

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

PADRÃO HIDROGEOMORFOLÓGICO DO CANAL DO RIO
NEGRO NO ARQUIPÉLAGO DAS ANAVILHANAS

Bolsista: Jessé Burlamaque Maciel, CNPq

MANAUS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB-H/0036/2013

PADRÃO HIDROGEOMORFOLÓGICO DO CANAL DO RIO
NEGRO NO ARQUIPÉLAGO DAS ANAVILHANAS

Bolsista: Jessé Burlamaque Maciel, CNPq
Orientador: Prof. PhD Naziano Pantoja Filizola Jr.

MANAUS
2014

RESUMO

O objetivo geral do estudo foi determinar o padrão hidro-geomorfológico da região do Arquipélago das Anavilhanas, no Rio Negro-AM, tendo como objetivos específicos: Identificar o regime de entrada e saída de vazão no Arquipélago de Anavilhanas e Identificar a geometria geral do canal do Rio Negro. Utilizou-se como metodologia, medições de vazão por meio de um Correntômetro Acústico de Efeito Doppler (ADCP) e dados fornecidos pelo Laboratório de Potamologia Amazônica (LAPA) da UFAM a partir de sua biblioteca digital e do Observatório ORE/HYBAM, que serviu para caracterizar a entrada e saída de água na região do Arquipélago e construir uma cartografia hidrogeomorfológica. Os resultados mostram que, o regime hidrológico do Rio Negro e a geomorfologia dos canais são de suma importância para o entendimento de como o volume hídrico se distribui dentro das ilhas do Arquipélago de Anavilhanas.

Palavras chaves: arquipélago, hidrogeomorfologia, vazão.

ABSTRACT

The overall objective of the study was to determine the hydro-geomorphological pattern of Anavilhanas Archipelago region, Rio Negro-AM, with the following objectives: Identify the system input and output flow in Anavilhanas Archipelago and identify the general geometry of the channel Rio Negro. Was used as a methodology, flow measurements using a Doppler Effect Current Meter (ADCP) and data provided by the Laboratory of Amazon Potamology (LAPA) UFAM from your digital library and the Centre ORE / HYBAM, which served to characterize the inflow and outflow of water in the Archipelago region and build a hydro-geomorfology cartography. The results show that the hydrological regime of the Rio Negro and the geomorphology of the channels are of paramount importance for the understanding of how water is distributed within the volume of Anavilhanas Archipelago islands.

Key words: archipelago, hydro-geomorfology, flow.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 JUSTIFICATIVA.....	7
3 METODOLOGIA.....	9
3.1 Caracterizações da área de estudo.....	9
3.2 Coleta e tratamento dos dados.....	10
3.2.1 Dados hidrológicos.....	10
3.2.2 Dados Fluviométricos.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
4.1 Caracterizações da entrada e saída de água no Arquipélago de Anavilhanas.....	12
4.2 Geomorfologia fluvial do Arquipélago de Anavilhanas.....	14
4.3 Variação da geomorfologia dos canais da região do estudo.....	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
6 REFERÊNCIAS.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Parque Nacional das Anavilhanas	10
Figura 2 - A: Perfilador Acústico Doppler de Corrente – ADCP; B: Suporte de alumínio.	11
Figura 3 - Local das medições de vazão.	11
Figura 4 - A: Réguas Linimétricas (cota baixa do Rio Negro); B: Última Régua (cota alta do Rio Negro).	12
Figura 5 - Fluxograma dos processos para realização da pesquisa.	13
Figura 6 - Principais elementos geomorfológicos do arquipélago de Anavilhanas segundo a análise de Latrubesse e Franzinelli (2005).	15
Figura 7 - Ilhas permanentes nos três períodos do ciclo hidrológico.	16
Figura 8 - Divisão do canal do Rio Negro em trechos.	18
Figura 9 - Distribuição do volume hídrico nos diferentes períodos do ciclo hidrológico.	20
Figura 10 - Esquema do fundo dos canais principais do Arquipélago de Anavilhanas.	22

1 INTRODUÇÃO

A Região Hidrográfica Amazônica representa cerca de 40% do território brasileiro e possui mais de 60% de toda a disponibilidade hídrica do País. Entrecortada por rios de distintas dimensões, tanto em extensão, largura, quanto em volume de água. Esta Região envolve uma densa rede de drenagem. Seus rios oferecem regimes variados e por vezes, dadas às posições geográficas de seus cursos, têm regimes diferentes e características climáticas contrastantes.

O clima está relacionado a fatores como geologia, vegetação, regime de chuvas e solos. (MMA 2006). Esta realidade tem levado muitos estudiosos à investigação dos sistemas hídricos, tanto a hidrologia superficial como a subterrânea da Amazônia. A finalidade tem sido dar respostas aos fenômenos climáticos e ao fluxo da água, entre outras questões, que se alteram com frequência na região. Estas questões exigem um conhecimento dos processos físicos e da variação espaço-temporal. Portanto, é necessário entender a bacia hidrográfica como um componente essencial de um sistema amplo, dinâmico e altamente complexo.

A bacia Amazônica, devido à sua dimensão continental, à imensa diversidade natural e cultural e às dificuldades impostas pela floresta equatorial e por áreas alagadas, lagos e imensos rios, requer para seu estudo o suporte de tecnologias como a espacial, a fim de vencer os desafios típicos da região. Nesta bacia está o Rio Negro, um dos maiores tributários do Rio Amazonas, sendo que na sua foz se une ao Rio Solimões para formar o Rio Amazonas (FILIZOLA, 2006).

O Rio Negro nasce sob a denominação de Rio Chamusiqueni na Colômbia, em cotas aproximadas de 1660 m, mudando, em seguida para Rio Guainia e, finalmente, depois de receber as águas do Canal de Cassiquiare (Defluência com a Bacia do Rio Orinoco), recebe a denominação de Rio Negro. Mantém, em geral, a direção NO/SE até desaguar no Rio Solimões, à altura da cidade de Manaus (SILVA, 2010).

Em estudos recentes, Silva e Rossetti (2009) mostram que o rio Negro corre em uma impressionante zona de falha normal, que se estende por cerca de 70 km em linha reta, e controla ambas as margens. Essa estrutura geológica

forma áreas em depressão, que são locais propícios à sedimentação atual e dependentes do regime hidrológico.

Neste contexto é que se desenvolveu o presente estudo no quadro do Projeto Iniciativa de Hidrologia espacial na Amazônia (IHESA) da Rede de Hidrologia Amazônica (RHIA), financiado pela FINEP/CT-HIDRO.

A expectativa com a realização deste estudo é contribuir para responder à questão: Como funciona o regime de chuva e de vazão na área do Arquipélago Fluvial das Anavilhanas. E saber qual é a geometria do canal que responde a esses regimes, visto que, gera uma paisagem hidrogeomorfológica característica e especial, em um dos maiores arquipélagos fluviais do planeta.

Objetivo Geral:

Determinar o padrão hidro-geomorfológico da região do Arquipélago das Anavilhanas, no Rio Negro-AM, através da estratégia definida nos objetivos específicos abaixo listados:

Objetivos Específicos:

a) Identificar o regime de entrada e saída de vazão a montante e jusante da área do arquipélago objeto do estudo com base em dados secundários do Observatório HYBAM (www.ore-hybam.org) e da ANA (Agência Nacional das Águas);

b) Identificar a geometria geral do canal do Rio Negro no trecho do arquipélago das Anavilhanas;

c) Caracterizar o regime pluviométrico da região com base em dados secundários.

