

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LIMITES DE GRANDES BACIAS HIDROGRÁFICAS EM REGIÕES DE PLANÍCIE: DIVERGÊNCIAS INSTITUCIONAIS, COMPLEXIDADE E PROPOSTA DE UM NOVO MODELO PARA A BACIA DO RIO PURUS / AM.

Evandro Albiach BRANCO; Paulo Antonio de Almeida SINISGALLI; Wilson Cabral de SOUSA JUNIOR; Demerval Aparecido GONÇALVES

1. *Universidade de São Paulo – EACH*; 2. *Universidade de São Paulo – EACH*; 3. *Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Depto Recursos Hídricos*; 4. *Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Depto Recursos Hídricos*

ABSTRACT

The foundations of the Brazilian National Policy of Water Resources highlights the importance of watershed as the territorial unit for planning and management of water resources. However, it is still possible to identify problems in the harmonization of methodologies by official agencies, a fact that undermines the transversality and integration of policies in different decision levels.

In addition, complexities associated to large watershed in areas with subtle altitudinal variations and high levels of rainfall, as Brazilian Amazon, indicate the need of alternative and dynamic elements to the spatial delimitation of the spaces of governance.

In this sense, this paper proposes the construction of a new element to the delimitation of the basins in extremely flat areas, such as the Purus River, based on the stipulation of a range variable, considering precipitation regimes and the interconnections between adjacent basins.

Palavras-chave: *delimitação de bacia hidrográfica; processamento digital de imagens; gerenciamento de recursos hídricos*

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída através da Lei 9433/97, já na apresentação de seus fundamentos, evidencia a importância da bacia hidrográfica como unidade territorial adequada para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Porém, mesmo reconhecendo a importância deste elemento para o tratamento de questões espaciais relacionadas ao meio ambiente, ainda é possível notar problemas e metodologias não compatibilizadas pelos órgãos oficiais (GALVÃO & MENEZES, 2005), fato este que pode comprometer a transversalidade e integração de políticas nos diversos níveis de decisão, no âmbito da PNRH.

A definição de bacia hidrográfica, para fins do arranjo político de um sistema de gestão, não é tarefa trivial. A delimitação de uma bacia atende a características topográficas, em primeiro plano. Por consequência, os problemas surgem quando os divisores de água se tornam limites tênues, como é o caso de regiões de planícies extensas.

O estudo de caso tratado neste artigo lida justamente com estas definições, em uma bacia da Amazônia Sul-Ocidental, a do rio Purus. Trata-se de uma bacia transfronteiriça, cujas nascentes se localizam em áreas do Peru, Bolívia e Brasil. O trabalho procura ilustrar, e discutir, a eficácia conceitual da PNRH, no que concerne ao seu objeto físico de gestão, em contextos similares ao do caso ora apresentado. O texto questiona, portanto, a aplicação direta da legislação, e da implementação do SINGREH, quando a questão territorial se encontra indefinida.

Considerando o exposto, o presente artigo objetiva a discussão dos critérios e abordagens metodológicas na delimitação de bacias hidrográficas, especialmente em regiões de planície e com altos níveis de pluviosidade, evidenciando a incompatibilidade entre fontes de informações oficiais, bem como a construção e comparação de novos limites a partir de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Finalmente, é sugerida a reflexão sobre um novo elemento para a delimitação de bacias em regiões com as características mencionadas, que considere a complexidade associada às dinâmicas hidrológicas e os demais aspectos relacionados à governança dos recursos hídricos.

Aporte teórico

Conceitua-se bacia hidrográfica como uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (SILVEIRA, 2007). Segundo o mesmo autor, a bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água superficiais que confluem até resultar de um leito único no exutório.

De uma maneira geral, a área de uma bacia hidrográfica é definida essencialmente via topografia, através dos chamados divisores topográficos, ou seja, pela linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial. Esse divisor é freqüentemente representado como uma linha rígida em torno da bacia, que une pontos de máxima cota entre bacias (VILLELA & MATTOS, 1975).

Dentro deste mesmo contexto, a bacia hidrográfica pode ser considerada, segundo Silveira (2007), como um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente. O autor salienta que, na análise de um evento isolado, pode-se desconsiderar estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão feita pela bacia através de hidrograma (saída) e hietograma (entrada).

Segundo Cunha (2006), a primeira classificação de bacias hidrográficas no Brasil data de 1867 e baseou-se na navegabilidade dos rios e na posição geográfica. A mesma autora revela que Ab'Saber, em 1956, publicou uma nova divisão de bacias em território nacional, levando em conta essencialmente as linhas mestras do relevo. Esta classificação foi adotada na década de 60 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como dado oficial.

Atualmente, de acordo com Galvão & Meneses (2005), existem quatro importantes órgãos que utilizam sistemas distintos de classificação e codificação de bacias hidrográficas, a saber: o extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, cujas funções foram assumidas em parte pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, e em parte pela Agência Nacional de Águas - ANA; a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH (a partir de 2007, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano - SRHU), o IBGE e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

No início da década de 70, o então DNAEE, através de um acordo de cooperação técnica com o U. S. Geological Survey – Water Resources Division, pelo Programa da USAID (Agency For International Development), desenvolveu o SIH – Sistema de Informações Hidrológicas. Esse sistema dividiu o território nacional em oito grandes bacias ou regiões hidrográficas, e cada uma delas foi subdividida em dez sub-bacias (GALVÃO & MENESES, 2005).

