

Importância da hidrodinâmica na dispersão de sementes em sistemas florestais do Baixo Estuário Amazônico

Alan Cavalcanti da Cunha(1), Éwerton Wanderson dos Santos(2), Eldo Silva dos Santos(3), Marcelino Carneiro Guedes(4), Gilvan Portela Oliveira(5), Cláudio Cavalcante Blanco(6) e Paulo César Coronna Rosman (7)

(1) Prof. Adjunto III do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, (2) Iniciação Científica do Curso de Ciências Ambientais da UNIFAP, (3) Prof. Auxiliar I do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, (4) Pesquisador Embrapa - Amapá, (5) Bolsista de Apoio Técnico Hidrologia do Curso de Ciências Ambientais da UNIFAP, (6) Prof. Adjunto IV da Universidade Federal do Pará UFPA e (7) Prof. Associado IV do Departamento de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ.

Viçosa /MG
18 de Outubro de 2013



OBJETIVOS



Geral

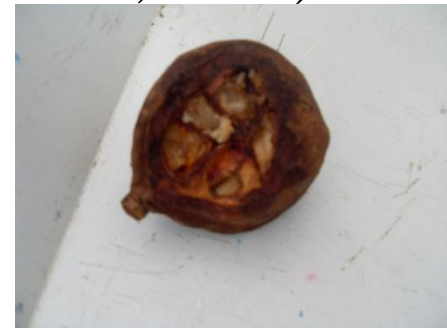
- ▶ Modelar e simular numericamente o processo de dispersão hidrocórica com base em medidas de descargas líquidas no rio Maracá-AP

Específicos

- ▶ Quantificar parâmetros hidráulicos e hidrodinâmicos (ADP) em uma seção de monitoramento do rio Maracá-AP, afluente do rio Amazonas.
- ▶ Modelar e simular (SisBaHiA 8.5) a hidrodinâmica e o processo dispersivo do canal em dois períodos sazonais - chuvoso (maio) e seco (setembro).

➤ Revisão da Literatura – Ambiente e Hidrologia

- As várzeas do estuário amazônico recebem influências das marés oceânicas através de dois pulsos diários de inundação. (CUNHA, 2013)
- A classificação de vegetação brasileira lançada mais recentemente (IBGE, 2012), classifica a área como Floresta Ombrófila Densa Aluvial.
- Os poucos estudos ecológicos sobre as espécies **limitam o desenvolvimento de políticas e intervenções** que subsidiem o uso adequado das florestas de várzea (FORTINI et al., 2006)



INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO



➤ A hidrodinâmica da várzea – O problema

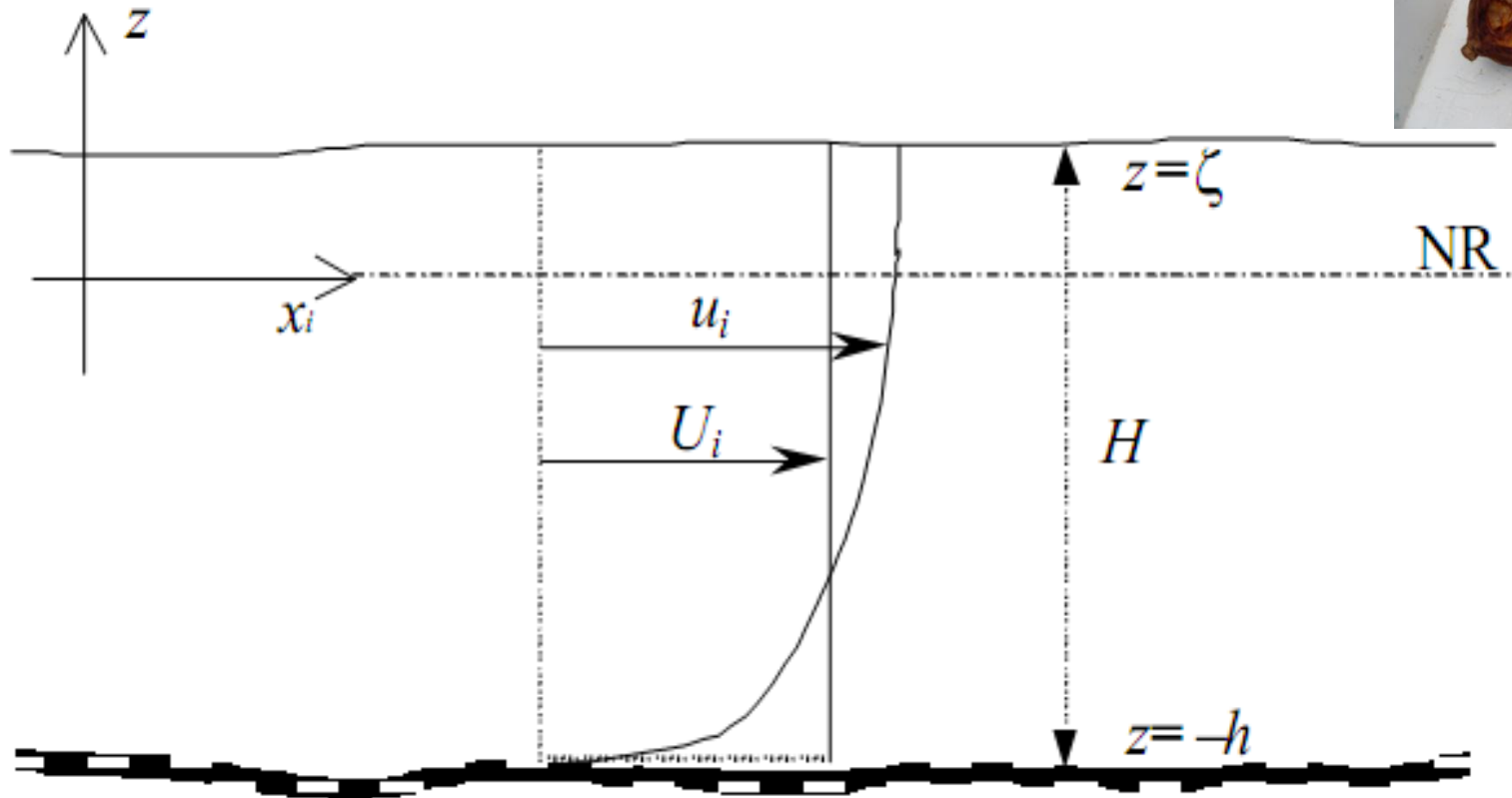


Figura : Sistema de coordenada do modelo 3D e 2DH. NR é o nível de referência, U_i é a velocidade integrada na vertical, u_i é a velocidade do modelo 3D e varia com a profundidade, ζ é a elevação da superfície livre da água, h é a profundidade obtida através da batimetria, H é a profundidade instantânea ($=\zeta + h$) – adaptada de Rosman (2012).

Equacionamento – Turbulência



Modelagem e simulação com o SisBaHiA: hidrodinâmica e dispersão hidrocórica

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} + \frac{\partial VH}{\partial y} = \underbrace{q_P - q_E \pm q_I}_{\sum q}$$

Conservação da Massa - Continuidade

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = & -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{gH}{2\rho_o} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x} + \frac{1}{\rho_o H} \left(\frac{\partial (H\bar{\tau}_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial (H\bar{\tau}_{xy})}{\partial y} \right) \\ & + \frac{1}{\rho_o H} (\tau_x^S - \tau_x^B) + 2\Phi \text{sen}\theta V - \frac{U}{H} \sum q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = & -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{gH}{2\rho_o} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial y} + \frac{1}{\rho_o H} \left(\frac{\partial (H\bar{\tau}_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial (H\bar{\tau}_{yy})}{\partial y} \right) \\ & + \frac{1}{\rho_o H} (\tau_y^S - \tau_y^B) + 2\Phi \text{sen}\theta U - \frac{V}{H} \sum q \end{aligned}$$

Conservação da Quantidade de Movimento em Duas Dimensões (x,y)

➤ Harmônicas das Marés



Tabela : Constantes harmônicas obtidas a partir dos dados da Estação Maregráfica de Santana (AP) (FEMAR, 2013).

