

## O PROJETO HIDROGEOS-NEGRO NO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS, NOVO AIRÃO (AM): RESULTADOS INICIAIS

### The HIDROGEOS-NEGRO Project in Anavilhanas Archipelago, Novo Airão (AM): initial results

Rogério Ribeiro Marinho  
Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente do Instituto de Pesquisa da Amazônia e  
Universidade do Estado do Amazonas.  
[rogeo@ufam.edu.br](mailto:rogeo@ufam.edu.br)

Wagner Picanço Moreira  
Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas- UFAM.  
[wagnermoreirax@hotmail.com](mailto:wagnermoreirax@hotmail.com)

Naziano Pantoja Filizola Júnior  
Departamento de Geociências da Universidade Federal do Amazonas- UFAM.  
[nazianofilizola@ufam.edu.br](mailto:nazianofilizola@ufam.edu.br)

Tereza Cristina Souza de Oliveira  
Departamento de Química da Universidade Federal do Amazonas- UFAM.  
[terezacristina@ufam.edu.br](mailto:terezacristina@ufam.edu.br)

**RESUMO:** Informações sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos são essenciais para a gestão ambiental e melhor tomada de decisão. Neste trabalho apresentamos o conjunto de dados adquiridos pelo projeto de pesquisa HIDROGEOS-NEGRO, que tem como foco investigar a variação espacial e temporal dos fluxos de água e matéria transportada nos canais do arquipélago de Anavilhanas. Durante o ano hidrológico 2016-2017 foram executadas sete excursões de campo para aquisição de dados num trecho de 200 km do baixo rio Negro. Neste período foram realizadas 70 medições hidrológicas, 151 aquisições de dados radiométricos, coleta de 439 amostras de sedimentos em suspensão, 90 de carbono orgânico dissolvido e 105 dados limnológicos. A descarga líquida média variou de 1.044 a 13.399 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> nos canais dentro do arquipélago, com fluxo de água escoando em velocidade muito baixa (0,26 a 0,57 m s<sup>-1</sup>). Parâmetros físico-químicos da água do rio Negro destacam o ambiente de baixo pH (4,88), elevada temperatura (30,25 ° C), grande quantidade de material orgânico dissolvido (9,52 mg L<sup>-1</sup>) e baixa concentração de sedimentos em suspensão (3,06 mg L<sup>-1</sup>) em Anavilhanas. Este conjunto de dados servirá de linha de base para comparação com os estudos de avaliação de impacto de grandes obras de infraestrutura planejadas na bacia do rio Branco, bem como suporte ao monitoramento ambiental e tomada de decisão para gestão do Mosaico de Áreas Protegidas do baixo rio Negro.

**Palavras-chave:** Hidrologia; Qualidade da água; Rio Negro; Amazônia.

**ABSTRACT:** Information about the quality and quantity of water resources is essential for environmental management and better decision-making. This paper presents the data set acquired by the HIDROGEOS-NEGRO Project. The objective of this project was investigated the spatial and temporal variation of the water and material flows transported in the channels of the Anavilhanas archipelago. During the 2016-2017 hydrological year, seven field trips were carried out for data acquisition in a 200 km stretch of the lower Negro river. During this period, 70 hydrological measurements, 151 radiometric data acquisitions, 439 samples of suspended sediments, 90 dissolved organic carbon and 105 limnological data were collected. The water discharge ranged from 1.044 to 13.399 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> in the Anavilhanas channels, with water flow flowing at very low velocity (0,26 a 0,57 m s<sup>-1</sup>). The physical-chemical parameters of the Negro river stand out in the environment of low pH (4,90), high temperature (30,25 °C), high dissolved organic matter (9.52 mg L<sup>-1</sup>) and low concentration of suspended sediment (3,06 mg L<sup>-1</sup>) in Anavilhanas. This data set will serve as a baseline for comparison with studies of impact

evaluation of hydropower dams planned for the Branco river, as well as support for environmental monitoring and decision-making for management of the Mosaic of Protected Areas of the Lower Rio Negro.

**Keywords:** Hydrology; Water quality; Negro river, Amazon.

## INTRODUÇÃO

Os maiores arquipélagos fluviais da bacia Amazônica, Anavilhanas e Mariuá, estão localizados na bacia do rio Negro, o segundo maior tributário em volume de água para o rio Amazonas. Estes arquipélagos contribuem para a existência e manutenção do maior ecossistema de igapó da bacia Amazônica, e atualmente o maior sítio Ramsar regional junto à convenção sobre zonas úmidas de importância internacional (RSIS, 2019). Áreas de igapós, como as localizadas no arquipélago de Anavilhanas, são altamente sensíveis a possíveis modificações do ciclo hidrológico ocasionadas por mudanças climáticas ou represamento do rio para aproveitamentos hidroelétricos (JUNK et al., 2015).

Estudos hidrológicos desenvolvidos no complexo fluvial de Anavilhanas (FILIZOLA, 2014 e MACIEL, 2016) indicaram a necessidade de um entendimento mais detalhado sobre a variabilidade hidrológica em seus canais, compreensão da influência de eventos climáticos extremos que estão ocorrendo com maior frequência na Amazônia (ESPINOZA et al., 2009; MARENGO et al., 2011) e frente aos impactos socioambientais ocasionados com a construção de usinas hidrelétricas (UHE) planejadas nesta bacia, como o caso da UHE Bem Querer no rio Branco (EPE, 2018), principal tributário de água e sedimentos em suspensão para o rio Negro.

