

Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta para o diagnóstico e gestão de macrobacias no arco do desmatamento na Amazônia.

Ralph Trancoso ¹
Arnaldo Carneiro Filho ¹
Daniel Assumpção Costa Ferreira ¹
Santiago Palácios Noguera ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Laboratório de Sistemas de informação Geográfica - SIGLAB
Caixa Postal 478 - 69011-870 - Manaus - AM, Brasil
ralph@inpa.gov.br

Abstract. The Amazon basin is rather known by their peculiar ecosystem with high biodiversity spreaded out by a large drainage basin which produces almost 15% of the world's drinking water. The human impacts of deforestation during the last 30 years are responsible for about 653.000Km² of a clear forest surface shaped and denominated as the deforestation arch. Most of the deforestation areas are located on the headwaters of the main streams on the southern Amazonas river. We can suppose that such situation will in the near future generate different kinds of hydrological impacts. By means of GIS tools this study intends to estimate the impacts of deforestation over seven river basins (Juruá, Purus, Madeira, Tapajós, Xingu, Araguaia e Tocantins) contrasting with the conservation plans and indigenous areas.

Palavras-chave: Amazônia, deforestation, watershed, geographic information system, protected areas

1. Introdução

A bacia Amazônica é mundialmente conhecida por suas dimensões e volume d'água, sendo responsável por 15% da água doce existente no planeta. Além de possuir a maior rede hidrográfica do planeta, a Amazônia abrange uma grande diversidade de ecossistemas, incluindo, floresta de terra firme, floresta inundada, várzea, igapó e savanas. Sua área abrange o território de oito países, sendo que o Brasil detém 63,88% de sua área total. Entretanto, apesar de abrigar a maior parte de sua superfície geográfica, muitas das suas nascentes encontram-se fora do território nacional. Isto cria a possibilidade de que o Brasil receba os impactos hidrológicos originados de uma eventual expansão do desmatamento e/ou das mudanças no uso e cobertura do solo nas cabeceiras de alta declividade da região andina. Por esta e outras razões foi criada a Organização do Tratado de Cooperação da Amazônia (OTCA), que reúne os oito países amazônicos, e tem como um dos objetivos, realizar uma gestão conjunta da bacia, que desconsidere seus limites políticos.

A perspectiva de gestão da bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento deve suplantar a de território político. As concepções geopolíticas de gestão de recursos naturais vêm evoluindo e cada vez com mais vigor o tema recursos ambientais consegue ultrapassar as fronteiras políticas. O olhar da Terra a partir do cosmos permitiu ao homem tomar consciência do globo como um bem comum. Uso e gestão de recursos naturais deve, portanto repousar em estratégias comuns.

Numa outra escala as bacias hidrográficas se prestam perfeitamente a este exercício de gestão comum, pois além de serem unidades ecológicas funcionais elas possuem fronteiras que nem sempre correspondem aos limites políticos, merecendo, portanto ações conjugadas de gestão envolvendo municipalidades, estados e nações.

Nas últimas décadas a bacia amazônica vem sendo amplamente alterada pela crescente presença humana e seus modos de exploração de recursos naturais, principalmente na sua vertente sul onde se localiza o arco do desmatamento. Esta forma geográfica de arco é decorrente da expansão da zona de fronteira agrícola nas periferias da Amazônia, tendo a pecuária e posteriormente a soja como formas predominantes de uso da terra (Fearnside, 1999). De acordo com o INPE (2004), a área total desflorestada na Amazônia legal até 2003 foi de 653000 Km², correspondendo a 16,3% da área total. A taxa de desflorestamento anual média para o período de 1977 a 2003 foi de 19.083 Km²/ano, chegando a 29.059 Km² em 1994. Desde 2001 as médias anuais experimentam uma importante ascensão. Diante desta realidade, os modelos preditivos propostos recentemente, indicam cenários futuros preocupantes para a Amazônia brasileira (Lawrance et al., 2001; Soares Filho et al., 2004). Isto tem motivado diversos estudos relatando possíveis impactos hidrológicos, associados às mudanças no uso e cobertura do solo em diversas partes do mundo, comprometendo a integridade dos ecossistemas e conseqüentemente a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequada para o consumo humano (Andreassian, 2004; Bruijnzeel, 2004).

