

APLICAÇÃO DE WEAP PARA AVALIAÇÃO DE CARGAS CONTAMINANTES DE NUTRIENTES NAS FONTES HÍDRICAS DA SUB- BACIA RIACHO FUNDO-DF

Diana Jimena Monsalve Herrera¹; Conceição de Maria Albuquerque Alves²; Ricardo Tezini Minotti³

RESUMO– A poluição difusa, causada pelo uso e ocupação desordenado de solo, e o lançamento de esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto-ETE Riacho Fundo provocaram uma preocupação quanto à qualidade das fontes hídricas da sub-bacia do rio Riacho Fundo, afluente do Lago Paranoá no Distrito Federal. Essa pesquisa visa avaliar as cargas contaminantes de Nitrogênio Total-NT e Fósforo Total-PT geradas na sub-bacia Riacho Fundo mediante cenários futuros de mudança do solo simulados a partir da integração dos modelos SWAT e WEAP. Utilizou-se o modelo SWAT para simular os dados de entrada de vazão e qualidade do modelo WEAP. Os resultados mostram que os maiores valores dos contaminantes se apresentam no nó do lançamento da ETE Riacho Fundo. No exutório da sub-bacia os maiores valores de PT e NT são de 0.12 mg/L e 1.68 mg/L, mostrando uma qualidade hídrica aceitável mas exigindo cuidado constante dos corpos hídricos da sub-bacia.

Palavras-chave: WEAP, poluição difusa, poluição pontual.

EVALUATION OF CONTAMINANT LOADS IN THE WATER RESOURCES OF RIACHO FUNDO SUB-BASIN-FD USING WEAP.

ABSTRACT– The nonpoint source pollution due to not regulated land use and point sources pollution due to the release of treated wastewater from the Riacho Fundo Waste Water Treatment Plant -WWTP, led to a concern about the quality of water sources in the sub-basin of Riacho Fundo. This research aims to evaluate the contaminant loads of Total Nitrogen-TN and Total Phosphorus-TP generated in the Riacho Fundo sub-basin. Land use and different level of wastewater treatment scenarios were simulated in WEAP considering changes in land use and in the operation of the WWTP. SWAT model to simulated the input of flow and quality data to WEAP model. The results show that the highest values of contaminants present in the node release of ETE Riacho Fundo. In the sub-basin outlet the highest values of PT and NT are 0.12 mg / L and 1.68 mg / L, showing a water quality acceptable but requiring constant care of the water bodies in the sub-basin.

Keywords – WEAP, diffuse pollution, point source pollution

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília-UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília/DF. Bolsista CNPq. E-mail: dianajmonsalve@gmail.com

²Professora do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília-UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília/DF, E-mail: cmaalves@gmail.com

³ Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília-UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília/DF, E-mail: ricardo.minoti@gmail.com

1- INTRODUÇÃO

A qualidade das águas superficiais pode ser alterada por dois tipos de fontes de poluição, pontuais e/ou difusas, que podem aportar contaminantes, dentre eles, os nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) em cargas excessivas afetando a qualidade das fontes hídricas.

O impacto da entrada do poluente nos corpos hídricos depende da concentração do nutriente, sua disponibilidade nas imediações do rio e na área de infiltração, e dos mecanismos de retenção da bacia (Nijboer e Verdonshot, 2004). Pesquisas comprovam que o uso do solo é um fator determinante para os mecanismos de retenção que dependem do tipo vegetação ribeirinha e dos processos de restauração, que podem causar uma diminuição dos nutrientes que chegam aos corpos hídricos (Billen e Garnier, 2000; Allan *et al.*, 1997). Pode-se observar uma relação entre urbanização e eutrofização (Preston *et al.*, 2003; Paerl, 1999).

Os impactos na qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Riacho Fundo causados pelas mudanças de usos de solo hoje predominantemente urbano e pelo lançamento de efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto do Riacho Fundo são avaliados no presente trabalho. A sub-bacia do Riacho Fundo é afluente do lago Paranoá, que apesar de ser receptor de efluentes de duas estações de tratamento de esgoto, irá operar como manancial de abastecimento no Distrito Federal de acordo com planos de expansão do atendimento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-CAESB.