As lacunas identificadas em estudos precedentes motivaram o desenvolvimento inicial da proposta que originou o projeto de pesquisa HIDROGEOS-NEGRO (Hidrologia e Sensoriamento Remoto no rio Negro). O foco desta iniciativa é, portanto, investigar a variação espacial e temporal dos fluxos de água e matéria transportada nos canais do arquipélago de Anavilhanas. Este projeto apoia-se em uma rede de colaboração e cooperação com instituições nacionais<sup>1</sup> e internacional<sup>2</sup>, com suporte nas atividades realizadas pelo grupo de pesquisas Hidrossistemas e o Homem na Amazônia (H2A), da Universidade Federal do Amazonas e seus laboratórios.

As expedições de campo constituem-se em eventos únicos para a coleta de dados, e com a produção de novas descobertas científicas. O sucesso desta etapa depende fundamentalmente da estratégia de amostragem espacial e temporal, a qual deve ser cuidadosamente planejada. Assim, este trabalho apresenta o processo de coleta de dados e os resultados HIDROGEOS-NEGRO no arquipélago de Anavilhanas. Busca também contribuir para a discussão da importância de viabilizar coletas de dados em campo na Amazônia para produção de conhecimento a respeito dos recursos hídricos. Em especial, sabendo-se das exigências em vultosos recursos humanos capacitados

---

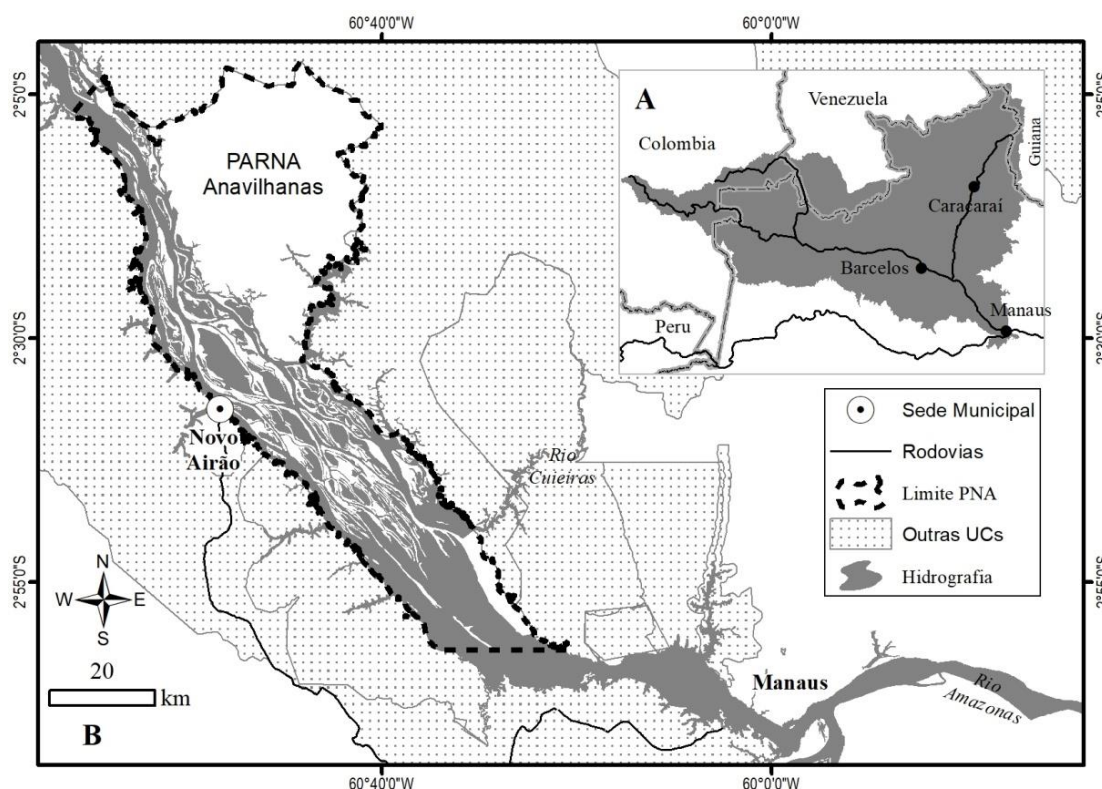
<sup>1</sup> Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

<sup>2</sup> Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento (IRD).

e de recursos financeiros para realizá-las. Estes fatores atuam como limitantes quanto à aquisição de dados com boa cobertura espacial e temporal.

## PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS (PNA)

O PNA é uma unidade de conservação federal, criada inicialmente como Estação Ecológica em 1981, com o objetivo preservar o arquipélago fluvial de Anavilhanas e suas diversas formações florestais. Encontrar-se sob a administração do ICMBio, que em conjunto com outras instituições desenvolvem ações de gestão a partir da sede do parque, na cidade de Novo Airão. O PNA localiza-se no baixo curso do rio Negro (Figura 1), 40 km a montante da cidade de Manaus e faz parte do Mosaico de Áreas Protegidas do Baixo Rio Negro (Brasil, 2010), uma região cercada por várias unidades de conservação e pela terra indígena Waimiri-Atroari.



**Figura 1.** A) Localização da bacia do rio Negro. B) Parque Nacional de Anavilhanas.

**Fonte:** Autores, 2019.

O PNA é destinado à realização de pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e turismo ecológico (Brasil, 2000). O PNA também é sítio da convenção Ramsar, Patrimônio Natural da Humanidade e Reserva da Biosfera pela UNESCO, e umas das unidades de conservação federais prioritárias para estruturação da visitação por parte do ICMBio.

