



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

IV-001 – UTILIZAÇÃO DO MODELO MONERIS (Modelling Nutrient in River Systems) PARA INVESTIGAÇÃO DA ENTRADA DE NUTRIENTES NO RIO IPOJUCA, PERNAMBUCO.

Alessandra Maciel da Costa⁽¹⁾

Estudante do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Ex-bolsista do Programa de Parceria Universitária UNIBRAL – CAPES/DAAD, entre a UFPE e a Technische Universität Berlin – TU Berlin.

Maria do Carmo Martins Sobral

Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE; Engenheira Civil, pela UFPE; Mestre em Saneamento Ambiental, pela Universidade de Waterloo – Canadá, Doutorado em Proteção Ambiental, pela Universidade Técnica de Berlim, -Alemanha.

Horst Behrendt

Diretor do Departamento de Limnologia de Corpos D'água do Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Forschungsverbund Berlin, Berlim, Alemanha

André Delgado de Souza

Aluno de Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE; Bolsista do Programa de Parceria Universitária UNIBRAL – CAPES/DAAD, entre a UFPE e a Technische Universität Berlin – TU Berlin.

Endereço⁽¹⁾: Rua Jacundá, 401 – Recife - PE - CEP: 51350-080 - Brasil - Tel: (81) 3338-0147

 maciel_alessandra@hotmail.com

RESUMO

As emissões de poluentes e nutrientes nos corpos d'água são causadores de diversos problemas nos ecossistemas aquáticos. Na Alemanha, várias medidas estão sendo realizadas, como a nova lei de enquadramentos dos corpos d'água (*Wasserrahmenrichtlinie*), com o objetivo de minimizar essas entradas. O modelo MONERIS foi desenvolvido e utilizado na Alemanha para se quantificar a entrada de nutrientes em 300 bacias hidrográficas do país. O modelo pôde ser utilizado para a bacia do rio Ipojuca, que foi escolhida devido as suas dimensões (3.433,58 km²) e a sua importância para o estado de Pernambuco, a mesma serve de eixo de ligação e de transição entre a Região Metropolitana do Recife e a Região do Sertão do Estado e as suas águas superficiais apresentam qualidade extremamente variável.

Foi verificado que tanto para o nitrogênio quanto para o fósforo as maiores entradas são devidas ao lançamento das fontes pontuais representada pelo efluente industrial e pelos esgotos domésticos produzidos na bacia. Pois, em nenhum município encontra-se implantando um sistema de coleta e tratamento de esgoto, sendo os mesmos lançados em canais que atingem posteriormente os cursos d'água.

Alguns dados utilizados no modelo foram estimados devido a inexistência dos mesmos. A compatibilização entre os dados disponíveis para a bacia do rio Ipojuca e os dados requeridos pelo modelo foi uma das maiores dificuldades encontradas. Como exemplo pode-se citar a classificação do solo utilizada no Brasil, na classificação brasileira não existe uma relação entre o tipo de solo e os teores de nutrientes associados aos mesmos. Enquanto que, a classificação da FAO, utilizada na Europa, apresenta estes valores. Em relação aos dados de qualidade de água (Nitrito, Nitrato e Amônia) foi verificada a realização de amostragem em períodos diferentes e para a maioria dos anos não foram realizadas análises simultâneas para os parâmetros acima citados, o que dificultou bastante o processo de calibração do modelo.

PALAVRAS-CHAVE: Emissão de Fósforo e Nitrogênio, MONERIS, Fontes Pontuais, Fontes Difusas.

INTRODUÇÃO

Devido aos diversos problemas causados aos ecossistemas aquáticos, a redução das emissões de poluentes e nutrientes nos corpos d'água é uma importante parte integrante da política nacional e internacional de proteção dos corpos d'água. Na Alemanha, várias medidas estão sendo realizadas, como a nova lei de enquadramentos dos corpos d'água (*Wasserrahmenrichtlinie*), com o objetivo de minimizar essas entradas. Um importante objetivo da diretriz é alcançar o bom estado ecológico para os corpos d'água superficiais.