Para avaliar o comportamento dos poluentes nas fontes hídricas da área de estudo foi utilizado uma integração dos modelos SWAT (Arnold *et al.*, 1998) e WEAP (SEI, 2001) para simular a disponibilidade e a qualidade da água na sub-bacia do Riacho Fundo frente a diferentes cenários de uso e ocupação do solo e de operação da ETE Riacho Fundo. O presente trabalho tem foco na descrição do módulo de qualidade da plataforma WEAP (SEI, 2001) que permite modelar o comportamento de contaminantes conservativos, não conservativos e de decaimento exponencial, bem como a operação de ETE para simular a qualidade de água ao longo de rios.

Foram determinadas cargas de Nitrogênio Total e Fósforo Total no rio Riacho Fundo, mediante diferentes cenários considerando os impactos da ETE Riacho Fundo. Existem poucos trabalhos utilizando o módulo de qualidade do WEAP no Brasil. Um estudo representativo foi feito por Oliveira *et al.* (2007) que trabalharam no planejamento de fontes de produção de água de comunidades rurais para maximizar o atendimento das demandas no município de São Francisco-MG.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

A área de estudo é a sub-bacia do Riacho Fundo, localizada na bacia do lago Paranoá como se apresenta na Figura 1. Essa sub-bacia tem uma área de 225,48 km², seus principais afluentes são os córregos Vicente Pires e Guará. O corpo hídrico principal é o rio Riacho Fundo, com extensão de 13 km desembocando no lago Paranoá.

O rio Riacho Fundo recebe o afluente da Estação de Tratamento de Esgoto Riacho Fundo. A ETE foi projetada para tratar os esgotos domésticos da localidade Riacho Fundo I, com uma capacidade de 94 L/s, para atender a uma população de 40.000 habitantes aproximadamente.

O tratamento da ETE é de tipo terciário, removendo Fósforo e Nitrogênio para reduzir o risco de eutrofização das águas do lago Paranoá. Atualmente, a estação trata uma vazão média de 46,79 L/s que são lançados ao rio em horários estratégicos (CAESB, 2012).

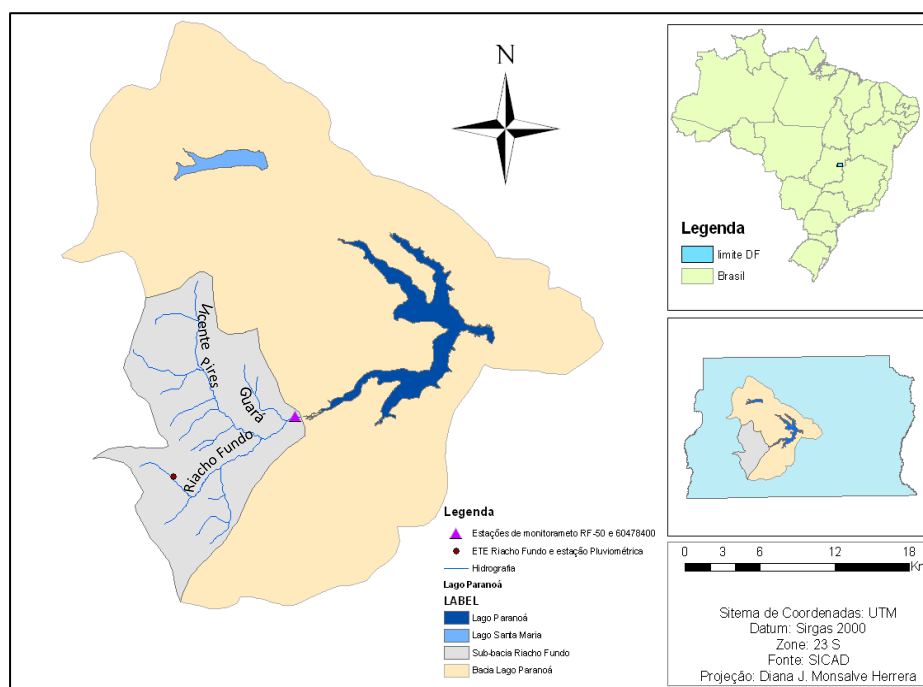


Figura 1- Área de Estudo.

