução de oxigênio no meio; entupimento de leitos filtrantes em estações de tratamento de água, aderência às paredes de reservatórios de água, corrosão de estruturas de ferro e de concreto.

O aumento da concentração de algas em mananciais superficiais pode ocorrer em função da eutrofização (processo resultante da fertilização das águas por despejos orgânicos do-

mésticos ou industriais). Esse aumento é acompanhado de alterações qualitativa, com surgimento de novas espécies e desaparecimento de outras. Nas águas doces eutrofizadas, nos meses mais quentes, observa-se altas densidades de algas, sobretudo algas azuis (Cianofíceas), responsáveis pela excreção de grandes quantidades de substâncias tóxicas e malcheirosas.

Os microorganismos patogênicos são introduzidos na água junto com matéria fecal de esgotos sanitários. Podem ser de vários tipos: bactérias, vírus, protozoários e vermes. Esses microorganismos não são residentes naturais do meio aquático, tendo origem, principalmente, nos despejos de pessoas doentes ou portadoras. Assim, tem sobrevivência limitada neste meio, podendo, no entanto alcançar o ser humano, através da ingestão ou contato com a água, causando-lhe doenças.

As bactérias usadas como indicadoras de poluição da água por matéria fecal são os coliformes, os quais vivem normalmente no organismo humano, existindo em grande quantidade nas fezes. Embora não sendo, de um modo geral, patogênicas, a presença de bactérias do grupo coliforme na água indica que a mesma recebeu matéria fecal e pode, portanto, conter microorganismos patogênicos.

As tabelas 7.6 e 7.7 apresentam dados de julho de 1999 de análises algológicas (qualitativo e quantitativo) de amostras de água bruta e tratada da bacia do rio Gramame, fornecidos pela CAGEPA (1999e), acompanhados do laudo seguinte: *O número de gêneros de algas identificados nas diferentes amostras (tabela 7.6) variou de um mínimo de 3 (ponto 4) até um máximo de 12 (ponto 5). As amostras 1, 3, 5 e 6 (água bruta) foram aquelas com maior diversidade de algas, destacando-se a do ponto 5 (água bruta - Marés), evidenciando um ambiente em equilíbrio. O Phylum Chlorophyta (algas verdes) foi aquela que mais contribuiu com esta diversidade. Os pontos 2 e 4 (água tratada) apresentam menor diversidade, o que era esperado, porém o exame microscópico revelou a presença de material particulado. É interessante notar que dos 18 gêneros identificados, nenhum foi comum a todos os pontos amostrados.*

Os valores das contagens dos gêneros de algas (tabela 7.7), foram expressos em Unidade Padrão de Contagem, ou seja, a forma com que as algas se encontram na natureza. Estas formas são o tricoma: *Aphanizomenon*, *Cylindros permopsis* e *Oscillatoria*; diatomácea filamentosa: *Melosira*; algas unicelulares: *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Cosmarium*, *Closterium*, *Euastrum*, *Staurostrum*, *Cyclotella*; colonial: *Merisnopedia*, *Microcystis*, *Crua-genia*, *Dictyosphaerium*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Selenastrum*.

A contagem dos gêneros de algas evidenciou que, dos ambientes naturais (representados pelas amostras 1,3,5 e 6), aquele que teve o maior número de algas contadas, foi a água

bruta do rio Mamuaba, onde o gênero *Melosira* foi encontrado em concentrações de até $2,0 \times 10^3$ UPC / ml. Porém esta diatomácea é típica de ambientes de águas correntes como é o rio Mamuaba. Das amostras analisadas, somente a amostra do ponto 3 continha representantes de cianobactérias (algas azuis), porém em número muito reduzido. É importante salientar que os números de gêneros de algas/ml encontrados, particularmente as cianobactérias, não atingiram o valor típico de um florescimento (“bloom”) que é de 100.000 células/ml. Os demais gêneros encontrados nos diferentes tipos de amostras foram reduzidos e típicos dos ambientes amostrados.

Tabela 7.6 – Identificação de algas presentes nos pontos amostrados – bacia do rio Gramame

	Amostras (UPC X 10^3 / ml)					
	1	2*	3	4*	5	6
Cyanobactéria						
<i>Aphanizomenon</i>	+	+	-	-	-	+
<i>Cylindrospermopsis</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Merismopedia</i>	+	-	+	-		+
<i>Microcystis</i>	+	-	+	-	+	+
<i>Oscillatoria</i>	+	+	-	+	-	-
Euglenophyta						
<i>Trachelomonas</i>	+	-	-	-	+	-
Chlorophyta						
<i>Ankistrodesmus</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Chlorella</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Cosmarium</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Closterium</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Crucigenia</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Dictyosphaerium</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Euastrum</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Oocystis</i>	+	-	+	-	+	+
<i>Scenedesmus</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Selenastrum</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Staurastrum</i>	+	+	+	-	+	+
Bacillariophyta						
<i>Cyclotella</i>	-	-	+	+	-	+
<i>Melosira</i>	+	-	-	-	-	+
Total do Gêneros	10	4	9	3	12	10

* muita matéria orgânica

Tabela 7.7 – Contagem do gênero de algas presentes nos pontos amostrados - bacia do rio Gramame

	CONTAGEM (UPC X 10 ³ / ml)*					
	1	2	3	4	5	6
Aphanizomenon	0,5	-	-	-	-	-
Merismopedia	-	0,5	-	-	-	0,5
Ankistrodesmus	0,5	-	-	-	-	-
Chlorella	-	0,5	2,5	2,5	2	-
Closterium	-	-	-	-	-	0,5
Oocystis	-	-	-	-	0,5	0,5
Staurastrum	-	0,5	-	-	-	-
Cyclotella	-	-	-	-	-	0,5
Melosira	0,5	-	-	-	-	2

* UPC - Unidade Padrão de Contagem: unicelular, filamento ou colônia

Amostra 1 - água bruta; Rio Mumbaba - junto a captação da barragem;

Amostra 2 - água tratada; Marés; reservatório; água tratada; superfície;

Amostra 3 - água bruta; barragem Gramame; junto a torre; captação; superfície;

Amostra 4 - água tratada; Gramame; reservatório; água tratada da ETA;

Amostra 5 - água bruta; Marés; junto a captação; 0,30 m superfície;

Amostra 6 - água bruta Mamoaba; junto a torre de captação.

Na bacia do rio Gramame, o controle de microrganismos patogênicos (através de coliformes totais) só é efetuado pela CAGEPA (1999a), nos mananciais que são utilizados nos sistemas de abastecimento de água, conforme tabela 7.1 apresentada anteriormente.

Na tabela 7.1 consta que a concentração de coliformes totais está acima de 2.400 NMP/100 ml em todos os mananciais abastecedores. A Resolução do CONAMA limita este número em 5.000 NMP/100 ml para a classe 2, na qual estão inseridas as águas da bacia em estudo. É importante lembrar no entanto que, embora seja desejável que as águas destinadas ao consumo humano obedeçam ao disposto pelo CONAMA, com frequência os cursos d'água recebem água residuárias industriais, esgotos domésticos, muitas vezes sem tratamento. Por isso, o padrão 5.000 NMP/100 ml é muito difícil de ser atendido, principalmente em cursos d'água e açudes de pequeno volume. Assim, dependendo da época do ano, esses mananciais podem apresentar valores além do máximo admitido.

Desse modo, uma fonte de abastecimento deve ser considerada como um ecossistema, cujas características podem variar sazonalmente e também durante o período de utilização.

Assim, o controle da qualidade da água é uma medida de grande importância e necessidade particularmente para garantia da saúde da população, sem deixar de lembrar os prejuízos econômicos que podem advir da má qualidade da água de consumo. Além disso, pode tornar inviável a tecnologia do tratamento adotado.

7.5 Mapeamento Integrado da Qualidade das Águas do Ponto de Vista Físico, Químico e Biológico

De acordo com os dados físicos e químicos de qualidade da água disponíveis para a bacia do rio Gramame e considerando a classe 2 em que estão inseridos os mananciais da referida bacia segundo a Resolução do CONAMA foi feito o mapeamento integrado desses parâmetros (valores médios no período de janeiro/1992 até outubro/1999). A figura 7.2 apresenta o mapeamento integrado dos parâmetros citados.

7.6 Modelo de Simulação da Qualidade da Água

Diante do exposto sobre os aspectos ambientais na bacia do rio Gramame, os conflitos pelos recursos hídricos poderão ocorrer em quantidade e qualidade, uma vez que há fontes de poluição provenientes de atividades de mineração, indústrias, núcleos urbanos e atividades agrícolas.

O objetivo de um modelo de qualidade de água é dotar o órgão responsável pelo gerenciamento da bacia do rio Gramame de uma ferramenta técnica para cenários arbitráveis de desenvolvimento que impliquem em alterar o arranjo de captações e lançamentos de despejos (tratados e não tratados), tais como elementos novos ou ampliações/reduções dos existentes, para dar apoio à tomada de decisões de planejamento do uso do solo, da água e de atividades econômicas na bacia de forma a minimizar os conflitos que porventura venha a ocorrer.

Neste sentido, o modelo matemático QUAL 2E, distribuído pela EPA – Environmental Protection Agency – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos foi o eleito para avaliar os impactos das cargas poluidoras nas águas da bacia do rio Gramame por ser largamente utilizado em estudos similares aqui no Brasil. A figura 7.3 apresenta o mapa de localização da bacia do rio Gramame.