2 JUSTIFICATIVA

Estudos sobre recursos hídricos no mundo vêm de longa data. No Brasil, estes estudos ganham maior impulso a partir da década de 1970 (MMA, 2006). Segundo a ANA (2009) a Hidrologia é conceituada como, “ciência natural que se ocupa do estudo dos recursos hídricos em todo o ciclo hidrológico [...]”. Estas questões têm grande relevância para estudos científicos, principalmente quando se trata da bacia Amazônica, a maior bacia hidrográfica do mundo.

As atividades antrópicas têm crescido na Amazônia. Segundo o MMA (2006, p.114) essa prática tem provocado mudanças nos “padrões de uso e ocupação do solo, bem como da cobertura vegetal, com repercussões sobre o clima e com potencial de alterar significativamente o regime hidrológico”.

No que diz respeito aos recursos hídricos na Amazônia, existe carência de trabalhos que procurem integrar o conhecimento com vistas a subsidiar ações de políticas públicas (MMA, 2006). Em se tratando da hidrologia no Arquipélago Fluvial das Anavilhanas, a temática é recente, dada aos poucos estudos existentes integrando hidrologia, clima e geomorfologia. Este estudo se insere num contexto onde além de iniciar uma integração de dados multidisciplinares pretende contribuir como subsídio para a promoção de políticas públicas específicas visando a preservação da área de estudo uma vez que esta se constitui num Parque Nacional de grande importância. Do ponto de vista científico, o objetivo é responder à pergunta sobre como funciona a hidrologia do Rio Negro na região do Arquipélago de Anavilhanas? Qual a dinâmica da chuva? Como ocorre a vazão das águas? Estas questões ainda não foram plenamente respondidas, daí a importância de realizar estudos mais detalhados. Dentre os estudos científicos de maior relevância sobre o Arquipélago Fluvial das Anavilhanas, cabe destacar: de Piedade; Junk; Parolin (s.d) que observaram ao longo da toposseqüência das ilhas Anavilhanas a ocorrência da substituição de comunidades vegetais conforme o número de dias de alagação ao qual cada faixa de relevo é submetida ao ano. Dentre os "indicadores ecológicos" definidos por aqueles autores para os diferentes níveis de tolerância à alagação [...] “tolerâncias fisiológicas específicas à inundação, ciclos plurianuais, de cheias e secas, mais intensos explicam a distribuição de indivíduos de várias espécies em pontos extremos das planícies alagáveis do Arquipélago de Anavilhanas, enquanto que ciclos anuais influenciam o crescimento e as densidades locais das espécies”. Estudos realizados por Latrubesse, E. M.; Franzinelli, E. (2005), mostraram que existem ilhas com “[...] comprimento de 40 km, mas suas pontas tem uma largura de 140 m. As ilhas são totalmente inundadas durante as águas altas e somente a vegetação de igapó aparece acima da água”. Em estudo sobre a geomorfologia destas ilhas, foram identificados, canais “anabranching”; ilhas (formada por diques), lagos gerados por diques fechados; áreas de águas mortas, formadas e parcialmente fechadas por diques na parte baixa distal. Filho

e Miranda (2007) afirmam que a “disponibilidade de espaço livre e baixo consumo de energia favoreceu a deposição de sedimentos para formar o Arquipélago Fluvial das Anavilhanas. A magnitude de um tal fenômeno geológico, com o desenvolvimento de um sistema de drenagem e novos ambientes deposicionais pode ter afetado e desenvolvido de novos ecossistemas na região. Cabe ressaltar também a relevância da pesquisa no sentido de tentar compreender o Arquipélago Fluvial das Anavilhanas, visto ser o maior grupo de ilhas de água doce no mundo, refúgio de uma fauna e flora diversificadas.

Finalmente, outro ponto relativo à importância científica do projeto, relaciona-se à sua visão multidisciplinar, por se tratar de um estudo que pretende acompanhar o regime de chuva, o regime de vazão, a geomorfologia, além de caracterizar a hidrogeomorfologia do Arquipélago Fluvial de Anavilhanas.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterizações da área de estudo

O Parque Nacional de Anavilhanas foi criado pelo Decreto Federal nº 86.061 de 02 de junho de 1981. Foi recategorizado pela Lei Federal nº 11.799 de 29 de outubro de 2008. A área corresponde a 350.018 ha – 40% em terra firme; 60% no arquipélago fluvial de Anavilhanas. Localizado (Figura 1) no Município de Manaus (30 %) e Novo Airão (70%).

O arquipélago fluvial de Anavilhanas é um dos maiores arquipélagos fluviais do mundo, com mais de 400 ilhas e centenas de lagos e paranás. Abriga espécies locais e ameaçadas, como a onça, o peixe-boi, o boto-vermelho. Vários ecossistemas (florestas de terra firme e de igapó, campinas, campinaranas etc). (MMA, 2006). Existem mais de 50 comunidades no seu entorno. As ilhas de Anavilhanas possuem valor relevante, inclusive por ser Sítio do Patrimônio Natural da Humanidade, Reserva da Biosfera, está inserida no Corredor Central da Amazônia – Projeto, Corredores Ecológicos/PPG7, além de ser integrante do Mosaico de Áreas Protegidas do Baixo Rio Negro (MMA 2010), e também está inserido no Projeto Parques da Copa. (CTC – PBA, 2013).

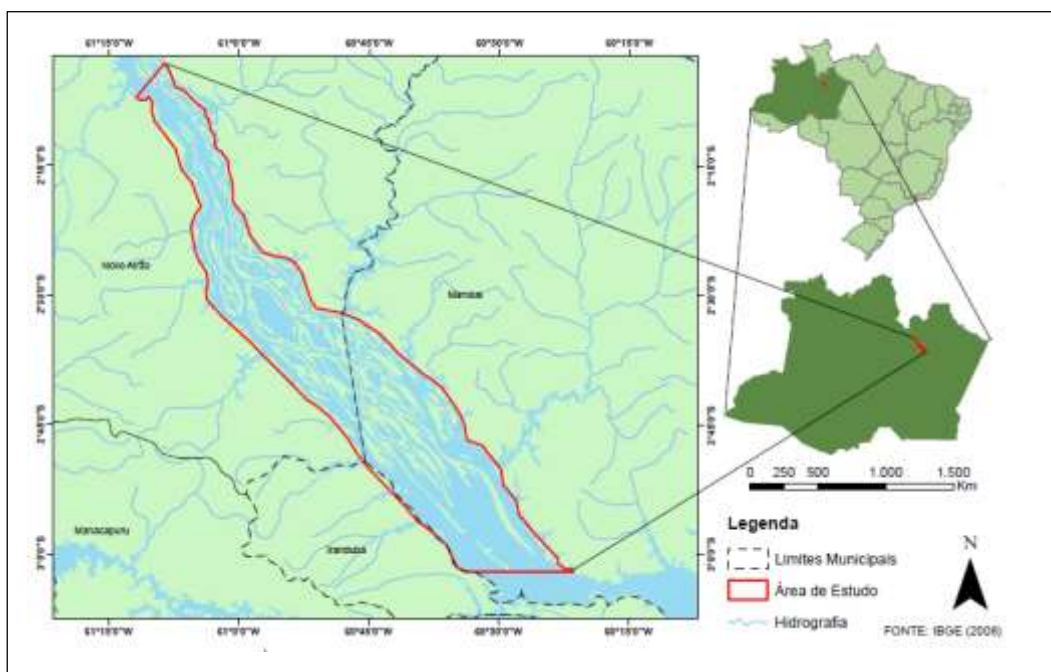


Fig. 1 – Localização do Parque Nacional das Anavilhanas
Fonte: Alves, 2013

3.2 Coleta e Tratamento dos dados

A coleta dos dados primários foi realizada por meio de pesquisa de campo no Arquipélago Fluvial das Anavilhanas em três períodos distintos: a) **Novembro/2013** (cota baixa); b) **Março/2014** (cota média); c) **Junho/2014** (cota alta).