2.2 - Water Evaluation and Planning – WEAP

Para fazer a simulação da qualidade no WEAP, foi utilizado o modelo *Soil and Water Assessment Tool*- SWAT para simular vazões e cargas de nutrientes que foram posteriormente inseridas a montante das fontes hídricas da sub-bacia do Riacho Fundo desenhadas no WEAP, auxiliando o processo da simulação pois o WEAP não modela poluição difusa. A simulação e calibração das vazões e nutrientes no SWAT utilizadas são detalhadas no trabalho desenvolvido por Monsalve-Herrera (2013).

Os dados de vazão e cargas de Nitrogênio Total- NT e Fósforo Total – PT obtidos na simulação do SWAT foram inseridos na rede hídrica representativa da bacia do Riacho Fundo desenhada no WEAP. A rede foi formada de nós e arcos. Os nós representaram a demanda de água das localidades do Riacho Fundo e a ETE Riacho Fundo. Os arcos representaram o transporte de água potável, esgoto bruto e tratado e os rios desenhados com base em um plano de informação georreferenciado para representar todas as fontes hídricas da área de estudo.

Para fazer a simulação dos contaminantes no WEAP foi preciso inserir dados da geometria do rio como largura, profundidade e velocidade. Também foi necessário inserir dados da ETE Riacho

Fundo como capacidade, consumo e porcentagem de remoção dos contaminantes. O NT e PT foram trabalhados como constituintes com decaimento exponencial, que é modelado no WEAP pelo modelo de *Streeter-Phelps*, considerando os afluentes do Riacho Fundo e seguindo a equação 1 (von Sperling, 2005):

$$C_o = \frac{Q_{r1} \cdot C_{r1} + Q_{r2} \cdot C_{r2}}{Q_{r1} + Q_{r2}} \quad (1)$$

Sendo:

C_o : Concentração do constituinte na mistura (mg/L ou g/L)

C_{r1} : Concentração do constituinte no rio principal (rio 1) , imediatamente a montante do ponto de mistura (mg/L ou g/L)

C_{r2} : Concentração do constituinte no secundario (rio 2) , imediatamente a montante do ponto de mistura (mg/L ou g/L)

Q_{r1} : vazão do rio principal r1 (L/s ou m³/s)

Q_e : vazão do rio secundário r2 (L/s ou m³/s)

O WEAP trabalha com o Cenário atual (ano 2011), o Cenário de Referência (2012-2025) e Cenários Futuros (2012-2025). O Cenário de Referência herda as características do cenário atual e há evoluções similares do sistema atual sem intervenção e os Cenários futuros (2012-2025) são definidos pelo usuário. Os cenários futuros foram:

Cenário 1: simulado no WEAP com vazão, NT e PT produto da simulação no SWAT, mudando uso de solo agrícola para urbano de alta densidade urbana.

Cenário 2: simulado no WEAP com vazão, NT e PT produto da simulação no SWAT, mudando uso de solo de baixa densidade urbana para urbano de alta densidade urbana.

3- RESULTADOS

Nas Figuras 2 e 3 apresentam-se as concentrações de Nitrogênio Total em diferentes pontos do rio Riacho Fundo onde podem-se identificar os afluentes Coqueiros, Vicente Pires e Guará e o ponto de lançamento do esgoto tratado da ETE, chamado "*Return flow node 1*". Na Figura 2 pode-se observar para o mês de janeiro, período úmido com frequência de eventos chuvosos no Riacho Fundo, uma diminuição da concentração do Nitrogênio Total nos Cenários 1 e 2 depois do nó do lançamento da ETE, devido à diluição das concentrações de Nitrogênio. Porém no final do trecho há um aumento das concentrações, mas não supera os valores encontrados no afluente da ETE.

Na Figura 3, no mês de agosto, época de estiagem, a concentração de NT aumenta após o nó da ETE, mas diminui ao longo do trecho. Essa diminuição pode acontecer porque a jusante da ETE encontraram-se outros afluentes aportando vazão e provocando uma diluição nas concentrações do NT. Os valores encontrados ao longo do trecho na Figura 3 foram maiores que os valores nos meses de chuva da Figura 2, dada à diluição das concentrações devido a diferentes períodos considerados.