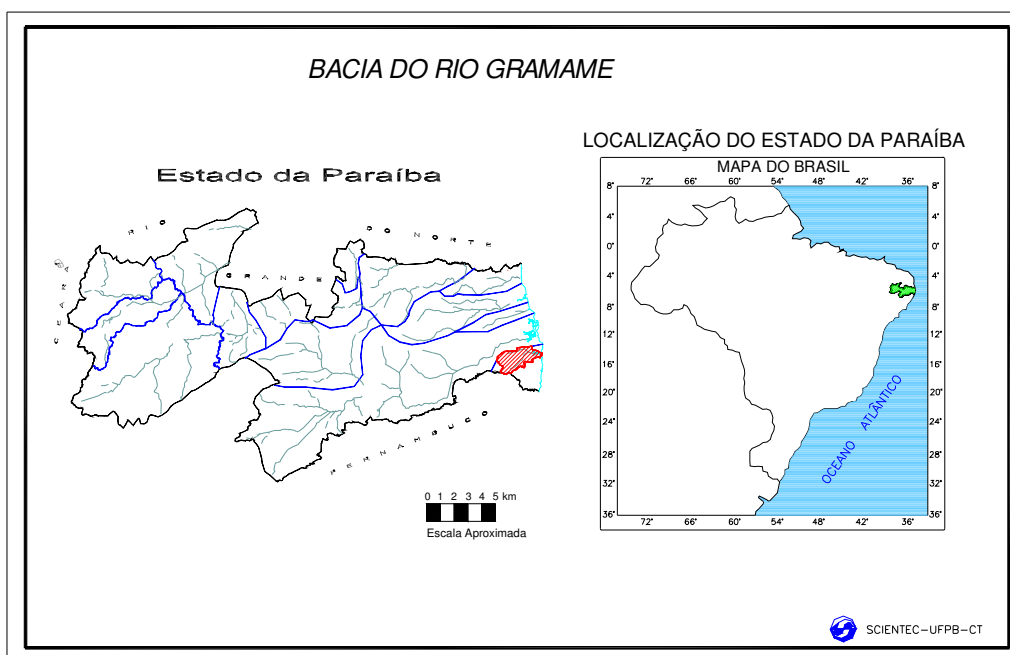


Figura 7.3 - Localização da Bacia do rio Gramame

Para aplicação do modelo matemático QUAL 2E foram considerados apenas os impactos nos cursos d'água dos lançamentos de esgotos domésticos provenientes das cidades situadas nas margens do rio Gramame e a carga de efluentes industriais proveniente do distrito industrial de João Pessoa.

Considerou-se também a classificação dos cursos d'água da referida bacia (Classe 2), segundo a Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

- Parâmetros de Análise

Os impactos relativos aos lançamentos de efluentes nos cursos d'água integrantes da bacia do Gramame foram avaliados com base em três parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e Número Mais Provável de Coliformes Fecais (NMP/100ml). Os dois primeiros parâmetros foram utilizados para uma análise do comportamento das cargas orgânicas e o terceiro para avaliar o aspecto bacteriológico da água.

- • Carga Orgânica

O teor de matéria orgânica é, normalmente, representado pela Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ou Demanda Química de Oxigênio – DQO.

Ao se lançar uma carga orgânica em um curso d'água ocorre uma elevação na quantidade de matéria orgânica do meio aquático, com um aumento brusco da sua DBO. No entanto,

to, esse valor elevado tende a decrescer com a distância do lançamento e o tempo, podendo alcançar valores baixos, dependendo das condições de autodepuração do curso d'água.

A decomposição da matéria orgânica, pelas bactérias aeróbias, resulta no decréscimo do teor de oxigênio dissolvido presente na água. Toda água contém uma certa concentração de oxigênio dissolvido que, em condições de não poluição, pode alcançar o nível de saturação.

O teor de saturação de oxigênio dissolvido na água depende de alguns fatores, tais como a altitude e temperatura. 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.

Assim, as consequências dos lançamentos de efluentes orgânicos em cursos d'água podem ser avaliadas através do comportamento de dois parâmetros – DBO e OD, determinando-se os teores do mesmo, após o local de lançamento.

- • Contaminação por Microrganismos

A presença de microrganismos patogênicos na água é determinada de forma indireta, através dos coliformes fecais que, embora não sejam em geral patogênicos, existem em grande quantidade nas fezes.

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

A concentração de coliformes é avaliada através do NMP/100ml.

- Descrição do Modelo Matemático QUAL 2E

O QUAL 2E é um modelo para rios, capaz de simular simultaneamente 15 parâmetros de qualidade da água: OD, DBO, temperatura, alga (clorofila A), nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato, fósforo orgânico, fósforo dissolvido, coliformes, um constituinte não conservativo e outros três constituintes conservativos. Ele hipotiza mistura completa em uma dada seção do rio e assume que os mecanismos de transporte (advecção e dispersão) são significativos apenas na direção principal do escoamento. O modelo consegue trabalhar com múltiplas descargas de efluentes, tributários e incremento e decréscimo de vazão. Hidraulicamente, o QUAL 2E trabalha com escoamentos permanentes e uniformes em cada trecho.

O modelo foi utilizado em suas componentes de OD, DBO e Coliformes Fecais. A Equação 1 representa o transporte de massa básica utilizada pelo modelo.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial \left(A_x D \frac{\partial C}{\partial x} \right)}{\partial x} dx - \frac{\partial (A_x \bar{U} C)}{\partial x} dx + A_x dx \frac{dC}{dt} + S \quad (1)$$

onde M é massa, X é distância, t é tempo, C é concentração, Ax é área da seção, DL é coeficiente de dispersão, U é velocidade média e S é a fonte ou sumidouro externo. O termo do lado esquerdo da equação representa a variação local do componente, o primeiro termo do lado direito da igualdade representa a dispersão, o segundo a advecção e o terceiro descreve os processos de troca e a variação de um constituinte em função de si mesmo ou de outro constituinte e, o quarto, fonte ou sumidouro externos. Esta equação é aplicada a cada um dos constituintes, gerando um sistema de equações a ser calculado por trecho.

As características hidráulicas do escoamento são calculadas com auxílio da equação de Manning ou por ajuste de curva chave a seção.

A dispersão pode ser calculada utilizando a expressão de Fisher(1964) apresentada a seguir (Equação 2),

$$D_L = 3.82 K n \bar{U} d^{\frac{5}{6}} \quad (2)$$

onde K é a constante de dispersão, n é o número de Manning, U é a velocidade média e d é a profundidade média do escoamento. Nesta equação, o comprimento é expresso em pé e o tempo em segundo.

As constantes cinéticas do modelo são ajustadas as temperaturas, expressas em Celsius, pela Equação 3:

$$k = k_{20} \theta^{(T-20)} \quad (3)$$

sendo o valor de θ função do tipo de constituinte, k_{20} é o valor da constante a 20°C. O manual do QUAL 2E apresenta valores típicos para este tipo de constante.

O modelo de OD - DBO utilizado é simplificado. Utilizou-se o modelo considerando a reaeração da água pelo compartimento atmosférico, tendo como parâmetro cinético o K_2 calculado pela equação de O'Connor e Dobbins, escolhida entre as oito equações de reaeração disponibilizadas pelo modelo. Esta equação foi escolhida devido ser a que melhor se ajusta à faixa de variação das profundidades e velocidades ocorrentes nos corpos d'água em estudo. A

concentração de saturação do oxigênio de dissolvido foi calculada por equação que tem como variável apenas a temperatura, já que outros aspectos que influenciam a concentração de saturação, tais como a concentração de sólidos dissolvidos totais não são objeto de análise do modelo.

O parâmetro cinético do decaimento da DBO (K_2) foi avaliado com auxílio da literatura. Devido este fato, simulações com diferentes valores de K_2 foram realizadas com vistas a uma análise de sensibilidade.

O parâmetro de decaimento dos coliformes fecais também foi avaliado com auxílio da literatura.

- Condições de Simulação e Dados Utilizados

As simulações feitas objetivaram determinar as vazões mínimas a serem mantidas nos cursos d'água, para garantir a autodepuração das cargas de esgotos domésticos e efluentes industriais lançadas nos mesmos, de forma que as águas dos mananciais se mantivessem na classe 2 (ou inferior).

A carga poluidora dos esgotos domésticos das cidades situadas nas proximidades dos cursos d'água integrantes da bacia do rio Gramame, as quais, supostamente, lançarão seus efluentes nesses mananciais, foi estimada com base em:

- Vazões médias de esgoto, estimadas com base nas populações das cidades
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do esgoto doméstico: 300 mg / l
- Oxigênio Dissolvido (OD) do esgoto doméstico: zero
- Número Mais Provável de Coliformes fecais, no esgoto: 10^6 /100ml

Foram considerados três níveis de eficiência do tratamento de esgoto doméstico:

- Nenhum tratamento sendo aplicado ao esgoto.
- Tratamento do esgoto com uma eficiência de 50 %.
- Tratamento do esgoto com uma eficiência de 80 %.

Para cada tipo de tratamento dos esgotos, foram analisados os impactos que os lançamentos dos mesmos provocariam na água, para diversas vazões, em termos dos parâmetros: DBO, Oxigênio Dissolvido e Número Mais Provável de Coliformes Fecais.

Para os efluentes industriais foi considerado uma carga de lançamento de 66,2 ton DBO/mês e os parâmetros DBO e OD.

