

BOAS PRÁTICAS DE GESTÃO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS - ESTUDO DE CASO - BACIA DO RIO SALITRE – BAHIA

*Zúri Bao Pessoa¹; Aníbal Fontanella²; Sândira Moraes³; Andrea Sousa Fontes⁴; Yvonilde Dantas
Pinto Medeiros⁵*

RESUMO – A qualidade dos corpos hídricos sofre processo constante de degradação, sendo a ação antrópica fator determinante para a aceleração desse processo. Frente a esse cenário, faz-se urgente a adoção de práticas preventivas, corretivas e/ ou remediadoras para a reversão ou minimização do quadro de degradação da qualidade hídrica. Como instrumento que visa garantir a qualidade da água para que sejam atendidos os usos pretendidos, tem-se o enquadramento dos corpos hídricos superficiais. Na região semiárida, na qual predominam rios intermitentes, a aplicação desse instrumento torna-se menos simples frente à indefinição de metodologia específica para esse tipo de rio. Assim, o presente trabalho tem como objetivo propor e verificar o efeito sobre a qualidade das águas de ações, tanto estruturais quanto não estruturais, para a possível efetivação do enquadramento de corpos hídricos na região do semiárido, tendo como estudo de caso o Rio Salitre, Bahia.

ABSTRACT– The water bodies’ quality suffers constant degradation process, being the human action determinative factor for the acceleration of this process. Front to this scene, becomes urgent the adoption of preventive or corrective practices for the reversion or reduction of water quality degradation. As instrument that aims to guarantee the water quality so that the intended uses are satisfied, there is the water bodies’ classification. In the semiarid region, where intermittent rivers predominate, the application of this instrument becomes less simple because there isn’t a defined and specific methodology for this kind of river. Thus, the present article has as objective to argue and to analyze the application of actions, structural and/or non structural, for the aiming of water bodies’ classification in semiarid region, having as study case the Salitre River, Bahia.

Palavras-Chave – Boas práticas de gestão. Enquadramento de corpos hídricos. Região semiárida.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água dos corpos hídricos sofre processo constante de degradação, sendo a ação antrópica fator determinante para a aceleração desse processo. Frente a esse cenário, faz-se urgente a adoção de práticas preventivas, corretivas e/ ou remediadoras para a reversão ou minimização do quadro de degradação da qualidade hídrica.

¹ Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Especialista em Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono. Mestrando em Meio Ambiente, Águas e Saneamento. Av. Oceânica, 3375, Edf. Fragata, ap. 203. (71) 88708742. zuribpessoa@gmail.com.

² Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental. R. Prof. Aristides Novis, 02, (71) 92017027. anibalfontanella@hotmail.com

³ Engenheira Sanitarista e Ambiental. . Prof. Aristides Novis, 02, (71) 32839787. sandiramoraes@hotmail.com

⁴ Engenheira Civil. Doutora em geofísica pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia. Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Bahia. R. Prof. Aristides Novis, 02, (71) 32839787. asfontes@gmail.com

⁵ Engenheira Civil. Doutora em Hidrologia pela University of Newcastle Upon Tyne – UK. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. R. Prof. Aristides Novis, 02, (71) 32839787. yvonild@ufba.br

Em regiões com predominância de rios temporários o cenário é ainda mais propício à degradação da qualidade hídrica, uma vez que o escoamento é naturalmente interrompido em períodos do ano, com possibilidade de desaparecimento da água superficial. É importante ressaltar que rios perenes podem ser transformados em rios intermitentes caso haja alterações do uso do solo, retiradas de água acima da capacidade, transposição para outras regiões e demandas por armazenamento d'água acima da capacidade de recarga do corpo hídrico.

Os rios intermitentes são característicos do sistema hidrográfico presente em regiões de clima semiárido, como o Nordeste brasileiro, por exemplo. De acordo com GRH, 2009 aproximadamente 20% (vinte por cento) da população mundial vivem em regiões áridas e semiáridas. No Brasil, 10% (dez por cento) do território nacional, englobando 11 (onze) estados, estão em região com clima semiárido (GRH, 2004).

Dada a característica dos rios intermitentes, a capacidade de mistura, diluição e transporte de poluentes despejados pode vir a tornar-se insuficiente. Somado às condições naturais e à ação antrópica, tem-se a inexistência de documentos legais específicos para a gestão das águas em regiões semi-áridas.

O presente artigo tem por objetivo propor e verificar o efeito sobre a qualidade das águas de ações, estruturais e/ou não-estruturais que reduzam os impactos ambientais sofridos pelos rios de semiárido para a efetivação do seu enquadramento. Como estudo de caso, foi utilizado o Rio Salitre, afluente do Rio São Francisco, localizado na bacia hidrográfica do Rio Salitre (Figura 01), Estado da Bahia.

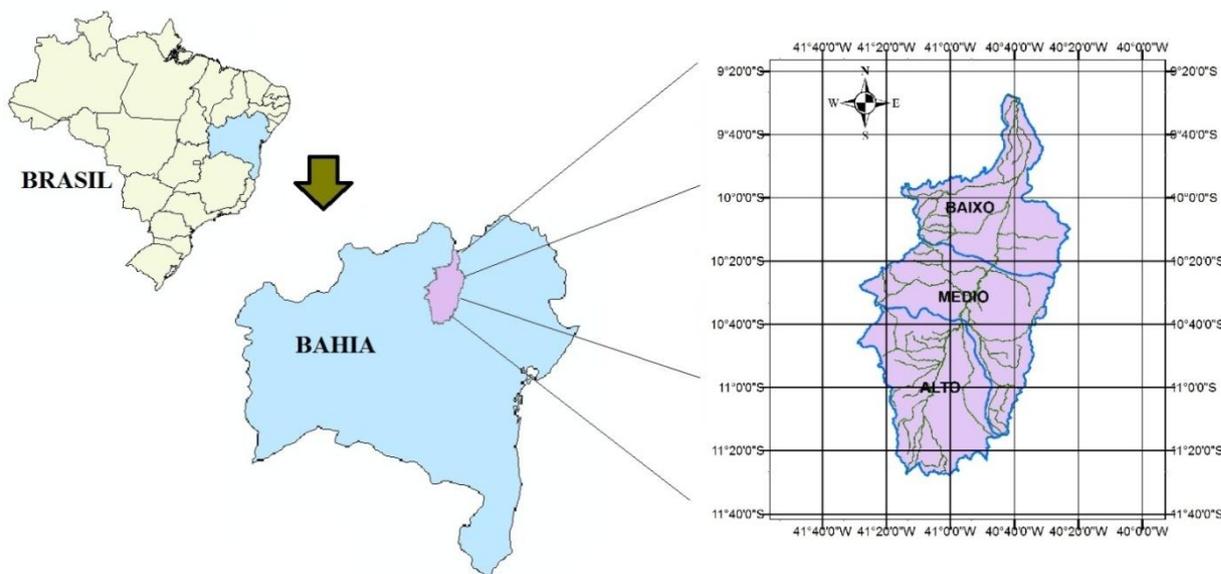


Figura 01: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre (MEIRA NETO, 2010)

2. ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

2.1. Aspectos conceituais, jurídicos e institucionais

A Lei Nº. 9.433/97 define como instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

De acordo com a referida Lei, art. 9º, o enquadramento visa a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

O enquadramento é, portanto, um instrumento de planejamento que visa garantir que a qualidade em determinado trecho de um corpo hídrico seja mantida de acordo com os padrões nos quais foi realizado o enquadramento (BRASIL, 2007).