3.2.1 Dados Hidrológicos

Os dados hidrológicos foram coletados por meio de medições de vazão no Rio Negro com uso do Perfilador Acústico Doppler de Corrente – ADCP do fabricante RDI Instruments do LAPA/UFAM, com frequência de 600kHz (Figura 2 - A). Quanto ao ADCP, trata-se de um equipamento para medições de parâmetros hidráulicos com o uso da energia acústica propagando-se no ambiente aquático. Pode-se obter dados como velocidade da água, velocidade relativa ao fundo e avaliação qualitativa de partículas em suspensão, além da batimetria do fundo do corpo d'água e a vazão. Nas campanhas o equipamento foi acoplado na lateral do barco com um suporte de alumínio (Figura 2 - B) e foi

conectado a um GPS e a um computador para gerenciar seu funcionamento e processar os dados coletados.



Fig. 2 - A: Perfilador Acústico Doppler de Corrente – ADCP; **B:** Suporte de alumínio.
Fonte: ORE-HYBAM; André Zumak

Para coleta dos dados, o canal do Rio Negro foi dividido em trechos, onde foram realizadas doze (12) seções transversais (Figura 3) dispostas entre as margens direita e esquerda do Rio Negro na região do estudo a montante da sede do município de Novo Airão e a jusante. Os levantamentos foram realizados em pontos ao norte e ao Sul e na área central do Parque Nacional de Anavilhanas com parceria de diversas instituições de pesquisa: UEA, UFAM, INPA e ICMBio. Realizou-se três (3) conjuntos de medições de vazão, a primeira no mês de novembro de 2013 no período de águas baixas do Rio Negro, a segunda em março de 2014 no nível médio do Rio Negro e a terceira no mês de Junho de 2014 em águas altas.

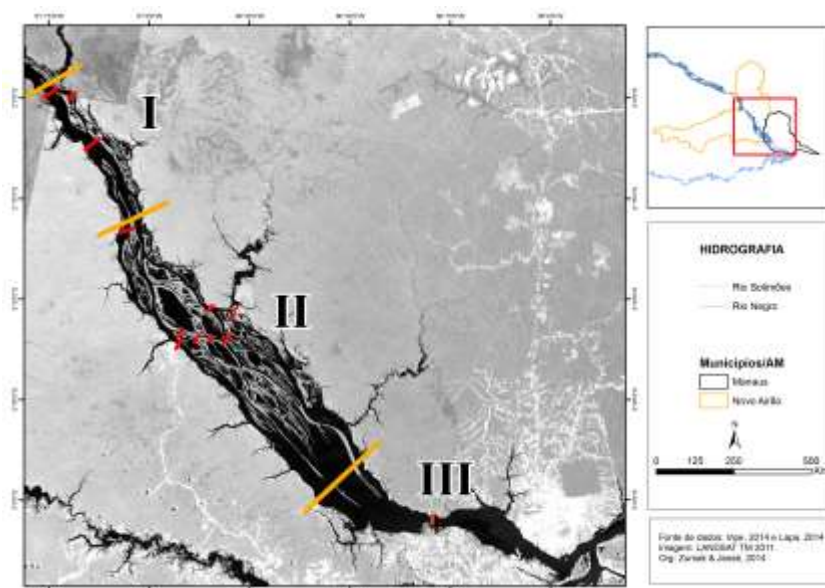


Fig. 3 – Local das medições de vazão.
Org.: Jessé Maciel e André Zumak

3.2.2 Dados fluviométricos

Realizou-se ainda a instalação de uma seção de réguas linimétricas (Figura 4) a qual foi montada em moirões de madeira de dois metros de comprimento fixadas no solo nas quais foram fixadas escala graduada de alumínio fornecidas pelo Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais (CPRM). Estas foram instaladas na margem esquerda do Rio Negro em frente a cidade de Novo Airão, que corresponde à seção transversal de medição de vazão de número 5, na coordenada geográfica de 2° 8.027400' S / 61° 9.834117' W. Dessa forma, a estrutura permitiu a medição de nível do rio diariamente por um observador *in locu*, em dois momentos do dia, a primeira às 7h e posteriormente às 17h, seguindo as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM) em seu Guia de práticas hidrológicas (1994). Utilizou-se GPS de precisão Trimble R4 e nível topográfico para a sua fixação.



Fig. 4 – A: Réguas Linimétricas (cota baixa do Rio Negro); **B:** Ultima Régua (cota alta do Rio Negro). **Fotos:** André Zumak

Utilizou-se também de dados secundários obtidos junto à Agência Nacional das Águas (ANA) e ao ORE-HYBAM (www.ore-hybam.org). Respectivamente, os dados primários e secundários foram utilizados para caracterizar a entrada e saída de água na região do Arquipélago, auxiliando a identificar a variabilidade local do regime fluviométricos e a geometria do canal que responde a esse regime, visto que, gera uma paisagem hidrogeomorfológica característica e especial no interior do arquipélago.

Adotou-se as etapas descritas na Figura 5 para coletar dados e realizar os respectivos tratamentos.

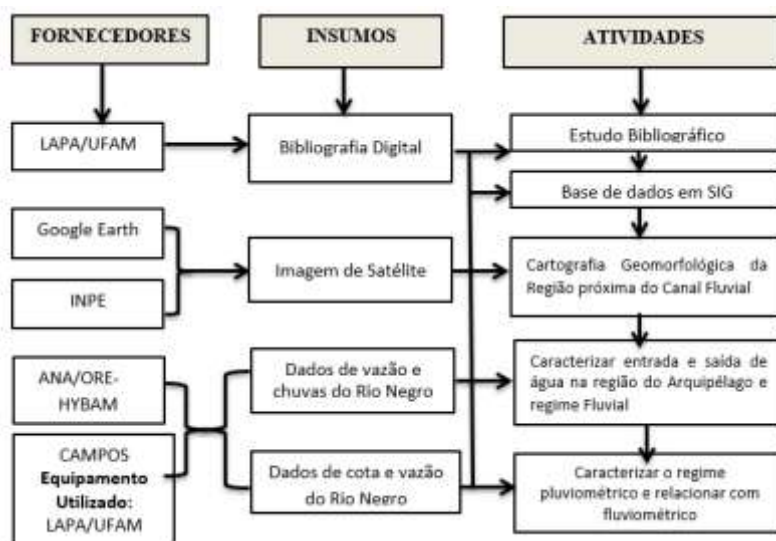


Fig. 5 - Fluxograma dos processos para realização da pesquisa.
Org.: Jessé Maciel

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterizações da entrada e saída de água no Arquipélago de Anavilhanas

Para compreender o funcionamento do sistema fluvial do Arquipélago de Anavilhanas, é necessário destacar que os rios são alimentados em sua grande maioria pelas águas que proveem das chuvas, essa é a forma mais visível de escoamento da bacia hidrográfica, a qual faz parte do ciclo hidrológico. A vazão de um rio varia tanto no tempo como no espaço, fenômeno que se dá dentro de um ano civil (janeiro a dezembro) ou um ano hidrológico (ciclo de vazante-cheia-vazante) (FIGLIUOLO et al, 2011).