Na região do arco do desmatamento, os impactos são evidentes, podendo-se destacar a alteração no ritmo de vazão do rio Tocantins (Costa et al., 2003), alteração na hidrogeoquímica do rio Ji-Paraná, Rondônia (Ballester et al., 2003) e mudanças na dinâmica de transporte de sedimentos em microbacias ao norte do Rio Solimões (Willians & Melack, 1997).

Ainda que os limites do desmatamento apenas rocem as cabeceiras de drenagem, seus impactos podem, na capilaridade das redes de drenagem, serem disseminados para os setores de jusante da bacia. A expansão do desmatamento na bacia pode ser freada pela presença de unidades de conservação que oferecem certas barreiras à sua expansão. Dentro deste contexto, este trabalho pretende fazer um diagnóstico das macrobacias ao sul da calha do rio Amazonas, contrastando a expansão e extensão do desmatamento com o estado de conservação destas bacias. Segundo planos do governo federal as áreas de conservação que atualmente representam apenas 3% da superfície amazônica, deverão até 2010 cobrir 12% da bacia amazônica (ARPA, 2002). Para efeito deste estudo consideramos a possibilidade de que este montante seja igualmente distribuído pela sub-bacias amazônicas. Foram também consideradas a presença de terras indígenas presentes em cada uma das bacias estudadas.

Os sistemas de informação geográfica podem ser considerados ferramentas extremamente eficientes para uma análise grandimensional, envolvendo parâmetros geográficos distintos mas espacialmente conectados. O avanço e a disponibilidade destas tecnologias nos últimos anos, deixa claro que elas são ferramentas extremamente promissoras podendo auxiliar na tomada de decisão para solucionar problemáticas ambientais e na gestão dos recursos naturais.

2. Área de estudo

Para a realização deste estudo foram selecionadas todas as grandes bacias que drenam a porção sul da calha do rio Amazonas e Solimões e estão sendo afetadas pelo arco do desmatamento. Estas bacias são respectivamente: Tocantins, Araguaia, Xingu, Tapajós, Madeira, Purus e Juruá (**figura 1**). O Brasil segundo o critério proposto pela ANEEL (2000), dividi-se em oito regiões hidrográficas. As duas primeiras bacias compreendem a região hidrográfica 02, denominada bacia do rio Tocantins e as cinco bacias subseqüentes estão inseridas na região hidrográfica 01, denominada bacia do rio Amazonas.