Para as águas dos cursos d'água, foram considerados os seguintes parâmetros, antes do

lançamentos das contribuições de esgoto:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - 2 mg/l
- Oxigênio Dissolvido de saturação - 7 mg/l
- Número Mais Provável de Coliformes Fecais - 100 / 100 ml
- Temperatura – 27° C

- A Bacia do Rio Gramame

Foram analisados diversos cenários, para os três níveis de eficiência considerados para o tratamento dos efluentes das cidades, no estudo de vazão de diluição do rio Gramame. A análise compreendeu 86 km de calhas, desde os pontos de montante dos rios Gramame, Mumbaba e Água Boa até a sua foz no Gramame.

A Bacia do Rio Gramame foi dividida para efeito de modelagem em seis regiões: Alto, Médio e Baixo Gramame, Água Boa, Alto e Baixo Mumbaba. Esta divisão foi realizada considerando aspectos hidráulicos e de lançamento na bacia e objetiva facilitar a análise e entendimento de cada uma destas regiões da bacia hidrográfica. O Mapa da figura 7.4 apresenta estas divisões.

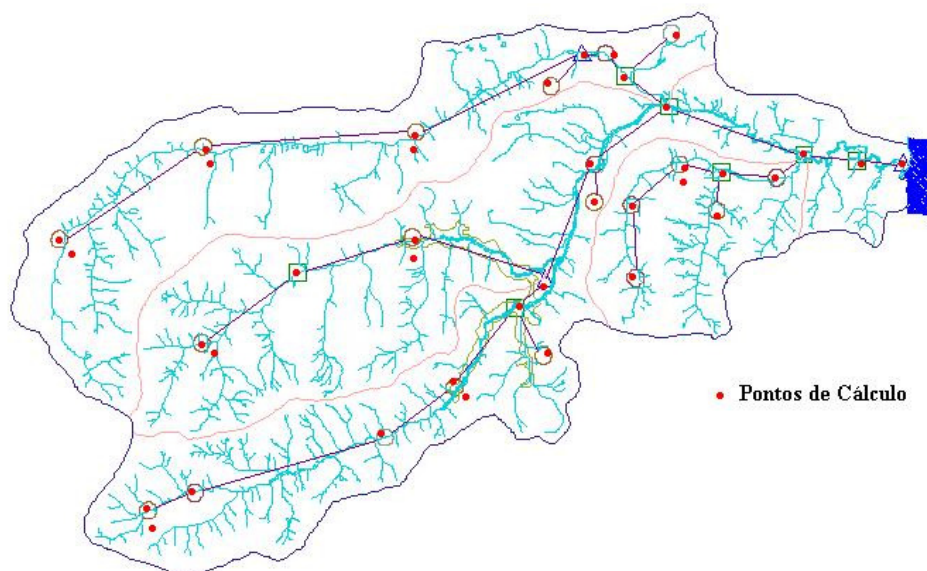


Figura 7.4 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame

- Cargas Poluidoras

A Bacia apresenta três pontos principais de lançamento de carga poluidoras localizados na captação Pedras do Fogo (ponto 347) no Alto Gramame, Captação da CAGEPA - Conde (ponto 194) no rio Água Boa e a jusante da captação da CAGEPA para João Pessoa (ponto 43) no Baixo Mumbaba. A tabela 7.8 apresenta as cargas orgânicas destas três localidades e a Figura 7.5 apresenta a localização das mesmas.

A carga lançada no ponto 347 diz respeito aos esgotos de Pedras de Fogo, no ponto 194 é despejado os esgotos de Conde e no ponto 43 ocorre o lançamento dos efluentes industriais.

Tabela 7.8: Vazões Médias de Esgoto e Carga Orgânica – Bacia do Gramame – Paraíba

Ponto de Lançamento	Hipótese I		Hipótese II	
	Vazão do Lançamento (l/s)	Carga Orgânica DBO (toneladas/mês)	Vazão do Lançamento (l/s)	Carga Orgânica DBO (toneladas/mês)
347	2,4	1,90	50,0	40,0
194	1,1	0,84	50,0	40,0
43 (Jusante)	40,0	66,2	-	-

Para os esgotos domésticos foram considerados duas hipóteses de vazão de lançamento e carga de DBO. A hipótese I corresponde ao lançamento de esgotos da parcela da população atual das cidades de Pedras de Fogo e Conde que não adotam sistema individual de tratamento de esgoto (fossa séptica). A hipótese II considera o lançamento dos esgotos de toda a população das referidas cidades para o horizonte do plano (ano de 2020).

Para os efluentes industriais considerou-se apenas a hipótese I (lançamento da carga atual).

Para o ano de 2000, considerou-se a mesma vazão de lançamento e carga de DBO da hipótese II. Essa consideração foi feita devido à baixa taxa de crescimento da cidade de Pedras de Fogo e é conservativa para a cidade do Conde.

- • Vazão Natural

As vazões naturais do rio utilizadas foram as com 98% de permanência mensal devido não ser disponível as vazões diárias para o cálculo do Q7,10. A tabela 7.9 apresenta as vazões com 98% de permanência para os diferentes seções de controle da bacia.

Tabela 7.9 – Vazões Consideradas

Número da malha	Ponto Estratégico	Vazão Mínima m ³ /s (vazão com 98% de permanência)	Vazão Mínima l/s (vazão com 98% de permanência)
26	Açude fictício Mussuré	0,005	5,0
42	Posto Fluviométrico Mumbaba	0,200	200,0
43	Captação Cagepa (Mumbaba)	0,200	200,0
47	Exutório Riacho Mussuré-Mumbaba	0,017	17,0
48	Exutório Sub-Mumbaba	0,210	210,0
68	Captação Mumbaba 1	0,030	30,0
79	Captação Mumbaba 2	0,180	180,0
132	Captação Cagepa (Gramame)	0,300	300,0
133	Água Boa (Alt I)	0,050	50,0
135	Água Boa (Alt II)	0,130	130,0
136	Exutório Rio da Salsa	0,030	30,0
139	Exutório Água Boa	0,140	140,0
151	Exutório da Bacia	1,250	1250,0
158	Exutório Riacho Coqueirinho-Mumbaba	0,012	12,0
185	Posto Fluviométrico Mamuaba	0,180	180,0
194	Captação Cagepa (Conde)	0,040	40,0
219	Captação Mamuaba	0,050	50,0
222	Exutório Riacho Vermelho-Mamuaba	0,019	19,0
231	Exutório Sub-Mamuaba	0,180	180,0
233	Exutório Sub-Gramame	0,180	180,0
234	Posto Fluviométrico Gramame	0,170	170,0
241	Açude fictício Água Boa	0,019	19,0
255	Açude fictício Mamuaba	0,013	13,0
265	Exutório Piabuçu-Gramame	0,019	19,0
280	Açude fictício Mumbaba	0,001	1,3
302	Captação Gramame	0,120	120,0
328	Captação Giasa	0,110	110,0
346	Açude fictício Gramame	0,012	12,0
347	Captação Cagepa (Pedras de Fogo)	0,019	19,0

- Cenários Analisados

Os cenários analisados foram construídos para cada uma das seis regiões das bacias hidrográficas, quais sejam, Alto, Médio e Baixo Gramame, Alto e Baixo Mumbaba e Água Boa.

Apresenta-se a seguir a estrutura dos cenários utilizados. As cargas poluidoras se referenciam as hipóteses de carga apresentadas na tabela 7.8.

- Alto Gramame

A análise *quantitativa* do impacto das cargas poluidoras no Alto Gramame foi realizado a partir da construção de sete cenários que combinam diferentes vazões no rio, cargas poluidoras e níveis de tratamento do efluente. A tabela 7.10 apresenta um resumo destes cenários.

Tabela 7.10: Cenários Analisados para o Alto Gramame

Nome do Cenário	Vazão no Rio	Carga Poluidora	Tratamento
AG1	Vazão com 98% de permanência	Hipótese I	0,0%
AG2	Vazão com 98% de permanência	Hipótese I	50,0%
AG3	Vazão com 98% de permanência	Hipótese I	80,0%
AG4	Vazão com 98% de permanência	Hipótese II	80,0%
AG5	Vazão com 98% de permanência	Hipótese II	0,0%
AG6	Vazão de 1,0 m ³ /s no ponto 346 e para as demais seções acréscimo de vazão similar ao com 98% de permanência	Hipótese II	0,0%
AG7	Vazão de 0,77 m ³ /s (vazão média) no ponto 346 e para as demais seções acréscimo de vazão similar ao com 98% de permanência	Hipótese II	0,0%

- Médio Gramame

Para o médio Gramame foi feita uma análise *qualitativa*. Optou-se por uma análise qualitativa devido a inexistência de lançamentos significativos na bacia e da qualidade na seção mais a montante ser definida pelo reservatório Gramame-Mamuaba. A qualidade da água seria, pois, função dos níveis de armazenamento deste reservatório e da regra de operação do mesmo.

- Baixo Gramame

No baixo Gramame foi feita uma análise *qualitativa*. Optou-se por uma análise qualitativa devido a inexistência de lançamentos significativos na bacia e da qualidade na seção mais a montante ser definida pela qualidade do médio Gramame e do baixo Mumbaba.

- Água Boa

A análise *quantitativa* do impacto das cargas poluidoras no rio Água Boa foi realizada a partir da construção de três cenários que combinam diferentes vazões nos rios e cargas poluidoras. A tabela 7.11 apresenta um resumo destes cenários.