Segundo os autores, após a extinção do DNAEE e a criação da ANA (Agência Nacional de Águas), esta última assumiu a responsabilidade pela administração da rede hidrométrica nacional, herdando os dados e a gestão do SIH. Ocorre que a ANA, que tem como finalidade implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, dispõe também de dados próprios, elaborados com metodologia diversa no que concerne à definição de limites de bacias hidrográficas. Visando dar publicidade aos dados existentes, a ANA disponibilizou os mesmos via Internet através do sistema chamado HIDROWEB.

Por outro lado, em 2002 o CNRH publicou a Resolução nº 30, de 11 de dezembro de 2002 que, visando adotar metodologia de referência que permita procedimentos padronizados de subdivisões e agrupamentos de bacias e regiões hidrográficas, definiu o sistema de Ottobacias como o oficial no âmbito do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos – SINGREH..

A técnica de subdivisão e codificação de bacias conhecida como Ottobacias foi desenvolvida pelo engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter, do extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS). Conforme Galvão & Meneses (2005), trata-se de um método hierárquico que tem por fundamento a topografia e a topologia (conectividade e direção) da rede drenada, com aplicação global. Outro dado importante a considerar é que a divisão proposta não se limita ao território brasileiro.

Neste sentido, a ANA, atendendo ao que dispõe a resolução, disponibiliza em sua biblioteca virtual, uma base de dados georreferenciada, com dados vetoriais da divisão e da rede hidrográfica brasileira codificada, bem como as delimitações das bacias hidrográficas de todo o território nacional, divididas em quatro níveis (Figura 1).

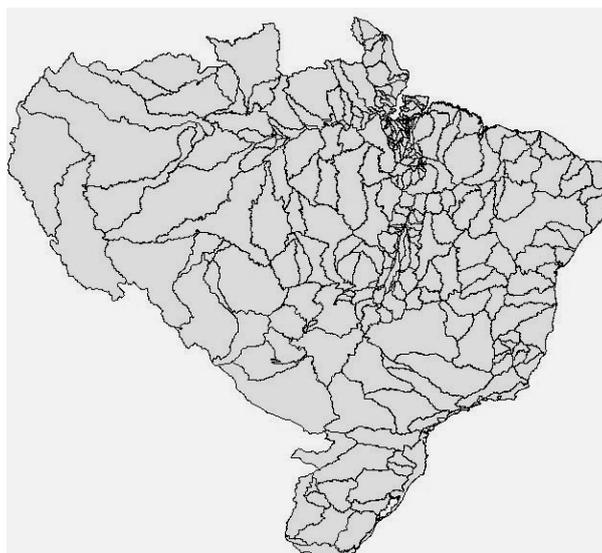


Figura 1: Ottobacias nível 3. Fonte: ANA (2010).

Desta forma, dentro do mesmo órgão público – o principal responsável pela implementação da PNRH, evidencia-se duplicidade de abordagens. É notório que a intenção era não permitir que as informações construídas sob a égide do DNAEE fossem perdidas, porém, não há qualquer menção ou orientação no sistema HIDROWEB que alerte o usuário de tais incompatibilidades e inconsistências, visto que as informações disponibilizadas não podem mais ser consideradas válidas, no âmbito da resolução n. 30/02 CNRH. Dentro do site da ANA, é possível ter acesso a ambas as bases de dados.

Uma informação interessante é que, de acordo com Galvão & Meneses (2005), atualmente, a ANA opera a rede hidrométrica nacional seguindo a classificação de bacias hidrográficas adotada pelo DNAEE/ANEEL, ou seja, não considerando a resolução n. 30/02 e o banco de dados mais atual existente em sua base virtual, fato este que evidencia as inconsistências de bases de dados e metodologias em aplicação.

A terceira e última abordagem oficial é a do IBGE, que publicou em 2000 uma classificação geral de bacias a partir de critérios geográficos próprios, ou seja, a base de dados produzidas pelo próprio órgão. A base utilizada foi a Carta Internacional ao Milionésimo – CIM, na escala 1:1.000.000 (GALVÃO & MENESES, 2005). A limitação da escala, e critérios de inclusão e exclusão específicos, levaram à delimitação de 10 bacias e 57 sub-bacias em território nacional (GALVÃO & MENESES, 2005). A Figura 2 traz a representação da divisão de sub-bacias para a bacia do rio Amazonas, com destaque para a sub-bacia do rio Purus, conforme o Atlas Nacional do Brasil, 4ª Edição, IBGE, 2002.

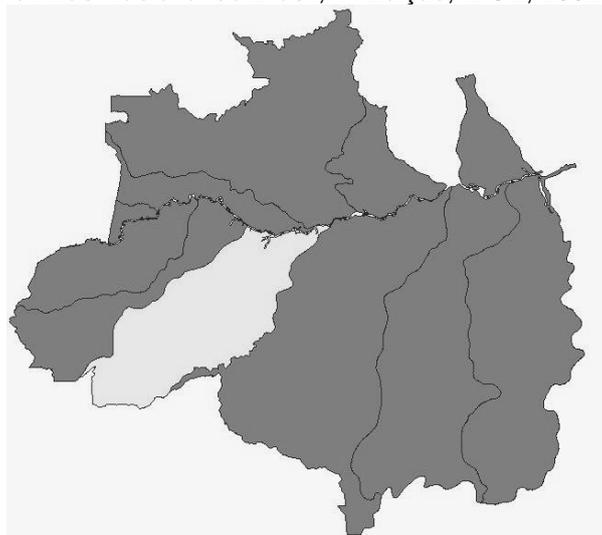


Figura 2: Sub-bacias da região Amazônica. Fonte: IBGE (2002)

Existem, portanto, diversas abordagens nas instituições oficiais que tratam do tema de delimitação de bacias hidrográficas, fato que explicita a dificuldade de aplicação da resolução CNRH 30/02 em alguns

contextos, e dá indícios das conseqüências na própria aplicação da PNRH. Para dar consistência aos argumentos levantados, a bacia do rio Purus, localizada à margem direita do rio Amazonas, servirá como estudo de caso.