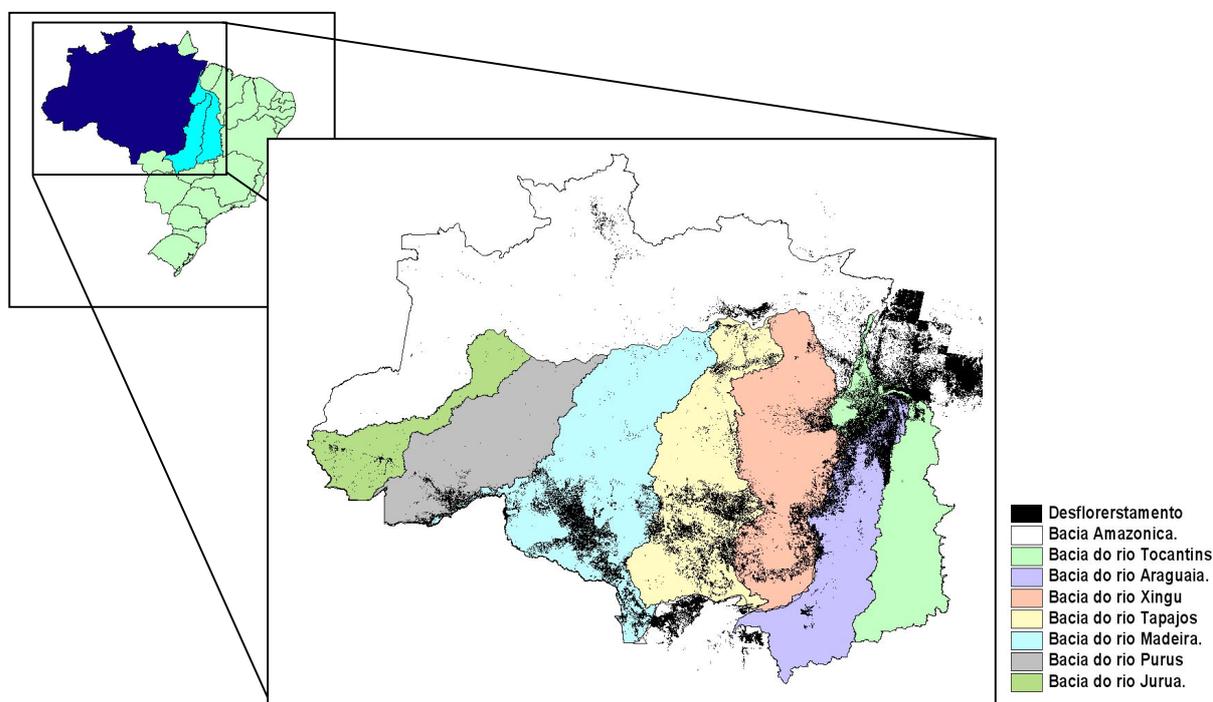


Figura 1: Bacias hidrográficas consideradas neste estudo.

3. Métodos

Foi montada uma base de dados georeferenciada reunindo diversas fontes: ANEEL, PRODES (Monitoramento do Desmatamento na Amazônia), IBGE, IBAMA e FUNAI. Os limites de bacias e sub-bacias foram extraídos da ANA, a rede de drenagem foi obtida através do sistema de informações geográficas disponibilizado pelo HIDROWEB (ANEEL, 2000). Os limites políticos foram obtidos pelo IBGE. Os polígonos das unidades de conservação e terras indígenas foram extraídos do IBAMA e os dados referentes ao desmatamento provém do PRODES (INPE, 2004). Os dados foram analisados individualmente para as sete bacias por intermédio do software ArcView 3.3 (ESRI, 1997).

4. Resultados

4.1. bacia do rio Tocantins

A bacia do rio Tocantins (**figura 2**) apresenta a maior parte de sua área coberta pelo cerrado, principalmente nos estados de Goiás e Tocantins e seus divisores estão fora da Amazônia legal. O PRODES não avalia o desmatamento nos cerrados, mas os valores do desflorestamento, quantificados apenas para o seu terço inferior são bem altos (**tabela 1**). Suas cabeceiras já foram muito alteradas, e os impactos hidrológicos associados ao uso e cobertura do solo, já são evidentes. Estudos relacionando o crescimento demográfico e a expansão do desmatamento na bacia, indicaram alterações hidrológicas, isto é, aumento do pico de vazão no período chuvoso e redução no período de seca, caracterizando uma maior amplitude (Costa et al, 2003). As unidades de conservação ocupam menos da metade do que o ARPA (2002) propõe, sendo necessária a implantação de mais 25.324,7 Km² de áreas protegidas.

Tabela 1: caracterização da bacia do rio Tocantins

Área drenada	380833,8 Km ²
n° de sub-bacias	122
Estados drenados	GO, TO, MA, PA
n° de municípios drenados	273
Área desflorestada até 2003	49.482,6 Km ²
% desflorestado até 2003	13,0
Área protegida por UC	20.375.3 Km ²
% protegido por UC	5,4
Área de Terras indígenas	15.431.5 Km ²
% de Terras indígenas	4,1