Em se tratando do Rio Negro, Molinier et al (1995 apud Filizola et al 2009) afirmam que seu regime hidrológico é do tipo equatorial, apresentando dois picos máximos de descarga durante o ano. O primeiro pico geralmente é fraco e de baixa amplitude, acontece dentro dos três primeiros meses do ano, nem sempre ocorrendo. O segundo pico é maior, normalmente ocorre nos meses de maio a julho e está relacionado ao período de inundação.

Esse fenômeno foi observado em Novo Airão, conforme visto no gráfico 1, ocorrendo apenas um pico de descarga no mês de maio/2014.

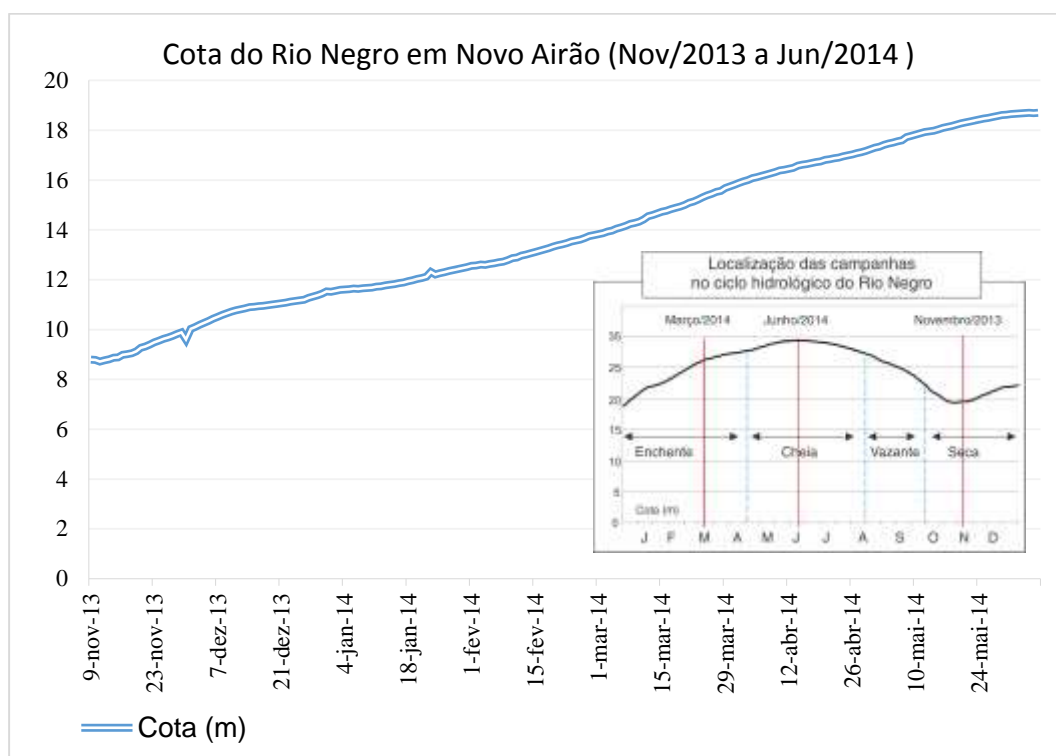


Gráfico 1 – Cota do Rio Negro em Novo Airão. **Org.:** Jessé Maciel

4.2 Geomorfologia Fluvial do Arquipélago de Anavilhanas

A geomorfologia fluvial é importante para mostrar os processos de erosão e deposição resultantes do escoamento da água em canais fluviais, o que pode ser intuitivo a partir das formas derivadas daqueles processos. Desta forma é possível fazer deduções dos processos que deram origem ao canal fluvial, os quais respectivamente se ajustam a dois aspectos importantes, isto é, à hidrologia da bacia de drenagem, que controla a vazão sólida e líquida que escoam em um dado segmento de rio; à geologia da bacia (litologia e arcabouço estrutural) (NOVO, 2008).

As características geomorfológicas do Arquipélago de Anavilhanas são explicadas por Silva e Rossetti (2009) que afirmam que resultam de relação de processos de sedimentação e fenômenos tectônicos. Afirmam ainda, que o Rio Negro tem seu canal fluvial correndo em uma zona de falha normal, essa estrutura geológica forma grábens (áreas de depressão), que são locais da atual

sedimentação, onde o percurso se dá por cerca de 70 km em linha reta, provocando o controle das duas margens do rio.

De acordo com os estudos de Latrubesse e Franzinelli (2005) as ilhas de Anavilhanas são compostas por sedimentos finos e cobertas por vegetação. No período de águas altas, grande parte das ilhas ficam submersas, no entanto, a vegetação de igapó é visível acima da água, em águas baixas pode-se observar a presença de bancos de areia de grandes dimensões.

Aqueles autores afirmam, ainda, que existe um padrão no formato das ilhas. A jusante elas se apresentam curtas e compactas, com grandes lagos arredondados na porção proximal, variando para pequenas pontas na porção distal. Do centro das ilhas para montante elas se apresentam com caudas longas e geralmente abertas no final (Figura 6).

As ilhas de Anavilhanas tem características geomorfológicas diversas, como tipologias de canais, ilhas, lagos e áreas de “águas mortas” (Latrubesse e Franzinelli, 2005).

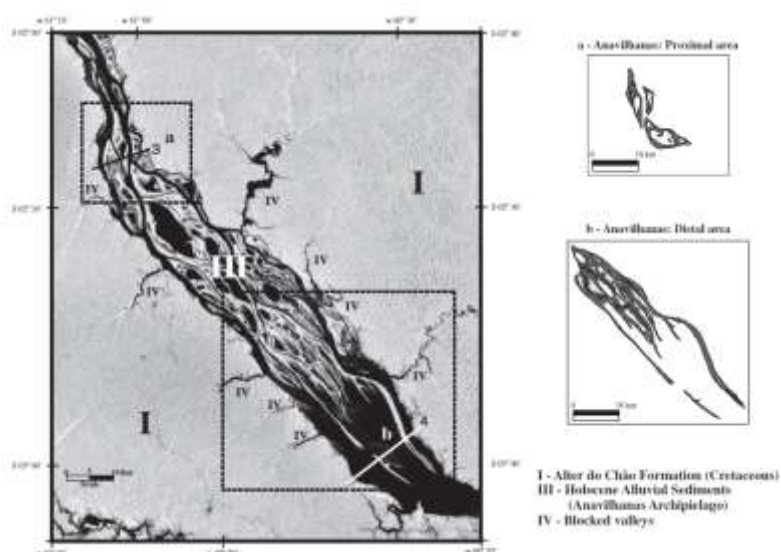


Fig. 6 - Principais elementos geomorfológicos do arquipélago de Anavilhanas segundo a análise de Latrubesse e Franzinelli (2005).