Bacias na planície Amazônica: o rio Purus

De acordo com Teixeira *et al* (2000), a classificação de corpos hídricos pode ser estabelecida a partir de quatro padrões, em função de parâmetros morfométricos dos canais: retilíneo, meândrico, entrelaçado e anastomosado. Press *et al* (2006) afirmam que a imensa maioria dos canais inseridos em regiões de planície apresentam características meândricas, ou seja, traçado curvo e formação de laços. Os mesmos autores salientam que os meandros são comuns em rio que fluem em declives suaves de planícies ou terras baixas (PRESS *et al*, 2006).

Teixeira *et al* (2000) afirmam que a principal característica de um sistema fluvial meandrante é a presença de canais com alta sinuosidade e razão largura/profundidade do canal menor que 40, fato este que confere uma predominância no transporte de carga em suspensão.

Ainda Press *et al* (2006) pontuam a respeito da instabilidade das margens de canais meândricos. Afirmam os autores que os meandros migram em períodos de muitos anos, em função da erosão de margens externas às curvas, onde a corrente é mais forte. De maneira inversa, as margens internas freqüentemente apresentam acúmulo de sedimentos em função de menor energia da correnteza.

Esta dinâmica de erosão e assoreamento de margens, que garante um caráter de constantes mudanças no traçado do canal, possibilita também o aparecimento de “laços”. Este fenômeno ocorre dentro da mesma lógica: a erosão de margens externas pode acentuar-se ao ponto de possibilitarem a passagem da água, através de um atalho. Em épocas de vazante, é comum notar a presença de lagos próximos às margens de canais meândricos. Esses lagos são formados pela diminuição da vazão no corpo hídrico principal e abandono do reservatório represado pelo acúmulo de sedimentos.

Ainda conforme Teixeira *et al* (2000), podem ser citadas como características típicas de rios meandrantes (ou de planície) a presença de barras de pontal com superfícies de acrescentamento lateral, planícies de inundação bem desenvolvidas e a decrescência ascendente da granulometria e porte das estruturas sedimentares (TEIXEIRA *et al*, 2000).

Em específico para a região estudada, é importante salientar também o fato de que pesquisas recentes revelaram que a bacia amazônica, no mioceno, era formada por lagos e extensas áreas alagadas – estimadas em 1,1 milhões de km², ou seja, o maior e mais duradouro sistema de lagos de que se tem notícia (HOORN, 2006). Esta mesma autora salienta que estes sistemas de lagos se formaram há 15 milhões de anos atrás, à medida que o nordeste dos Andes soerguia, interrompendo o fluxo dos rios do nordeste e jogando água a partir de suas inclinações orientais para vastas áreas alagadas que se expandiam ao leste. Ainda segundo a autora (*op. cit.*), a área foi coberta por água do mar apenas ocasionalmente naquele tempo. Esses dados são confirmados em assinaturas de isótopos de estrôncio em fósseis sepultados em afloramentos rochosos, mais precisamente em carapuçãs de moluscos (HOORN, 2006). Dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (2010), evidenciam características geológicas semelhantes, com dominância da Formação Sedimentar Solimões.

Para Rossetti *et al* (2004), devem ser avaliadas estruturas subsuperficiais na delimitação dos limites das bacias da região amazônica, através da consideração dos arcos estruturais. Segundo os autores (*op. cit.*), arcos estruturais são feições topográficas subsuperficiais com origens diversas, resultantes de soerguimentos da crosta causados por dobramentos ou falhamentos oriundos de reativações de feições pré-existentes do embasamento cristalino (ROSSETTI, 2004).

De acordo com os autores, são cinco os principais arcos estruturais nas bacias do Amazonas e Solimões, de oeste para leste: Iquitos, Carauari, Purus, Monte Alegre e Gurupá, sendo apenas as duas últimas perceptíveis na morfologia atual (ROSSETTI, 2004).

Descendo ao detalhe do arco estrutural do Purus, Rossetti *et al* (2004) revelam que este arco correspondeu a uma área de forte relevo positivo, que delimitou a sedimentação entre as bacias do Solimões e Amazonas durante grande parte do Paleozóico, entre 500 e 220 milhões de anos. Durante o Cretáceo, a área de influência do Arco de Purus experimentou reativações, atuando como divisora de drenagem até aproximadamente o início do Terciário, há 65 milhões de anos, passando, após esse tempo, por um prolongado período de atenuação de seu relevo, deixando de ter significativo efeito na evolução da bacia de sedimentação. Atualmente, o Arco de Purus é uma feição soterrada a mais de 1000m de profundidade sob rochas cretáceas da Formação Alter do Chão (FILHO & COSTA, 1991 apud ROSSETTI *et al*, 2004).