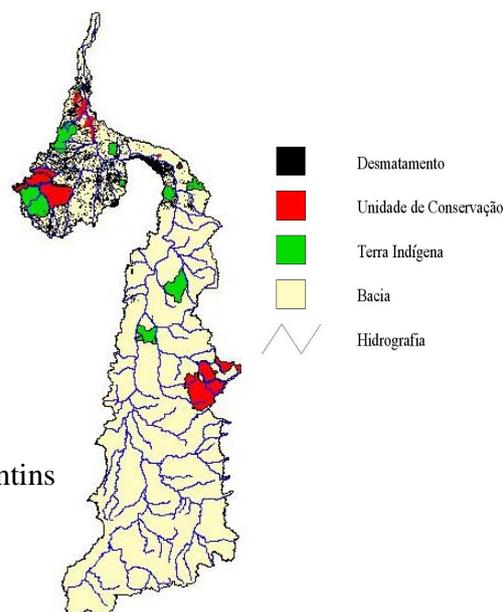


Figura 2: bacia do rio Tocantins

4.2. bacia do rio Araguaia

Muitos autores consideram o rio Araguaia (**figura 3**) como sendo afluente do rio Tocantins e que ambos compõem uma só grande bacia. Entretanto a idéia deste artigo foi individualizar estas bacias e analisá-las separadamente. Assim como a bacia do rio Tocantins, ela tem a maior parte de sua área coberta pelo cerrado e apresenta as mesmas limitações para a quantificação do desmatamento nas regiões a montante. Em quase toda a sua área de captação existem empreendimentos agropecuários, principalmente soja e pecuária, destacando os estados do Mato Grosso e Goiás. Esta bacia drena 202 municípios ao longo de 4 estados (**tabela 2**), este fato pode ser complicador para a realização de uma gestão conjunta. As áreas protegidas abrangem apenas 2,5% de sua área, o que caracteriza a situação mais crítica de todas as bacias analisadas. Para chegar a 12%, conforme propõe o ARPA seria necessária a implantação de mais 36834,3 Km² de áreas protegidas.

Tabela 2: caracterização da bacia do rio Araguaia

Área drenada	386477,8 Km ²
n° de sub-bacias	124
Estados drenados	GO, TO, PA, MT
n° de municípios drenados	202
Área desflorestada até 2003	56.971,3 Km ²
% desflorestado até 2003	14,7
Área protegida por UC	9.543.0 Km ²
% protegido por UC	2,5
Área de Terras indígenas	29.973.0 Km ²
% de Terras indígenas	7,8

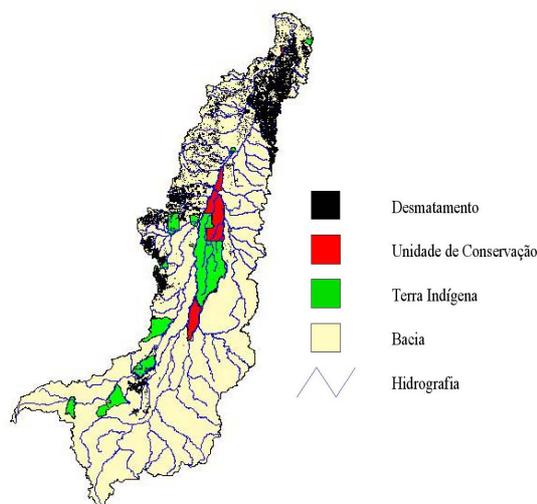


Figura 3: bacia do rio Araguaia

4.3. Bacia do rio Xingu

A bacia do rio Xingu (**figura 4**) possui uma enorme importância socioambiental e cultural para o Brasil devido às populações indígenas que habitam o seu interior. As maiores terras indígenas do Brasil estão inseridas na área drenada pela bacia como o Parque Nacional do Xingu, que juntas perfazem um total de 38,5% da bacia (**tabela 3**). Suas cabeceiras drenam a região norte do Mato Grosso, que nos últimos anos estão sendo perturbadas pela expansão da fronteira agrícola, motivada principalmente pela cultura da soja. Ademais, a maior parte das nascentes dos rios que drenam as terras indígenas não estão inseridas em seu interior. Este fato vem gerando sérios problemas hidrológicos, como o assoreamento e a redução da vazão dos rios. Isto motivou uma recente campanha envolvendo diversos atores sociais envolvidos na preservação e gestão das cabeceiras. Entretanto a maior parte dos 50.483,5 Km² de área desflorestada, que corresponde a 9,8% da bacia ocorreu nestas áreas e de acordo com observações preliminares indicam que diversas nascentes já secaram. As áreas protegidas por unidades de conservação abrangem apenas 5,2% da bacia, sendo necessária à implantação de mais 35.080,6 Km² de unidades de conservação para atingir-se a meta de 12%.

Tabela 3: caracterização da bacia do rio Xingu

Área drenada	519461,1 Km ²
nº de sub-bacias	76
Estados drenados	MT, PA
nº de municípios drenados	64
Área desflorestada até 2003	50.483,5 Km ²
% desflorestado até 2003	9,8
Área protegida por UC	27254.7 Km ²
% protegido por UC	5.2
Área de Terras indígenas	199.898.0 Km ²
% de Terras indígenas	38.5