Com uma área de drenagem de 712.000 km<sup>2</sup> a bacia do rio Negro é um complexo fluvial singular na faixa tropical do planeta, com atributos naturais únicos sobre

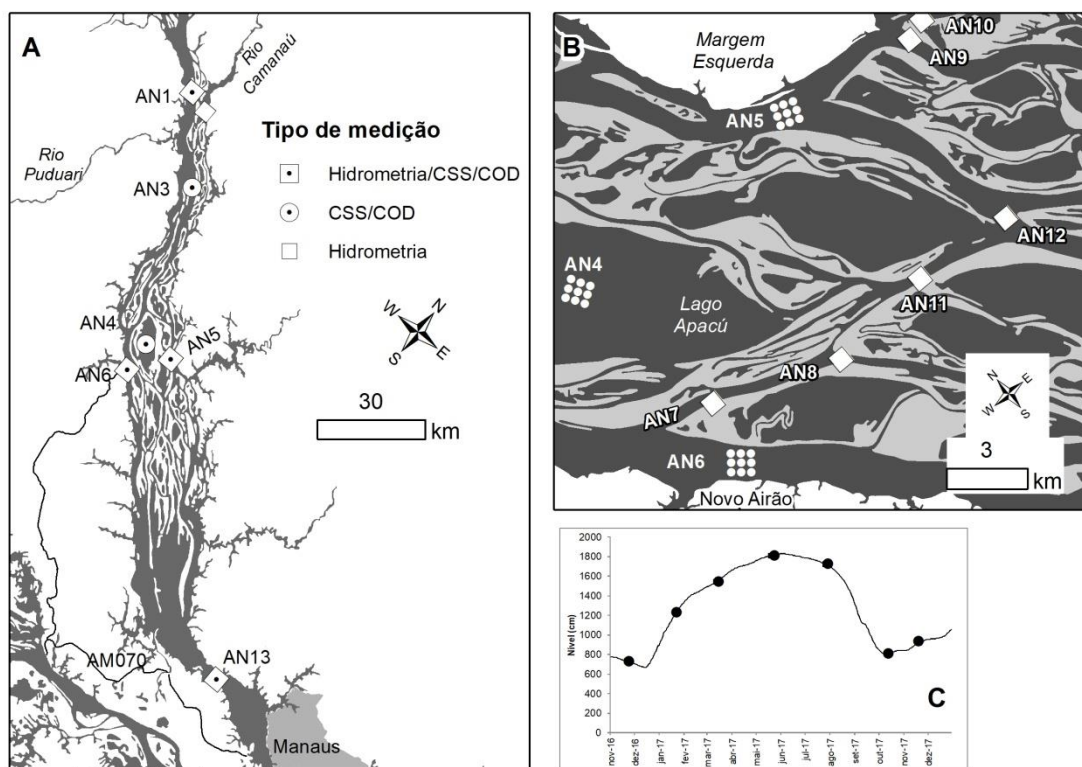
extensas paisagens alagadas. A dinâmica temporal das águas em Anavilhanas produz anualmente variações significativas na paisagem devido à variabilidade do nível do rio Negro entre fase de águas alta e baixa. Este padrão de variação do nível do rio é responsável por desencadear diversos processos ecológicos e biogeoquímicos, circulação da água entre rios, lagos e planícies, bem como no desenvolvimento de atividades socioeconômicas da população local (SCHÖNGART e JUNK, 2007).

O PNA possui um mosaico de vegetações com presença da floresta ombrófila densa, igapó, campina, campinarana e chavascal. Com uma área superior a 350.000 hectares, a parte fluvial do PNA possui mais de 100 km de extensão e até 20 km de largura na região central. A porção de terra firme representa 40% desta área. Centenas de lagos nos formatos de elipse e irregulares compõem a paisagem de Anavilhanas. Localmente os pequenos canais são denominados de paranás, e os furos são pequenos canais estreitos que fazem a conexão entre lagos e paranás com o canal principal (ALVES, 2013).

O acesso ao PNA pode ser realizado por via fluvial a partir de Manaus, em lanchas rápidas ou barcos regionais com deslocamento até a cidade de Novo Airão que dura de 3 a 9 horas. A sede do parque em Novo Airão também pode ser acessada por via terrestre num percurso de 195 km nas rodovias AM-070 e AM-352, com duração média de 3 horas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Canais e paranás no interior do arquipélago, bem como locais situados a montante e a jusante de Anavilhanas estabeleceram-se como pontos amostrais no contexto deste projeto (Figura 2-A). A montante, duas seções foram selecionadas para coleta de amostras de água (AN1 e AN3) e duas seções para medições hidrométricas (AN1 e AN2). No interior de Anavilhanas selecionaram-se nove seções: no lago Apacú (AN4), nos canais das margens esquerda (AN5) e direita (AN6), e nos paranás (AN7 a AN12). A seção AN13 localiza-se a jusante do arquipélago. Esta corresponde ao estreito de Paricatuba próximo de Manaus, onde se encontra a estação hidrométrica da rede nacional gerenciada pela Agência Nacional de Águas (ANA).



**Figura 2.** A) Localização das seções de medições hidrométricas e de coleta de água. B) Detalhe das seções amostrais no interior de Anavilhanas. C) Nível do rio Negro em Novo Airão entre nov.2016 e nov.2017, pontos indicam o período de coleta de dados.

