

**IV-217 - ESCASSEZ HÍDRICA E ESTRATÉGIAS DE USOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITAÚNAS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO DE
GERENCIAMENTO PREDITIVO INTEGRADO E ADAPTATIVO EM SUBSÍDIO
AO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Lucien Akabassi⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela ESALQ/ USP.

Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/ USP. Prof. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental - Instituto Federal do Espírito Santo - IFES.

Suély Manoela Loyola⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambientalista (IFES). Tel: +55 (27) 98800-1170 - e-mail: sloyola3@gmail.com.

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729, Jucutuquara. Vitória – ES - Brasil. Tel: (+55) 27 33312237. e-mail: lucien@ifes.edu.br.

RESUMO

A escassez hídrica e estratégias de uso de água foram investigadas por meio de modelagem conceitual do Gerenciamento Preditivo Integrado e Adaptativo (MGPI) na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas. Localizada no Brasil, no norte do Estado de Espírito Santo, a bacia apresenta uma baixa pluviosidade, característica que reflete diretamente as baixas vazões que ocorrem no sistema fluvial. Os períodos de maiores volumes de chuvas foram observados nos meses de novembro a março, com transição da estiagem em outubro. A estiagem estende-se de maio a setembro, sendo a transição no mês de abril, toda via, em alguns anos dos registros hidrológicos essa transição ligeiramente móvel mas assegura a sazonalidade das chuvas. O modelo MGPI construído demonstra a necessidade de integração das formas de manejo, de ocupação do território da bacia e de apropriação dos recursos naturais, em particular dos recursos hídricos, em cada compartimento da estrutura de exploração econômica implantada com vistas à garantia da disponibilidade hídrica quantitativa e qualitativa. Os resultados obtidos das investigações a partir do modelo desenvolvido indicam que o sucesso do gerenciamento dos recursos hídricos exige, inevitavelmente, a integração das ferramentas específicas na gestão de cada compartimento do sistema, sem a qual a sustentabilidade ambiental e econômica na bacia hidrográfica fica inatingível.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade hídrica, recursos hídricos, bacia hidrográfica, gerenciamento preditivo, integrado e adaptativo.

INTRODUÇÃO

A deterioração da qualidade das águas e a redução da sua disponibilidade ocorrem em conjunto ao longo das bacias hidrográficas, as quais representam as unidades de planejamento, monitoramento, proteção e de recuperação do sistema hídrico. Além das cargas de poluição industrial e doméstica, os processos hidrológicos naturais de drenagem da bacia, e, sobretudo, as atividades relacionadas à agricultura contribuem para a degradação da qualidade hídrica e a redução da disponibilidade. Alguns dos fatores indutores desse processo consistem na produção de grandes volumes de sedimentos devido à erosão, na poluição difusa proveniente da percolação e carreamento de fertilizantes, herbicidas e pesticidas, em solução ou adsorvidos aos sedimentos, no manejo inadequado do solo da bacia. A erosão e o transporte de sedimentos tornam-se, portanto, processos de grande importância para o gerenciamento dos recursos hídricos, assim como os tipos de manejo nos sistemas agro-pastoris, devido ao elevado potencial de degradação em função dos aportes difusos tais como Nitrogênio e Fosfatos, principalmente, e o assoreamento de cursos d'água e reservatórios.

Portanto, a caracterização das fontes de poluição, o estudo dos mecanismos e da dinâmica da poluição difusa, da erosão e do transporte de sedimentos nas bacias hidrográficas, com vistas à determinação do aporte aos sistemas hídricos e a avaliação dos seus impactos, representam um conjunto de tarefas de grande relevância em subsídio ao controle, à proteção e ao aproveitamento dos recursos hídricos superficiais. Para obter êxito necessário neste processo, é imprescindível estabelecer um respaldo técnico fundamentado no planejamento

dos aproveitamentos hídricos considerando as atividades econômicas e as formas ou tecnologias aplicadas no uso do solo da bacia hidrográfica.