Componentes	Amplitude (m)	Fase (°)	Componentes	Amplitude (m)	Fase (°)
As	0,241	45	NU2	0,068	78
Ssa	0,046	339	M2	1,177	113
Mm	0,079	46	L2	0,154	144
Mf	0,041	51	T2	0,064	112
Msf	0,122	40	S2	0,270	147
O1	0,053	359	K2	0,089	126
P1	0,053	16	MO3	0,027	40
K1	0,064	8	MK3	0,024	61
MNS2	0,042	236	MN4	0,083	115
2N2	0,028	5	M4	0,196	148
MU2	0,082	285	SN4	0,021	84
N2	0,235	86	MS4	0,093	182


➤ Medidas de Descargas Líquidas



- Processo de Modelagem e Simulação; (Rosman, 2012 e Santos, 2012).
- Importância e Utilização da Técnica de Modelagem do SisBaHia; (Cunha, 2013).
- Discretização do Rio Maracá – Malha Computacional e Mapa base.
 - Importância da Discretização do Rio Maracá; (Bastos, 2010; Rosman, 2012 e Santos, 2012).
 - Processo de Discretização e Finalidade;
- Modelo de Transporte Lagrangeano: dispersão de sementes.
 - Processo do Modelo de Transporte Lagrangeano e Utilização; (Rosman, 2012)
 - Processo de Dispersão e Obtenção dos Dados;

➤ Estratégias de dispersão – Hidrocoria

Tabela: resumo dos principais mecanismos de dispersão de frutos e sementes. Fonte (adaptada de Howe e Smalwood, 1982)

Agente dispersante e adaptação geral	Modificações	Derivações	Comentários
Animal - Nutriente carnudo - Atrator químico - Estruturas com garras - Mimetismo	Arilo, Pericarpo, polpa, Ganchos, Material viscoso Semente com Tegumento Colorido	Sementes Tegumento de semente ou fruto	Dispersão por Vertebrados, Comida por pássaros, Aderem à pele ou penas Comidas por pássaros
Vento - Redução de tamanho - elevada razão superfície/volume	Sementes poeira (dustilike) Asas, plumas, balões, Soltar, atirar	Sementes Casca de semente ou fruto	Mais de um milhão/planta Balões incomuns Sementes dispersas
Água - Resistência ao afundamento (flutuabilidade) - uso da tensão superficial -baixa gravidade específica	Variada 	Casca de semente Casca de semente Semente ou Frutos	Transporte submerso Flutua até umedecer Transporte secundário comum
Auto dispersivas - frutos explosivos - rastejantes	Cerdas hidrocópicas	Frutos Frutos	Transporte secundário comum Ocorre com umidade variável

➤ Material e Métodos – Área de Estudo

As várzeas do estuário amazônico, recebem influências das marés oceânicas através de dois pulsos diários de inundação. (CUNHA, 2013).