**Fonte:** autores, 2019.

Realizaram-se coletas de dados hidrológicos, da qualidade da água e radiométricos (Tabela 1), em sete expedições de campo, nos períodos de seca, enchente, cheia e vazante do rio Negro (Figura 2-C). Para que se pudesse avaliar a contribuição de material em suspensão e dissolvido do rio Branco até o PNA, duas expedições foram realizadas nos meses de julho e novembro de 2017, período de cheia e seca respectivamente.

Medições hidrométricas foram executadas com o uso de um perfilador acústico de corrente por efeito Doppler (ADCP) operando na frequência de 600 kHz, acoplado com um receptor DGPS, seguindo as recomendações da ANA (2014) e de Filizola et al. (2009a). Este equipamento é programado para funcionar no software WinRiver II que adquire e armazena dados hidrométricos do ADCP e de posicionamento global via satélite através do receptor DGPS. A configuração de instalação do ADCP pode ser observada na Figura 3. A Tabela 2 apresenta uma lista com os equipamentos utilizados no projeto para análise da quantidade e qualidade da água.

**Tabela 1.** Dados e variáveis coletadas.

Tipo	Variável	Unidade
Hidrométrico	Área da seção (A)	m <sup>2</sup>
	Descarga líquida (Q)	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
	Direção do fluxo (DF)	°
	Largura da seção (L)	m
	Profundidade (P)	m
	Velocidade do fluxo (V)	m s <sup>-1</sup>
Qualidade da água	Concentração de sedimento em suspensão (CSS)	mg L <sup>-1</sup>
	Concentração de carbono orgânico dissolvido (COD)	mg L <sup>-1</sup>
	Potencial hidrogeniônico	pH
	Potencial Redox (ORP)	mV
	Condutividade elétrica (CE)	µs cm <sup>-1</sup>
	Temperatura	° C
	Oxigênio dissolvido (OD)	mg L <sup>-1</sup>
Radiométrico	Reflectância de sensoriamento remoto (Rrs)	Sr <sup>-1</sup>
	Coeficiente de atenuação vertical difuso da luz (Kd)	m <sup>-1</sup>

**Fonte:** autores, 2019.

**Tabela 2.** Principais equipamentos utilizados no projeto.

Equipamento	Marca	Modelo
ADCP	Teledyne RDI	Rio Grande 600 kHz
Espectrorradiômetros	TRIOS	RAMSES-ARC e RAMSESACC-VIS
DGPS	Trimble	R4
GPS	Garmin	76CSX
Medidor de pH	JENWAY	350
Sonda multiparâmetros	YSI	30

**Fonte:** autores, 2019

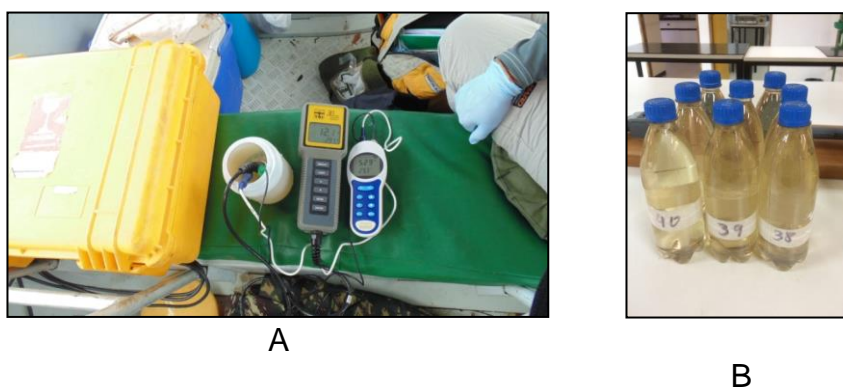


**Figura 3.** A) ADCP utilizado na pesquisa, B) em operação na embarcação, mergulhado na lateral da embarcação a 50 cm da linha d'água. **Fonte:** André Z. Nascimento.

Para a análise da concentração dos sedimentos em suspensão (CSS) as amostras foram obtidas seguindo o protocolo amostral proposto por Filizola et al. (2009b), que consiste de uma grade de amostragem com pontos (nós) georreferenciados e igualmente espaçados. Este desenho amostral possibilita detectar a variação do fluxo horizontal da CSS em diferentes áreas da seção. Detalhe da grade amostral no interior de Anavilhanas pode ser observado na Figura 2-B, com espaçamento de 250 metros entre os nós.

Para a determinação da CSS as amostras de água foram filtradas em membranas de celulose com malha de 0,45  $\mu\text{m}$ , previamente pesados em balança de precisão. Em seguida os filtros foram secados em estufa a 105 °C por um período de duas horas e pesados novamente. A CSS foi determinada a partir da diferença dos pesos dos filtros, dividida pelo volume de água da garrafa em cada amostra.