Muitos corpos d'água existentes no Brasil encontram-se poluídos, comprometendo assim, a utilização dos mananciais para fins de abastecimento humano. O processo de eutrofização, causado pelo aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos tem causado sérios problemas.

A eutrofização pode ser resultante do processo natural ou artificial. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes através das chuvas e águas superficiais que erodem a superfície e carregam matéria para os corpos d'água. Quando é induzida pelo homem, a eutrofização é denominada artificial. Neste caso, os nutrientes podem ser de diferentes origens, como: efluentes domésticos, industriais, atividades agrícolas, entre outras.

O presente trabalho teve por objetivo quantificar a entrada de nutrientes no rio Ipojuca através da utilização do programa MONERIS, que foi desenvolvido na Alemanha e utilizado para o cálculo da entrada de nutrientes advindos das fontes naturais e artificiais em todas as bacias hidrográficas do país. No Brasil, poucas são as pesquisas sobre o assunto.

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca foi escolhida devido as suas dimensões (3.433,58 km²) e a sua importância para o estado de Pernambuco, a mesma, serve de eixo de ligação e de transição entre a Região Metropolitana do Recife e a Região do Sertão do Estado. As águas superficiais têm qualidade extremamente variável.

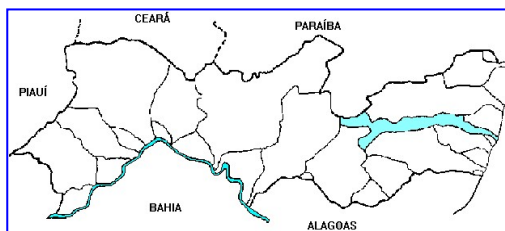


Fig. 1. Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca

Segundo análise dos últimos monitoramentos realizados pela Companhia Pernambucana de Meio Ambiente - CPRH, constatou-se que, em vários trechos do rio, a água encontra-se imprópria para abastecimento humano. Os valores de OD, DBO, Amônia e Fósforo constatados fora da classe evidenciam a poluição causada pelo lançamento de efluentes industriais e domésticos.

A partir de tal constatação, faz-se necessária a identificação de novos modelos que quantifiquem a entrada de nutrientes, permitindo estudar as possibilidades de reduzir as entradas de nutrientes no rio Ipojuca e com isso promover o uso sustentável da bacia.

O modelo MONERIS (*Modelling Nutrient in River Systems*, Behrendt et. al, 1999) foi desenvolvido e aplicado na Alemanha para a investigação e realização do balanço de nutrientes em suas bacias hidrográficas. Esse modelo foi também adaptado para o balanço das emissões difusas de metais pesados. O mesmo pôde ser utilizado para a bacia do rio Ipojuca graças ao Programa UNIBRAL - CAPES/DAAD - existente entre a Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e a Universidade Técnica de Berlin - TU Berlin e ao apoio dado pelo Instituto de Ecologia dos Corpos d'água (*Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Im Forschungsverbund Berlin e.V.- IGB*).

O trabalho também contou com o apoio do Órgão Federal de Meio Ambiente da Alemanha (*Umweltbundesam*) e da Agência Pernambucana de Meio Ambiente – CPRH.

MATERIAIS E MÉTODOS

As bases do modelo constituem por um lado dados de vazão e de qualidade, assim como um sistema de informações geográficas, tanto os mapas digitais quanto as informações estatísticas são integradas. Devido à diferença existente na concentração de nutrientes advindas das entradas pontuais (estações de tratamento de águas residuárias e lançamentos industriais), e difusas, a diferenciação das entradas por componentes individuais faz-se necessária, pois os processos se diferenciam muito fortemente entre si. Em consequência disso são consideradas no mínimo sete entradas são consideradas sete entradas diferentes:

- Fontes pontuais (estações de tratamento de águas residuárias e lançamentos industriais);
- Deposição atmosférica;
- Erosão;
- Lixiviação;
- Água subterrânea;
- Drenagem;
- Áreas urbanas pavimentadas.

Para o cálculo da entrada de nutrientes através das fontes pontuais e difusas na bacia do rio Ipojuca foi utilizado o modelo MONERIS (Modelling Nutrient Emissions in River Systems). Uma descrição mais completa do modelo encontra-se em Behrendt et al. (1999b), no presente trabalho será apresentado apenas um resumo. O modelo pode ser utilizado para bacias hidrográficas de 100 até 200.000 km².