Souza (2008) afirma que o enquadramento congrega todos os demais instrumentos. Isso porque, para sua implementação devem ser observadas as diretrizes dispostas no Plano de Recursos Hídricos, sendo necessária a posse de informações detalhadas relacionadas aos corpos hídricos e usuários, incluindo assim o Sistema de Informações. Para a outorga de captação e/ou lançamento é necessário a consideração do enquadramento, estando a cobrança ligada diretamente à outorga.

A importância do enquadramento é reforçada em Brasil (2007), onde se afirma que o enquadramento tem papel de referência para os instrumentos de outorga, cobrança e planos de Bacia, bem como para instrumentos de gestão ambiental como licenciamento e o monitoramento ambiental. Dessa forma, o enquadramento serve tal qual um elo entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH e o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA (BRASIL, 2007).

A Resolução CONAMA 357/05, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”, define enquadramento da seguinte forma: *“estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”*. Na referida Resolução são definidas 13 (treze) classificações de qualidade da água, considerando os usos preponderantes requeridos para dado corpo hídricos.

O fato de dado segmento de corpo hídrico estar enquadrado em determinada classe não significa que as condições de qualidade da referida classe estão sendo, de imediato, atendidas. Para que se atinjam os objetivos de qualidade devem ser engendrados esforços de natureza estrutural e não estrutural, com a magnitude dos investimentos sendo proporcional à diferença entre a qualidade atual e o padrão requerido.

No enquadramento é necessário avaliar a qualidade de determinado corpo hídrico não somente considerando sua qualidade atual, mas sim os níveis de qualidade necessários para o atendimento das demandas futuras.

Para os objetivos de qualidade são estabelecidas metas intermediárias e finais, as quais necessitam da adoção de ações estratégicas, de forma progressiva e obrigatória, que tenham como efeito a prevenção da poluição e a redução da carga poluidora afluyente ao rio.

Quando do estabelecimento das metas, para que as mesmas sejam perfeitamente realizáveis e factíveis, devem ser observados aspectos de caráter institucional, legal, político e técnico (PERRY; VANDERKLEIN, 1996).

De acordo com Medeiros (2009) a quantidade de carga a ser abatida varia conforme a fonte poluidora, mas é determinada pela diferença entre a carga poluidora futura, calculada com base nos lançamentos de efluentes e na carga difusa gerada pelas atividades antrópicas previstas para a bacia (prognóstico) e a carga máxima que pode ser recebida pelos corpos hídricos da bacia (capacidade suporte), ou seja, a autodepuração dos corpos d'água.

Uma das dificuldades de aplicação da Resolução CONAMA 357/05 é que os padrões existentes são importados de países mais desenvolvidos, sem a devida adaptação (PIZELLA, 2007). Além disso, há número relativamente alto de parâmetros.

Ainda de acordo com Pizella (2007), embora o enquadramento seja reconhecido na Resolução CONAMA 357/05 como um “sistema de planejamento que requer metas progressivas intermediárias e finais”, não há explicitada a obrigatoriedade de constante melhoria da qualidade hídrica, uma vez que há possibilidade de enquadramento final em classes com determinado grau de degradação.

É importante trazer à discussão que o enquadramento não reflete somente aspectos estritamente relacionados à qualidade da água. Por se tratar de uma expressão dos usos preponderantes para dado segmento de corpo hídrico no qual o acesso à água é relacionado a usos por vezes conflitantes, o enquadramento assume um papel de pacto social, uma vez que os conflitos são discutidos e expressos em metas de qualidade de água. Tal discussão ocorre no âmbito do SINGREH, e a aprovação final acontece no respectivo Conselho de Recursos Hídricos, a depender do domínio do rio em questão (BRASIL, 2007).

Da mesma forma, o enquadramento assume papel importante no tocante à saúde pública, uma vez que associa os usos possíveis para cada classe de acordo com o grau de qualidade.

Também se pode relacionar o enquadramento com o planejamento e uso do solo, uma vez que, baseado nos padrões de qualidade estabelecidos para determinada classe, empreendimentos potencialmente poluidores podem ser impedidos de se instalar em determinados locais.

2.2. Enquadramento de rios em regiões de clima semiárido

A Resolução CNRH 91/05, em seu art. 3º, §2º, dispõe que durante a elaboração da proposta de enquadramento deve haver ampla participação da comunidade por meio da realização de consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e outros eventos similares. Nesse sentido, Souza (2008) coloca que algumas características sociais históricas existentes na região semi-árida (paternalismo, mistura entre o público e o privado, baixa escolaridade) geraram um baixo grau de intervenção, por parte da população, acerca das decisões locais. Assim, pode-se tornar dificultada a implementação de políticas voltadas aos recursos hídricos, nas quais está presente o instrumento do enquadramento.

Ratificando tal pensamento, Garjulli (2003) coloca que a mudança para um enfoque de gestão participativa, descentralizada e integrada no setor de recursos hídricos, particularmente no que se refere à região semiárida, encontra desafios devido a práticas historicamente estabelecidas, como o sentimento da água como bem privado, centralização das ações governamentais, ações assistencialistas em períodos de seca, baixo grau de interesse e iniciativa dos usuários na busca de alternativas para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Nesse contexto, tem-se o Comitê de Bacia, no qual os usuários da água e sociedade civil têm participação nas decisões. Entretanto, conforme Christofidis (2001), a participação da sociedade no âmbito do Comitê de Bacia é tutelada por grupos com maior poder sobre as decisões. Afirma também que o SINGREH não valoriza a participação social na implementação da gestão integrada dos recursos hídricos, de modo que ocorre a descentralização das atividades, mas não acontece a desconcentração do poder e das decisões.

Na região semi-árida o enquadramento possui importância ainda mais significativa, dada a predominância de rios intermitentes, caracterizados pela variação do escoamento superficial, havendo períodos em que não há fluxo. Como consequência, tem-se a baixa capacidade de transporte, mistura e diluição natural dos poluentes lançados nos corpos hídricos.

Christofidis (2001) coloca como problema da Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil a não consideração das especificidades existentes em regiões e ecossistemas de relevante interesse, bem como regiões afetadas pela seca. Como exemplo, Souza (2008) coloca o enquadramento em rios intermitentes.

Como rios intermitentes (temporários) entendem-se os rios com calha bem definida e cuja alimentação ocorre primordialmente pelo escoamento superficial. Quando das estações chuvosas, o lençol freático eleva-se a nível superior ao do leito do rio em decorrência da infiltração, contribuindo também para o fluxo hídrico na calha do rio. Durante a estiagem, o lençol freático tem seu nível reduzido, bem como cessa o escoamento superficial, não mais havendo fluxo hídrico.

Diferenciam-se rios intermitentes dos efêmeros por estes apresentarem fluxo hídrico somente logo após a ocorrência de precipitações (Maltchik *apud* Fiuza, 2003), sem que haja qualquer contribuição do lençol freático.

Em decorrência de suas características, os rios intermitentes possuem a capacidade de mistura, diluição e transporte de poluentes despejados reduzida. Como fator complicador para a uma gestão hídrica adequada, além das condições naturais e à ação antrópica, tem-se a inexistência de documentos legais específicos para corpos d'água em regiões semi-áridas, especificamente rios intermitentes.