Para atender os objetivos do estudo que focou na caracterização da dinâmica do processo de poluição hídrica e seus reflexos sobre a qualidade hidro-ambiental de uma bacia hidrográfica piloto, considerando os diferentes tipos de ocupação existentes, foi proposto um modelo conceitual que englobasse estratégias apropriadas de gerenciamento preditivo integrado e adaptativo dos recursos hídricos, com vistas à sua preservação ou recuperação, e, à busca de garantia de disponibilidade e qualidade compatíveis com as atividades econômicas e o desenvolvimento sustentável.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Itaúnas, localiza-se ao norte do Espírito Santo e sul da Bahia, tem área de drenagem de 4.480Km² e média pluviométrica de 1.100mm. Mas no estado do Espírito Santo sua área de drenagem corresponde a 4.360Km², pertencendo parcialmente ou totalmente 8 municípios: Ecoporanga, São Mateus, Conceição da Barra, Pedro Canário, Boa Esperança, Ponto Belo, Montanha e Pinheiros (UFES *et al*, 2003).

METODOLOGIA

A metodologia aplicada no desenvolvimento da pesquisa abrangeu um conjunto de atividades, cujo sequenciamento e integração permitiu alcançar os resultados:

- Obtenção de registros hidrológicos de precipitação na bacia hidrográfica do Rio Itaúnas, a partir dos bancos de dados da Agência Nacional de Águas (ANA).
- Obtenção de dados socioeconômicos para a caracterização da bacia e dados para a elaboração dos mapas, junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- Tratamento e análise dos dados hidrológicos.
- Cruzamento de mapas das temáticas: hidrografia, tipo de solo, declividade, uso e ocupação do solo.

O conjunto dessas atividades possibilitou:

- Desenvolver a caracterização física e hidrológica da bacia hidrográfica de estudo (bacia piloto);
- Elaborar o diagnóstico do manejo atual aplicado no sistema produtivo da bacia hidrográfica;
- Construir Modelos de Gerenciamento Preditivo-Integrado dos recursos hídricos (MGPI), em função das atividades econômicas e uso do solo, e da dinâmica da poluição em curso, objetivando garantir disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos para subsidiar o desenvolvimento econômico sustentável.

DADOS DE PLUVIOSIDADE LEVANTADOS

A bacia do rio Itaúnas, localiza-se ao norte do Espírito Santo e sul da Bahia, tem área de drenagem de 4.480Km² e média pluviométrica de 1.100mm. A área de drenagem espírito-santense corresponde a 4.360Km², pertencendo parcialmente ou totalmente 8 municípios: Ecoporanga, São Mateus, Conceição da Barra, Pedro Canário, Boa Esperança, Ponto Belo, Montanha e Pinheiros (UFES *et al*, 2003).

Objetivando-se conhecer um pouco sobre a hidrografia da região implantaram-se várias estações pluviométricas, cujos seus dados estão disponíveis no site da ANA (Agência Nacional de Água).

Analisando informações disponíveis para download no site da ANA foi possível conhecer um pouco mais sobre a hidrografia da região, a qual possui várias estações pluviométricas. Escolheu-se quatro estações cujos rios principais pertenciam a bacia e tinha uma série de pluviosidade ininterrupta por um maior período de tempo, destacando-se relevantes para o objetivo das análises dos dados (plotar gráficos de máximas e mínimas precipitações mensais e anos ou por ano).

A tabela 1 apresenta as estações de registro de dados hidrológicos existentes nos municípios que pertencem à bacia hidrográfica no Estado do Espírito Santo. Analisando as informações do site, constatou-se que alguns municípios (Ecoporanga, São Mateus e Conceição da Barra) possuem estações cujos afluentes que não pertencem a Bacia do Rio Itaúnas e alguns municípios não possuem estações pluviométricas.

Tabela 1: Estações Pluviométricas na bacia do Rio Itaúnas

Municípios	Estações Pluviométricas	Série de Dados Pluviométricos	Coordenadas Geográficas	
			Latitude	Longitude
Ecoporanga	Ausente	-	-	-
Ponto Belo	Ausente	-	-	-
Montanha	Estação Fazenda Limoeiro (1840012)	34 anos	-18°08'44.16	-40°08'38.04
Pinheiros	Estação São João do Sobrado (1840017)	36 anos	-18°19'06.96	-40°24'24.12
	Estação Pinheiros (1840027)	insuficiente (1999-2000)	-18°25'00.12	-40°13'00.12
Boa Esperança	Ausente	-	-	-
São Mateus	Estação Itauninhas (1840003)	1ª série de 28 anos e a 2ª série de 21 anos	-18°29'21.84	-40°05'26.16
Pedro Canário	Ausente	-	-	-
Conceição da Barra	Estação Morro D'antas (1839000)	14 anos	-18°17'57.84	-39°57'30.96

RESULTADOS DE PLUVIOSIDADE

Os resultados obtidos das análises das séries hidrológicas das estações pluviométricas escolhidas na bacia mostram a distribuição da pluviosidade na bacia, como bem ilustram as figuras que seguem (figuras 1, 2, 3, 4 e 5), apresentando um rearranjo dos dados selecionados na base de dados da ANA (2012) da estação pluviométrica Fazenda Limoeiro.