As atividades desenvolvidas foram subdivididas nas seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico;
- Levantamento e interpretação dos dados disponíveis para a bacia do rio Ipojuca (vazão, precipitação, qualidade da água, geologia, clima, evaporação, uso e ocupação do solo na bacia, etc.);
- Levantamento e interpretação dos dados necessários para a utilização do programa;
- Adaptação dos dados disponíveis aos dados necessários ao programa;
- Alimentação do banco de dados do programa MONERIS;
- Utilização do programa para quantificar a entrada de nutrientes no rio Ipojuca;
- Análise e interpretação dos resultados alcançados.

Essas atividades subsidiaram a aplicação do modelo para o estudo de caso da bacia do rio Ipojuca, em Pernambuco.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localização

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localiza-se em sua totalidade no Estado de Pernambuco, entre as latitudes de 08º 09' 50" e 08º 40' 20" de latitude sul, e 34º 57' 52" e 37º 02' 48" de longitude oeste de Gr. Devido à sua conformação longitudinal no sentido oeste-leste, esta bacia encontra-se inserida em três microrregiões: do Vale do Ipojuca, de Vitória de Santo Antão e da microrregião do Recife.

Limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Capibaribe (UP2) e o Estado da Paraíba; ao sul com as bacias hidrográficas dos rios Una (UP3) e Sirinhaém (UP4); a leste, com o segundo e terceiro grupos de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos - GL2 e GL3 (UP15 e UP16) e o Oceano Atlântico e, a oeste, com as bacias hidrográficas dos rios Ipanema (UP7) e Moxotó (UP8) e o Estado da Paraíba.

Rede Hidrográfica

O rio Ipojuca nasce nas encostas da serra do Pau D'arco, no município de Arcoverde, a uma altitude de, aproximadamente, 900m. Seu percurso, com cerca de 294km, é preponderantemente orientado na direção oeste-leste, sendo seu regime fluvial intermitente, tornando-se perene a partir do seu médio curso, nas proximidades da cidade de Caruaru.

Seus principais afluentes, pela margem direita são: riacho Liberal, riacho Papagaio, riacho Pau Santo e rio do Mel e, pela margem esquerda, riacho Angelo Novo, riacho da Onça, riacho dos Mocós, riacho do Meio e riacho Pata Choca. O riacho Liberal, seu afluente mais importante, tem suas nascentes nas encostas da Serra do Buco, município de Venturosa, a uma altitude aproximada de 1.000m. Drena ao longo dos seus 36km de extensão, áreas dos municípios de Alagoinha, Pesqueira e Sanharó, e desagua no rio Ipojuca, a cerca de 6km à jusante da cidade de Sanharó.

O rio Ipojuca corta diversas sedes municipais destacando-se: Belo Jardim, Caruaru, Bezerros, Gravatá, Escada e Ipojuca. Seu estuário foi bastante alterado nos últimos anos em decorrência da instalação do Complexo Portuário de Suape. A bacia hidrográfica do rio Ipojuca abrange uma área de 3.514,35km², correspondendo a 3,55% da área do Estado, estando nela incluídas áreas de 24 municípios dos quais 12 estão com suas sedes inseridas na bacia.

Solos

No terço inferior que corresponde praticamente à porção a jusante de Gravatá, dominam as classes de solos **Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico** e **Podzólico Vermelho Amarelo**. A classe **Latossolo** compreende solos muito profundos, muito porosos, bem a acentuadamente drenados, de textura argilosa. Quimicamente, são solos ácidos com pH variando entre 4,2 e 5,5 e baixa saturação de bases, e portanto, de baixa fertilidade natural, porém de boas condições físicas face ao relevo movimentado que apresentam, devem ser utilizados para pastagem (LVd₆). O LVd₃ por seu relevo montanhoso, deve ser reservado a recomposição da flora e da fauna. Ocupam respectivamente, 276,67km² e 213,53km².