A resolução CONAMA 430/11, no que se refere a rios intermitentes dispõe: Art. 15. *Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.* Já a Resolução CONAMA 357/05, Art. 38., § 5º, dispõe que *Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.*

Percebe-se, assim, que a legislação trata de forma lacônica a questão do enquadramento de corpos hídricos intermitentes. A indefinição de parâmetros específicos para a classificação da qualidade da água de rios intermitentes, principalmente nos trechos sem a presença de água superficial, acarreta no prejuízo ambiental do trecho de intermitência e nos trechos à jusante.

A rigor, considerando que a Resolução CONAMA 357/05 afirma que as águas serão classificadas considerando a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, os trechos intermitentes quando da não ocorrência não seriam classificáveis por esse dispositivo legal.

Essa indefinição de procedimentos específicos para o enquadramento de rios intermitentes torna passível de ocorrência problemas tais como a classificação única do corpo hídrico em toda sua extensão, sem a consideração dos trechos intermitentes ou a não classificação do rio.

Em se adotando todo o corpo hídrico em uma classe única, tende-se a considerar a capacidade de assimilação de cargas poluidoras maior que a realmente existente nos trechos intermitentes, acarretando na deterioração da qualidade ambiental do rio. Por outro lado, não se classificando efetivamente dado corpo hídrico, não se controla efetivamente os usos da água, sendo possível a ocorrência de problemas de maior significância.

2.3. Proposta de enquadramento do Rio Salitre

A proposta de enquadramento para o Rio Salitre foi desenvolvida no âmbito do subprojeto “Enquadramento de Rio Intermitente aplicado à Bacia do Rio Salitre”, integrante do projeto “Gerenciamento de Recursos Hídricos do Semiárido do Estado da Bahia”, o qual foi desenvolvido na Universidade Federal da Bahia - UFBA pelo Grupo de Recursos Hídricos – GRH, durante os anos de 2001 e 2004, com financiamento do CT-HIDRO.

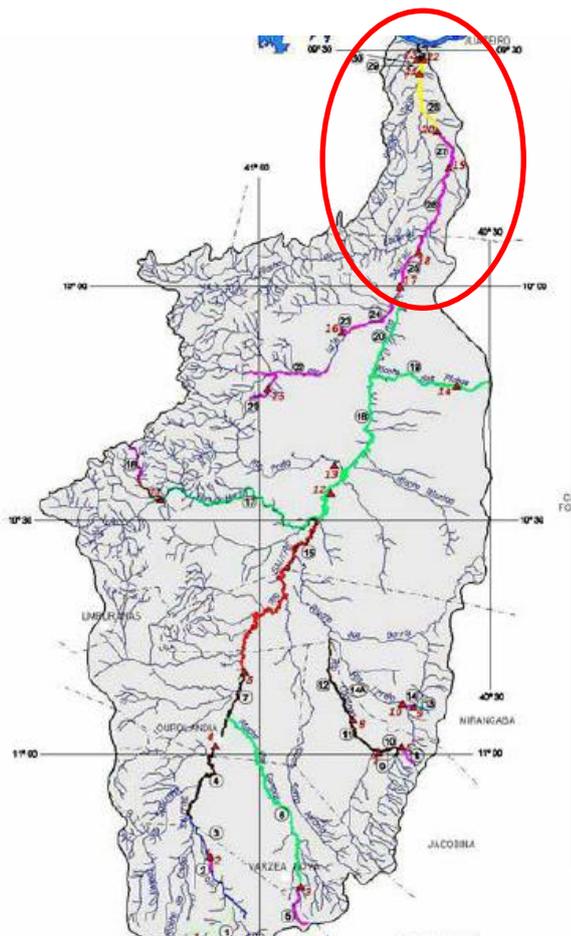


Figura 02: Enquadramento proposto do Rio Salitre (GRH, 2004)

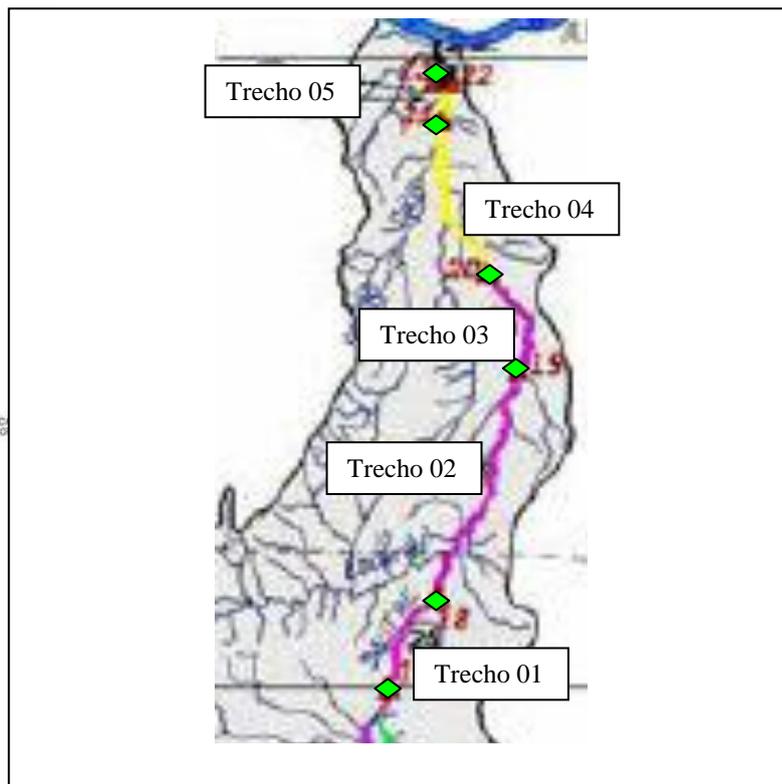


Figura 03: Destaque para o trecho do baixo Salitre estudado neste artigo. (adaptado de GRH, 2004)

Neste subprojeto foram identificados como principais potenciais de impacto à qualidade da água: adoção de práticas pouco eficientes de irrigação (com conseqüente incremento na vazão incremental que flui ao rio, carreando constituintes de fertilizantes e agrotóxicos); lavagem de roupas e veículos na calha; presença de animais no rio (com a deposição de excrementos na água); adoção de soluções sanitárias precárias para a disposição final dos esgotos domésticos predominantemente “fossas negras”, o que possibilita a contaminação/poluição do corpo hídrico nos trechos nos quais o rio flui na proximidade de residências (ex. localidade de Curral Velho).

Para a definição dos pontos de amostragem (GRH, 2004) consideraram-se fatores tais como a proximidade a aglomerados habitacionais e fontes de poluição pontuais, atividades econômicas e indicação da comunidade local.

Considerando a Resolução CONAMA 20/86 (vigente à época), classificaram-se os trechos de acordo com a qualidade da água. Para os trechos com características de intermitência, adotou-se a classificação em “classe intermitente”, para os quais são previstos os seguintes usos: dessedentação humana e harmonia paisagística.

Considerando os usos pretendidos pela comunidade local, em um horizonte temporal de 15 (quinze) anos, foi elaborada proposta de enquadramento. Os resultados do enquadramento proposto, por trechos, são apresentados na Tabela 1 (foi realizada atualização da proposta à luz da Resolução CONAMA 357/05, que revogou a Resolução CONAMA 20/86).