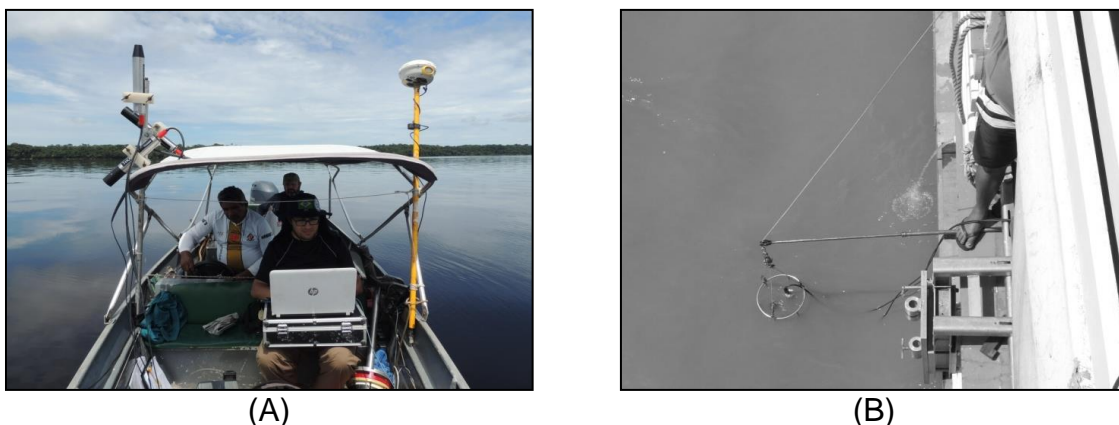
Para determinar a concentração do carbono orgânico dissolvido (COD), amostras de água superficial foram coletadas e armazenadas em caixas refrigeradas para processamento em laboratório. As amostras foram filtradas em membranas de acetato de celulose com malha de 0,45  $\mu\text{m}$  de diâmetro de poro e processadas no analisador de carbono total TOC-VCPH do Laboratório de Química Ambiental do INPA, seguindo as recomendações de Forti e Alcaide (2012a) e Forti e Alcaide (2012b). Dados de potencial hidrogeniônico (pH), potencial redox, condutividade elétrica e temperatura da água foram obtidos com sondas multiparamétricas (Figura 4).



**Figura 4.** A) Medição de pH, CE, ORP e T. B) Amostra de água para determinação da CSS.  
**Fonte:** Rogério R. Marinho.

Medições radiométricas acima (Rrs) e abaixo (Kd) da superfície da água foram realizadas usando um conjunto de espectroradiômetros que operam no intervalo espectral de 350-900 nm, com resolução de 3,3 nm (Figura 5). Estas medições foram executadas com o objetivo de coletar dados de reflectância da água para calibrar imagens de satélites multiespectrais e sensores aerotransportados, e com isso desenvolver modelos para o mapeamento da CSS e do COD no baixo curso do rio Negro.

Os espectroradiômetros são gerenciados pelo software MSDA-XE e sincronizados para aquisições simultâneas. A configuração dos equipamentos instalados na embarcação e a coleta dos dados radiométricos seguiram o protocolo utilizado por Espinoza Villar (2013) e Martinez et al. (2015).



**Figura 5.** Configuração dos radiômetros para aquisição de Rrs (A) e Kd (B). **Fonte:** Keila Aniceto e Rogério R. Marinho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados indicam que no ano hidrológico 2016-2017 o baixo rio Negro apresentou um valor médio de CSS de  $3,06 \text{ mg L}^{-1}$ , variando de  $0,29$  a  $8,48 \text{ mg L}^{-1}$ . O COD médio observado foi de  $9,52 \text{ mg L}^{-1}$  com uma amplitude de  $6,47$  a  $13,52 \text{ mg L}^{-1}$ . O pH, por sua vez, é naturalmente ácido no rio Negro e o valor médio situou-se em  $4,88$ . A Condutividade Elétrica média observada foi de  $11,49 \mu\text{s/cm}^{-1}$ , variando de  $9,58$  a  $12,84 \mu\text{s/cm}^{-1}$ . Já o Oxigênio Dissolvido variou de  $6,19$  a  $8,56 \text{ mg L}^{-1}$ , com valor médio de  $7,42 \text{ mg L}^{-1}$ . Estes valores indicam um ambiente de água bastante ácida, de coloração escura devida à elevada quantidade de material orgânico dissolvido e baixa concentração de sedimentos em suspensão.

A Tabela 3 apresenta as principais características da qualidade da água do rio Negro em cada seção amostral. Desta forma, este conjunto de dados pode servir de linha de base para comparação com as avaliações de impacto da construção da UHE de Bem Querer no rio Branco, uma vez que este tipo de empreendimento pode ocasionar alterações no regime hidrológico por uma centena de quilômetros a jusante (ASSAHIRA et al., 2017).



**Tabela 3.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água em Anavilhanas.

Seção	pH	ORP (mV)	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )
AN1	4,87 $\pm$ 0,37	103,42 $\pm$ 29,74	11,89 $\pm$ 0,99	30,39 $\pm$ 1,16	7,39 $\pm$ 2,06
AN3	4,67 $\pm$ 0,47	115,40 $\pm$ 37,34	11,40 $\pm$ 1,42	29,81 $\pm$ 1,01	7,66 $\pm$ 1,80
AN4	4,95 $\pm$ 0,57	92,92 $\pm$ 27,21	9,58 $\pm$ 1,64	31,49 $\pm$ 1,80	8,56 $\pm$ 1,82
AN5	5,11 $\pm$ 0,51	87,32 $\pm$ 27,56	11,81 $\pm$ 0,89	29,56 $\pm$ 1,39	6,19 $\pm$ 1,69
AN6	4,63 $\pm$ 0,19	122,48 $\pm$ 18,66	12,84 $\pm$ 2,18	29,70 $\pm$ 1,37	7,31 $\pm$ 0,91
AN13	5,05 $\pm$ 0,36	110,23 $\pm$ 35,46	11,44 $\pm$ 1,27	30,25 $\pm$ 1,26	7,43 $\pm$ 1,70
Média	4,88 $\pm$ 0,20	105,30 $\pm$ 13,42	11,49 $\pm$ 1,07	30,20 $\pm$ 0,71	7,42 $\pm$ 0,76

Fonte: autores, 2019.