Os **Podzólicos** compreendem solos com B textural, com perfis bem diferenciados, profundos, moderadamente a bem drenados, de textura franco argilo arenosa ou franco arenosa no horizonte superficial e argilosa no sub-solo. Com relação às propriedades químicas, estes solos apresentam reação ácida, pH variando de 4,0 a 5,5 na superfície e de 4,5 a 5,0 no sub-solo. Quanto à vegetação, ambas as classes estão relacionadas aos remanescentes da floresta sub-perenifólia e mesmo sub-caducifólia. O relevo dominante é ondulado, nas unidades PV₁, PE₁₅, PE₁₆ e PE₁₇. Nas demais é forte ondulado e montanhoso, que representa uma das principais limitações ao cultivo dos referidos solos.

O trecho correspondente ao Agreste e que compreende aos terços médio e superior da bacia, apresenta uma maior diversidade de solos, destacando-se em termos de ocorrência as classes de **Regossolos**, **Planossolos**, **Solos Litólicos** e **Podzólicos**. A classe de maior expressão no referido trecho é representada pelo **Regossolo Eutrófico com fragipan**, que compreende solos pouco desenvolvidos, arenosos, mediantemente profundos ou profundos, apresentando teores médios ou elevados de materiais primários de fácil intemperização. São solos ácidos a moderadamente ácidos, de fertilidade natural baixa e que possuem fragipan em geral logo acima da rocha. No geral, são solos que ocorrem em condições de relevo suave ondulado, com declividades de 3% a 8% e vales muito abertos.

A vegetação nativa corresponde à Caatinga hipoxerófila arbórea-arbustiva. Excentuando a fertilidade natural baixa, os solos desta classe, por apresentarem relevo favorável e regulares condições físicas, são aptos para uma exploração agrícola diversificada. Na verdade, eles já são bastante cultivados com culturas temporárias e pastagens.

O **Planossolo Solódico** é outra classe de expressão no trecho do Agreste, e compreende solos com horizonte B textural, argila de atividade alta, com mudança textural abrupta, que ocorrem geralmente em áreas de cotas mais baixas, sendo característico haver um excesso de umidade no curto período chuvoso e um extremo ressecamento no longo período seco. São solos de profundidade média, em torno de 70cm, imperfeitamente drenados, geralmente apresentando, nos horizontes superficiais, regular quantidade de calhaus e cascalho de quartzo. São moderadamente ácidos na camada superficial e praticamente neutros nos horizontes sub-superficiais, e com sódio trocável, normalmente entre 6% e 15% no horizonte B e alta saturação de bases. Ocorrem em relevo predominantemente suave ondulado e ondulado e a vegetação nativa está relacionada à Caatinga hipoxerófila. Devido às condições de drenagem impedida e aos teores de sódio nos horizontes sub-superficiais, além do ressecamento no período seco, são solos que apresentam várias restrições à exploração agrícola, sendo mais indicados para pastagens com destaque para as unidades de mapeamento PL₁, PL₂ e PL₅. Do ponto de vista hidrológico, são solos capazes de gerar escoamentos representativos nas chuvas mais intensas.

Com ocorrência também expressiva, notadamente na porção mais a montante da bacia, têm-se os **Solos Litólicos**, que, além de mapeados como componente principal aparecem, via de regra, como o segundo ou o terceiro componente das unidades de mapeamento. São solos muito rasos, pouco desenvolvidos, possuindo apenas um horizonte A fraco, seguido de horizonte C e da rocha. Possuem média e alta saturação de bases, são moderadamente drenados, de textura média ou arenosa. O relevo se apresenta variando de suave ondulado a forte ondulado. Sendo solos muito rasos e que apresentam freqüentemente pedregosidade e/ou rochosidade, além da susceptibilidade a erosão, apresentam sérias limitações à exploração agrícola, e exigem severas medidas de conservação, quando cultivados. Por isto, os referidos solos devem ser destinados a preservação da fauna e da flora.

A classe de **Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico** é outra ocorrência que, apesar da pouca expressão, merece registro. Trata-se de solos similares em morfologia aos da classe **Podzólico Vermelho Amarelo**, dos quais são diferenciados pelo caráter eutrófico que apresentam. Compreendem também solos com B textural (não hidromórficos), de textura argilosa, saturação com alumínio menor que 50%, e saturação de bases média a alta ($V > 35\%$) no horizonte B.