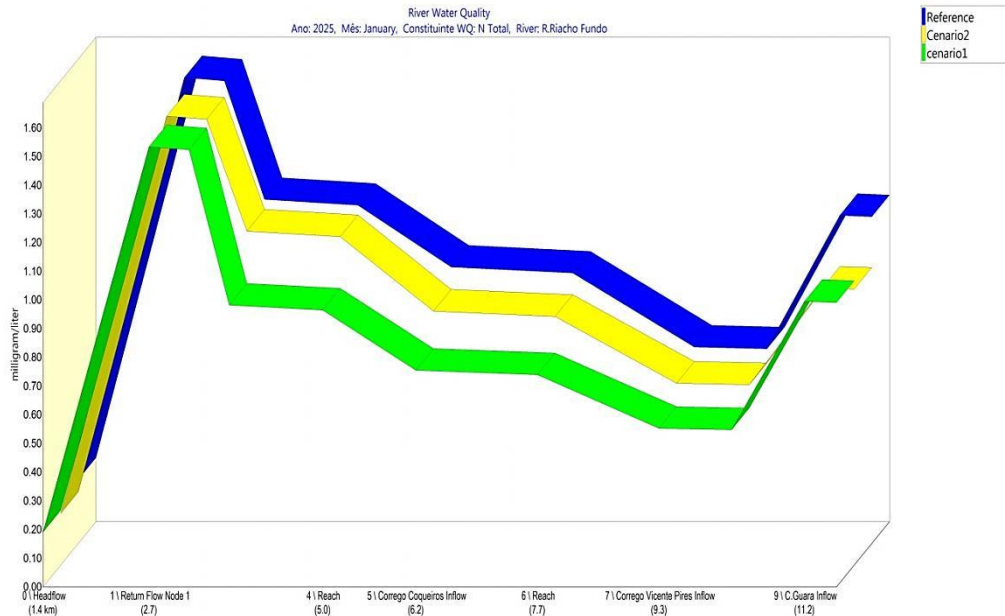


Figura 2 - Comportamento do NT nos três cenários no mês de janeiro de 2025 para o rio Riacho Fundo

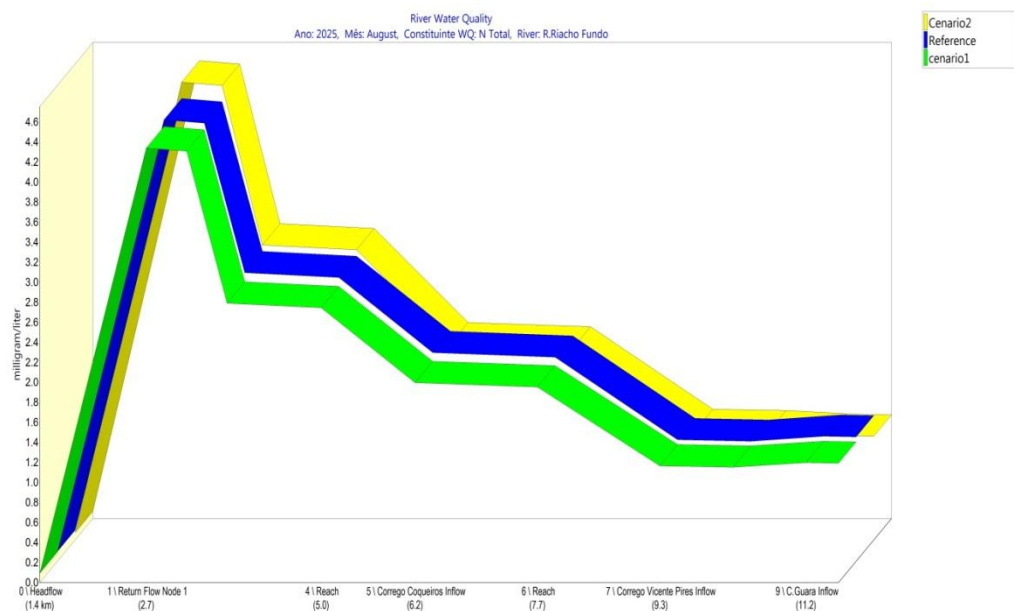


Figura 3 - Comportamento do NT nos três cenários no mês de agosto de 2025 para o rio Riacho Fundo

Nas Figuras 4 e 5, apresenta-se o comportamento das concentrações de Fósforo Total no Riacho Fundo. Na Figura 4 no mês de janeiro, o PT aumenta nos Cenários 1 e 2 de mudança de uso de solo desde o começo do trecho, diminuindo ao longo dele, mas mantendo-se acima dos valores do Cenário de Referência. No mês de agosto, época sem chuva, as concentrações de PT no Cenário 2 diminuíram e no Cenário 1 aumentaram. Isso pode ter acontecido devido à quantidade de sedimento originado e transportado na bacia pelo uso urbano predominante.