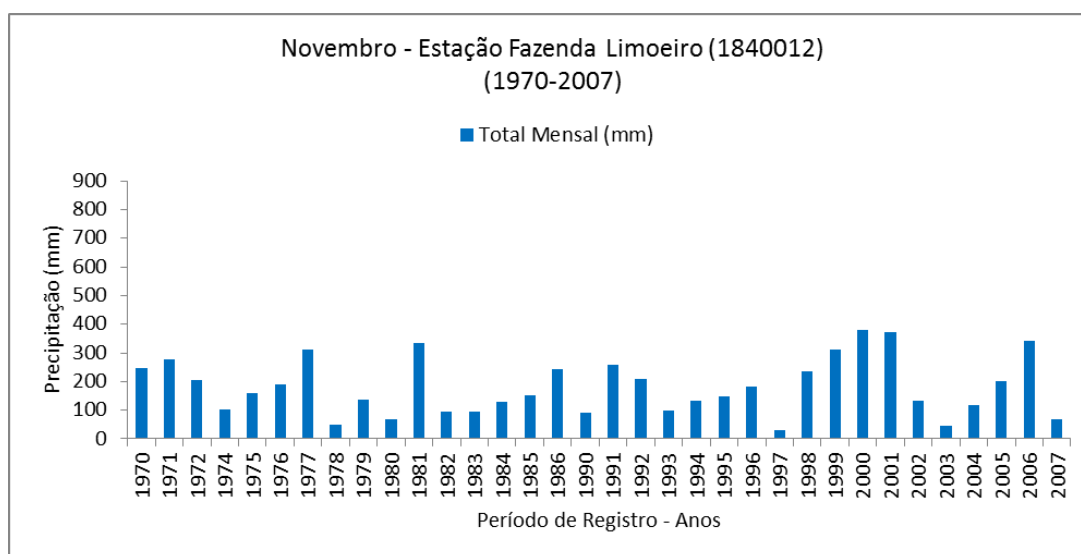


Figura 1: Médias pluviométricas do mês de novembro para o período de 1970 a 2007.

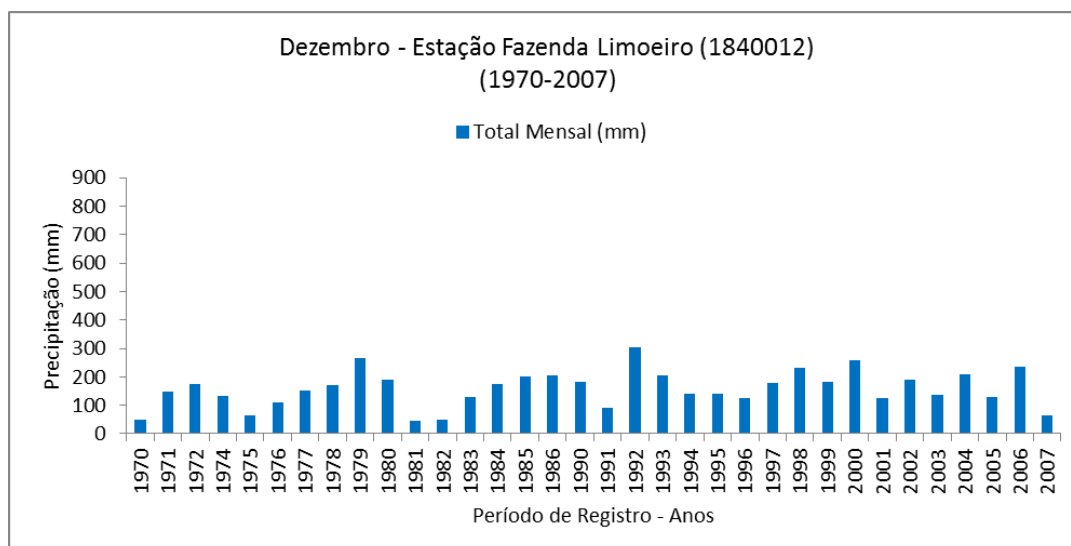


Figura 2: Médias pluviométricas do mês de dezembro para o período de 1970 a 2007.