Tabela 1 – Proposta de enquadramento para o trecho do baixo Salitre (GRH, 2004)
(atualizada para a Resolução CONAMA 357/05)

Trecho	Localização	Usos pretendidos	Classe de referência (CONAMA 357/05)
1	Abreus – Curral Velho	Consumo humano, lavagem de roupa, recreação de contato primário, dessedentação animal, irrigação de hortaliças e pesca	2
2	Curral Velho - Alegre	Consumo humano, lavagem de roupa, dessedentação animal, irrigação e pesca	2
3	Alegre - Junco	Dessedentação animal e irrigação de hortaliças	2
4	Junco – B. G. IV	Irrigação de hortaliças e abastecimento humano	2
5	B. G. IV – B.G. II	Irrigação de hortaliças e abastecimento humano	2

A Resolução CNRH nº 91/05 dispõe que uma proposta de enquadramento deve conter programa específico para sua efetivação. Já no seu art. 7º, *caput*, afirma que o programa de efetivação deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução. A proposta de enquadramento realizada, entretanto, não avançou sobre a proposição de ações para que se alcançassem os padrões de qualidade da água relativos à classe de referência.

Desse modo, torna-se ainda necessário, para o aprimoramento da proposta de enquadramento, a proposição de ações estratégicas que devem vir a integrar o programa de efetivação do enquadramento.

3. AÇÕES ESTRATÉGICAS

Neste artigo, as ações estratégicas necessárias para a efetivação do enquadramento são entendidas como o conjunto de ações ou melhores práticas de gestão – MPG que contribuem para a prevenção da poluição e abatimento das cargas poluidoras, com conseqüente melhoria da qualidade da água de corpos hídricos superficiais, conforme definido em Santos (2000) e Tomaz (2009). As MPG têm como função primordial reduzir o aporte de poluentes de origem difusa ao corpo hídrico e, uma vez que atuam na melhoria da qualidade da água, servem como ferramenta a efetivação de propostas de enquadramento de corpos hídricos superficiais.

Em Brasil (2007) evidencia-se a importância das MPG quando se afirma que, dentre as ações necessárias para o alcance das metas do enquadramento de corpos hídricos, devem ser

adotadas aquelas que apresentarem maiores benefícios no aspecto técnico e econômico. Afirma também que as ações devem estar relacionadas a metas intermediárias progressivas, relacionando-se à redução da carga poluente e levando à melhoria da qualidade da água.

Porto (1995) cita como exemplos de MPG ações de controle de erosão, adoção de melhores práticas agrícolas como, por exemplo, adoção de métodos de irrigação mais eficientes, e sistemas de detenção de águas pluviais.

Tomaz (2009) divide as MPG em estruturais e não-estruturais. Enquanto estas objetivam minimizar o aporte de poluentes e/ou reduzir o volume do escoamento superficial por meio de práticas preventivas, aquelas assumem a geração do escoamento e a poluição e, por meio de estruturas físicas construídas, atenuam o grau de impacto que o escoamento “bruto” geraria no corpo hídrico receptor.

Dentre principais ações estruturais aplicadas a poluições de origem difusa, tem-se (TOMAZ, 2009): reservatório de detenção seco: detém somente a enchente; reservatório de detenção estendido: detém a enchente, mas a água fica 24h armazenada com escoamento lento; reservatório de retenção: existe um volume permanente de água pluvial, detém enchente e a água escoar num prazo superior a 24h; wetlands construídas: detém enchente e há vegetação para a filtração da água, há um volume permanente e o escoamento se dá em prazo maior que 24h; bacia de infiltração: as águas pluviais são encaminhadas a uma superfície grande e infiltradas no solo; trincheira de infiltração: são valas de areia onde as águas pluviais são filtradas e infiltradas no solo; filtro de biorretenção: é uma depressão preenchida com areia ou solo com vegetação nativa na paisagem onde as águas pluviais são depositadas, armazenadas, infiltradas e geralmente estão próximas das áreas impermeáveis, sendo instaladas em estacionamentos, áreas isoladas e áreas de jardins; filtro de areia: há a filtração das águas pluviais e a água pluvial filtrada é lançada no córrego mais próximo; canal gramado: serve para o escoamento de águas pluviais quando há precipitação por um canal gramado; faixa de filtro gramado: são faixas ao longo de rios, córregos, lagos e estradas com objetivo de filtrar as águas pluviais.

No que se refere às ações não-estruturais, Tomaz (2009) inclui medidas de planejamento, planos diretores de manejo de águas pluviais, estabelecimento de práticas de manutenção dos sistemas existentes, campanhas com foco na redução da sedimentação e erosão, programas com foco na problemática do lançamento de esgotos domésticos na rede de drenagem de águas pluviais, etc.

Castro (1986), por sua vez, propõe uma divisão diferente da realizada por Tomaz (2009) tomando por base o grau de contribuição das ações estratégicas para controle da poluição difusa contemplando ações de controle direto e indireto.

O controle indireto refere-se a ações que contribuem indiretamente para a redução da poluição por fontes difusas. Enquadram-se nessa classificação medidas punitivas (como a aplicação de impostos e/ou multas devido práticas inadequadas de gestão) e medidas compensatórias (como a concessão de subsídios em decorrência da adoção de práticas benéficas).

Já o controle direto relaciona-se a ações que contribuem diretamente para a redução da poluição por fontes difusas. Dividem-se em ações a nível macro e ações a nível micro.

O controle direto a nível macro são todas as ações não estruturais, em nível de planejamento, que tenham como resultado a redução da poluição por fontes difusas, tais como zoneamentos urbanos, disposições legais para utilização de fertilizantes pesticidas, construções de empreendimentos potencialmente poluidores, etc.

O controle direto a nível micro, por sua vez, dividem-se, de acordo com o grau de intervenção no local e geração de infraestrutura, em não-estruturais (não implicam em execução de obras de infraestrutura ex. limpeza, práticas de pousio), semi-estruturais (são executados determinados trabalhos na área, tais como a estabilização do solo, revegetação, etc.) e estruturais (relacionadas à execução de obras de infraestrutura, como a construção de tanques de armazenamento, pavimentos porosos etc.).

Adotando como critério o nível no qual se dá o controle da poluição difusa, Novotny & Olem (1994) estabelece classificação para as ações estratégicas em medidas de controle a partir da fonte, modificações hidrológicas, controle de emissão e tratamento.

As medidas de controle a partir da fonte objetivam evitar que o poluente entre em contato com o escoamento superficial. Podem ser citados como exemplo de medidas de controle na fonte (Santos, 2000): coleta sistemática de folhas em logradouros; programas informativos ao público; controle na aplicação de fertilizantes e pesticidas; gestão de resíduos sólidos; coibição a lançamentos de efluentes a céu aberto; limpeza sistemática de logradouros; implantação de sumidouros com decantação e/ou com cestos.

As modificações hidrológicas objetivam controlar a poluição difusa emitida e transportada na superfície de escoamento, tendo como exemplos as trincheiras drenantes, pavimentos permeáveis, canais poucos profundos, etc.(SANTOS, 2000)

O controle de emissão objetiva atenuar os poluentes entre as áreas de origem e o meio receptor. Têm-se como exemplos as valas de filtração com vegetação, canais gramados, etc. (SANTOS, 2000)

O tratamento representa o último recurso a ser adotado, admitindo-se que não foi realizado nenhum controle na fonte ou quaisquer ações minimizadoras. Santos (2000) coloca com exemplos os sistemas de lagoas, desarenadores, remoção de óleos e graxas, gradeamento, filtros de areia, etc.