As classes acima descritas, tanto para a Zona da Mata como para a região do Agreste, representam no seu conjunto, os principais solos que ocorrem ao longo da área da bacia. Outras classes de solos são também encontradas, no entanto, carecem de expressão quanto à ocorrência.

Em termos de potencial de uso agrícola, na Zona da Mata, apesar dos solos apresentarem regulares condições físicas e químicas, o relevo movimentado, que vai de ondulado até montanhoso, representa uma forte limitação para o seu aproveitamento agrícola. A cultura da cana de açúcar, praticada secularmente com baixos níveis tecnológicos e de produtividade, tem sido a principal ocupação da referida zona.

Na zona do Agreste, muito embora a diversidade de solos, o potencial agrícola da área é pobre. Os **Regossolos**, apesar da textura arenosa e das severas limitações climáticas, são os mais cultivados. O mesmo pode-se dizer dos **Podzólicos**, cuja ocorrência predominante é em trechos de relevo movimentado. Os **Solos Litólicos**, de grande expressão na região, com fortes limitações, principalmente de natureza física, não são aptos para exploração agrícola, sendo mais indicados para Refúgio Silvestre. Esse também é o caso do **Planossolos**, que ocorrem nas partes de cotas mais baixas.

Em suma, seja por condições de relevo, seja por limitações de natureza física ou química, além das deficiências climáticas no Agreste, a bacia como um todo, apresenta um baixo potencial agrícola. Na prática, os solos apropriados para pastagem são em geral pouco desenvolvidos, exceto os Latossolos cuja limitação é o relevo movimentado. Os demais são limitados pelo pouco desenvolvimento que apresentam, e conseqüente reduzida capacidade de retenção hídrica. Os solos que devem ser destinados a recomposição da fauna e da flora, com destaque para os Latossolos e Podzólicos apresentam relevo ondulado a montanhoso, com elevados riscos de erosão.

Os Solos Litólicos além de rasos apresentam também relevo movimentado, o que os faz gerador de escoamento representativos e sujeitos a erosão. As Areias Quartzosas Marinhas Distróficas (AMd), são excessivamente arenosas e drenadas, muito ácidas de baixa fertilidade natural. Ocorrem na bacia já na baixa de litorania próximo a orla marítima. Por serem excessivamente drenados, absorvem bem as primeiras chuvas, porém, ao longo do período chuvoso, sofrem problemas de elevação de lençol freático nas áreas mais baixas. Oferecem baixa retenção de unidade e nutrientes. Em áreas expostas à brisa marítima podem sofrer erosão eólica.

Os Solos Indiscriminados de Mangue (SM), compreendem solos halomórficos, alagados próximo a orla marítima, já sob influência da água e do movimento dos marés. São gleyzados, pouco desenvolvidos, com elevado teor de sais e sedimentos finos que se juntam a matéria orgânica da decomposição da vegetação existente fornecendo alimento para espécies animais que dependem disso para viver. São solos não agricultáveis, e seu melhor uso é mesmo a preservação da fauna e da flora já que são ricos em espécies próprias do mangue.

Vegetação / Uso do Solo

No quadro a seguir estão representadas o uso e ocupação do solo na bacia do rio Ipojuca.

Quadro 1: Vegetação / Uso do Solo na Bacia do Rio Ipojuca

VEGETAÇÃO / USO DO SOLO	ÁREA (km ²)	PERCENTUAL (%)
VEGETAÇÃO ARBÓREA FECHADA	140,54	4,00
AÇUDE	3,81	0,11
SOLO EXPOSTO	403,90	11,50
MANGUE	9,18	0,26
OCEANO	0,59	0,02
VEG. ARBUSTIVA ARBO. FECHADA	224,08	6,37
VEG. ARBUST. ARBO. ABERTA	19,19	0,54
MATA ATLÂNTICA	176,37	5,02
ANTROPISMO	1387,52	39,49
CANA	1051,30	29,91
ÁREA URBANA	28,79	0,82
USO NÃO IDENTIFICADO:		
NUVEM	41,32	1,17
SOMBRA	27,71	0,79
TOTAL	3514,30	100,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, SRH-1999.