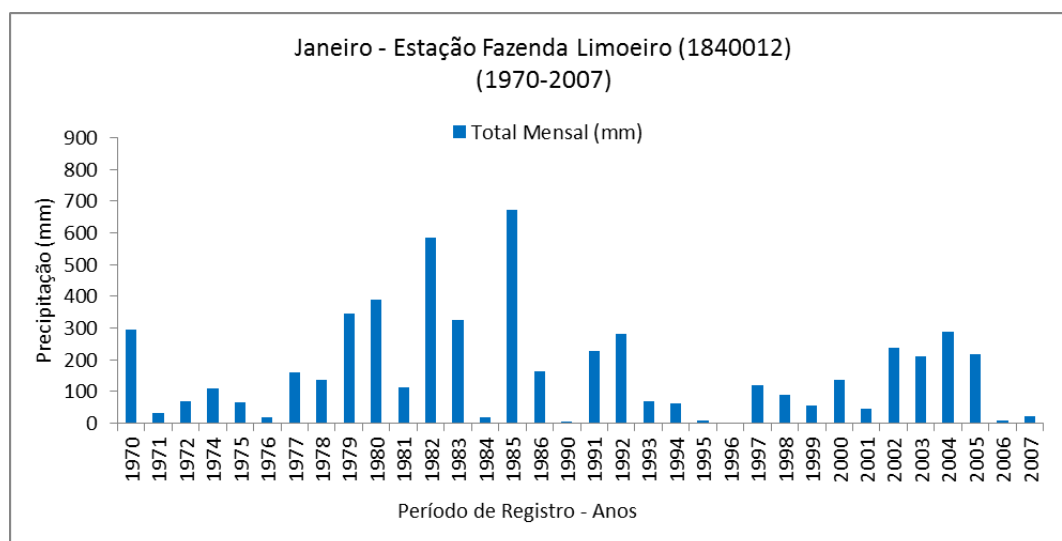


Figura 3: Médias pluviométricas do mês de janeiro para o período de 1970 a 2007.

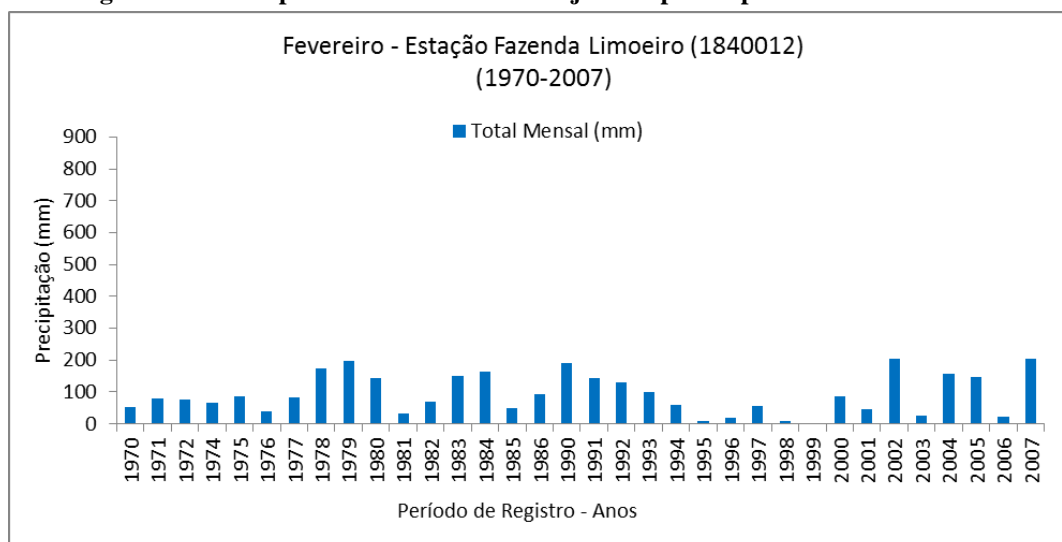


Figura 4: Médias pluviométricas do mês de fevereiro para o período de 1970 a 2007.