O escoamento é coletado e por meio de processos físicos e biológicos os poluentes existentes têm sua concentração reduzida.

4. METODOLOGIA

O presente artigo trata-se de continuidade do projeto de pesquisa “Gerenciamento de Recursos Hídricos do Semiárido do Estado da Bahia”, especificamente do subprojeto “Enquadramento de Rio Intermitente aplicado à Bacia do Rio Salitre”, o qual foi desenvolvido na Universidade Federal da Bahia - UFBA pelo Grupo de Recursos Hídricos – GRH, durante os anos de 2001 e 2004. Tal continuidade é necessária uma vez que foram propostas as classes de qualidade de água de acordo com os usos preponderantes, mas não foram elencadas ações para o alcance do enquadramento proposto.

Focou-se, para estudo, a porção do baixo Salitre a partir da estação fluviométrica de Abreus (operado pela Agência Nacional de Águas - ANA). Dividiu-se o baixo Salitre em 05 (cinco) trechos, igualmente ao efetuado na proposta de enquadramento apresentado em GRH (2004). Optou-se por delimitar esta área de estudo por tratar-se de zona de intenso conflito relacionado ao acesso à água, bem como devido à existência de estudos anteriores sobre o enquadramento de corpos hídricos superficiais (Medeiros *et. al.*, 2009), os quais possibilitam uma melhor compreensão dos fatores naturais, sociais e econômicos presentes na região e, por consequência, tornam mais segura a proposição de ações estratégicas.

Para a definição da qualidade atual da água foram coletadas amostras de água nos limites dos 05 (cinco) trechos. As amostras coletadas foram analisadas no laboratório SENAI, no município de Petrolina – PE. Tal escolha por laboratório deveu-se à proximidade do local de coleta.

Para simular a dinâmica de autodepuração do Rio Salitre, bem como possibilitar a simulação do efeito das ações estratégicas sobre a qualidade da água utilizou-se a ferramenta de modelação matemática, o modelo de qualidade da água QUAL-UFMG (Von Sperling, 2007) versão simplificada do modelo QUAL2E. A opção pela utilização dessa ferramenta deu-se por conta da interface simples, gratuidade na obtenção do programa e ampla utilização em trabalhos similares.

As características hidráulicas do rio, assim como o coeficiente de rugosidade, vazão de referência, profundidade, velocidade e constantes, foram obtidos a partir de uma série histórica no site da HidroWeb da ANA referente a estação fluviométrica de Abreus, a única em atual operação em todo o rio Salitre.

A determinação da poluição difusa está vinculada à vazão incremental que flui ao rio por escoamento superficial e precipitação atmosférica. Devido a essa necessidade, calculou-se a vazão incremental oriunda da irrigação no local, através do cadastro de usuários disponibilizado pelo órgão ambiental do Estado da Bahia, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA.

Somou-se ao resultado obtido a parcela da vazão incremental referente à chuva, utilizando para tanto o modelo hidrológico chuva-vazão *Soil Moisture Accounting Procedure* - SMAP (Lopes *et. al.*, 1982).

Além da vazão incremental, é necessária para a determinação da poluição difusa a estimativa das cargas poluentes. Para tanto, foram coletadas amostras de água nos pontos identificados na proposta de enquadramento. A partir dos resultados laboratoriais obtidos, estimaram-se as cargas difusas referentes à vazão incremental através da equação da mistura, trecho a trecho.

Realizou-se a calibração do modelo QUAL-UFMG utilizando-se as amostras coletadas nos limites dos trechos. Em seguida, simulou-se o efeito de ações para o alcance do enquadramento proposto, tomando como referência somente os parâmetros de qualidade da água simulados no modelo QUAL-UFMG (oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total e frações, nitrogênio total e frações e coliformes). Como dado de saída observou-se o percentual, em extensão, dos trechos estudados que atende aos padrões dispostos na Resolução CONAMA 357/05 para a classe de referência, estabelecida na proposta de enquadramento considerando os usos pretendidos pela comunidade local.

Inicialmente, simulou-se cenário com a alteração do método de irrigação, sabendo-se que com o aumento da eficiência da irrigação tem-se a redução da vazão incremental oriunda da irrigação e, por conseqüência, o transporte de substâncias à calha do rio é menor. Uma vez que a prática agrícola representa atividade predominante na região, menor quantidade de nutrientes (nitrogênio e fósforo) será carregada ao leito do rio. Para a construção de cenário, partiu-se de uma irrigação com 60% de eficiência e variou-se a cada 10% até alcançar eficiência de 90% (eficiência teórica de métodos de irrigação localizada – Tabela 02).

Tabela 02 – Sistemas de irrigação e eficiências

Sistemas por superfície	Ef. (%)	Sistemas por aspersão	Ef. (%)	Sistemas localizados	Ef. (%)
Sulco com tubo janelado, sem reuso	40 - 75	Lateral portátil	60 - 85	Gotejamento	65 - 90
Sulco com tubo janelado, sem reuso	60 - 85	Sistema fixo	60 - 85	Mangueira porosa	60 - 85
Sulco com tubo sifão	40 - 75	Pivôcentral	75 - 90	Microaspersão	60 - 85
Faixa em declive	50 - 85	Rolão	60 - 80		
Tabuleiros em nível	60 - 85	Autopropelido	55 - 75		
		Lateral móvel	70 - 90		

Fonte: Martin *et. al.*, 1992

Após verificar o efeito da alteração do método de irrigação, selecionou-se o melhor cenário. Para a situação em que a classe de enquadramento alcançada buscou-se identificar o(s) trecho(s)

no(s) qual (is) a aplicação de ações (MPG) estruturais seja necessária em conjunto com o cenário de irrigação mais favorável.

Por fim, nas situações que persistiram inadequações quanto à classe de referência, foram propostas MPG não estruturais, sem que tenham sido, nesse estágio da pesquisa, avaliados seus efeitos sobre a qualidade da água.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução dos procedimentos de calibração do modelo QUAL-UFGM para os trechos estudados, verificou-se calibração adequada para os parâmetros OD e DBO em todos os trechos. Para o parâmetro “coliforme” não se obteve bom resultado de calibração nos trechos 4 e 5. Para nitrogênio e fósforo, a calibração do modelo não representa adequadamente os picos de concentração.

Considerando os resultados das análises laboratoriais realizadas como representativas da qualidade atual da água na porção estudada do rio Salitre realizou-se, utilizando o modelo matemático de qualidade da água QUAL-UFGM, simulação da condição atual do Rio Salitre quanto à proposta de enquadramento. Observou-se que, para o nitrogênio e oxigênio dissolvido, há atendimento em todos os cinco trechos aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para classe 2, a qual foi definida na proposta de enquadramento considerando os usos preponderantes. Para a determinação da vazão do rio, utilizada na calibração e simulação, utilizou-se a média das vazões diárias do mês de fevereiro (1, 164 m³/s) acrescida da vazão difusa oriunda do retorno da irrigação (0, 00025 m³/s. Km) e da transformação chuva-vazão (0, 00021 m³/s. Km).