A descarga líquida média no período foi de 28.902 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> na seção AN1 (Tabela 4). No interior do arquipélago, os canais da margem esquerda e direita escoam respectivamente 46% e 45% do fluxo de água observado na seção AN1. Assim, aproximadamente 9% das águas escoam na porção interior do arquipélago (paraná, furos e lagos).

**Tabela 4.** Valores médios da CSS, descarga líquida (Q), largura (L) profundidade (P) e velocidade (V) dos canais em Anavilhanas.

Seção	CSS ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Q ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ )	L (m)	P (m)	V ( $\text{m s}^{-1}$ )
AN1	3,06	28.902	2.673	17	0,65
AN2	*	6.317	1.249	10	0,53
AN3	3,70	*	*	*	*
AN4	4,00	*	*	*	*
AN5	3,60	13.399	1.116	21	0,57
AN6	2,21	12.898	1.265	18	0,57
AN7	*	1.703	435	9	0,38
AN8	*	1.115	399	8	0,37
AN9	*	5.972	660	14	0,55
AN10	*	1.044	231	11	0,40
AN11	*	1.420	372	13	0,26
AN12	*	8.985	1.932	13	0,39
AN13	1,24	32.780	2.289	42	0,39

\* Não medido. Fonte: autores, 2019.

A montante de Anavilhanas o rio Negro possui largura média de 2.673 metros. Os canais no interior do arquipélago possuem larguras variando entre 230 a 1.900 metros. A profundidade média do canal na seção AN6 é da ordem de 18 metros, enquanto que na seção AN5 é de 22 metros, sendo que no arquipélago varia em média de 9 a 16 metros. A jusante, a seção AN13 apresenta valores superiores a 50 metros de profundidade na cheia.

A velocidade média encontrada na seção AN1 é da ordem de  $0,65 \text{ m s}^{-1}$ , com maiores valores observados no período de cheia. Os canais das margens esquerda e direita possuem velocidade média semelhantes, da ordem de  $0,57 \text{ m s}^{-1}$ . Nos canais menores, a velocidade situa-se em torno de  $0,36 \text{ m s}^{-1}$ , dados que indicam um escoamento muito lento das águas devido a presença das ilhas e ao efeito de barramento hidráulico do rio Solimões que ocasiona remanso no rio Negro (MEADE et al., 1991), o que favorece a deposição do material transportado em suspensão.

A Tabela 5 apresenta o volume de dados adquiridos durante o ano hidrológico 2016-2017 a respeito da quantidade e qualidade da água no baixo rio Negro. Cada expedição de campo durou em média cinco dias e as coletas e medições foram realizadas em embarcação de pequeno porte (voadeira), com motor 90 HP, cedida pela gerência do PNA. A Tabela 6 apresenta o detalhamento dos trajetos realizados para a coleta dos dados em Anavilhanas. Em cada expedição as atividades de deslocamentos e medições foram realizadas com duração média de 10 horas por dia.

**Tabela 5.** Conjunto de dados adquiridos pelo projeto.

<b>Tipo de Dado</b>	<b>Amostras</b>
Sedimentos em suspensão	439
Carbono orgânico dissolvido	90
Hidrométrico (A, Q, DF, L, P, V)	70
Radiometria (Rrs, Kd)	151
Limnologia (pH, CE, ORP, T)	105

**Fonte:** Autores, 2019

**Tabela 6.** Trajetos realizados em uma expedição de coleta de dados no arquipélago de Anavilhanas.

Dia	Deslocamento	Trajetos	Distância (km)	Duração
1	Rodoviário	Manaus - Novo Airão	195	3 h.
2	Fluvial	Novo Airão - Seção AN1	80	2 h.
		Seção AN1 - Seção AN2	6	15 min.
		Seção AN2 - Seção AN3	22	25 min.
		Seção AN3 - Novo Airão	52	1 h 20 min.
3	Fluvial	Novo Airão - Seção AN10	30	40 min.
		Seção AN10 - Seção AN9	1,5	5 min.
		Seção AN9 - Seção AN5	8	10 min.
		Seção AN5 - Seção AN12	10	30 min.
		Seção AN12 - Seção AN11	4	10 min.
		Seção AN11 - Seção AN4	12	20 min.
		Seção AN4 - Seção AN8	16	25 min.
		Seção AN8 - Novo Airão	9	15 min.
4	Fluvial	Novo Airão - Seção AN6	2	5 min.
		Seção AN6 - Seção AN7	5	10 min.
		Seção AN7 - Novo Airão	4	10 min.
	Rodoviário	Novo Airão - Manaus	195	3 h.
5	Fluvial	Manaus - Seção AN13	19	30 min.
		Seção AN13 - Manaus	19	30 min.

**Fonte:** autores, 2019

A sequência das medições ocorreu de montante para jusante, com início nas seções localizadas antes do arquipélago (seções AN1, AN2 e AN3), 80 km distante de Novo Airão. O deslocamento de barco até a primeira seção dura em média 2 horas. Ao chegar à seção inicia-se o processo de instalação e testes do ADCP e radiômetros, em seguida a coleta e armazenamento das amostras de CSS e COD, bem como anotações nas fichas de campo.