Estes dados, aliados às recentes pesquisas acerca da formação da bacia amazônica, reforçam a idéia de que trata-se de uma grande região sedimentar com características relativamente uniformes, extremamente plana e, por conseqüência, muito monótona em relação à suas estruturas de base, constituindo o que pode ser imaginado como um grande lago em períodos de cheias, com possível junção de bacias, principalmente em níveis de divisão menores (Ex.: nível 3 – Ottobacias).

MATERIAL E MÉTODOS

Partindo de dados cartográficos disponibilizados em arquivos georreferenciados pelos órgãos oficiais, mais especificamente pela ANA – Agência Nacional de Águas, o sistema de informações hidrológicas HIDROWEB e o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, buscou-se identificar as diversas delimitações de bacias construídas e divulgadas como referência.

Para a análise quantitativa das divergências de áreas e parâmetros fisiográficos da bacia, foi utilizado inicialmente o aplicativo Arcv2Cad 5.0 para a transformação dos arquivos shapefile em arquivos dxf, além do software AutoCad 2008 para a leitura, sobreposição e interpretação destes últimos.

Finalizando esta primeira etapa de diagnóstico e comparações dos modelos oficiais existentes, foi realizada uma análise crítica das incompatibilidades encontradas e hipóteses para tais divergências.

Em um segundo momento, foi realizada a produção de dados primários, a partir da interpretação de imagens de radar STRM, através dos softwares Envi e ArcMap, conforme os trabalhos de Dias et al. (2004) e Coelho (2008).

Assim, foram preliminarmente adquiridas imagens do radar SRTM, com resolução espacial de 30m (pixel de 1 arco-segundo), apenas para a área do Purus e entorno imediato. As imagens, que originalmente encontram-se no formato HGT, que não é suportado pelo sistema ArcMap, foram convertidas para o formato GeoTIFF DEM, através do software 3DEM. Finalmente foram montados os mosaicos de imagens no software ArcMap, através da ferramenta *Data management Tools*, extensão *Raster – Mosaic*.

Com o mosaico definido, foi seguida a seguinte seqüência de processamentos: Através da extensão *Hidrology* do aplicativo ArcMap, módulo central e fundamental do software ArcGIS 9.2, primeiramente foi realizado o preenchimento de *sinks* – áreas cercadas por elevações com valores de cotas superiores, que pode ser associada a uma depressão, embora a maioria dos *sinks* pode ser considerada imperfeição do MNT - Modelo Numérico do Terreno (DIAS et al, 2004). Os *sinks* são considerados impedimentos ao escoamento superficial e interferem diretamente no processamento realizado a seguir.

Após a geração do MNT já devidamente preenchido (*fill sinks*), foi realizada a rotina para a definição da direção do fluxo do escoamento superficial – *Flow Direction*. Este processamento permite identificar, em um possível evento de chuva, a direção do escoamento da água em cada pixel, através da determinação da maior declividade de um pixel em relação aos seus oito pixels vizinhos (DIAS et al, 2004). Após a utilização da função *Flow Direction*, é gerado um arquivo que indica o pixel vizinho com maior declividade.

A próxima etapa foi a determinação do fluxo de direção acumulado (*Flow Accumulation*), que representa a rede de drenagem, cujo arquivo de entrada é o produto do *Flow Direction*. Dias et al (2004) afirmam que, sob o ponto de vista da hidrologia, os dados relativos ao fluxo acumulado significam uma integração entre o fluxo superficial e subsuperficial da água a montante de um determinado ponto do terreno. O processamento implica na soma das áreas das células (quantidade de células) na direção do fluxo ou escoamento (MENDES; CIRILO, 2001 apud DIAS, 2004).

A partir dos mapas do fluxo de direção e do fluxo acumulado foi possível processar a função *watershed*, obtendo-se a geração da bacia hidrográfica na área de análise. Para a construção do polígono vetorial a partir da bacia delimitada, foi processado este último arquivo através da ferramenta *Raster to polygon*.

Finalmente foram realizadas as sobreposições do limite construído a partir das imagens SRTM com os limites disponibilizados pelos órgãos oficiais. Os resultados foram comparados e analisados criticamente à luz dos objetivos iniciais do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos dados oficiais

Considerando os dados oficiais previamente discutidos, buscou-se identificar a bacia do rio Purus através da base de dados do HIDROWEB (DNAEE), ANA (Ottobacias), e do IBGE, bem como suas principais características fisiográficas, conforme mostra a Figura 3 e a síntese apresentada na Tabela 1.

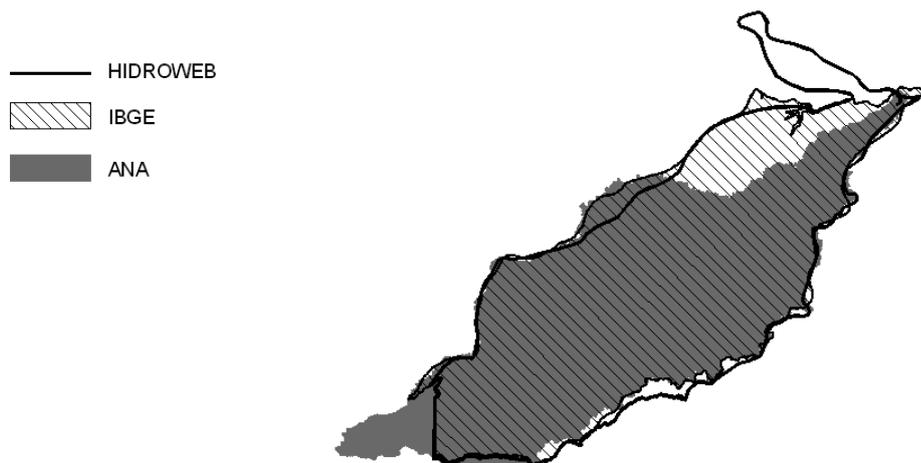


Figura 3: Sobreposição dos limites oficiais da bacia do rio Purus (sem escala).