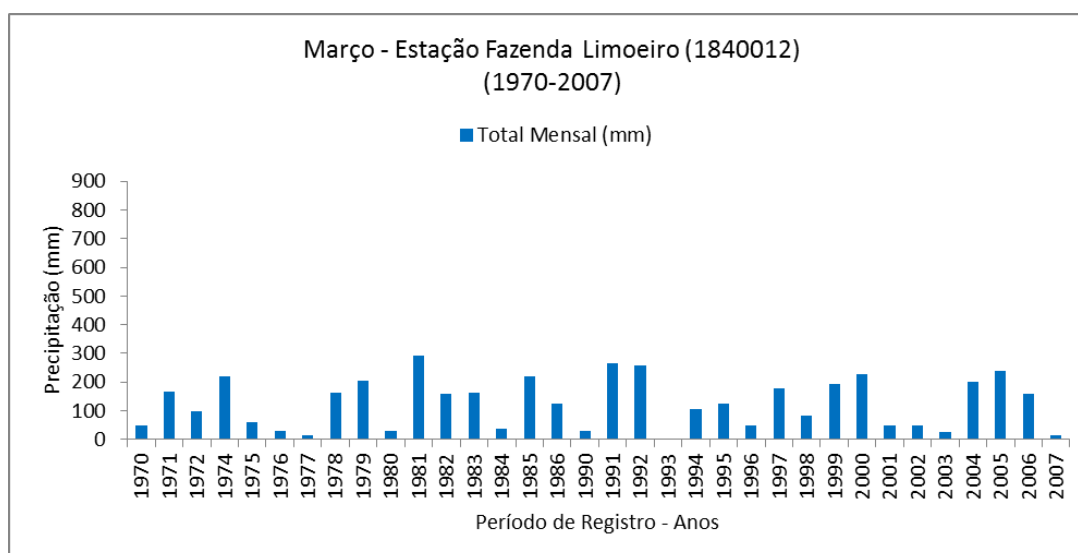


Figura 5: Médias pluviométricas do mês de março para o período de 1970 a 2007.

A partir dos resultados e estudos dos dados disponíveis para download no site da ANA, foi observado que o período de maiores volumes de chuvas estendem-se de novembro a março (apresentados nas sequências de figuras a cima), com transição no mês de outubro, e que o período de estiagem abrange os meses maio a setembro, com a transição para estiagem em abril.

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

A fim de conhecer melhor a hidrografia, a altimetria e o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Itaúnas, mapas foram elaborados a partir de dados geoespaciais (*shapes files*) disponibilizados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) em uma visita realizada em maio de 2012, e também usou-se dados geoespaciais disponíveis para download na página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) na seção Sistema Geodésico Brasileiro do site, assim como dados disponíveis pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 201?).

RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

As figuras 6, 7 e 8, resultados do tratamento desses dados no *software* Arc Gis, apresentam os mapas de hidrografia, altimetria e uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Itaúnas.

Não foi destacado no mapa de hidrografia (figura 6), mas no Estado os seus principais cursos d'água da bacia são o Rio Angelim e o Rio Itauninhas (ou Rio Preto do Norte), os quais não sustentam capacidade hídrica com alta probabilidade de permanência de vazões suficientes para alto rendimento de produção dentro do sistema de manejo e o uso do solo investigado.

Na figura 8 observa-se que os usos predominantes da bacia são respectivamente: agricultura e pecuária, com algumas áreas de florestas e reflorestamento próximas ao litoral e a foz do Rio Itauninhas. Também observa-se poucas áreas de influência urbana.

O mapa de altimetria da bacia do Rio Itaúnas mostra que a bacia não apresenta grandes variações altimétricas, sendo uma região muito plana principalmente em direção ao oceano atlântico (limite a direita do mapa apresentado na figura 7).

A fim de facilitar as análises dos dados levantados estudou-se a sub-bacia do Rio Itauninhas, destacada nas figuras como o polígono menor delimitado, propondo um modelo conceitual de gerenciamento que pode se estender para a bacia com um todo, por apresentar as mesmas características.