Tabela 7.11: Cenários Analisados para o Rio Água Boa

Nome do Cenário	Vazão no Rio	Carga Poluidora	Tratamento
AB1	Vazão com 98% de permanência	Hipótese I	0,0%
AB2	Vazão com 98% de permanência	Hipótese II	0,0%
AB3	Vazão de 100 l/s na seção 194 e para as demais seções acréscimo de vazão similar ao com 98% de permanência	Hipótese II	0,0%

- Alto Mumbaba

A bacia do alto Mumbaba não apresentou nenhum lançamento significativo de poluentes. Devido este fato não deverá ocorrer modificações consideráveis na qualidade da água desta região hidrográfica. Não sendo, pois, necessário a simulação desta região.

- Baixo Mumbaba

Para a região do Baixo Mumbaba foi realizada uma análise qualitativa. Há um lançamento de 66,2 toneladas/mês de carga orgânica proveniente de efluentes industriais que ocorre a jusante da tomada d'água (da CAGEPA) para João Pessoa. Em épocas de estio a vazão mínima do rio será menor ou pouco maior do que a demandada pela CAGEPA naquela seção. Este fato indica que as vazões a jusante desta seção serão muito pequenas.

- Resultados das Simulações da Capacidade de Autodepuração

Os resultados das simulações e análises realizadas serão apresentadas a seguir para cada uma das regiões em que foi dividida a bacia do rio Gramame. As diversas simulações rea-

lizadas apresentaram de forma invariável, para os diversos cenários analisados, os valores de coliformes fecais elevados. É importante ressaltar que os esgotos, sob o aspecto bacteriológico, devem ser tratados a um nível de eficiência de, no mínimo, 99%. Esta é uma medida indispensável para garantir a saúde da população ribeirinha aos cursos d'água.

- *Alto Gramame*

As tabelas 7.12 e 7.13 apresentam síntese dos resultados obtidos para os diferentes trechos simulados para o Alto Gramame (devido ao lançamento de esgotos de Pedras de Fogo). As figuras 7.6 a 7.12 apresentam o perfil do Oxigênio Dissolvido e da BDO para as diversas seções do rio.

- Oxigênio Dissolvido

Observa-se na tabela 7.12 que não há violação quanto a variável oxigênio dissolvido para os cenários AG1, AG2 e AG3, isto é, em todos os cenários submetidos a hipótese I de carga. O mesmo não ocorre para os cenários submetidos a hipótese II de carga. Neste caso, há problema relativamente pequeno quando se trata 80% do efluente ou no caso da vazão de diluição de aproximadamente $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Os locais de problema são porém distintos. No primeiro caso, tratamento de 80%, a violação do padrão de OD encontra-se logo a jusante do lançamento na seção 2, no ponto 347. Isto ocorre devido a baixa concentração de OD nas águas do efluente e a vazão do mesmo ser significativa com relação a do rio. No segundo caso (vazão de diluição de $1 \text{ m}^3/\text{s}$) a depressão do OD encontra-se a jusante da seção 4, no ponto 302, e ocorre em 80% do referido trecho. Esta depressão é devido ao consumo de oxigênio no processo de autodepuração do corpo d'água.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio

Os cenários submetidos a hipótese I de carga tiveram violação quanto a variável DBO. O cenário AG1, que não tem tratamento do efluente, apresentou violação em 100% em praticamente todos os trechos a jusante do lançamento. Os cenários AG2 e AG3 apresentaram violação na seção 2, jusante do ponto 347, em 80% e 20% do trecho, respectivamente.

Os cenários submetidos a hipótese II de carga, sem exceção, apresentaram violação em 100% em quase todos os trechos a jusante do lançamento. Avaliou-se o tratamento de até 80% e vazão de diluição de até $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Assim, para que não haja violação dos trechos submetidos a hipótese II é necessário que os esgotos de Pedras de Fogo sejam tratados de modo a reduzir sua carga de lançamento

(no Alto Gramame) em termos de DBO, ao nível da hipótese I de carga submetida a 80% de tratamento. Isso significa que, a eficiência do tratamento de esgoto para a hipótese II deve ser de 99,0%, o que corresponde a uma carga de lançamento de 0,38 ton DBO/mês.

A tabela 7.13 apresenta os resultados para os diferentes trechos simulados para o Alto Gramame com relação ao parâmetro DBO.

Tabela 7.12 - OD nos Diversos Trechos no Rio Gramame

Nome do cenário	Trecho	Comprimento do Trecho (km)	Concentração (mg/l)			Violação Máxima (mg/l)	Trecho com violação (km)	% trecho sob violação
			Mínima	Média	Máxima			
AG1	1	2	7.49	7.58	7.66	0.00	0	0%
	2	10	7.12	7.27	7.35	0.00	0	0%
	3	4	7.37	7.40	7.43	0.00	0	0%
	4	5	7.45	7.48	7.51	0.00	0	0%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%
AG2	1	2	7.49	7.58	7.66	0.00	0	0%
	2	10	7.31	7.49	7.55	0.00	0	0%
	3	4	7.57	7.59	7.61	0.00	0	0%
	4	5	7.63	7.66	7.69	0.00	0	0%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%
AG3	1	2	7.49	7.58	7.66	0.00	0	0%
	2	10	7.43	7.63	7.67	0.00	0	0%
	3	4	7.69	7.71	7.73	0.00	0	0%
	4	5	7.75	7.77	7.79	0.00	0	0%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%
AG4	1	2	7.49	7.58	7.66	0.00	0	0%
	2	10	4.99	5.96	6.43	4.99	1	10%
	3	4	6.46	6.51	6.56	0.00	0	0%
	4	5	6.58	6.64	6.70	0.00	0	0%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%
AG5	1	2	7.49	7.58	7.66	0.00	0	0%
	2	10	0.73	1.25	2.85	0.73	10	100%
	3	4	1.43	1.54	1.68	1.43	4	100%
	4	5	1.72	1.90	2.11	1.72	5	100%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%
AG6	1	2	7.02	7.03	7.03	0.00	0	0%
	2	10	5.41	5.93	6.59	0.00	0	0%
	3	4	5.11	5.21	5.32	0.00	0	0%
	4	5	4.86	4.95	5.05	4.86	4	80%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%
AG7	1	2	7.24	7.31	7.38	0.00	0	0%
	2	10	1.72	2.26	4.11	1.72	10	100%
	3	4	1.88	1.94	2.01	1.88	4	100%
	4	5	2.04	2.17	2.32	2.04	5	100%
	5	8	7.34	7.54	7.60	0.00	0	0%

Tabela 7.13: DBO nos Diversos Trechos do Rio Gramame

Nome do cenário	Trecho	Comprimento do Trecho (km)	Concentração (mg/l)			Violação Máxima (mg/l)	Trecho com violação (km)	% trecho sob violação
			Mínima	Média	Máxima			
AG1	1	2	1.88	1.90	1.92	0.00	0	0%
	2	10	7.34	12.78	22.88	22.88	10	100%
	3	4	6.15	6.573	7.01	7.01	4	100%
	4	5	5.3	5.632	5.97	5.97	5	100%
	5	8	1.73	1.82	1.94	0.00		0%
AG2	1	2	1.87	1.895	1.92	0	0	0%
	2	10	4.45	7.201	12.28	12.28	8	80%
	3	4	3.79	4.025	4.27	0	0	0%
	4	5	3.27	3.472	3.68	0	0	0%
	5	8	1.73	1.82	1.94	0		0%
AG3	1	2	1.86	1.89	1.92	0	0	0%
	2	10	2.71	3.858	5.93	5.93	2	20%
	3	4	2.37	2.493	2.62	0	0	0%
	4	5	2.04	2.17	2.3	0	0	0%
	5	8	1.72	1.819	1.94	0		0%
AG4	1	2	1.89	1.905	1.92	0	0	0%
	2	10	15.29	22.9	34.09	34.09	10	100%
	3	4	13.02	13.84	14.68	14.68	4	100%
	4	5	11.36	12.01	12.67	12.67	5	100%
	5	8	1.74	1.821	1.94	0		0%
AG5	1	2	1.92	1.98	2.04	0	0	0%
	2	10	71.96	110.5	167.25	167.25	10	100%
	3	4	60.87	64.85	68.97	68.97	4	100%
	4	5	53.08	56.14	59.24	59.24	5	100%
	5	8	1.75	1.826	1.94	0		0%
AG6	1	2	1.97	1.985	2	0	0	0%
	2	10	12.65	14.08	15.61	15.61	10	100%
	3	4	11.74	12.08	12.42	12.42	4	100%
	4	5	10.77	11.15	11.54	11.54	5	100%
	5	8	1.74	1.821	1.94	0		0%
AG7	1	2	1.94	2.005	2.07	0	0	0%
	2	10	54.53	75.12	102.18	102.18	10	100%
	3	4	47.19	49.85	52.58	52.58	4	100%
	4	5	41.54	43.77	46.02	46.02	5	100%
	5	8	1.75	1.826	1.94	0		0%