As medições hidrométricas com ADCP foram realizadas com o deslocamento da embarcação em velocidade média de  $1,50 \text{ m s}^{-1}$ . Deste modo, pode-se afirmar que a medição de descarga líquida na seção AN1 (largura média de 2.650 metros), dura cerca de 50 minutos (Figura 6). Por outro lado, a aquisição de dados com ADCP nas seções menores no interior do arquipélago duraram em média 10 minutos.

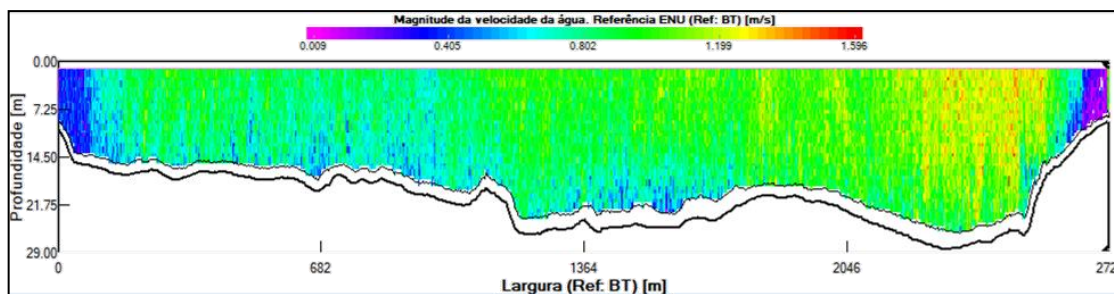


Figura 6. Seção transversal do rio Negro obtida com ADCP na seção AN1, apresentando a distribuição do campo de velocidades em 28 de julho de 2017. **Fonte:** Autores, 2019.

O maior número de medições e amostragens foi realizado na região central de Anavilhanas, onde em cada expedição visitaram-se as seções posicionadas nos canais das margens esquerda (AN5) e direita (AN6) do arquipélago, nos paranás (AN7-AN12) e no lago Apacú (AN4). Por fim, as medições a jusante de Anavilhanas (seção AN13) foram realizadas no último dia de trabalho em campo, com o deslocamento iniciando e finalizando na cidade de Manaus.

A obtenção dos dados acima listados só foi possível graças a um conjunto de ações de logística (transporte, alimentação, etc.), preparo de recursos humanos, técnicos (equipamentos diversos) e financeiros. Neste sentido, a Tabela 7 apresenta os itens de custeio necessários para executar uma campanha de coleta de dados desta pesquisa na região. Como estratégia para reduzir custos obteve-se apoios de instituições locais de Novo Airão, notadamente da gestão do PNA (ICMBio).

**Tabela 7.** Custos necessários para realização de uma campanha de campo no projeto HIDROGEOS-NEGRO.

Item	Unidade	Quantidade
Alimentação	Pesquisador/Dia	05
Condutor da embarcação	Diária	04
Combustível	Litro	150
Locação embarcação em Manaus	Diária	01
Filtros de celulose 0,45 µm	Filtro	54
Filtros de fibra de vidro 0,45 µm	Filtro	36

**Fonte:** Autores, 2019.

Realizar pesquisa de campo em áreas isoladas requer vários cuidados, como a necessidade de informar o trajeto e previsão de retorno, bem como conferir o material (equipamentos, ferramentas, alimentação, itens pessoais e de segurança), e com isso evitar imprevistos e prejudicar as atividades programadas, uma vez que o deslocamento é realizado sem comunicação por rádio ou telefonia.

A participação de “barqueiros” pilotos das voadeiras e guias locais mostrou-se de grande importância para o sucesso das atividades de campo. O conhecimento empírico desses permitiu o desenvolvimento das atividades com a devida segurança. Ressalta-se ainda, para o bom andamento das atividades com segurança, o desenvolvimento de um clima de sintonia operativa, principalmente uma conduta cooperativa por parte dos membros da equipe que por vezes superou o número de quatro participantes em um espaço bastante reduzido, uma vez que era dividido com amostras e equipamentos.

Outro aspecto importante que se destaca é a adaptabilidade dos membros da equipe em função das adversidades ocorridas em campo, demandando esforço individual e coletivo para uma dinâmica e um entrosamento adequado. Ademais de uma atividade prazerosa, expedições de campo permitem uma maior aproximação da academia com as comunidades e essas relações permitem um maior conhecimento das relações

entre os hidrossistemas e o homem na região, cuja paisagem apresenta dinâmica e dimensões únicas no mundo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os primeiros resultados referentes à qualidade da água e as características hidrológicas nos canais do rio Negro em Anavilhanas. Um conjunto de 855 dados sobre 15 variáveis hidrológicas, limnológicas e radiométricas da água do rio Negro em Anavilhanas foram coletadas, em sete expedições de campo, entre os meses de novembro de 2016 a novembro 2017. O conhecimento das características físico-químicas da água do rio Negro em Anavilhanas produzido neste projeto contribuirá para reduzir lacunas de conhecimento sobre a dinâmica hidrológica e sua influência para o manejo do PNA e proteção das espécies e ecossistemas locais.

Os dados indicam que o fluxo água e de sedimentos em suspensão possui variabilidade, em função do período hidrológico, de montante para jusante e entre os canais das margens esquerda e direita em Anavilhanas. A respeito da velocidade da água foi possível notar uma relação direta com o volume de água, bem como sua redução de jusante para montante. O arquipélago de Anavilhanas possui importantes serviços ambientais, como a retenção de água e nutrientes, principalmente nos sedimentos em suspensão oriundos do rio Branco, uma dinâmica que demanda um monitoramento contínuo de dados adquiridos em campo ou por sensoriamento remoto.