Considerando apenas o território brasileiro (limites do IBGE), os resultados tabulados apresentaram os seguintes valores-síntese da Tabela 1.

Tabela 1: Síntese dos parâmetros físicos dos diferentes dados oficiais sobre a bacia do rio Purus.

Limites oficiais (apenas território brasileiro)			
Parâmetros	Instituições		
	HIDROWEB (DNAEE / ANEEL)	ANA Ottobacias	IBGE
Área Total (km ²)	340.102,52	288.487,03	329.559,67
Comprimento axial (km)	1.204,01	1.184,71	1.218,40
Largura média* (km)	282,47	243,51	270,49
Fator forma**	0,235	0,205	0,222

* Área de drenagem / comprimento axial

** Largura média / comprimento axial

Analisando os dados oficiais acerca dos limites da bacia do rio Purus, fica evidente, principalmente quando observados à luz dos dados mais recentes – ANA e IBGE, que as diferenças mais significativas se encontram na região norte da bacia, nas proximidades dos municípios de Tapauá e Coari.

Tal inconsistência pode ser justificada por se tratar de região extremamente plana, junto à foz do rio Purus. É importante lembrar que, segundo Angelis et al (2008), as altitudes, ao longo do rio, variam de 0 - 100m, com a elevação máxima inferior a 600m, no território peruano. Na região junto à foz, as imagens SRTM evidenciam, em um raio de aproximadamente 300km em relação à foz definida (*pour point*), uma variação de altitudes nunca superior a 60m.

As menores variações na delimitação ao sul da bacia justificam-se pela aproximação das escarpas dos Andes e por gradientes de nível mais acentuados, que definem com maior segurança o limite topográfico. Para a região de foz, com maiores variações nos limites da bacia, parte-se de duas hipóteses que poderiam justificar tais inconsistências nos dados oficiais: a) sistemas automáticos de delimitação via SIG com rotinas de interpretação topográfica distintas e; b) uso de bases cartográficas de topografia de períodos distintos.

Um outro ponto interessante a ressaltar está na comparação entre a distribuição das precipitações na bacia do rio Purus e a sobreposição dos limites oficiais, conforme ilustra a Figura 4.

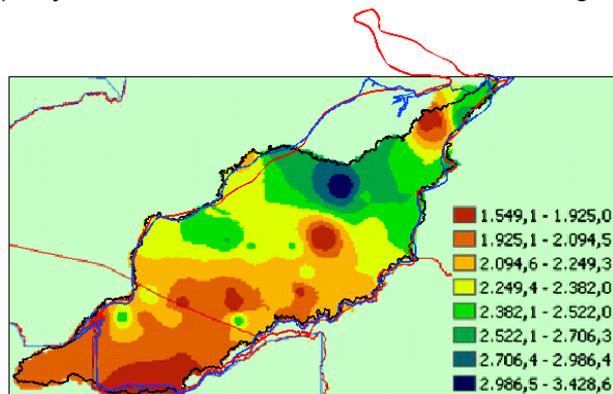


Figura 4: Sobreposição do mapa de distribuição das precipitações dentro da bacia do rio Purus (média do período de 1983-2005) e as delimitações oficiais (sem escala).

A região norte, mais precisamente na localidade do município de Coari, além de apresentar variações de altitude muito sutis, possui as maiores médias de precipitação anual. A indefinição, em função do nível das águas que cobre grande áreas, do limite topográfico em períodos de cheia poderia explicar as divergências dos limites oficiais.

Construção dos limites a partir de imagens de radar SRTM

Considerando os métodos apresentados por Dias et al. (2004) e Coelho (2008), para a delimitação de bacias hidrográficas a partir de imagens SRTM, foi proposto, como base de análise e comparação, a construção de novos limites através de processamento digital de imagens.

As imagens utilizadas para o processamento digital da bacia do Purus foram geradas a partir de dados de radar, obtidos por sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto denominado SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*, uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI) (COELHO, 2008).

De acordo com Pinheiro (2006), os dados da missão SRTM foram adquiridos com radar de abertura sintética interferométrico (InSAR), nas bandas C (5,6cm – 5,3GHz) e X (3,1cm – 9,6GHz). Ainda segundo o autor, o sistema foi configurado para adquirir duas imagens ao mesmo tempo, através de duas antenas posicionadas separadamente, com distância de 60m entre si (PINHEIRO, 2006).

Coelho (2008) afirma que o arranjo do radar foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre, através de interferometria, que é uma técnica baseada na interação de ecos recebidos pelo sensor por duas antenas (ou mais), separadas no espaço por uma distância pré-estabelecida (60m, no caso específico da missão SRTM) denominada baseline e, desta forma, de posições conhecidas. As imagens geradas são formadas por diferenças de fases entre os pixels correspondentes, representando os ecos recebidos por cada uma das antenas do sistema sensor, permitindo identificar valores referentes a cotas altimétricas para cada pixel (SANTOS et al, 2005).