O parâmetro DBO passa a não atender plenamente ao padrão no trecho 02, o qual possui 95,3% em extensão em atendimento ao padrão estabelecido na Resolução CONAMA 357/05. Nos trechos 03 e 04 não há atendimento, em toda extensão, ao padrão. No trecho 05, por sua vez, 17,2% em extensão atende ao padrão classe 2.

Para o parâmetro coliforme, semelhantemente ao ocorrido com a DBO, tem-se desatendimento ao padrão a partir do trecho 02, no qual há somente 39,1%, em extensão, de acordo com o padrão estabelecido na Resolução CONAMA 357/05. Nos demais trechos, toda a extensão está em desacordo com o padrão para classe 02.

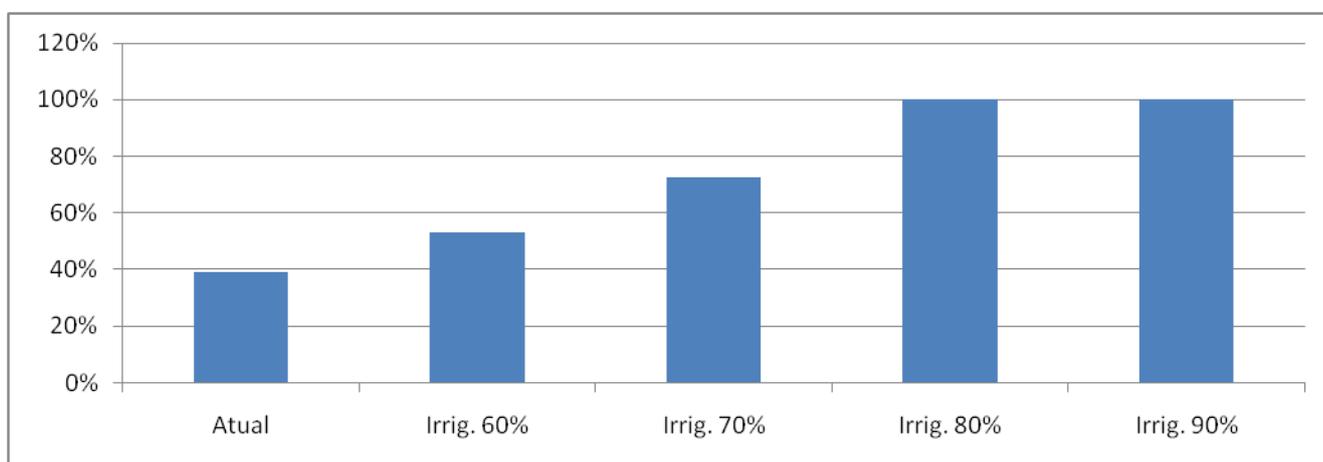
O parâmetro fósforo, por sua vez, apresenta desconformidade ao padrão de classe 02 somente nos trechos 04 (74,8%, em extensão, atendendo ao padrão) e 05 (toda a extensão em desacordo com o padrão classe 2).

Para buscar o aumento no atendimento ao enquadramento proposto, inicialmente alterou-se somente o método de irrigação, o que influencia na vazão difusa afluente ao rio. Sendo que a eficiência média atual do método de irrigação utilizado é de 50% (irrigação por sulco), variou-se em

10% a eficiência até atingir o valor de 90%, referente a sistemas localizados, como o gotejamento, por exemplo.

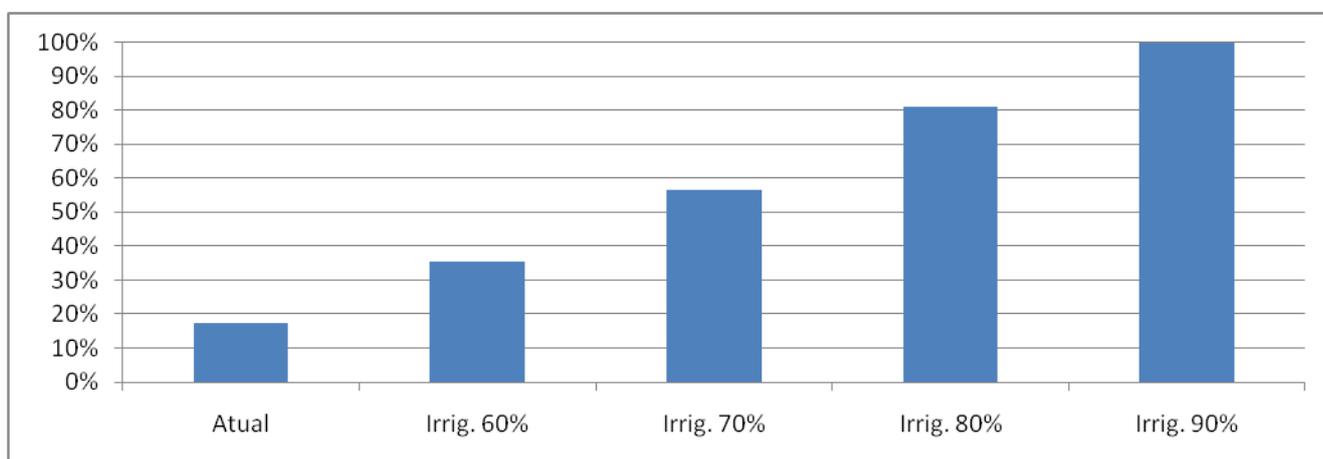
Para o parâmetro coliforme, a alteração do método de irrigação mostrou resultados de redução de concentração somente no trecho 02, passando de 39,1%, em extensão, em atendimento ao padrão classe 02 nas condições atuais para 100% de atendimento ao se utilizar métodos de irrigação com 80% a 90% de eficiência (Gráfico 01). No trecho 03, houve aumento pouco significativo de atendimento ao padrão referente à “classe 02”, passando e 0% nas condições atuais para 0,7%, em extensão, para métodos de irrigação com 80% e 90% de eficiência. Os trechos 04 e 05 permaneceram com 0% de atendimento ao enquadramento proposto.

Gráfico 01: Trecho 2 - % de atendimento, em extensão, para o parâmetro coliforme



Para o parâmetro DBO, após a alteração do método de irrigação, os trechos 02 e 05 obtiveram 100%, em extensão, em conformidade com o padrão “classe 2”. Para o trecho 02 esse resultado foi obtido já com a aplicação de método de irrigação com 60% de eficiência, enquanto que para o trecho 05 tal fato ocorreu somente com eficiência de 90% (Gráfico 02).