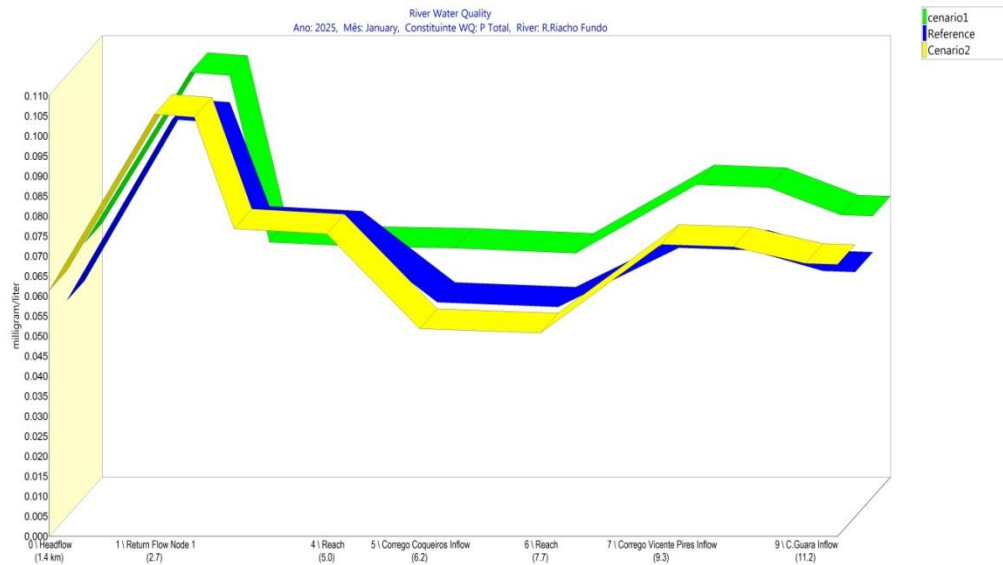


Figura 4 - Comportamento do PT nos três cenários no mês de janeiro de 2025 para o rio Riacho Fundo

O aumento do Fósforo no mês de janeiro pode ter acontecido pelo aumento no escoamento e arraste de sedimentos característicos nas áreas urbanas. Sabe-se que o fósforo está estreitamente relacionado ao aporte de sedimentos, o que influencia consideravelmente a carga de PT resultante em eventos de grandes cargas de sedimento. No caso do mês de agosto mostrado na Figura 5 o Fósforo Total aumenta no Cenário 1 no final do trecho porque além de ter os sedimentos da nova área urbana estabelecida, também tem os sedimentos gerados perto do exutório das áreas urbanas adjacentes como Guará e Candangolândia.