Geologia

Quase toda a bacia hidrográfica do rio Ipojuca é representada por rochas cristalinas e cristalofilianas do Pré-Cambriano, de vez que 97% da sua área de 3.514,3km² situa-se nesse contexto geológico.

A unidade lito-estratigráfica dominante é o Complexo Migmatítico-Granitóide - pCmi, onde os granitos e granodioritos são predominantes sobre os migmatitos. Os migmatitos, dos tipos estromático, nebulítico e epibolítico, ocorrem no baixo curso da bacia, entre Amaraji e Ipojuca e numa estreita faixa entre Sanharó e Gravatá. Ao sul de Sanharó ocorrem quartzitos pertencentes a Unidade Quartzítica da Região de Garanhuns, dispostos na direção NE-SW.

Uma extensa falha transcorrente destróira, que atravessa toda a bacia segundo a direção E-W, recebendo o nome de Lineamento Pernambuco por atravessar todo o estado, constitui a separação entre os gnaisses para sul e granitos que dominam para norte, nos municípios de Caruaru, Tacaimbó, Belo Jardim e Pesqueira, daí prolongando-se para oeste até o município de Arcoverde. Outro maciço granítico-diorítico ocorre para sul, de São Caetano até Chã Grande.

Os xistos e gnaisses indiferenciados - pCAx - do Pré-Cambriano Superior ocorrem em áreas muito restritas ao norte dos municípios de Bezerros e Gravatá, associados a metagrauvacas, quartzitos e calcários cristalinos, podendo ser considerados como correlatos do Grupo Salgueiro, de grande ocorrência na região oeste do estado.

As estruturas dominantes são as falhas transcorrentes destróiras com direção E-W ou NE-SW (na região de Tacaimbó). Nos migmatitos que ocorrem no baixo curso da bacia podem ser notados eixos de dobras antiformes e sinformes, com direções paralelas segundo NE-SW.

Quanto aos sedimentos que participam com apenas 3% da área, dominam os depósitos aluviais recentes com uma área de 21,79km², seguido de reduzidos afloramentos da Formação Cabo, representada por conglomerados, arenitos arcoseanos com matriz argilosa, siltitos e argilas e ainda vulcanitos sob a forma de diques, sills, necks ou derrames, de constituição ácida - riolitos - a básica - traquito e basalto.

CÁLCULO DAS EMISSÕES DE NUTRIENTES ATRAVÉS DAS FONTES PONTUAIS

A entrada de nutrientes advinda das fontes pontuais pode ser subdividida nas seguintes entradas:

- Estações de tratamento; e

- Lançamentos industriais;

Na bacia em estudo não existem estações de tratamento de esgoto em nenhum dos 24 municípios. Existe uma estação projetada para o município de Caruaru. O destino dado ao efluente doméstico é geralmente a fossa séptica ou o mesmo é lançado em canais para posteriormente ser lançado no rio Ipojuca, comprometendo assim a qualidade deste rio.

Para a entrada de nutrientes através dos lançamentos industriais foi estimado um valor representativo, devido à inexistência de dados referentes às concentrações do efluente industrial lançado pelas indústrias na bacia do rio Ipojuca.

CÁLCULO DAS EMISSÕES DE NUTRIENTES ATRAVÉS DAS FONTES DIFUSAS

Superfícies urbanas pavimentadas

Para a quantificação da entrada de N- e P advindas de áreas urbanas são calculadas separadamente os tipos de entrada:

- Contribuição do escoamento das áreas urbanas pavimentadas que chega ao rio através das canalizações separadas (nas canalizações separadas o sistema de drenagem pluvial é separado do de coleta de esgoto);
- Contribuição do escoamento das áreas urbanas pavimentadas que chega ao rio através das canalizações combinadas;
- Contribuição do escoamento das áreas urbanas pavimentadas juntamente com o esgoto doméstico que chega ao rio por meio da canalização de coleta do esgoto;
- Contribuição do escoamento das áreas urbanas pavimentadas juntamente com o esgoto doméstico que chega ao rio sem nenhum tipo de canalização;

Para o cálculo tanto a vazão específica das áreas urbanas assim como a sua superfície foi necessária.