Estas ilhas apresentam o padrão de canal “anabanching”, canais múltiplos separados por ilhas e que permanecem invariavelmente e independente do período do ciclo hidrológico (Figura 7). No entanto, a literatura nem sempre abordou dessa forma. Tradicionalmente a região do baixo curso do

Rio Negro era tido como um canal anastomosado decorrente de “uma multiplicidade de canais com ilhas vegetadas” (ALVES, 2013).

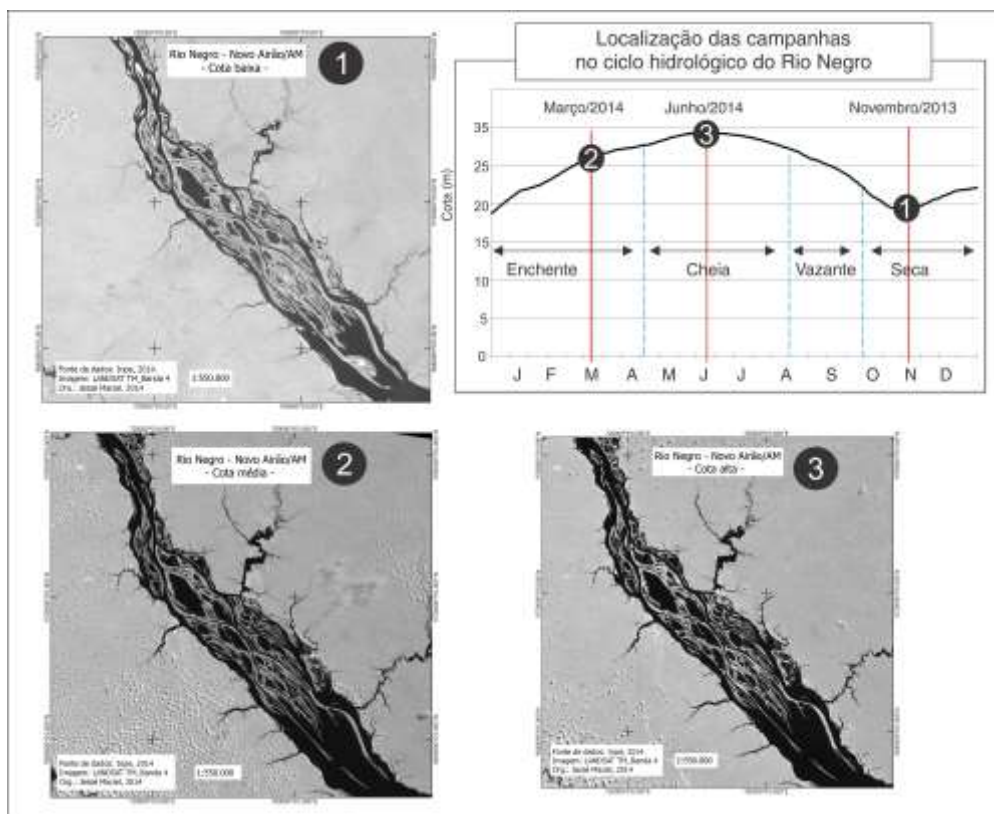


Fig. 7 – Ilhas permanentes nos três períodos do ciclo hidrológico.
Org.: Jessé Maciel.

Portanto, os canais do Arquipélago de Anavilhanas não se alteram, mesmo com a variação do nível do Rio Negro. Isto foi constatado com a observação de imagens LANDSAT-5, banda 4, para os 3 períodos do ciclo correspondente aos períodos dos levantamentos de campo realizados no estudo.

No estudo realizado por Silva e Rossetti (2009) e Latrubesse e Franzinelli (2005) as ilhas são formadas por diques que resultam da deposição de sedimentos carregados pelo rio, essa estrutura contribui para a formação dos lagos, visto que, a um aprisionamento de água neste sistema. Na parte baixa do dique que é parcialmente fechada forma-se áreas de água morta.

Para a caracterização hidrogeomorfológica do canal do Rio Negro, optou-se didaticamente por dividi-lo em três trechos (Figura 9). De forma geral o Arquipélago de Anavilhanas apresenta padrões e formas muito diferentes. Esses padrões refletem o ajustamento do rio ao tipo, tamanho e volume da carga de

sedimentos que ele transporta, dada sua vazão (NOVO, 2008). A análise do canal fluvial de Anavilhanas permite entender suas características, seus processos e compreender como o volume de água se distribui dentro das ilhas. No entanto, no trecho em questão é possível diferenciar 3 áreas bem distintas tendo-se por base algumas características geomorfológicas e identificáveis a partir de uma análise simples de imagens de satélite (Figura 8). Para tanto utilizou-se de imagens LANDSAT-5, banda 4, obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O critério mínimo utilizado para a separação dos trechos ou domínios foi obtido por comparação, onde parâmetros como linearidade do canal principal e dos múltiplos canais interiores, existência de múltiplos canais interiores ao canal principal, quantidade de ilhas por trecho, largura do canal principal, dentre outros que são detalhados a seguir.