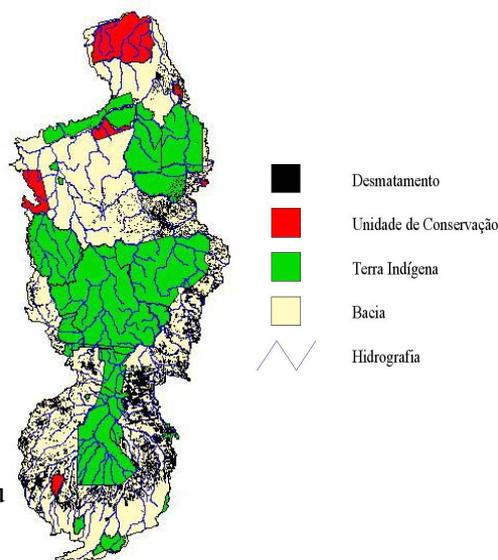


Figura 4: bacia do rio Xingu

4.4. Bacia do rio Tapajós

A bacia do rio Tapajós (**figura 5**) é bastante semelhante a do rio Xingu, ambas drenam os estados do Mato Grosso e o Pará e da mesma forma tem suas cabeceiras na região norte do Mato Grosso. Por esta razão a dinâmica de colonização e expansão de fronteira agrícola neste estado também é semelhante. O terço inferior da bacia é atualmente cenário de uma importante frente de expansão da agricultura de soja, motivada pela ampla presença de cerrado neste setor. A estrada BR-163 que liga Cuiabá a Santarém cruza grande parte de sua área, e é um importante vetor do desflorestamento, onde a área total desflorestada é de 69.785,9 Km², que correspondem a 13,1% da bacia (**tabela 4**). O asfaltamento previsto para a rodovia com certeza agravará a situação se a frágil presença do estado for mantida. Soares Filho et al, (2004), relatam através de modelos preditivos, cenários futuros para esta região, indicando fortes tendências de desflorestamento. Seus 14,4% de terras indígenas contribuem para frear o desflorestamento, pois a bacia tem apenas 5,5% de seu território coberto por unidades de conservação, e para se chegar até 12%, 35594,8 Km² de áreas protegidas devem ser implantados.

Tabela 04: caracterização da bacia do rio Tapajós

Área drenada	534.353,2 Km ²
n° de sub-bacias	68
Estados drenados	MT, PA, AM
n° de municípios drenados	74
Área desflorestada até 2003	69.785,9 Km ²
% desflorestado até 2003	13,1
Área protegida por UC	28.527.6 Km ²
% protegido por UC	5.5
Área de Terras indígenas	74.703.1 Km ²
% de Terras indígenas	14.4

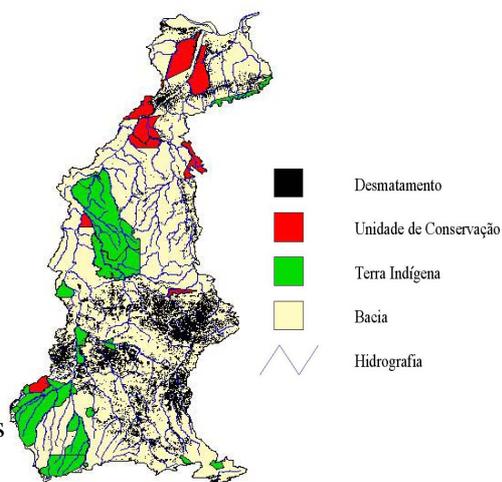


Figura 5: bacia do rio Tapajós

4.5. Bacia do rio Madeira

A bacia do rio Madeira (**figura 6**) apresenta a maior área de captação das bacias estudadas, drena cinco estados e as áreas desflorestadas somam 88.429,7 Km² (**tabela 5**). O estado de Rondônia localizado no trecho a montante da bacia contribui com grande parte desta área desflorestada. Drenando quase a metade do estado, está a bacia do rio Ji-Paraná. Esta sub-bacia do rio Madeira pode ser considerada como a que teve a maior parte de sua área desflorestada, chegando quase que a sua totalidade (?%). Por esta razão tem sido utilizada por diversos estudos, com o intuito de correlacionar a dinâmica de desmatamento e cobertura do solo com os respectivos impactos sobre os recursos hídricos. Segundo Ballester et al., (2003), existe uma forte relação entre as áreas desflorestadas e cobertas por pastagens e o aumento da concentração de vários íons na água dos rios. Apesar de abrigar a maior superfície desflorestada, a bacia do rio Madeira apresenta também os melhores percentuais de unidades de conservação, totalizando 87.867.7 Km², que correspondem a 12,7% de sua área total. Além disso, a área tem 17,7% de seu território coberto por terras indígenas.