As imagens adquiridas junto à NASA (2010) estavam referenciadas na projeção *Geographic Lat/Long* e datum WGS 84 (*World Geodetic System 1984*), com dados de altitude (h) em metros inteiros (PINHEIRO, 2006 apud HALL et al., 2005).

Após a aquisição das imagens SRTM, e processadas as conversões preliminares do formato original HGT para GeoTIFF DEM através do software 3DEM, foi realizada a montagem das imagens georreferenciadas (nas projeções e datums originais) e mosaicagem.

A partir deste momento, foram iniciadas as etapas de processamento para a delimitação da bacia através da ferramenta Hydrology Modeling do AcMap, na seguinte seqüência: fill, flow direction, flow accumulation, watershed e Raster to Polygon.

Para a construção da bacia, um ponto importante a salientar é o posicionamento do *pourpoint*, ou ponto do exutório. Em todas as tentativas de delimitação com a localização do *pourpoint* na foz do Purus, o processamento falhou. Com o posicionamento do *pourpoint* um pouco acima da foz do Purus, o processamento obteve êxito (Figura 6).

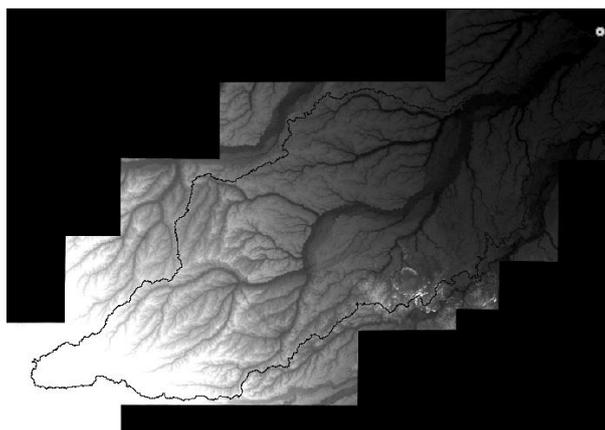


Figura 5: Sobreposição do polígono de delimitação da bacia definido através do *Raster to Polygon* e Mosaico SRTM

De posse do perímetro da bacia recém delimitada, foi possível conhecer suas principais características, destacadas na Tabela 2.

Tabela 2: Principais características da bacia delimitada

Parâmetros	Área total da bacia	Apenas território brasileiro
Área de drenagem (km ²)	302.319,00	282.171,00
Perímetro dos limites (km)	5.399,70	5.001,34
Comprimento axial (km)	1.249,14	1.098,63
Largura média* (km)	242,02	256,84
Fator forma**	0,194	0,234

* Área de drenagem / comprimento axial

** Largura média / comprimento axial

Concluída a delimitação da bacia a partir das imagens SRTM da NASA, foram realizadas as comparações com os limites oficiais. Para tal, foi necessário converter a projeção e datum do limite recém construído, originalmente em Geographic Lat/Long e datum WGS 84 para UTM e SAD 69, padronizando todos os dados. As análises foram realizadas uma a uma visando tornar mais ilustrativas as comparações, conforme ilustram as Figuras 7 a 9.



Figura 6: Sobreposição bacia construída a partir das imagens SRTM e HIDROWEB



Figura 7: Sobreposição bacia construída a partir das imagens SRTM e IBGE



Figura 8: Sobreposição bacia construída a partir das imagens SRTM e ANA (ottobacias)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As semelhanças entre o limite definido pela ANA e o construído através das imagens SRTM são evidentes e reforçam as conclusões de Galvão & Meneses (2005), que recomendam a adoção do método de classificação e codificação de bacias hidrográficas conhecido como Ottobacias, que deveria ser adotado não só pela ANA, mas como para todas as demais entidades operadoras de dados geográficos para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Neste sentido, é oportuno retomar a questão das inconsistências das informações existentes sobre delimitação de bacias hidrográficas entre os órgãos responsáveis pela produção e disponibilização de dados geográficos. Mesmo partindo-se do princípio de que existem interesses distintos e específicos para cada órgão, todas as construções de limites de bacia consideram a base topográfica. Nessa orientação, causa estranheza a existência de incompatibilidades com as proporções identificadas. Ainda considerando que os diferentes órgãos trabalham com dados cartográficos planialtimétricos de fontes e escalas distintas, é oportuno salientar que não há menção de tais distinções nos repositórios oficiais de disponibilização dos dados dos órgãos, ou mesmo das metodologias utilizadas para a construção das mesmas.

Os resultados permitem constatar ainda a não uniformidade no tratamento da questão escala/fonte/método, no que concerne às delimitações de bacias hidrográficas, mesmo após quase 10 anos em que vigora a resolução CNRH 30/02. Tendo em vista que sua publicação ocorreu justamente no sentido de adoção de metodologias de referência e padronização de procedimentos para delimitação, classificação e codificação de bacias hidrográficas, é de se esperar que seus efeitos fossem mais tempestivos.

Fica evidente a carência de comunicação e cooperação técnica entre órgãos competentes para a publicação de dados oficiais sobre a compartimentação do território. Tal situação pode ser encarada como um indicador dos problemas de integração de dados e das limitações da transversalidade das questões ambientais como um todo.