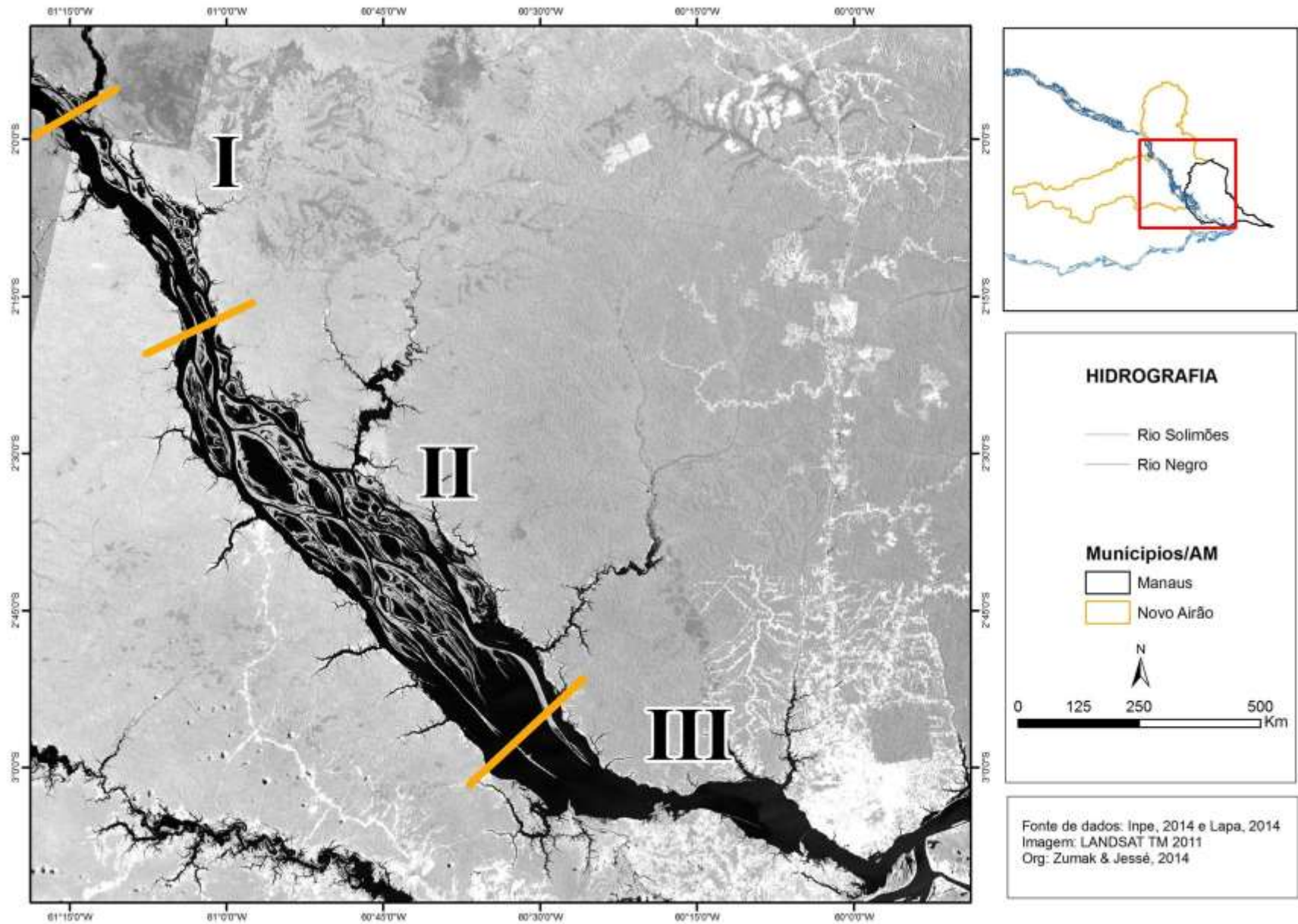


Fig. 8 – Divisão do canal do Rio Negro em trechos.
Org.: André Zumak e Jessé Maciel.

Nesta perspectiva, o trecho I é estreito, apresentando poucas ilhas, estas são curtas e estão concentradas na margem esquerda. O trecho II apresenta características diferentes da I, dada sua complexidade de multicanais. Assim sendo, o trecho II é a parte mais larga e complexa do canal do Rio Negro ramificando-se em centenas de igarapés, paranás e lagos, os canais deste trecho estão interconectados, de forma a distribuir a vazão (m³/s) do volume de água que entra no sistema. No trecho III, o canal se torna mais estreito, poucas ilhas e estas são mais alongadas e retilíneas.

O padrão descrito no parágrafo anterior contribui para compreensão de como o volume hídrico se distribui pelas ilhas. Tomou-se como base os dados de vazão (Tabela 1) coletados em campo nos três períodos do ciclo hidrológico do Rio Negro.

Medição	Campanha 2 - Março 2014 (Enchente)				Campanha 3 - Junho 2014 (Águas altas)				Campanha 1 - Novembro 2013 (Águas baixas)			
	Data	Largura (m)	Vazão (m ³ /s)	V (m/s)	Data	Largura (m)	Vazão (m ³ /s)	V (m/s)	Data	Largura (m)	Vazão (m ³ /s)	V (m/s)
Q1 (Trecho I)	16/03/2014	2.568	13.627	0.291	08/06/2014	2.655	39.904	0.673	09/11/2013	2.568	18.449	0.541
Q2 (Trecho I)	16/03/2014	1.142	3.540	0.242	08/06/2014	1.187	8.680	0.449	09/11/2013	1.139	4.271	0.518
Q3 (Trecho I)	16/03/2014	3.526	15.817	0.263	08/06/2014	3.586	42.142	0.557	09/11/2013	3.552	17.930	0.459
Q4 (Trecho II)	16/03/2014	1.904	6.241	0.227	08/06/2014	1.873	17.682	0.153	09/11/2013	1.825	6.213	0.386
Q5 (Trecho II)	15/03/2014	1.294	7.331	0.277	07/06/2014	1.278	18.099	0.577	10/11/2013	1.251	8.435	0.445
Q6 (Trecho II)	15/03/2014	432	1.168	0.214	07/06/2014	429	2.362	0.333	10/11/2013	421	763	0.277
Q7 (Trecho II)	15/03/2014	390	801	0.184	07/06/2014	564	2.458	0.303	10/11/2013	256	561	0.287
Q8 (Trecho II)	15/03/2014	427	1.001	0.163	07/06/2014	354	2.462	0.325	10/11/2013	361	738	0.181
Q9 (Trecho II)	15/03/2014	2.017	4.067	0.174	07/06/2014	1.912	13.540	0.363	10/11/2013	1.975	5.849	0.324
Q10 (Trecho II)	16/03/2014	1.226	7.705	0.255	07/06/2014	1.192	18.654	0.549	10/11/2013	1.164	9.776	0.458
Q11 (Trecho II)	16/03/2014	731	3.039	0.232	07/06/2014	586	5.958	0.438	10/11/2013	591	4.053	0.48
Q12 (Trecho II)	16/03/2014	260	517	0.156	07/06/2014	228	1.534	0.320	10/11/2013	247	644	0.408
Q13 (Trecho III)	14/03/2014	2.577	16.588	0.185	16/06/2014	2.973	49.722	0.496	21/11/2013	2.029	21.945	0.295

Tabela 1 - Resultados das medições de descarga líquida (m³/s) e velocidade média (m/s).

Neste sentido, para compreender como o volume hídrico se distribui dentro das ilhas, elaborou-se um esquema que deixa claro como ocorre essa distribuição nos diferentes períodos do ciclo hidrológico (Figura 9).

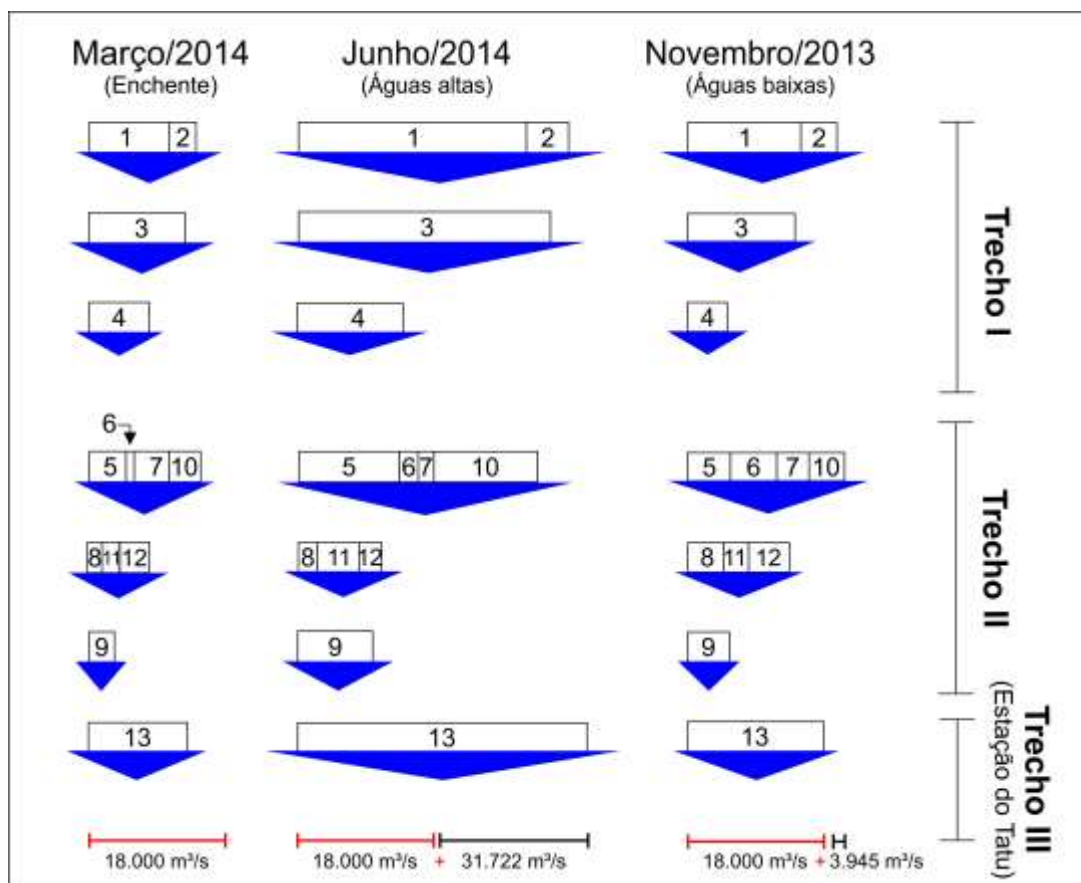


Fig. 9 - Distribuição do volume hídrico nos diferentes períodos do ciclo hidrológico.
Org.: Jessé Maciel