Deposição atmosférica

O cálculo da contribuição de nutrientes através deposição atmosférica deve ser feito multiplicando-se o valor médio da soma da deposição de NO_x - N e NH_4 - N, assim como a deposição de Fósforo - P pelo valor médio da superfície de água (m^2) na bacia. Devido à inexistência de dados, foi atribuído um valor médio para a deposição de 500 mgN/m^2 .

Drenagem

Considerou-se a contribuição por esta parcela apenas significativa na área da bacia mais próxima ao litoral, que corresponde a unidade de análise 4 (UA4). Considerou-se que a área que contribui para esta parcela, representa 5 % da área utilizada para a agricultura dentro da UA4.

Erosão

A entrada de nutrientes através da erosão é calculada através do produto entre a entrada de sedimentos no rio e a concentração média de Nitrogênio e Fósforo na superfície do solo da bacia. Devido à inexistência de destes dados foi estimado um valor médio para a perda de solos e um estudos posteriores que compatibilizem a classificação de solos utilizada no Brasil e a classificação da FAO faz-se necessários para uma melhor análise dos resultados.

Água subterrânea

A entrada de nutrientes através da água subterrânea proveniente do escoamento natural foi calculada como a contribuição de drenagem. A vazão subterrânea foi calculada através da diferença entre a vazão medida e alguns componentes de vazão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 abaixo estão apresentados os valores obtidos para as respectivas entradas de fósforo e nitrogênio, por fonte.

Tabela 1: Total de emissões de nitrogênio e fósforo e as suas respectivas proporções

Fontes	Nitrogênio		Fósforo	
	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]
Deposição atmosférica	59,4	2,6	2,2	1,2
Drenagem	13,5	0,6	0,2	0,1
Água subterrânea	411,1	18,3	13,0	6,9
overland flow	67,0	3,0	2,1	1,1
Erosão	68,0	3,0	29,3	15,5
Estações de tratamento	800,0	35,6	0,0	0,0
Sistemas urbanos	830,4	36,9	141,8	75,2
Emissões totais	2249,5	100,0	188,6	100,0

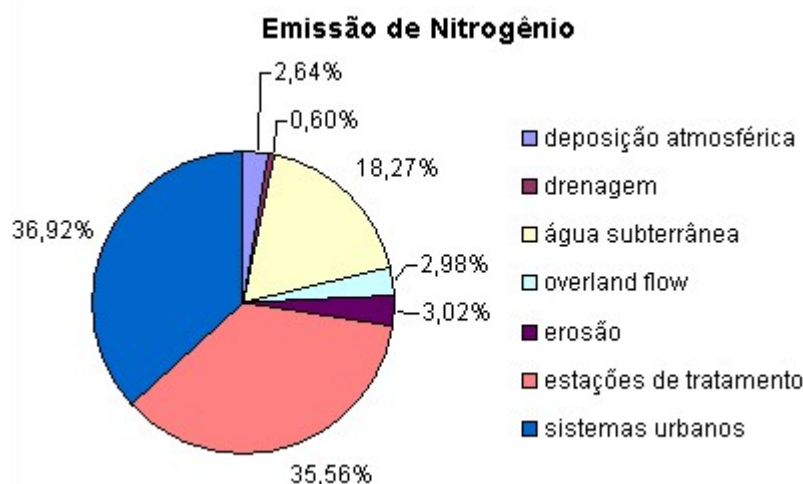


Fig. 2: Emissão percentual de nitrogênio por fonte

Conforme apresentado na tabela 1, as emissões mais representativas correspondem às entradas pontuais advindas dos sistemas urbanos, a qual foi acrescentada a contribuição das indústrias e das estações de tratamento. Tendo em vista que não existem estações de tratamento na bacia, foi adotado o artifício inclusão de estações com eficiência zero, ou seja, o valor de nitrogênio e de fósforo estipulado representa a carga orgânica não tratada.