Há que se considerar os impactos e influências de definições divergentes de espaços territoriais como as bacias na definição de políticas públicas e estratégias de governança dos recursos naturais, principalmente considerando as orientações da Lei 9433/97 – Política Nacional de Recursos hídricos, que define a bacia hidrográfica como unidade adequada de planejamento e gestão.

Porém, um ponto importante a ser retomado e ressaltado e que talvez possa indicar uma possibilidade de explicação sobre essas divergências é a comparação entre a sobreposição dos limites oficiais e a distribuição das precipitações (figura 6). A análise dessas informações pode indicar que a base utilizada para a construção dos limites possui relação direta com o regime de chuvas da região e, portanto, a consideração da base espacial deve ser vinculada ao período do ano, a fim de manter elementos mínimos de paralelismo e comparação, e possibilitar maior acurácia na construção dos limites.

Neste sentido, a indefinição, em função do nível das águas que cobre grandes áreas, do limite topográfico em períodos de cheia poderia explicar as divergências dos limites oficiais

Desta forma, o presente artigo é concluído com o levantamento de uma questão importante, orientada para a hipótese da construção de um novo elemento para a delimitação de bacias em áreas extremamente planas, como a do rio Purus, baseada não na identificação de uma linha estática de divisão topográfica, mas sim da estipulação de uma faixa (buffer), onde variaria a contribuição para o rio principal. Esta faixa seria definida por dois limites: o primeiro seria definido pelo divisor topográfico imediato, e o segundo poderia ser definido através da sobreposição das manchas de áreas de inundação em períodos de cheia. Essas manchas estariam diretamente vinculadas às áreas de maior intensidade de precipitação anual e, por não serem homogêneas, indicariam que a largura da faixa também seria variável.

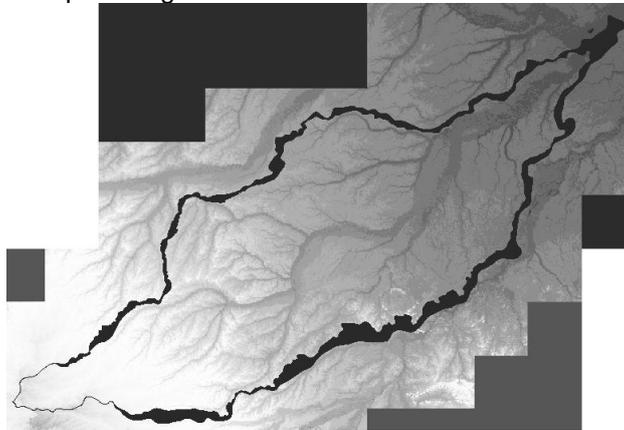


Figura 9: Mosaico SRTM e ilustração da proposta de construção da faixa de limite de bacia ilustrativa. Sem escala

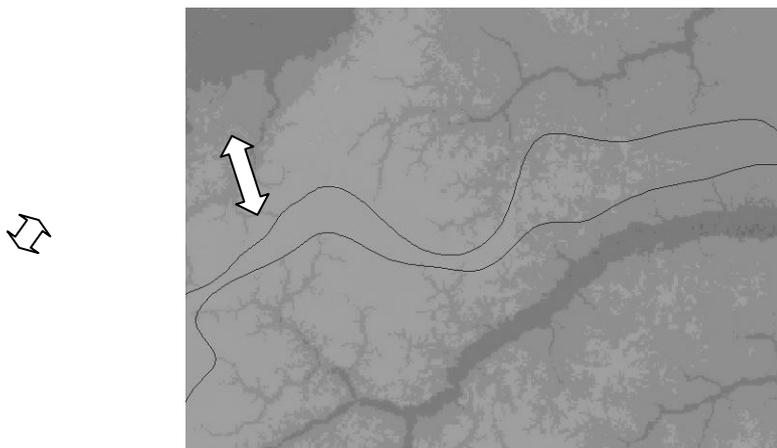


Figura 10: Detalhe – ilustração da proposta de faixa de delimitação de bacia.

Além das relações entre infiltração e escoamento superficial, é importante atentar também para toda a dinâmica de transformação do território, que podem afetar significativamente o direcionamento das águas. Netto (2007) elenca algumas variáveis-controle que devem ser consideradas nesta relação. São elas: a) as características físicas das chuvas (intensidade, picos, distribuição, etc.); b) condições de cobertura dos solos; c) condições especiais dos solos (compactação, rechaduras e declividade); d) condições de textura,

profundidade e umidade antecedente do solo e, e) atividade biogênica no topo dos solos (bioporos pela atividade de fauna escavadora e enraizamento de vegetais).

Neste sentido, algumas ações no sentido da construção de unidades alternativas para a governança dos recursos hídricos podem ser lembradas e embasar reflexões importantes, como o conceito de *cuenca hidrosocial*, proposto por Durán (2009), que considera não apenas os limites físicos ou geomorfológicos, mas também as relações socioeconômicas que são estabelecidas na região hidrográfica. Principalmente em bacias de grande porte e inseridas em regiões com variações altitudinais tão sutis com é o caso da bacia do rio Purus, há de se considerar as interconexões entre bacias lindeiras em períodos de cheia, bem como as incertezas associadas às influências no uso e ocupação do solo, específicas da região, como componentes fundamentais para a efetividade no gerenciamento dos recursos hídricos.

Finalmente, essas novas propostas de elementos para a delimitação do espaço na gestão da água podem ser importantes no alcance dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, mais especificamente os princípios da gestão integrada, uma vez que o uso e ocupação do solo determina a dinâmica do fluxo de água.