Vale ressaltar que a vazão do rio é uma grandeza conservativa. Ou seja, o volume de água a montante do arquipélago (trecho I) deve ser aproximadamente o mesmo daquele medido no trecho III (a jusante). Eventuais diferenças podem ser atribuídas ao erro no processo de medição (que deve ser pequeno), a contribuições de pequenos igarapés ou ainda retenção de água em lagos. Para o caso desta diferença situar-se em valores inferiores a 10%, se pode considerar como um sistema fechado no que diz respeito à manutenção do volume. Este critério é importante para se ter noção do papel do arquipélago na retenção de água nos diferentes períodos do ano, funcionando como um sistema de arrefecimento a eventos extremos.

É importante lembrar que, as campanhas foram localizadas no ciclo hidrológico do Rio Negro/2013-2014. Face ao acima descrito observa-se dos resultados encontrados:

- No período de enchimento, precisamente no mês de março/2014 foi registrado uma perda de volume hídrico de pouco mais de 3%, ou seja,

$Q_1+Q_2=17.167 \text{ m}^3$ que representa a quantidade de água que entra no arquipélago. No entanto, o volume registrado em Q_{13} foi 16.588 m^3 . A explicação para essa perda possivelmente foi o aprisionamento do volume hídrico em lagos e igarapés.

- No período de águas altas, precisamente no mês de junho/2014 foi registrado em Q_1+Q_2 o volume de 48.584 m^3 de água. Saindo em Q_{13} 49.722 m^3 , isso significa um aumento de pouco mais de 2%. A explicação seria que o nível do Rio Negro alcançou o nível da água que estava em residência nos lagos e igarapés, somando-se ainda a contribuição de água que vem de pequenos canais laterais.

- No período de águas baixas, no mês de novembro/2013, ocorreu o mesmo fato do período de enchente no mês de março/2014. Registrando-se em Q_1+Q_2 a quantidade de 22.720 m^3 . E em Q_{13} a quantidade de 21.945 m^3 , representando uma perda de 3%.

A jusante o rio tem velocidade muito inferior que a montante, motivado pelo efeito de barramento hidráulico pelo Rio Solimões (Franzinelli, 2011). Em se tratando de velocidade, determinados trechos no período de águas altas apresentaram um pequeno aumento na velocidade, também motivado pela saída de água acumulada nos lagos e igarapés ou ainda pela constrição local dos canais gerando um aumento do fluxo, compensando a redução da largura do rio, localmente.

Dando destaque para os dados de vazão coletados em campo, observou-se que o Rio Negro apresenta outro comportamento diferente em parte do seu regime hidrológico. No período de enchente (março/2014) o Rio Negro apresentou uma vazão baixa. Enquanto no período anterior, de águas baixas (novembro/2013) a vazão foi maior. Posteriormente, na cheia (junho/2014) a vazão ganhou maior dimensão que nos dois períodos. Segundo Filizola et al. (2009) esse fenômeno se deve ao fato de o Rio Negro ser controlado pelo Rio Solimões.

4.3 Variações da geomorfologia dos canais da região do estudo

Os dados coletados com o Correntômetro Acústico de Efeito Doppler (ADCP) também permitiram identificar as características da geomorfologia (Figura 10) dos canais do Arquipélago de Anavilhanas. Por meio do software WinRiver foi possível gerar gráficos que nos mostram como consisti o fundo dos canais. Para isto, foram utilizados dados da última campanha, realizada no período de águas altas.

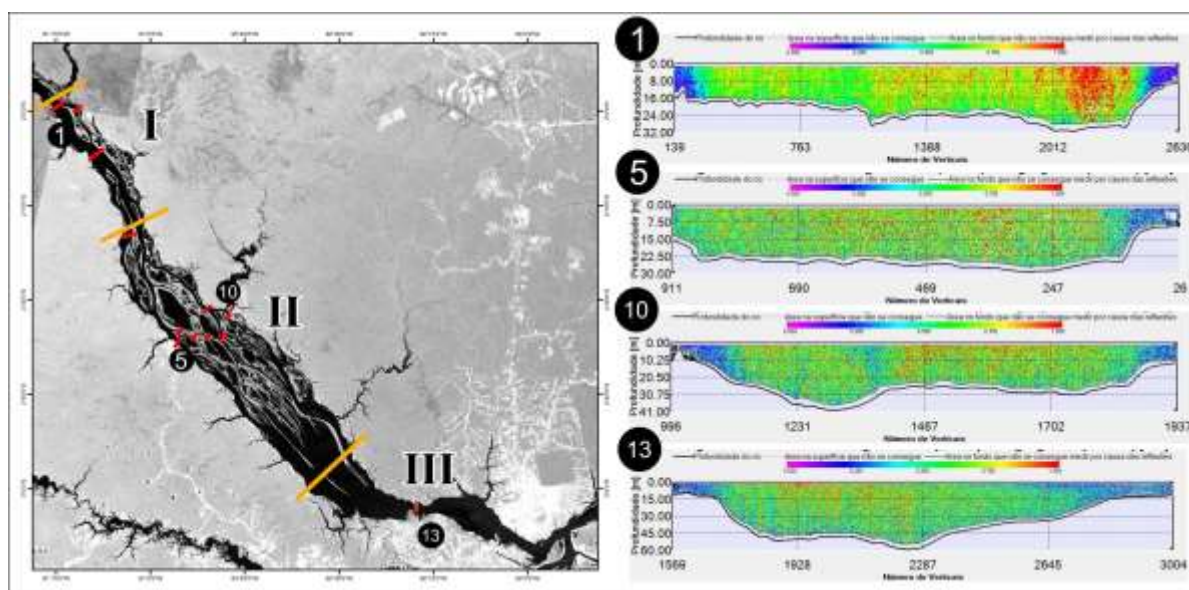


Fig. 10 – Esquema do fundo dos canais principais do Arquipélago de Anavilhanas.
Org.: Jessé Maciel

No trecho I, precisamente na seção transversal 1 o canal do Rio Negro apresenta profundidade máxima de 32 m e velocidade média de 0.673 m/s. É neste ponto que entra a maior parte do volume hídrico no Arquipélago de Anavilhanas.

No trecho II, a parte central do Arquipélago de Anavilhanas e a mais complexa, encontra-se as seções transversais 5 e 10. A seção 5 encontra-se na margem direita do Rio negro, apresentando profundidade máxima de 30 m e velocidade média de 0.577 m/s. A seção 10 encontra-se na margem esquerda apresentando profundidade de 41 m e velocidade média de 0.549 m/s.