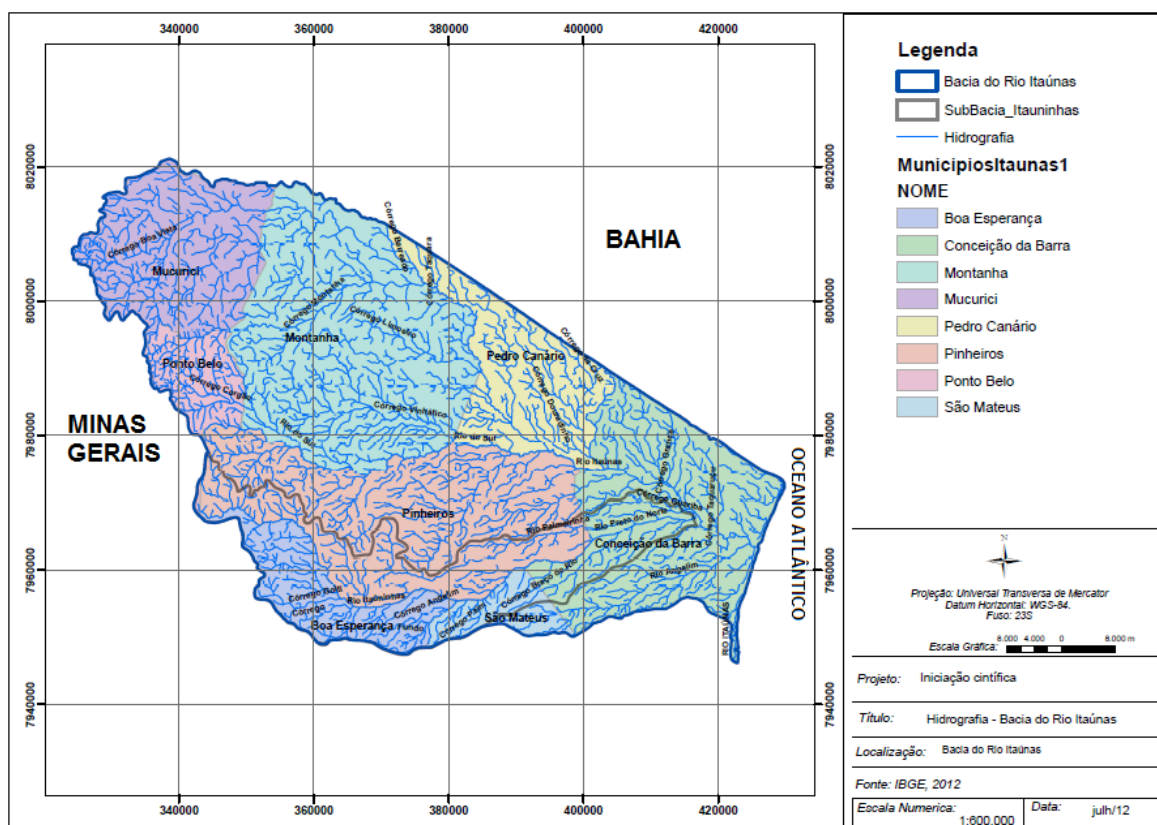


Figura 6: Hidrografia da Bacia do Rio Itaúnas e Municípios abrangidos.