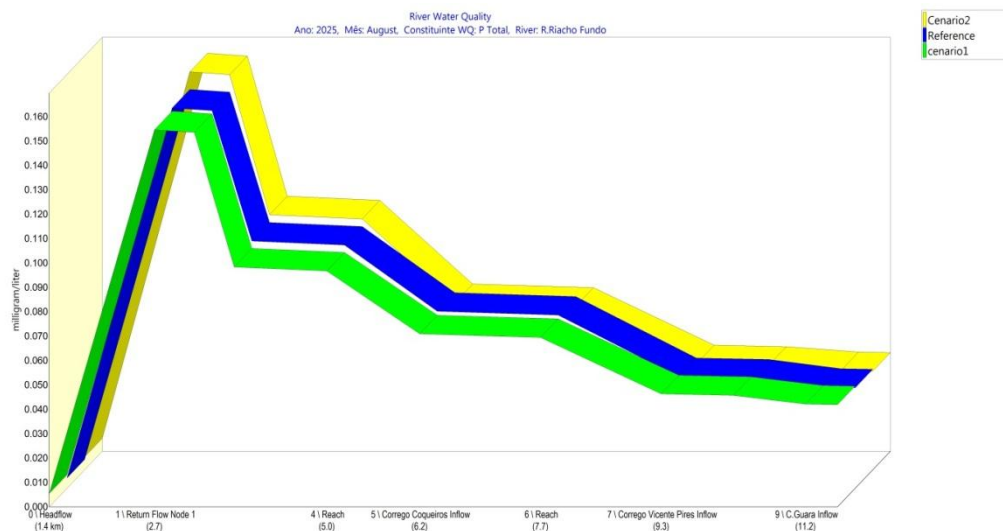


Figura 0 - Comportamento do PT nos três cenários no mês de agosto de 2025 para o rio Riacho Fundo

O maior valor encontrado de Nitrogênio Total e Fósforo Total vertido no Lago Paranoá aconteceu no Cenário 2 com concentrações de NT e PT, respectivamente de 1,68 mg/L e 0,12 mg/L. Esses valores são aceitáveis, mas encontram-se no limite do CONAMA 357/05.

4- CONCLUSÕES

O rio Riacho Fundo recebe contaminação de fontes difusas pelas áreas urbanas e de agricultura e também de fontes pontuais como a ETE do Riacho Fundo. No nó do efluente da ETE, simulado no WEAP, encontraram-se as maiores concentrações especialmente de Nitrogênio Total, mostrando que a ETE afeta a qualidade do rio, porém os valores dos contaminantes foram diminuindo ao longo do trecho pelo fator de diluição do aporte de vazões dos tributários do Riacho Fundo, mostrando a recuperação do rio até o exutório.

A presença do Fósforo Total foi principalmente afetada pelos sedimentos da sub-bacia produzidos nas áreas urbanas, principalmente em épocas de chuva que favorece o arraste de sedimentos.

Tanto o PT como o NT diminuem ao longo do rio atingindo valores aceitáveis no exutório da sub-bacia Riacho Fundo em comparação com os valores atingidos no nó do lançamento da ETE. Porém, os resultados mostraram a importância do cuidado das fontes hídricas da sub-bacia Riacho Fundo, já que foi percebido um aumento nas concentrações de NT no exutório no mês de seca e qualquer problema apresentado na qualidade dos rios da sub-bacia Riacho Fundo pode afetar diretamente o lago Paranoá que recebe as águas da área afetando também o uso futuro do lago como manancial de abastecimento.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J.; ERICKSON, D.; FAY, J. (1997). "The influence of catchment and use on stream integrity across multiple spatial scales". *Freshwater Biology*, 37, 149-161.
- ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R., MUTTIAH, R. S. E WILLIAM, J. R. (1998). "Large area hydrologic modeling and assessment part i: model development". *Journal of the American Water Resources Association*. 34(1), 73-89
- BILLEN, G. E GARNIER, J. (2000). "Nitrogen transfers through the Seine drainage network: a budget based on the application of the " Riverstrahler " model". *Hidrobiologia*, 410, 139-150.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL-CAESB. (2012). Sinopse do sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal-SIESG. 25ª Ed.
- LAMPARELLI, M. (2004). *Grau de trofia em corpos hídricos d'aguas do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese de doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo. 207 p.
- MONSALVE-HERRERA. D.J (2013). *Integração de modelos de quantidade e qualidade da água para avaliação de cargas contaminantes em afluentes de mananciais de abastecimento*. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 127p.

NIJBOER,R.C. e VERDONSCHOT, P.(2004). "Variable selection for modelling effects of eutrophication on stream and river ecosystems". *EcologicalModelling*, 177(1-2), 17-39.

PAERL, H. W. (1999). "Cultural eutrophication of shallow coastal waters: Coupling changing anthropogenic nutrient inputs to regional management approaches". *Limnologica*, 29(3), 249-254.

PRESTON,C.;SHEAIL, J.;ARMITAGE, P., E DAVYBOWKER, J. (2003). "The long-term impact of urbanization on aquatic plants: Cambridge and the River Cam". *The Science of The Total Environment*, 314-316, 67-87.

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE-SEI,(2001). Water Evaluation and Planning-WEAP: User Guide for WEAP21.Boston USA.

VON SPERLIG,(2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG, 452p.