No trecho III, encontra-se a seção transversal 13, a parte final do arquipélago a qual estreita-se em relação ao trecho II. A seção 13 apresenta profundidade de 60 m e velocidade de 0.496 m/s.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do padrão hidro-geomorfológico do Arquipélago de Anavilhanas foi possível graças a utilização dos dados coletados em campo, situados dentro do ciclo hidrológico do Rio Negro/2013-2014 e também de dados secundários de instituições de pesquisa, entre estas ANA, ORE-HYBAM e INPE.

Os resultados mostram que, o regime hidrológico do Rio Negro e a geomorfologia dos canais são de suma importância para o entendimento de como o volume hídrico se distribui dentro das ilhas do Arquipélago de Anavilhanas. Desta forma o padrão hidro-geomorfológico desta região pode ser determinado como descrito abaixo de forma qualitativa, segundo os três trechos utilizados:

- I. Canal retilíneo a montante (Trecho I) com poucas ilhas/barras de canal situadas mais à margem esquerda. Seção transversal típica apresentando geometria trapezoidal invertida com maior velocidade à margem esquerda da seção, onde também se encontra a parte mais profunda do canal.
- II. Canal com padrão anabranching no Trecho II, grande ocorrência de ilhas com lagos interiores. Seção transversal típica à margem direita menos profunda e mais regular (forma retangular) do que a da margem esquerda. Velocidades mais difusas que na seção de montante. À margem esquerda têm-se seção transversal com uma geometria variável na forma de “V” variando para fundo plano e retangular. Profundidade variável em relação à da margem direita, porém quando na parte mais profunda, esta se mostrou maior do que a seção do canal da margem direita. Velocidades difusa, porém tendendo a serem mais fortes na margem esquerda.
- III. Canal no Trecho III retornando a uma situação de quase retilinearidade, poucas ilhas e apresentando estreitamento antes de alcançar a área fortemente e hidraulicamente mais impactada pelo efeito do barramento hidráulico do Rio Solimões sobre o Rio Negro (lago de Ria). Trecho mais profundo face ao estreitamento onde a restrição do canal é compensada por um aumento na profundidade para que seja mantido a vazão média resultado do somatório das vazões dos canais do trecho II..

Os elementos acima destacados são componentes importantes, porém ainda preliminares. Já permitem, no entanto, avaliar uma situação de base ou de referência que poderá ser utilizada como subsídio nos estudos do grupo IHESA no sentido de caracterizar o transporte de água e sedimentos na região do Parque Nacional de Anavilhanas. Esta caracterização será importante elemento de comparação com os futuros estudos de viabilidade técnica e de impacto ambiental que deverão ser conduzidos no escopo do Projeto da UHE Bem Querer, proposto para o Rio Branco, cuja foz situa-se logo a montante do arquipélago. Uma modelagem hidrológica de possíveis alterações no regime do Rio Branco, com a construção da UHE (Impacto hidrológico) poderá ser realizada e por sua vez simular os efeitos destas alterações com os resultados aqui apresentados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Inventário das estações fluviométricas**. 2 ed. - Brasília: ANA; SGH, 2009.

COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO (CTC) – **Parque Nacional de Anavilhanas (PBA)**. Instituto de pesquisas ecológicas, Manaus, 2013.

FIGLIUOLO, Guilherme Cordeiro. SILVA, Joecila Santos da. CALMANT, Stéphane. SEYLER, Frédérique. **Caracterização da variabilidade espacial e sazonal do regime hidrológico da bacia do Rio Negro com aplicação de altimetria espacial**. Disponível em: http://www.abrh.org.br/sqcv3/UserFiles/Sumarios/431ddfb5decc57825047c8237bf65627_db78a3867c1b7cd1a50d003901b8c164.pdf. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió-AL, 2011.

FILHO, Raimundo Almeida; MIRANDA, Fernando P. **Mega capture of the Rio Negro and formation of the Anavilhanas Archipelago, Central Amazônia, Brazil: Evidences in an SRTM digital elevation model**. Remote Sensing of Environment, 2007.

FILIZOLA, N.; SPÍNOLA, N.; ARRUDA, W.; SEYLER, F.; CALMANT, S.; SILVA, J. **The Rio Negro and Rio Solimões confluence point – hydrometric observations during the 2006/2007 cycle**. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RECM 2009 – Vionnet et al. (eds) Taylor & Francis Group, London, 2009.

FILIZOLA, Naziano et al. **Caracterização hidrológica da Bacia Amazônica**. In: Rivas, A. & Freitas, C.E. de C. Amazônia uma perspectiva interdisciplinar. 2002. Ed. EDUA, pp.33-53, Manaus, Brasil.

FILIZOLA, Naziano. **Transfert sédimentaire actuel par les fleuves amazoniens** le 12/2003. *Toulouse*.

FONSECA, Vandrê. **Hidrelétrica do Bem Querer: grande lago, pouca energia**. Manaus, 05 ago 2013. Disponível em <http://www.oeco.org.br/reportagens/274_46-hidreletrica-do-bem-querer-grande-lago-pouca-energia>. Acesso em 06/11/ 2013.

FRANZINELLI, Elena; IGREJA, Hailton. **Modern sedimentation in the Lower Negro River, Amazonas State, Brazil. Geomorphology**. Volume 44, Issues 3–4, 1 May 2002.

Latrubesse, E.M.; Stevaux, J.C. e Sinha, R/Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6, Nº 1 (2005) 01-18.

LATRUBESSE, Edgardo M.; FRANZINELLI, Elena. **The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and**

floodplain formation in large anabranching tropical systems. Elsevier, 2005

LATRUBESSE, Edgardo M.; FRANZINELLI, Elena. **The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical systems.** Elsevier, 2005.

LEENHEER J.A., MENEZES SANTOS U., 1980. "Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central)", *Acta Amazônica*, v. 10, n. 2, pp. 343-355.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, **Secretaria de Recursos Hídricos.** Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, **Secretaria de Recursos Hídricos.** Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. Brasília, 2006.

NOVO, Evelyn Márcia L. de M. **Ambientes Fluviais.** In Florenzano, Teresa Gallotti (Org). *Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais.* São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

PIEIDADE M.T.F.; JUNK W.J. ; Adis J. ; PAROLIN P. **Ecologia, Zonação e Colonização da Vegetação Arbórea das Ilhas Anavilhanas.** Disponível em < <http://www.anchietano.unisinos.br/publicacoes/botanica/botanica56/a05.pdf> > cesso em 10/03/2013.

SILVA, Clauzionor Lima da and ROSSETTI, Dilce de Fátima. **História geológica dos rios da Amazônia.** *Cienc. Cult.* [online]. 2009, vol.61, n.3, pp. 24-26. ISSN 2317-6660.

SILVA. Joecila Santos da; **Altimetria Espacial Aplicada aos Estudos de Processos Hídricos em Zonas Úmidas da Bacia Amazônica.** (Tese de doutorado). Março/2010. Rio de Janeiro.

SILVA. Joecila Santos da; **Altimetria Espacial Aplicada aos Estudos de Processos Hídricos em Zonas Úmidas da Bacia Amazônica.** (Tese de doutorado). Março/2010. Rio de Janeiro.

WMO. **Guide to Hydrologic practices.** WMO pub. N° 168, 5º Ed., Geneva, 1994.