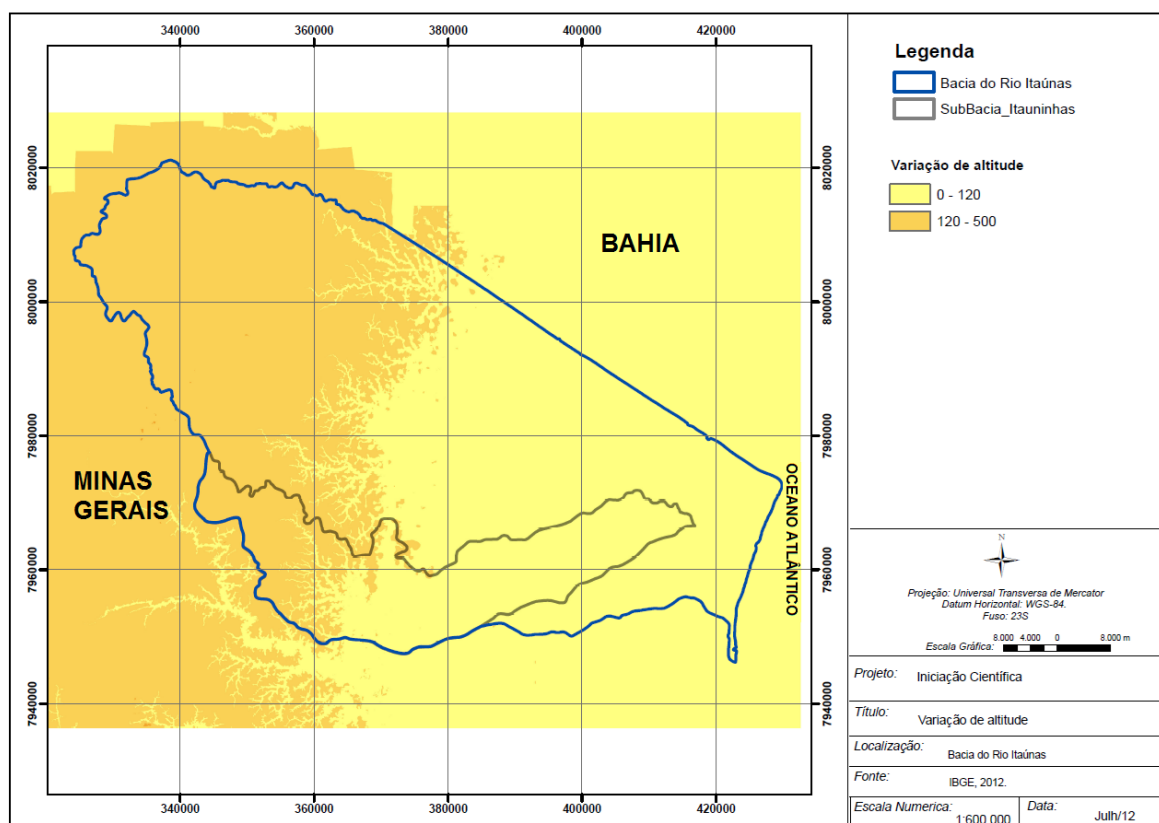


Figura 7: Mapa de Altimetria da Bacia do Rio Itaúnas.

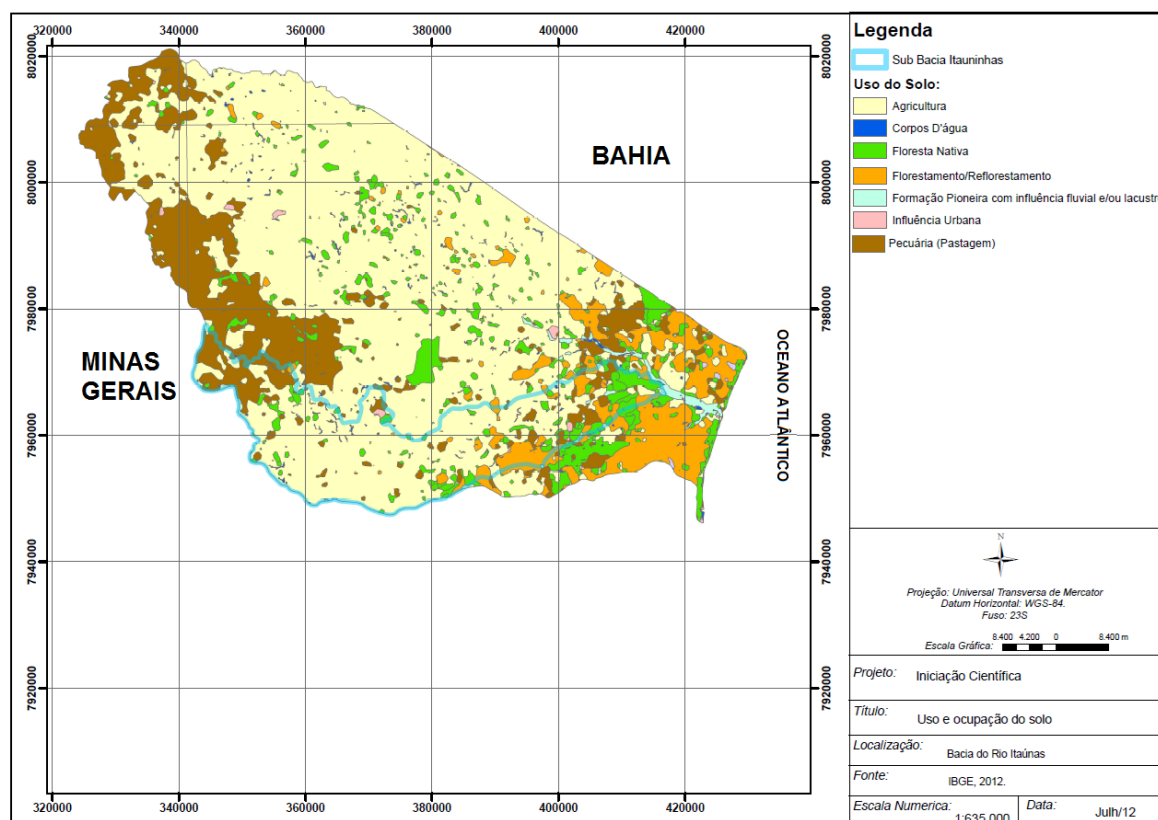


Figura 8: Ocupação e Uso do solo da Bacia do Rio Itaúnas.