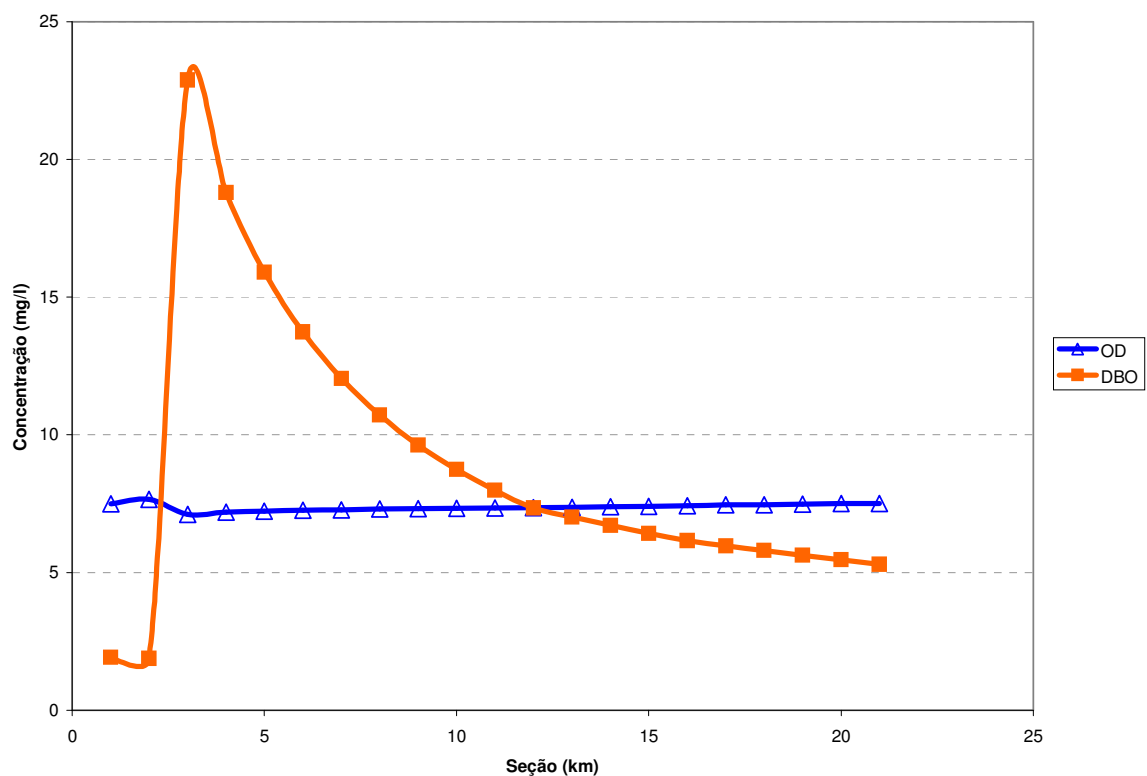


Figura 7.6: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG1

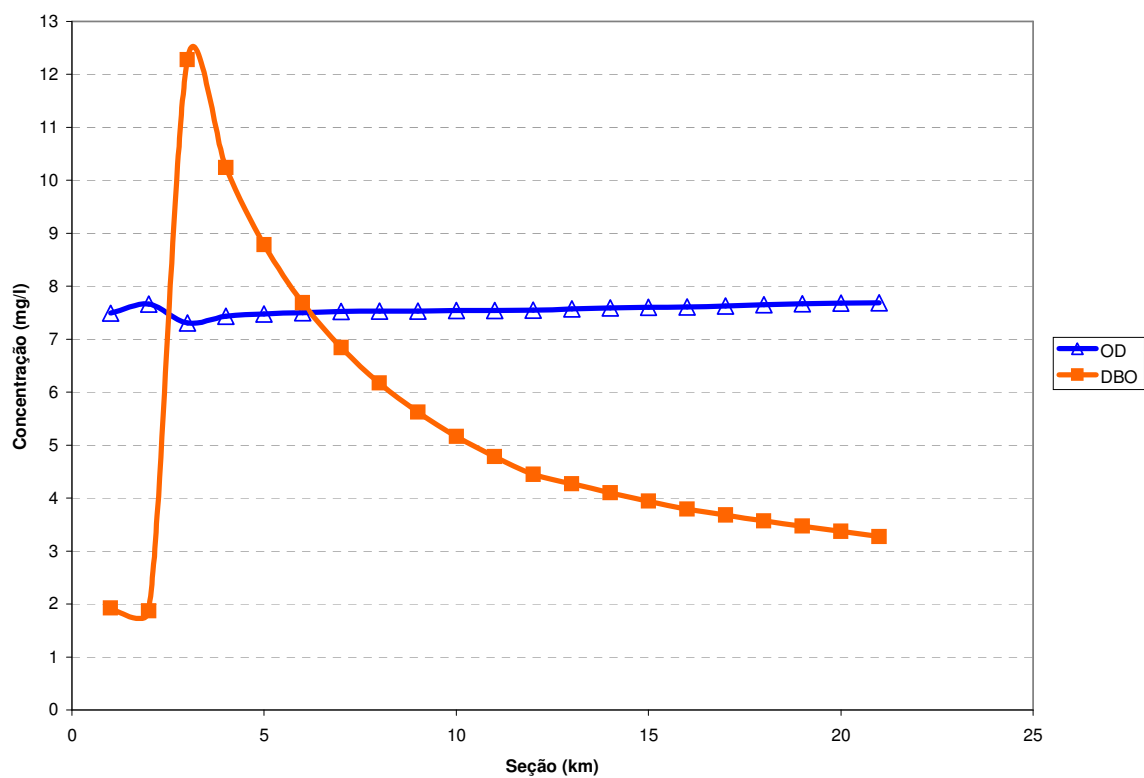


Figura 7.7: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG2

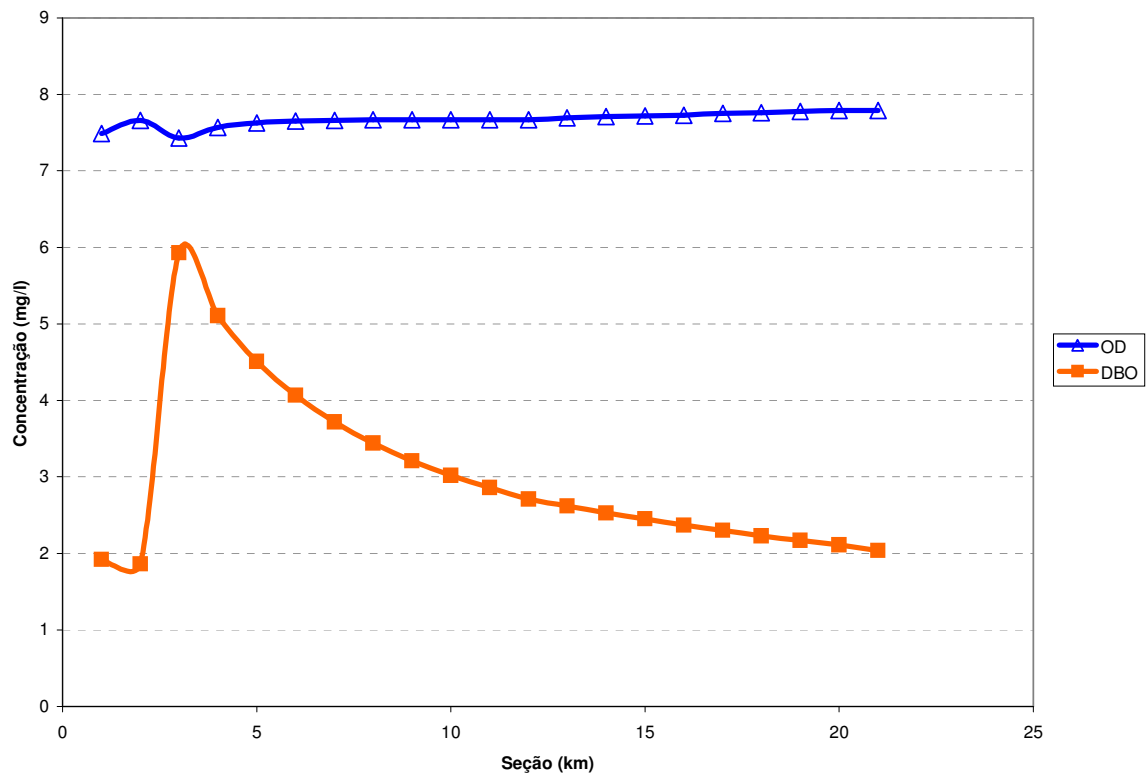


Figura 7.8: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG3

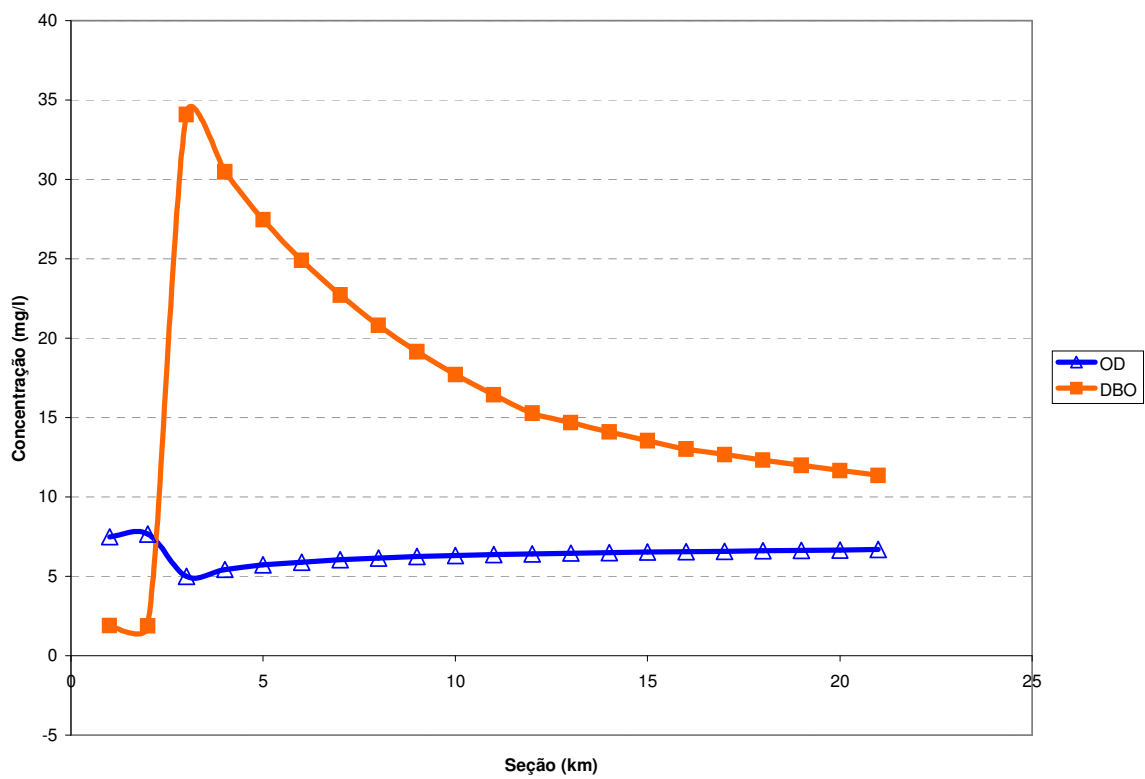


Figura 7.9: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG4

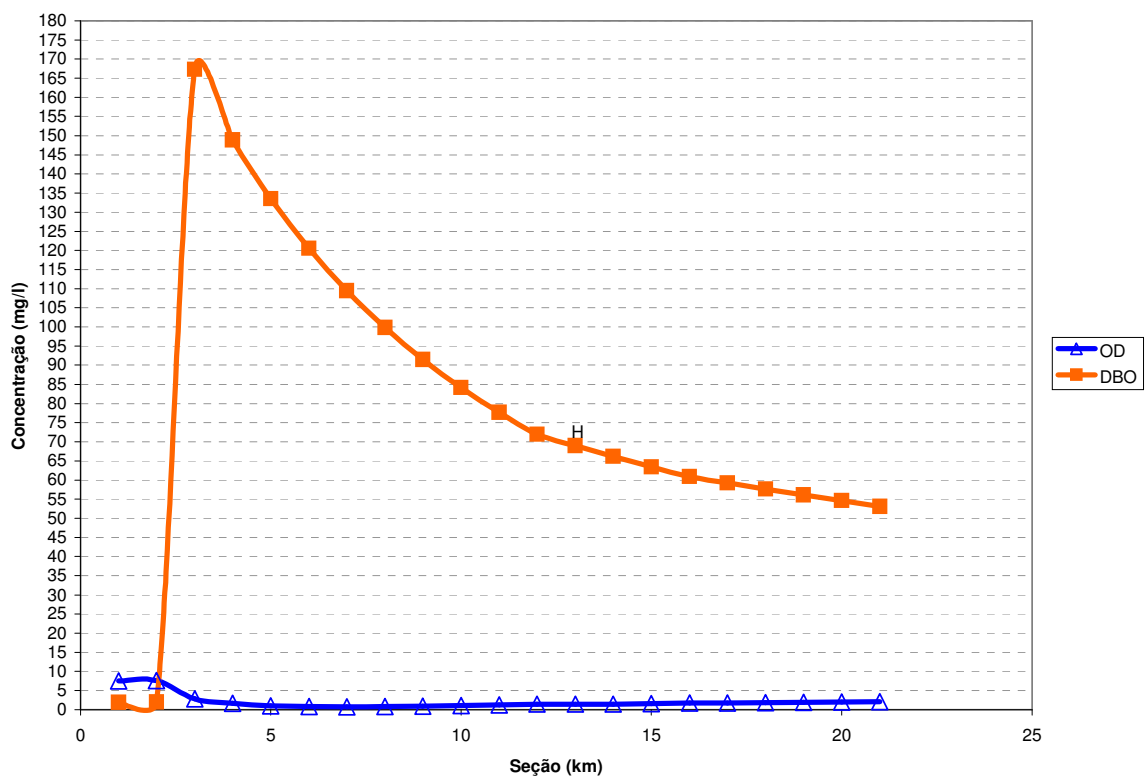


Figura 7.10: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG5