No que concerne à bacia do Purus, as diferenças encontradas implicam em possíveis inclusões de áreas da bacia do Juruá e vice-versa, dependendo da época do ano em que se baseia a definição dos limites de gestão. Trata-se de uma constatação que nos remete à reflexão sobre a unidade ideal de gestão das águas quando se trata da planície amazônica. A interdependência e complexidade da rede de drenagem e sua marcada sazonalidade são elementos essenciais para a discussão destas unidades, evidenciando a inviabilidade da aplicação literal da legislação em casos como este.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA. 2010. **Biblioteca virtual**. Disponível em <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual>. Acesso em 20/10/2010.

ANGELIS, C. F de; MACHADO, L. A. T; ANTONIO, B. M. **Modelo Hidrológico Operacional para a Bacia do Rio Purus**. INPE/CPTEC, 2008.

AMBIENTE BRASIL. **Floresta Amazônica**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.html&conteudo=./natural/biomas/amazonia.html>.

BERTONI, J. C; TUCCI, C., E. M. **Precipitação**. In: Hidrologia: ciência e aplicação. TUCCI, C. E. (org). 4ª edição. Porto Alegre: editora da UFRGS / ABRH, 2007.

BITTENCOURT, M. M; AMADIO, S. A. **Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus**. Acta Amazonica. vol.37 n.2 Manaus: 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672007000200019. Acesso em: 05 de maio de 2008.

BRASIL. **Informações detalhadas sobre o rio Purus**. Ministério dos Transportes. Secretaria Executiva. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/detriopurus.htm>

CASTRO, J. F. M. - **A importância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas**. In: XXX Semana de Estudos Geográficos “O Homem e as Águas”, *Minicurso*, CAEGE/IGCE/UNESP, 2000. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/publicacoes/TextosPDF/ArtigoJoseFlavio6.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2009.

COELHO, A. L. N. **Uso de dados SRTM como ferramenta de apoio ao mapeamento geomorfológico de bacia de médio-grande porte**. Ver. Geogr. Acadêmica v.2 n.2. 2008

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente**. 5° edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CUNHA, S. B.. **Bacias Hidrografias**. In: Geomorfologia do Brasil. CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). 4° edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: [s.n.] 2006. p. 6-1 - 6-32. Capítulo de livro publicado na Internet. (INPE-14622-PRE/9625). Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/04.28.12.31>>. Acesso em: 21 abr. 2009.

DIAS, L. S. O; ROCHA, G. A; BARROS, E. U. A de; MAIA, P. H. P. **Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas**. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 14, n. 2, p. 265-271. 2004

DURAN, A. **La gestión integral del agua en la cuenca Pucara**. Apresentado no 2°. Encontro Internacional Governança da Água: Experiência da América Latina e Europa. Procam/GovÁgua, 2009.

GALVÃO, W. S; MENESES, P. R. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.01.26/doc/2511.pdf>. Acesso em: 26 de maio de 2008.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. **Erosão das vertentes.** In: Geomorfologia do Brasil. CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (org.). 4º edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HOORN, C. **A formação do Amazonas.** In: Scientific American Brasil. Ano 5, n. 50, Julho de 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Atlas Nacional do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. Amazônia Legal Brasileira/Ambiente Físico. Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo>. Acesso em 10/09/2010.

MORAES, A. R. de; CAMPAGNA, A. F.; SANTOS, S. A. M. dos. **Recursos naturais: solos.** Programa educar. CDCC-São Carlos-USP. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/ciencias/>. Acesso em 07 de julho de 2008.

NATIONAL SPACE AGENCY, NASA. SRTM data. Disponível em <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>. Acesso em 18/08/2010.

NETTO, A. L. C.. **Hidrologia de encosta da interface com a geomorfologia.** In Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B da (org). 7º edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007

OVIEDO, A. In Informativo “**Água para a Vida**”. Numero III – Março a maio de 2003. WWF. Disponível em: http://assets.wwf.org.br/downloads/boletim_agua3.pdf

PINHEIRO, E. S. Comparação entre dados altimétricos Shuttle Radar Topography Mission, Cartas Topográficas e GPS numa área de relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 58/01, 2006.

PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4. edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROSSETTI, D. F; GÕES, A. M; TOLEDO, P. M de; SANTOS JR, A. E. A; PAZ, J. D. S. Evolução de Paisagens do Neógeno da Amazônia: Implicações na origem e distribuição da biodiversidade. In: **Seminário de Resultados do Estudo Estratégico: Bases científicas para a conservação da várzea. Identificação e Caracterização de Regiões Biogeográficas do Pro-Várzea**. Manaus: IBAMA, 2004.

SANTOS, J. R dos; NEEFF, T; ARAUJO, L. S. de; GALA, F. F; DUTRA, L. V; SOUSA JR, M. de. A. **Interferometria SAR (Bandas X e P) na estimativa de biomassa florestal**. 2005. Disponível em >
<http://eco.ib.usp.br/lepac/bie5759/interferometria.pdf>. Acesso em 02 de abril de 2009.

SILVEIRA, A. L. L. da. **Ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica**. In: Hidrologia: ciência e aplicação. TUCCI, C. E. (org). 4º edição. Porto Alegre: editora da UFRGS / ABRH, 2007.

TEIXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T.; TAIOLI, F.. **Decifrando a Terra**. São Paulo: oficina de textos, 2000.

VILLELA, S, M; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.