Tabela 5: caracterização da bacia do rio Madeira

Área drenada	692180,6 Km ²
n° de sub-bacias	54
Estados drenados	MT, PA, RO, AC, AM
n° de municípios drenados	101
Área desflorestada até 2003	88429,7 Km ²
% desflorestado até 2003	12,8
Área protegida por UC	87867.7 Km ²
% protegido por UC	12.7
Área de Terras indígenas	122524.0
% de Terras indígenas	17.7

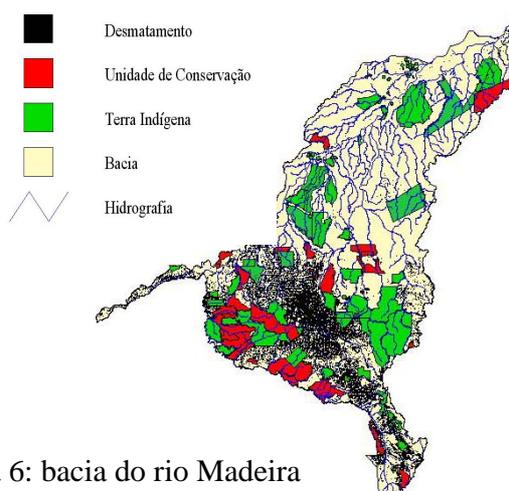


Figura 6: bacia do rio Madeira

4.6. Bacia do rio Purus

A bacia do Purus (**figura 7**) possui relativamente menos áreas alteradas pelo desmatamento, que as bacias precedentes. Sua posição de interlândia, somada a uma certa inacessibilidade, impediu até então a chegada das frentes de colonização características das outras bacias. A porção leste

das suas cabeceiras fazem parte atualmente de uma promissora frente de expansão da colonização, vindo de Rondônia e Mato Grosso. Ali se concentram boa parte dos 11.000 Km² já desmatados na bacia (**tabela 6**). A extensão das áreas protegidas com seus 7.1% ainda estaria abaixo das expectativas do ARPA, estando principalmente situadas no estado do Acre e contribuindo sobremaneira para a conservação das cabeceiras do rio Purus.

Tabela 06: caracterização da bacia do rio Purus

Área drenada	403.424,5 Km ²
nº de sub-bacias	13
Estados drenados	AC, AM, RO
nº de municípios drenados	35
Área desflorestada até 2003	11.016,1 Km ²
% desflorestado até 2003	2,7
Área protegida por UC	28.534.0 Km ²
% protegido por UC	7.1
Área de Terras indígenas	53.404.9 Km ²
% de Terras indígenas	13.2

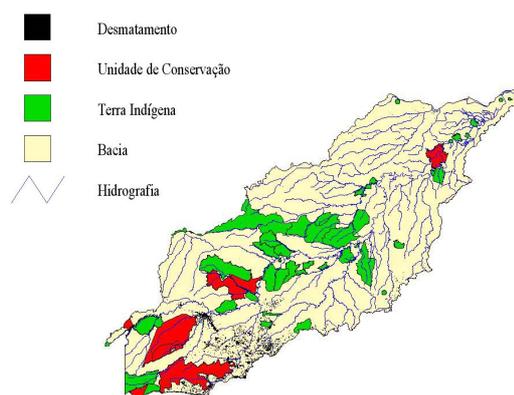


Figura 7: bacia do rio Purus

4.7. Bacia do rio Juruá

A bacia do Juruá situada em posição ainda mais interiorana, situa-se abrigada das expansões das frentes de desmatamento (**figura 8**). Isto explica os baixos números de desmatamento, quase todo ele restrito ao estado do Acre. As áreas de proteção e terras indígenas representam juntas quase 30% da bacia do Juruá (**tabela 7**).