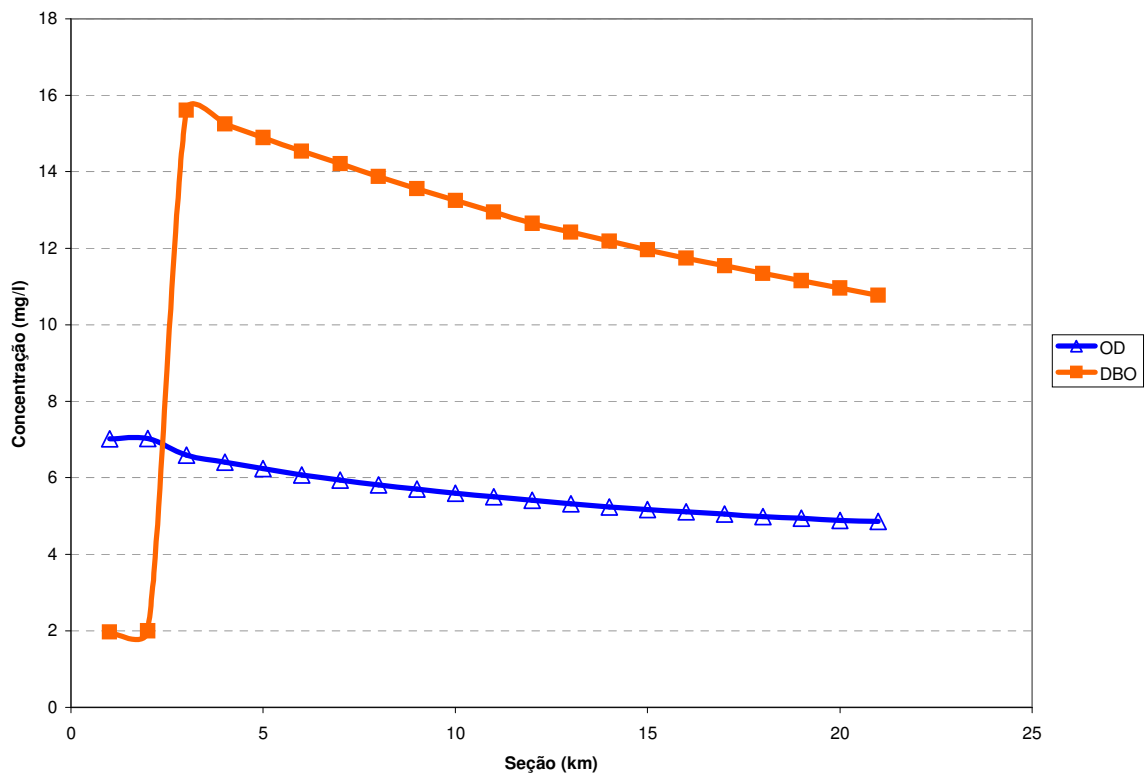


Figura 7.11: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG6

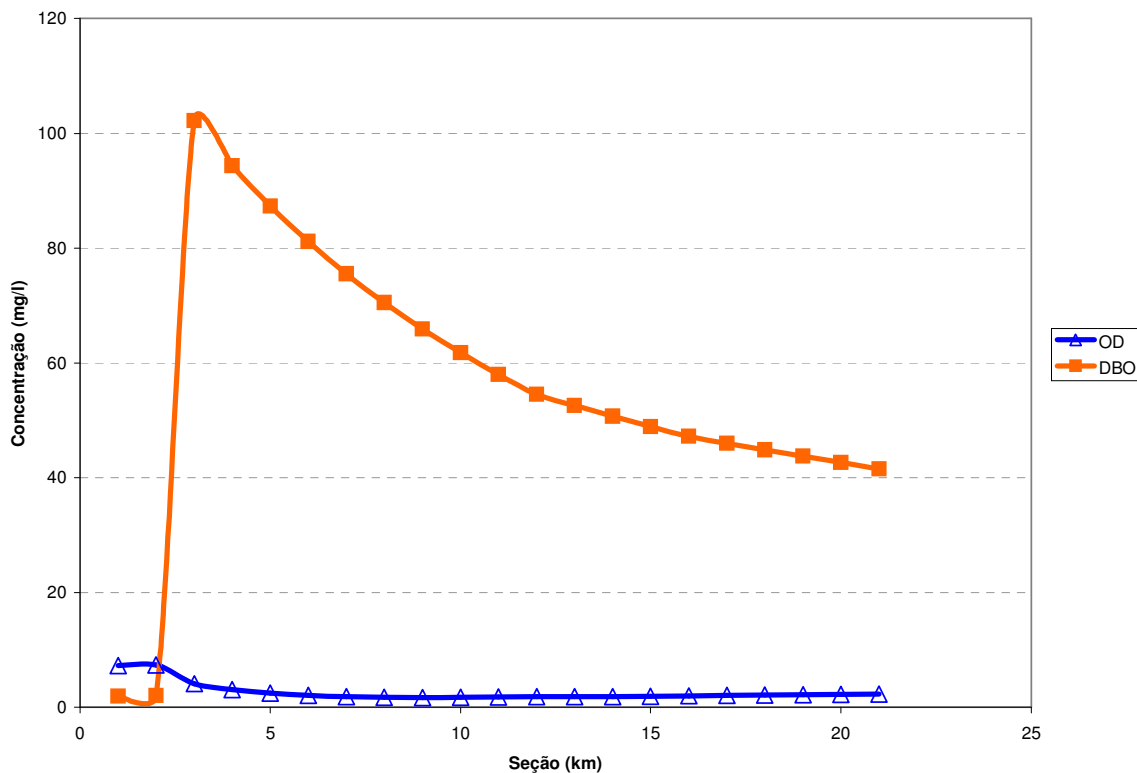


Figura 7.12: Gráfico do OD e DBO para o cenário AG7

- **Médio Gramame**

Para o médio Gramame foi feita uma análise *qualitativa*. Optou-se por esse tipo de análise devido a inexistência de lançamentos significativos na bacia e da qualidade na seção mais a montante ser definida pelo reservatório Gramame-Mamuaba. A qualidade da água seria, pois, função dos níveis de armazenamento deste reservatório e da regra de operação do mesmo.