Em termos de emissão de nitrogênio, a maior contribuição se dá através dos sistemas urbanos, representados pelo lançamento dos efluentes industriais e das águas pluviais, seguido da contribuição dos esgotos domésticos não tratados e lançados diretamente no rio.

Conforme apresentado anteriormente, alguns dados foram estimados devido a inexistência dos mesmos. A compatibilização entre os dados disponíveis para a bacia do rio Ipojuca e os dados requeridos pelo modelo foi uma das maiores dificuldades encontradas. Como exemplo pode-se citar a classificação do solo utilizada no Brasil, na classificação brasileira não existe uma relação entre tipo de solo e os teores de nutrientes associados aos mesmos. Enquanto que, a classificação da FAO, utilizada na Europa, apresenta estes valores.

Em relação aos dados de qualidade de água (Nitrito, Nitrato e Amônia) foi verificado que as análises não são feitas periodicamente e para a maioria dos anos não foram realizadas análises simultâneas para os parâmetros acima citados, o que dificultou bastante o processo de calibração do modelo.

- O estudo do processo de desnitrificação no rio faz-se necessário para alcançar resultados coerentes e passíveis de comparação;
- Aumento do número de estações de qualidade de água;
- Compatibilizar a classificação brasileira dos solos com a da FAO;

- Fazer uma comparação entre os resultados do plano do Ipojuca e do MONERIS, verificar se os mesmos são coerentes;
- Quantificar a carga de N e P advinda do efluente industrial;
- Fazer uma comparação entre os dados medidos e os calculados pelo MONERIS, o ideal seria utilizar dados de uma área que não possua muitas indústrias;
- Quantificar a deposição atmosférica;
- Devido a uma variação significativa de alguns parâmetros como (evaporação, precipitação, vazão, entre outros) faz-se necessária uma análise separada para os meses chuvosos e secos do ano.

CONCLUSÕES

A aplicação do modelo matemático MONERIS desenvolvido na Alemanha para quantificação da entrada de nutrientes nos corpos d'água, que vem sendo utilizado com sucesso em diversas bacias hidrográficas na Alemanha e em outros países, revelou-se com alto potencial de adaptação para bacias hidrográficas da região do Nordeste do Brasil, desde que se façam os ajustes necessários à calibração e simplificação dos dados utilizados.

Entre as dificuldades encontradas na utilização deste modelo para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca localizada no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil foi a pouca quantidade e confiabilidades dos dados existentes, em particular os referentes aos parâmetros de qualidade da água superficial e subterrânea, bem como os dados de vazão dos corpos d'água e dos efluentes industriais.

Os resultados do modelo revelaram que as maiores entradas de nitrogênio e de fósforo são devidas ao lançamento das fontes pontuais representada pelo efluente industrial e pelos esgotos domésticos produzidos na bacia, uma vez que em nenhum município encontra-se implantando sistema de coleta e tratamento de esgoto.

Recomenda-se que sejam aprofundados estudos no sentido de aperfeiçoar o banco de dados, aumentando os parâmetros de qualidade e de quantidade da água, bem como ampliando a aplicação do modelo em outras bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco.

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do Programa UNIBRAL - CAPES/DAAD - existente entre a Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e a Universidade Técnica de Berlin - TU Berlin. Através desta Cooperação Internacional surgiu a possibilidades de utilização do modelo MONERIS, disponibilizado sem nenhum custo pelo Instituto de Ecologia dos Corpos d'água (*Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei* Im *Forschungsverband Berlin e.V.- IGB*). O trabalho contou também com o apoio do Órgão Federal de Meio Ambiente da Alemanha (*Umweltbundesam*) e da Agência Pernambucana de Meio Ambiente – CPRH.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEHRENDT, H. et al. Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei. Berlin, 1999.
2. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Umweltpolitik, Wasserwirtschaft in Deutschland, teil 3 – Emission in die Oberflächengewässer und Meere – Berlin, 2001.
3. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Ipojuca - Documento Síntese. Recife - Pernambuco, 2000.
4. Von Sperling, M.. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – 2.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996.
5. Die Spree – Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. Limnologie Aktuell. Stuttgart: Schweizerbart, 2002.