MODELO CONCEITUAL DE GERENCIAMENTO PREDITIVO INTEGRADO E ADAPTATIVO PROPOSTO

A integração das informações hidrológicas, do uso e ocupação do solo da bacia com as atividades econômicas e suas peculiaridades de manejo permitiu construir um modelo conceitual de gerenciamento preditivo integrado e adaptativo (figura 9) que possibilita evidenciar e relacionar as complexas interdependências entre fatores ambientais e variáveis controladas pela hidrologia, para uma intervenção consciente e sustentável no manejo da bacia hidrográfica.

A figura 9 representa de forma esquemática o Modelo de Gerenciamento Preditivo Integrado e Adaptativo (MGPI) proposto para a área em estudo, podendo ser aplicado em outras bacias fazendo as adaptações necessárias conforme a realidade de cada bacia hidrográfica, estudando cada variável em destaque no modelo apresentando um monitoramento adequando e constante.

Contudo, conforme ilustra a figura 9, a caracterização das pressões sobre os recursos hídricos tais como: poluição pontual (industrial e doméstico), o mecanismos e a dinâmica da poluição difusa, a erosão e o transporte de sedimentos nas bacias hidrográficas e um bom monitoramento contínuo de todas estas variáveis, de preferência automatizado e disponível para a sociedade, fazem-se necessários para alcançar um bom gerenciamento de uma bacia hidrográfica, promovendo a sustentabilidade hídrica e a qualidade hidroambiental da bacia hidrográfica, apresentando-se como estratégias a fim de evitar e prever os agravos de escassez hídrica.

Figura 9: Modelo Conceitual de Gerenciamento Preditivo Integrado e Adaptativo desenvolvido.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostram a necessidade e a urgência de tomada de decisões de planejamento e de manejo integrados das formas de ocupação e uso do território da bacia hidrográfica do Rio Itaúnas, objeto de estudo nesta pesquisa.

O manejo dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica deve ser bem planejado considerando todos os impactos, que qualquer atividade humana possa gerar, com base na Teoria do Mínimo Desequilíbrio Possível aos ecossistemas.

O gerenciamento preditivo integrado e adaptativo seria a fórmula que pode reunir as ferramentas necessárias dentre uma visão de ação integradora das formas de manejo e apropriação específica, função das condições e características da bacia hidrográfica (uso e ocupação do solo, regime hidrológico, clima, geologia), levando à garantia da disponibilidade e da qualidade hídrica para os usos desejáveis, ou seja, a sustentabilidade hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Estações da ANA. 2012. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/Esta%C3%A7%C3%B5esdaANA/tabid/359/Default.aspx>>. Acesso em: 1 maio 2012.
2. BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 Janeiro de 1997. Presidência da República: Casa Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em 17 out. 2014.
3. CARVALHO, Newton de Oliveira. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.
4. GRUPO DE ESTUDOS E AÇÕES EM RECURSOS HÍDRICOS – GEARH. Diagnostico Preliminar da Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas. v.1. Vitória: GEARH, 1997. 240 p.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/bdgpesq_googlemaps.php>. Acesso em: 18 julho 2012.
6. INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRÍCOS. Contato. Fale conosco. 2012. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/>>. Acesso em: 3 jan. 2012.
7. INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. SITIO [201?]. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/>>. Acesso em: 20 jul. 2012.
8. MOTA, Suetônio. Introdução à Engenharia Ambiental. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 388 p.
9. PAIVA, João Batista Dias de; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro de. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas: Porto Alegre: ABRH, 2003. 628 p.
10. TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: enfrentando a escassez. 2. ed. São Carlos: Rima; IIE, 2003. 248 p.
11. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES et al. Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional nas Bacias Dos Rios Doce (ES) e Itaúnas. Vitória: GEARH: IEMA: INCAPER: IPES, 2003.