Tabela 07: caracterização da bacia do rio Juruá

Área drenada	215.389,0 Km ²
nº de sub-bacias	15
Estados drenados	AC, AM
nº de municípios drenados	28
Área desflorestada até 2003	2.839,6 Km ²
% desflorestado até 2003	1,3
Área protegida por UC	29.884.8 Km ²
% protegido por UC	13.9
Área de Terras indígenas	33.831.5 Km ²
% de Terras indígenas	15.7

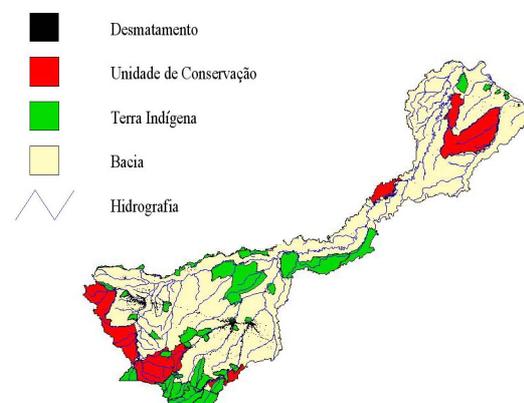


Figura 8: bacia do rio Juruá

5. Conclusões

A crescente expansão do desmatamento sobre áreas de cabeceiras de drenagem, em particular nas bacias do Xingu e Tapajós, pode a médio prazo, se mantidas os incrementos anuais, causar impactos ao longo da toda a bacia. Avanços indiscriminados sobre as matas ciliares e cabeceiras de drenagem podem assorear os canais e com isto provocar perturbações no ritmo de escoamento dos rios com efeitos que se irradiam pela bacia.

As unidades de conservação bem como as terras indígenas não tiveram os seus limites traçados em função das bacias de drenagem, ficando portanto dependentes de uma boa gestão de recursos nas áreas a montante. Sempre que possível estes limites poderiam ser repensados, de maneira a

incorporar limites naturais, que respeitem as bacias hidrográficas e com isto garantir a integridade dos ecossistemas e povos que habitam estas bacias.

Apesar da análise se restringir aos limites de bacias hidrográficas, os problemas de gestão dos recursos hídricos nas bacias devem ser partilhados por todos. As soluções devem ser recuperadas e buscadas através dos contornos políticos, envolvendo estados e municípios. O número de municípios que compartilham os recursos hídricos das bacias, apesar de grande em alguns casos, não pode frear as iniciativas de soluções consertadas através dos comitês de bacias. Enfim, a Amazônia brasileira deve dar espaço para um modo de gestão de recursos hídricos desenvolvidos em cooperação.

6. Referências bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica Sistema de Informações Georreferenciadas de Energia e Hidrologia – Hidrogeo (8 CDs), 2000.

Andréassian V. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. **Journal of Hydrology**, V. 291, I. 1-2, p. 1-27, 2004.

Ballester, M.V.R., Victoria D. de C., Krusche, A., Coburn, V R, Victoria, R. L. Richey, J. E. Logsdon, M. G., Mayorga, E. and Matricardi, E. A remote sensing/GIS-based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Paraná river basin (Western Amazônia). **Remote Sensing of environment**, V.87, p. 429-445, 2003.

Bruijnzeel, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, V. 104, I. 1, p. 185-228 2004.

Costa, M. H., Botta, A. e Cardille, J. A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, V. 283, I. 1-4, p. 206-217, 2003.

Fearnside, P. M. Cattle, Deforestation And Development In The Amazon: An Economic, Agronomic And Environmental Perspective. **Environmental Conservation**, v.26, n.3, p.238 - 240, 1999.

Fundação Nacional do Índio (FUNAI). Limite das Terras Indígenas da Amazônia Legal (www.funai.gov.br) 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Limites políticos. (www.ibge.gov.br). 2004.

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Limite das Unidades de Conservação e Terras Indígenas da Amazônia Legal (www.ibama.gov.br). 2004.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite Projeto Prodes (www.dpi.inpe.br/prodesdigital), 2004.

Laurance, W.F., Cochrane, M. A., Bergen, S., Fearnside, P. M., Delamonica, P., Barber, C., D'angelo, S., fernandes, T. The Future of the Brazilian Amazon. **Science**, v.291, p.438 - 439, 2001.

Pattanayak, S. K. Valuing watershed services: concepts and empirics from southeast Asia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, V. 104, I. 1, p. 171-184 2004.

Soares-Filho, B., Alencar, A. , Nepstad, D., Cerqueira, G., Diaz, M.C.V., Rivero, S., Solórzano, L. e Voll, E. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**, V. 10, I.5, p. 745-764, 2004.

Williams., M. R Solute export from forested and partially deforested catchments in the central Amazon. **Biogeochemistry**, V. 38, I. 1, p.67-102, 1997.