O tempo de residência do reservatório Gramame-Mamuaba é de 1,3 anos. Este cálculo foi realizado a partir do dado de capacidade do reservatório 53 hm^3 e da vazão média afluente, obtida na simulação do Balanço Hídrico realizado com o Modelo MODSIM, que é de $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$ ou $39 \text{ hm}^3/\text{ano}$. O valor foi obtido numericamente como mostrado na Equação 4 mostrada a seguir.

$$T_{\text{residência}} = \frac{\text{Volume}}{\text{Afluência}} = \frac{52 \text{ hm}^3}{39 \text{ hm}^3/\text{ano}} = 1,33 \text{ anos} \quad (4)$$

Este tempo de residência favorece uma autodepuração considerável dentro do reservatório. Caso as cargas afluentes não sejam muito elevadas, a biota lacustre não será impactada. Se as cargas orgânicas forem muito elevadas o reservatório poderá funcionar como uma lagoa facultativa ou anaeróbia, impactando significativamente a biota lacustre.

Os cenários associados a *hipótese I da carga poluidora* (Alto Gramame) apresentam carga orgânica afluente ao reservatório que não ocasionam depleção significativa de OD. O mesmo não ocorre para os cenários do Alto Gramame associados a *hipótese II da carga poluidora*. Estes são fortemente impactantes na qualidade da água do reservatório em consequência das efluências do mesmo. Observa-se que o impacto a jusante do reservatório pode estar associado ao OD se as cargas orgânicas efluentes permanecerem altas e a existência nas seções de jusante do reservatório ainda próximas do mesmo de sulfetos e outros gases dissolvidos na vazão efluente do lago.

- • Água Boa

As tabelas 7.14 e 7.15 apresentam síntese dos resultados obtidos para os diferentes trechos simulados para o Rio Água Boa devido ao lançamento de esgotos do Conde. As figuras 7.13 a 7.15 apresentam o perfil do Oxigênio Dissolvido e da BDO para as diversas seções do rio.

- Oxigênio Dissolvido

Observa-se na tabela 7.14 que não há violação quanto a variável oxigênio dissolvido para o cenário AB1, isto é, o cenário submetido a hipótese I de carga. O mesmo não ocorre para os cenários AB2 e AB3 submetidos a hipótese II de carga. Neste caso, há problema de violação dos padrões de qualidade para todos os trechos.

- DBO

O cenário AB1 submetido à hipótese I de carga apresentou violações quanto a variável DBO. Esta violação foi de 67% para os trechos 1 e 2, isto é, nos pontos 194 e 133, respectivamente (tabela 7.15).

Os cenários AB2 e AB3 submetidos à hipótese II de carga, apresentaram violação em 67% no trecho 1 e em 100% no restante dos trechos a jusante do lançamento (tabela 7.15).

Tabela 7.14: OD nos Diversos Trechos do Rio Água Boa

Nome do cenário	Trecho	Comprimento do Trecho (km)	Concentração (mg/l)			Violação Máxima (mg/l)	Trecho com violação (km)	% trecho sob violação
			Mínima	Média	Máxima			
AB1	1	3	7.36	7.38	7.42	0.00	0	0%
	2	3	7.46	7.49	7.52	0.00	0	0%
	3	1	7.46	7.46	7.46	0.00	0	0%
	4	3	7.51	7.56	7.60	0.00	0	0%
AB2	1	3	2.59	4.58	7.36	2.59	2	67%
	2	3	2.67	2.98	3.27	2.67	3	100%
	3	1	4.05	4.05	4.05	4.05	1	100%
	4	3	3.67	3.76	3.86	3.67	3	100%
AB3	1	3	4.21	5.47	7.19	4.21	1	33%
	2	3	3.93	3.95	3.96	3.93	3	100%
	3	1	4.36	4.36	4.36	4.36	1	100%
	4	3	4.03	4.11	4.20	4.03	3	100%

Tabela 7.15: DBO nos Diversos Trechos do Rio Água Boa

Nome do cenário	Trecho	Comprimento do Trecho (km)	Concentração (mg/l)			Violação Máxima mg/l)	Trecho com violação (km)	% trecho sob violação
			Mínima	Média	Máxima			
AB1	1	3	1.94	5.69	7.89	7.89	2	67%
	2	3	4.53	5.69	7.89	7.89	2	67%
	3	1	3.66	3.66	3.66	0.00	0	0%
	4	3	3.36	3.46	3.56	0.00	0	0%
AB2	1	3	2.08	76.32	117.61	117.61	2	67%
	2	3	67.66	76.32	117.61	117.61	3	100%
	3	1	50.12	50.12	50.12	50.12	1	100%
	4	3	46.15	47.45	48.76	48.76	3	100%
AB3	1	3	2.07	44.41	67.27	67.27	2	67%
	2	3	46.39	44.41	67.27	67.27	3	100%
	3	1	37.47	37.47	37.47	37.47	1	100%
	4	3	34.73	35.63	36.53	36.53	3	100%