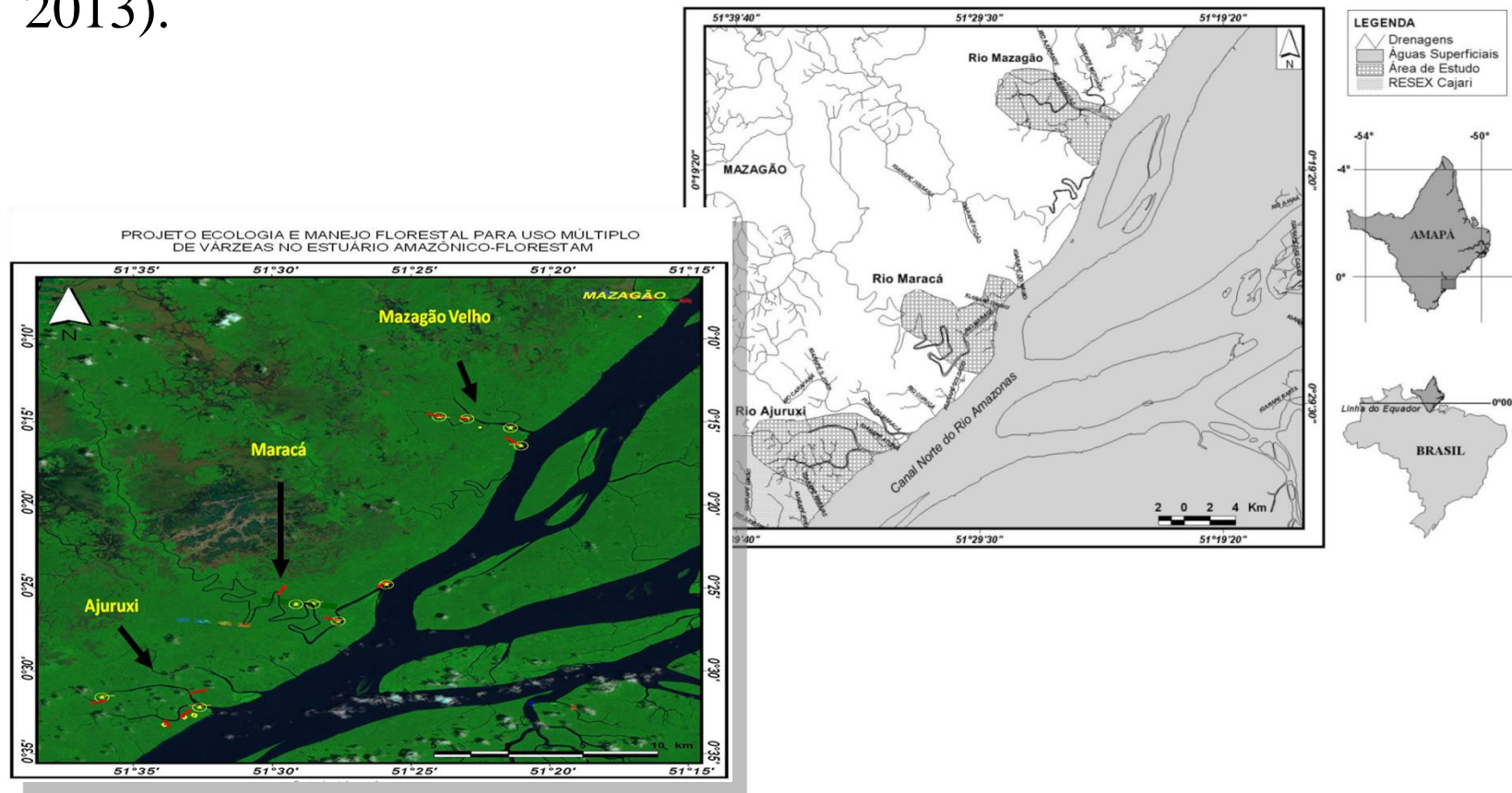


Figura: Áreas do projeto Florestam, localizadas no encontro do canal norte do rio Amazonas com a foz de seus afluentes (Mazagão Velho, Maracá e Ajuruxi) – Mazagão-AP.