O conjunto de dados coletados no projeto fornecerá subsídios importantes para o manejo e proteção do PNA, servindo como linha de base de referência para comparação com os estudos de avaliação de impacto de grandes obras de infraestrutura nos rios Negro e Branco. Desta forma, os resultados deste projeto possibilitarão aos tomadores de decisão um melhor entendimento sobre onexo causal entre os impactos da construção e operação da UHE de Bem Querer, prevista a montante do Mosaico de Áreas Protegidas do Baixo Rio Negro.

## AGRADECIMENTOS

A equipe gestora do Parque Nacional de Anavilhanas em Novo Airão pelo apoio logístico (Autorização SISBIO 56110-1). Aos barqueiros Vermelho, Queca, Zezão (ATUNA) e Zezinho (ACAMDAF). A Nayara Pinheiro Diniz e Keila Aniceto (SO HYBAM). A Universidade Federal do Amazonas pela licença concedida ao primeiro autor e apoio logístico. A Cerveja Sarapó. Esta pesquisa foi desenvolvida com o apoio da FAPEAM (Edital Fundo Newton) e IRD (Mission 221273).

## REFERENCIAS

ALVES, N. S. *Mapeamento hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas: contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos*. (Tese de Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Medição de descarga líquida em grandes rios: manual técnico*. 2 ed. Brasília: ANA, 2014.

ASSAHIRA, C.; PIEDADE, M. T. F.; TRUMBORE, S. E. et al. Tree mortality of a flood-adapted species in response of hydrographic changes caused by an Amazonian river dam. *Forest Ecology and Management*, v. 396, p 113–123, 2017.

BRASIL. *Lei N° 9.985, de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 de jul. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm)> Acesso em: 11 de out. 2018.

BRASIL. *Portaria N° 483, de 14 de dezembro de 2010*. Reconhece o Mosaico do Baixo Rio Negro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de dezembro de 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. *Usina Hidrelétrica (UHE) Bem Querer*. Disponível em <<http://www.uhebemquerer.com.br/>> Acesso em: 11 de dezembro de 2018.

ESPINOZA VILLAR, J. C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L.; et al., Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *International Journal of Climatology*. v. 29, n. 11, p. 1574–1594, 2009.

ESPINOZA VILLAR, R. A. *Monitoramento das dinâmicas espaciais e temporais dos fluxos sedimentares na bacia Amazônica a partir de imagens de satélite*. (Tese de Doutorado em Geociências). Universidade de Brasília, 2013.

FILIZOLA, N. P.; GUYOT, J. L.; GUIMARÃES, V. Measuring the discharge of the Amazon River using Doppler technology (Manacapuru, Amazonas, Brazil). *Hydrological Processes*, v. 23, n. 22, p. 3151–3156, 2009a

FILIZOLA, N.; SEYLER, F.; MOURAO, M. H.; et al., Study of the variability in suspended sediments discharge at Manacapuru, Amazon river, Brazil. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, v. 16, n. 2, p. 93–99, 2009b.

FILIZOLA, N. *Caracterização hidro-geomorfológica da área fluvial do Parque Nacional do Arquipélago de Anavilhanas – Rio Negro, AM* (Relatório de Pesquisa). Universidade Federal do Amazonas, 2014.

JUNK, W.; WITTMAN, F.; SCHONGART, J.; PIEDADE, M. T. F. A classification of the major habitats of Amazonian Black-water river floodplain and a comparison with their White-water counterparts. *Wetlands Ecology and Management*, v. 23, p. 677-693, 2015.

FORTI, M. C.; ALCAIDE, R. L. M. *Coletas, Preparação e análises de amostras de água*. São José dos Campos: INPE, 2012a.

FORTI, M. C.; ALCAIDE, R. L. M. *Manual de Procedimentos do Analisador de Carbono Total TOC -VCPN*. São José dos Campos: INPE, 2012b.

MACIEL, J. B. *Características Hidrogeomorfológicas de canais fluviais no Arquipélago de Anavilhanas, Rio Negro, Amazonas* (novembro de 2013 a outubro de 2014) (Monografia de Graduação em Geografia). Universidade Federal do Amazonas, 2016.

MARENGO J. A.; TOMSASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, v. 38, p. 1-5, 2011.

MARTINEZ, J-M.; ESPINOZA-VILLAR, R.; ARMIJOS, E.; SILVA M-L. The optical properties of river and floodplain waters in the Amazon River Basin: Implications for satellite-based measurements of suspended particulate matter. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, v. 120, n. 7, p. 1274-1287, 2015.

MEADE, R. H.; RAYOL, J. M.; CONCEIÇÃO, S. C.; NATIVIDADE, J. R. G. Backwater effects in the Amazon River basin of Brazil. *Environmental Geology and Water Sciences*, v. 18, n. 2, p. 105-114, 1991.

RAMSAR SITES INFORMATION SERVICE - RSIS. *Rio Negro Ramsar site*. Disponível em <[https://rsis.ramsar.org/ris/2335](https://rsis Ramsar.org/ris/2335)> Acesso em 28 de janeiro de 2019.

SCHONGART, J.; JUNK, W. J. Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices. *Journal of Hydrology* (Amsterdam), v. 335, p. 124-132, 2007.

**Recebido em 29/01/2019**  
**Aceito em 05/06/2019**