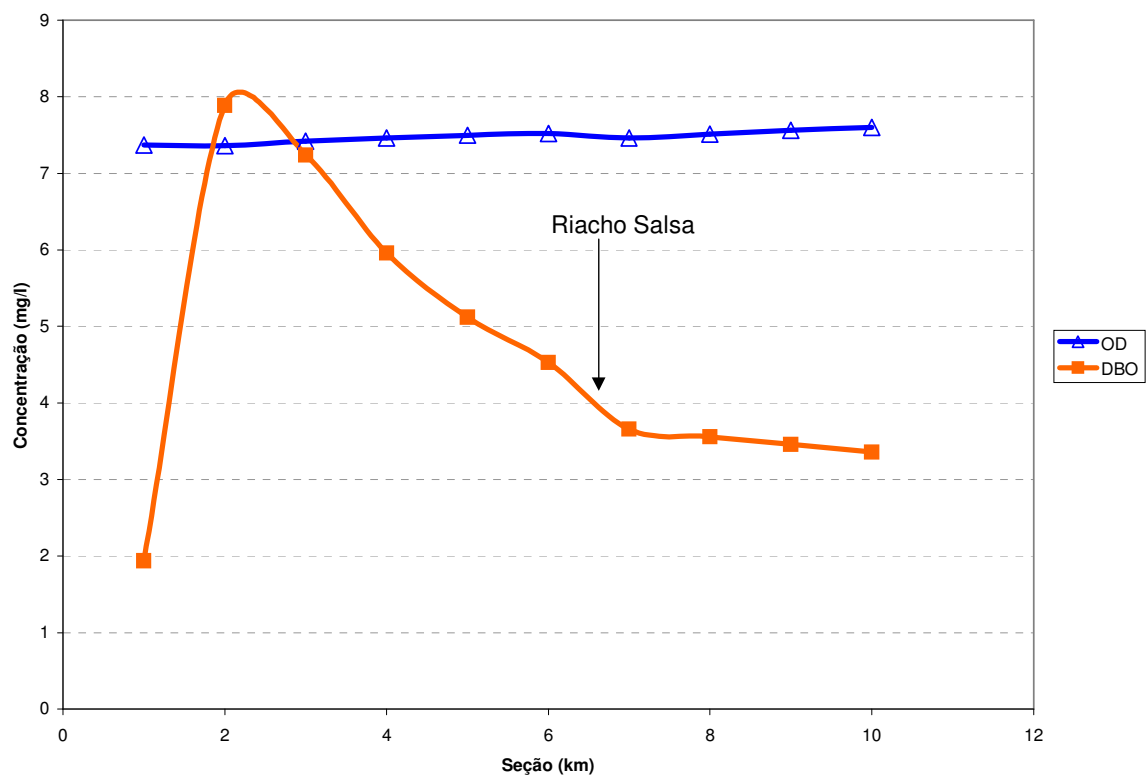


Figura 7.13: Gráfico de OD e DBO no cenário AB1

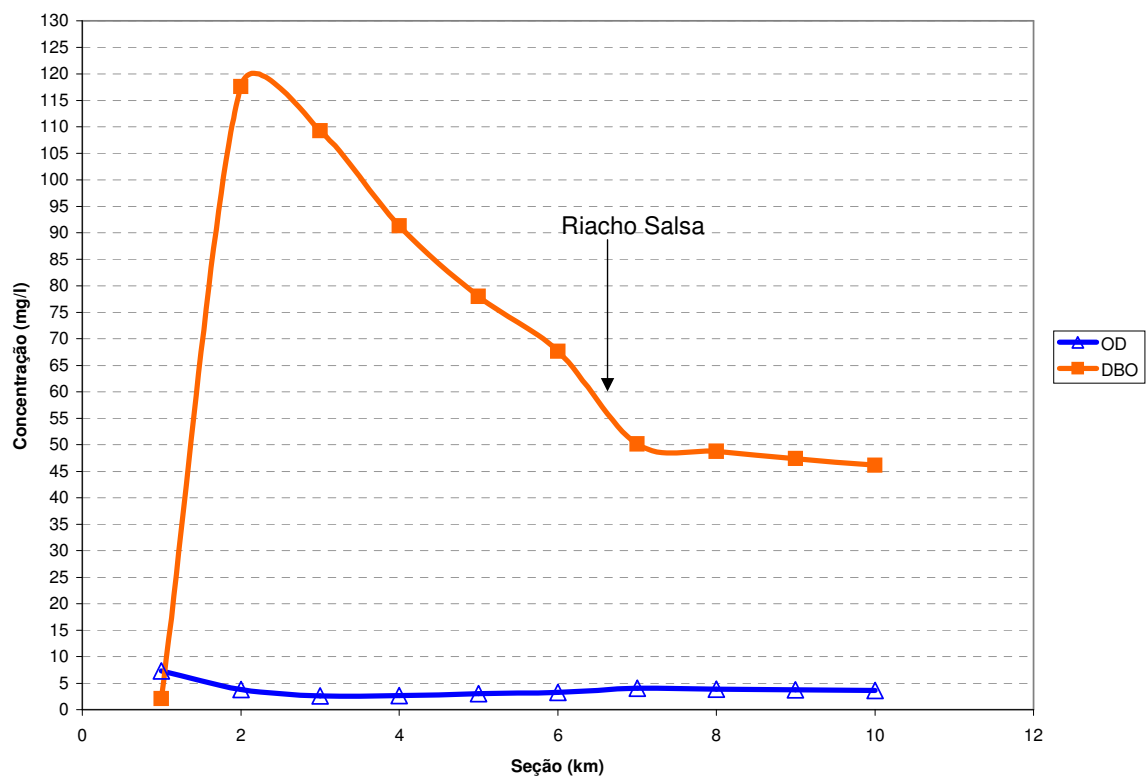


Figura 7.14: Gráfico de OD e DBO no cenário AB2

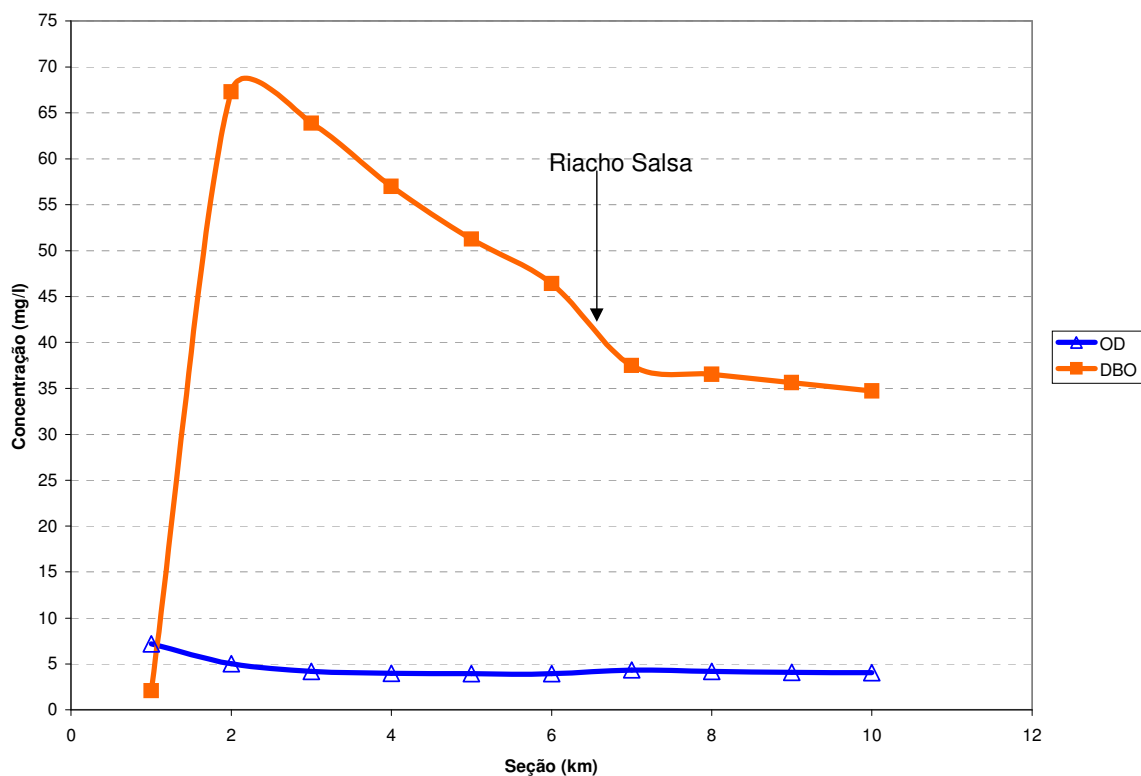


Figura 7.15: Gráfico de OD e DBO no cenário AB3

- • *Alto Mumbaba*

A bacia do alto Mumbaba não apresentou nenhum lançamento significativo de poluentes. Devido este fato não deverá ocorrer modificações significativas na qualidade da água desta região hidrográfica. Não sendo, pois, necessário a simulação desta região.

- • *Baixo Mumbaba*

Para a região do Baixo Mumbaba foi realizada uma análise qualitativa devido ao lançamento de 66,2 ton/mês de carga orgânica que ocorre a jusante da tomada d'água (da CAGEPA) para João Pessoa. Em épocas de estio a vazão mínima do rio será menor ou pouco maior do que a demandada pela CAGEPA naquela seção. Este fato indica que as vazões a jusante desta seção serão muito pequenas.

A quantidade de água necessária para diluir a carga de 66,2 ton/DBO.mês de maneira a preservar as condições de rio de Classe 2 segundo a definição do CONAMA é de 5,0 m³/s.

Esta vazão, ou fração significativa desta, não seriam em hipótese alguma obtidas na seção em foco. Assim esta carga deverá ser reduzida a uma DBO máxima de 5mg/l (carga de

lançamento para a Classe 2) estabelecida pela resolução do CONAMA. O oxigênio dissolvido não apresenta grande importância para o efluente pois o rio devido as baixas lâminas d'água tem alta capacidade de reaeração.

- CONCLUSÕES

A análise dos diversos cenários para as simulações feitas no rio Gramame mostrou que o oxigênio dissolvido (OD) teve uma concentração mínima nos cenários submetidos à hipótese II de carga em todos as regiões.

A concentração de oxigênio dissolvida (OD) ficou superior ao nível (imposto pelo CONAMA) em muitos cenários mesmo sobre forte violação do padrão da DBO(hipótese II de carga). Este fato é atribuído a pequenas profundidades dos canais, associadas a velocidades em torno de 0,5 m/s, que proporcionam um coeficiente de reaeração alto.

- *Considerações Finais*

Através das simulações realizadas, pode-se fazer as seguintes considerações:

- O número de coliformes fecais apresentou-se elevado para todos os cenários analisados. Isto significa que para garantir a proteção das comunidades ribeirinhas dos cursos d'água da bacia do rio Gramame, sob o aspecto sanitário, não deve ser permitido o lançamento de esgotos nesses corpos d'água sem que haja o tratamento dos mesmos a um nível de eficiência de 99%, em termos de coliformes fecais;
- Com relação aos parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD), as simulações feitas conduzem à indicação de que se pode admitir as cargas da hipótese I desde se obtenha uma eficiência de 80% no tratamento. Não se considera como recomendável o lançamento das cargas dos esgotos de Pedras de Fogo previstas na hipótese II a não ser que se consiga uma eficiência de tratamento de 99%.
- Os lançamentos de esgotos industriais e, outros, só poderão ocorrer após tratamento, de forma que sejam obedecidas as condições estabelecidas na Resolução nº20/86, do CONAMA, garantindo que os corpos d'água receptores permaneçam na Classes 2 em que foram enquadrados.

7.7 Referências Bibliográficas

- CAGEPA, 1999a, Boletim Mensal de Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos – Água Bruta de Mananciais que Servem aos Sistemas de Abastecimento de Água – Regional Litoral.
- CAGEPA, 1999b, Relatório de Ensaio nº. 168.953 – Resíduo de Pesticida.
- CAGEPA, 1999c, Relatório de Ensaio nº. 167.881 – Metais Pesados.
- CAGEPA, 1999d, Relatório de Ensaio nº. 3.555 – Determinação de Mercúrio.
- CAGEPA, 1999e, Laudo sobre Análises Alcológicas (quantitativa e qualitativa).
- CONAMA, 1986, Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução nº. 20, 18/06/86, Brasília.
- SUDEMA, 1999a, Monitoramento de Corpos D'Água da Bacia do Rio Gramame – Análises Físico-Químicas (Valores médios de 1992 a 1998).
- SUDEMA, 1999b, Programa de Monitoramento do Rio Água Boa.
- SUDEMA, 1999c, Levantamento do Uso de Agrotóxicos na Bacia do Rio Gramame.

FIGURA 7.5 – Rede de Fluxo