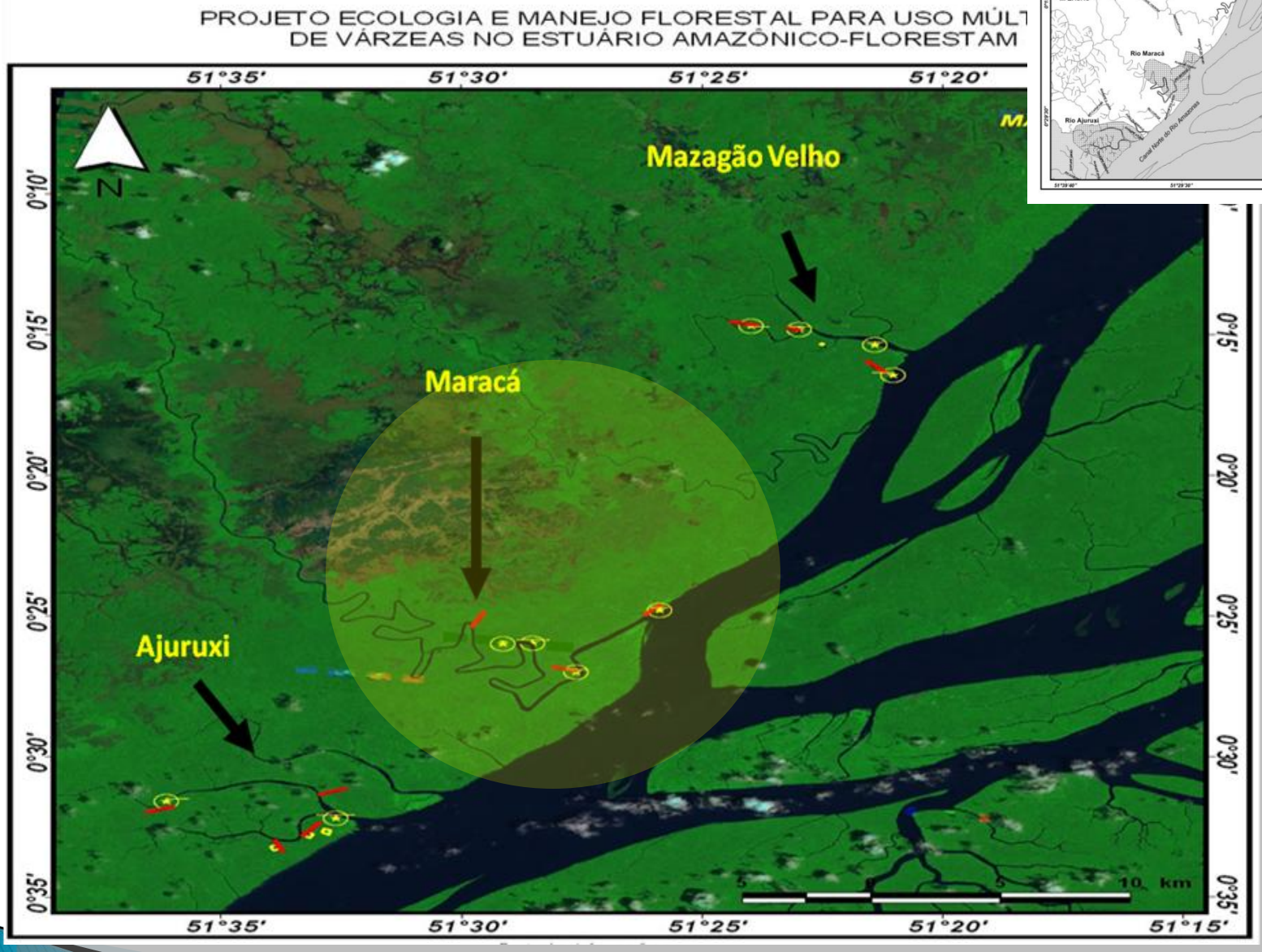


Figura: Área do projeto Florestam, localizadas no encontro do canal norte do rio Amazonas com a foz de seus afluentes (Mazagão Velho, Maracá e Ajuruxi) – Mazagão-AP.

➤ Área de Estudo

As várzeas do estuário amazônico, recebem influências das marés oceânicas através de dois pulsos diários de inundação. (CUNHA, 2013).