Gráfico 02: Trecho 5 - % de atendimento, em extensão, para o parâmetro DBO

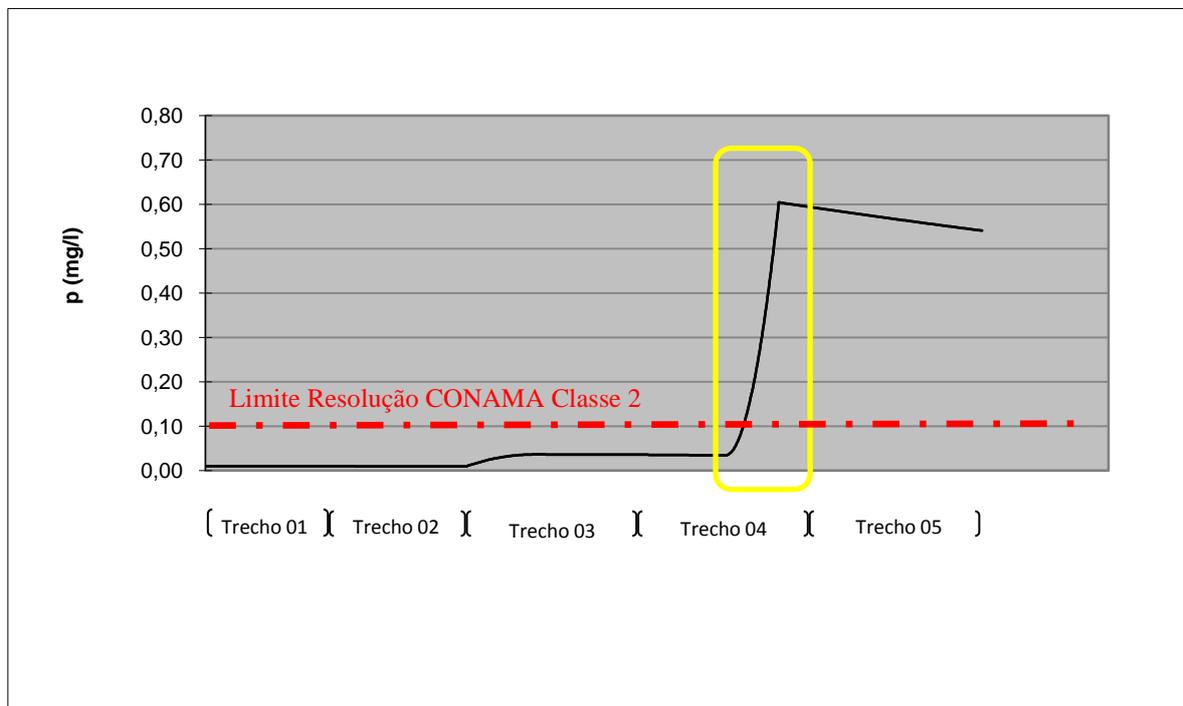


O trecho 03 apresentou, após a simulação da aplicação do método de irrigação com 90% de eficiência, 12,8% de atendimento ao enquadramento proposto, enquanto que o trecho 04, para o mesmo cenário, apresentou 6,1% de atendimento.

Para o parâmetro fósforo, o trecho 04 passou de 74,8% nas condições atuais para 79,4% de atendimento, em extensão, ao enquadramento proposto. O trecho 05 permaneceu com 0% de atendimento. Os trechos 1 a 3, como discutido anteriormente, já apresentavam 100% de conformidade ao padrão “classe 2”.

Após a simulação da qualidade da água considerando a alteração do método de irrigação, uma vez que não se atingiu em completo o enquadramento proposto, partiu-se para a simulação da aplicação de melhores práticas de gestão estruturais. Conforme observado em literatura, as MPG são mais eficazes na redução das cargas incrementais de nitrogênio e fósforo. Uma vez que o parâmetro nitrogênio não é problema no caso em estudo, procurou-se o trecho no qual ocorre maior incremento da carga difusa de fósforo, sendo verificado que o mesmo ocorre no trecho quatro, como se pode verificar no Gráfico 03, referente ao comportamento do rio, no trecho em estudo, previamente a qualquer intervenção.

Gráfico 03: Comportamento do parâmetro fósforo antes da implementação de ações estratégicas



Como MPG aplicáveis em zonas rurais e mais eficazes na redução da carga de fósforo podem-se citar: bacia de infiltração, bacia de retenção e faixa de filtro gramada, as quais podem ser aplicadas em grande escala ou por lotes. Tais ações conseguem reduções de 50% a 70% da carga de

fósforo afluyente (TOMAZ, 2009). Desse modo, foram simulados cenários para eficiências de 50%, 60% e 70% associadas a métodos de irrigação com eficiência de 90%.

Para o trecho 04, com a aplicação de MPG com 70% de eficiência na remoção de fósforo associado a método de irrigação com 90% de eficiência, obteve-se atendimento de 95,4%, em extensão, ao padrão “classe 02” (Gráfico 4).

Para o trecho 05, por sua vez, não houve alteração quanto ao percentual de atendimento à proposta de enquadramento, permanecendo em 0%. Embora o aumento percentual de extensão em atendimento à proposta de enquadramento tenha sido nulo, pode-se perceber, ao comparar os Gráficos 03 e 05, que a aproximação do valor simulado ao valor limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 foi bastante significativa.

Gráfico 04: Trecho 4 - % de atendimento, em extensão, para p parâmetro fósforo

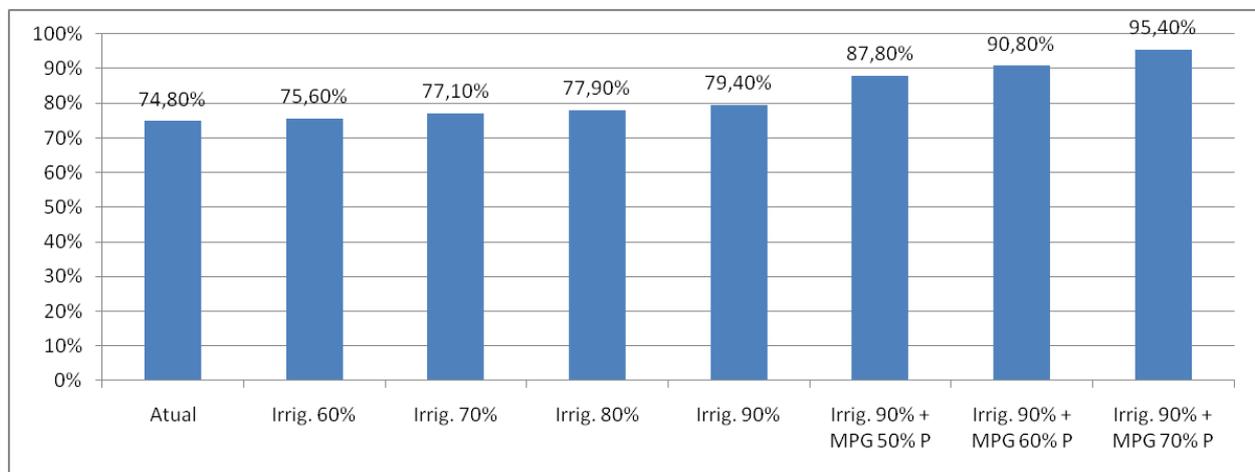
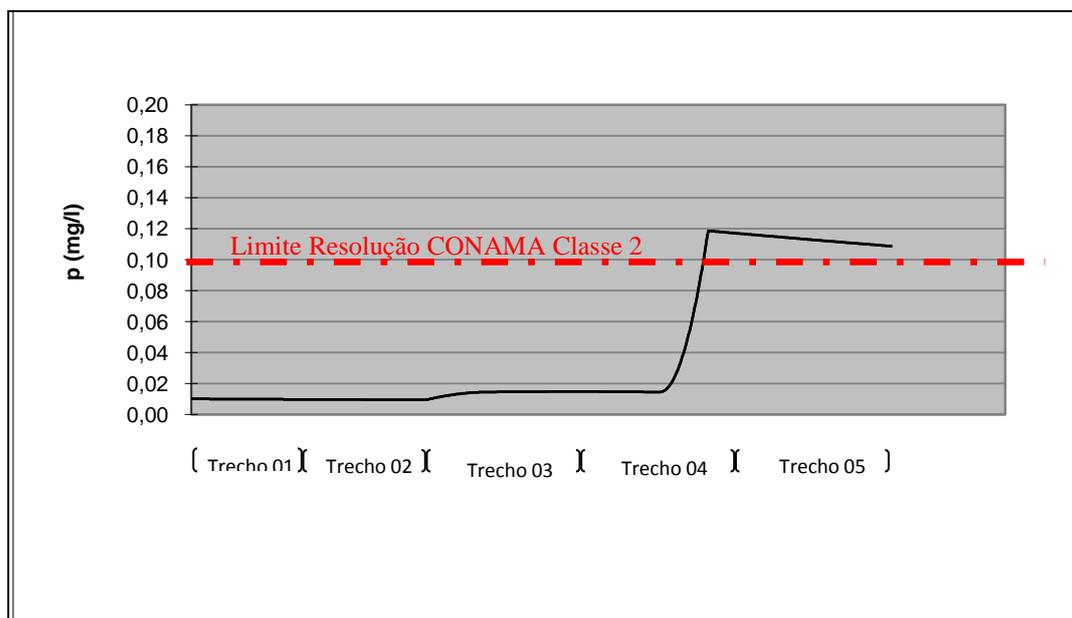


Gráfico 05: Comportamento do parâmetro fósforo com irrigação eficiência 90% e MPG 70% de redução da carga de fósforo



Para as parcelas dos parâmetros fósforo, DBO e coliformes não abatidas pelas ações anteriores, pode-se atribuir, baseado no diagnóstico realizado em campo, que tal fato é fortemente vinculado à inexistência de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos (ou soluções individuais adequadas), bem como a hábitos da população (lavagem de roupas, animais e veículos na calha do rio, lançamento de resíduos sólidos, etc.). Desse modo, seriam necessárias ações não estruturais para que se atingisse plenamente o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 para águas superficiais doces classe 2 (classe de referência, conforme proposta de enquadramento). Como exemplos dessas ações, podem-se listar:

- Utilização de lavanderias coletivas, com o encaminhamento do efluente para tratamento adequado.
- Não utilização da calha do rio para lavagem de animais e veículos.
- Não lançamento de resíduos sólidos na calha do rio.
- Adoção de soluções individuais adequadas para destinação final dos esgotos domésticos. Atualmente utilizam-se “fossas negras”, prática tecnicamente inadequada e ineficiente.

6. CONCLUSÃO

Verificou-se que a alteração do método de irrigação para métodos com 90% de eficiência (irrigação localizada) resultou no aumento do percentual de extensão dentro dos padrões da classe de referência proposta no enquadramento para os parâmetros DBO (Trechos 2 e 5), coliformes (Trecho 2) e fósforo total (Trecho 4).

Com a introdução de MPG nos trechos 03 e 04 (trecho em que ocorre pico da carga incremental de fósforo), verificou-se que, embora o aumento de extensão em atendimento à classe de referência não tenha sido, numericamente, expressiva, houve representativa aproximação (observação gráfica) ao padrão estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 (classe de referência para os trecho analisado).

Para a completa adequação aos padrões da classe de referência proposta no enquadramento, é necessária, além da aplicação das ações simuladas, a alteração de hábitos praticados pela população, tais como: lavagem de roupas, veículos e animais na calha do rio, utilização de soluções individuais inadequadas para destinação dos efluentes domésticos, lançamento de resíduos sólidos na calha do rio. Tais medidas serão foco de simulação em estágio posterior da pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Publicada no D.O.U. em 09 de janeiro de 1997.
 - BRASIL. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Publicada no D.O.U. em 18 de março de 2005.
 - BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. / coordenação geral, João Gilberto Lotufo Conejo; coordenação executiva, Marcelo Pires da Costa, José Luiz Gomes Zoby. 124 p.: il. (Caderno de Recursos Hídricos, 5), Brasília, 2007.
 - BRASIL. Resolução CNRH nº 91 de 5 de novembro de 2008. Publicada no D.O.U. em 06 de fevereiro de 2009.
 - BRASIL. Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Publicada no D.O.U. em 16 de maio de 2011.
 - CHRISTOFIDIS, D. Olhares sobre a Política de Recursos Hídricos no Brasil. O caso da Bacia do rio São Francisco. Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2001.
 - FIUZA, J. M. S. *et. al.* Uma proposta de classificação e usos para rios intermitentes In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, Santa Catarina, 14 a 19 de Setembro de 2003.
 - GARJULLI, R. Os Recursos Hídricos no Semiárido. Revista Ciência e Cultura. São Paulo, 2003
 - GRH. GRUPO DE RECURSOS HÍDRICOS/Departamento de Hidráulica e Saneamento/Universidade Federal da Bahia - GRH/DHS/UFBA. Gerenciamento dos Recursos Hídrico do semiárido do Estado da Bahia – Enquadramento de Rio intermitente para o rio Salitre e Sistema de Apoio à Decisão para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraguaçu. Relatório Final. CTHidro / CNPq. Salvador, abr. 2004.
 - LOPES J.E.G., BRAGA, B.P.F. e CONEJO, J.G. Water Resources Publications, 1982.
 - MARTIN, D.L.; STEGMAN, E.C.; FERERES, E. Irrigation scheduling principles. In: HOFFMAN, G.J. *Management of farm irrigation systems*. St. Joseph: ASAE, 1992. p.155-206, 1992
 - MEDEIROS, Yvonilde D. P. ; FARIA, Alessandra da Silva ; GONÇALVES, Maria Do Socorro ; BERETTA, M. ; SANTOS, M. E. P. . Governança da Água na América Latina e Europa: Enquadramento dos Corpos d' Água no Semi-Árido Brasileiro. In: Pedro Roberto Jacobi; Paulo de Almeida Sinisgalli. (Org.). Governança da Água na América Latina e Europa: Atores Sociais, Conflitos e Territorialidade. 100 ed. SP: ANNABLUME, v. III, p. 99-124, 2009
-

- MEIRA NETO, A. A. Aplicabilidade do modelo SWAT a um sistema hidrológico complexo de clima semi-árido. 74 f. il. 2010. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
 - NOVOTNY, V.; OLEM, H. Water Quality - Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrand Reinhold. New York. 1994
 - PERRY, J.; VANDERKLEIN, E. Water Quality: Management of a Natural Resource. Blackwell Science. Cambridge, 1996.
 - PIZELLA, D.G. Análise da Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Classificação das Águas Doces Superficiais Brasileiras. Eng. Sanitária e Ambiental, vol. 12, nº. 2, pg. 139 a 148, 2007.
 - PORTO, M.F.A. Aspectos qualitativos do escoamento superficial urbano. In: TUCCI, C.E.M. *et al* . Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 428 p., 1995.
 - SANTOS, D. M. G. dos. Modelação da Poluição Difusa em Águas Superficiais. Dissertação (mestrado) – Mestrado em Engenharia Sanitária. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2000.
 - SOUZA, L. C. Desafios da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos no semiárido nordestino: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Dissertação (mestrado) – Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
 - TOMAZ, P. Curso Manejo de Águas Pluviais, 2009. Disponível em <www.pliniotomaz.com.br>. Último acesso: 22 jun. 2012.
 - VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. DESA-UFGM, 2007.
-