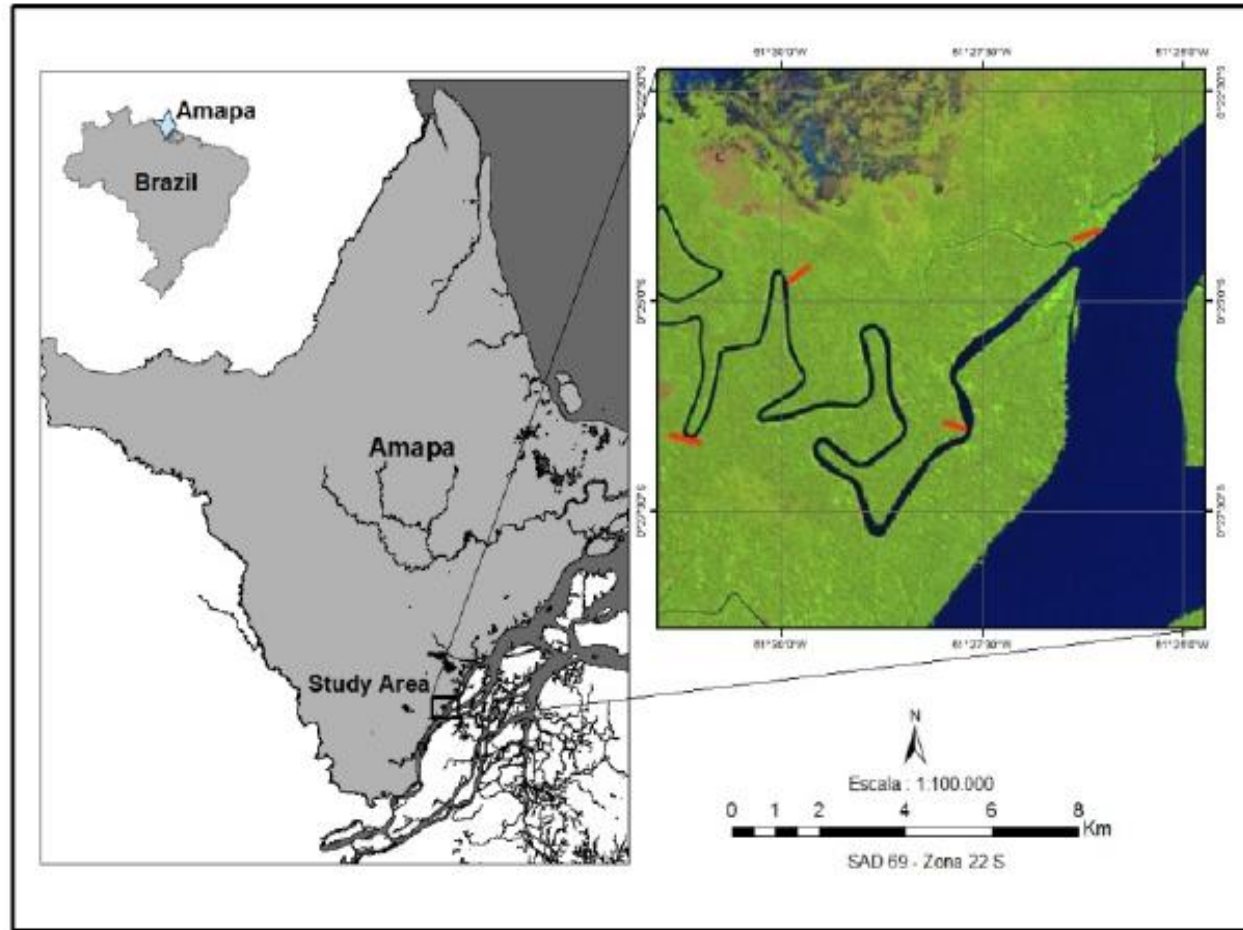


Figura Localização da Bacia do rio Maracá no Estado do Amapá (FLORESTAM-Guedes, 2011).

PA – Modelagem de Dispersão Hidrocórica de Sementes de Andiroba em várzea



Como era o trabalho de campo

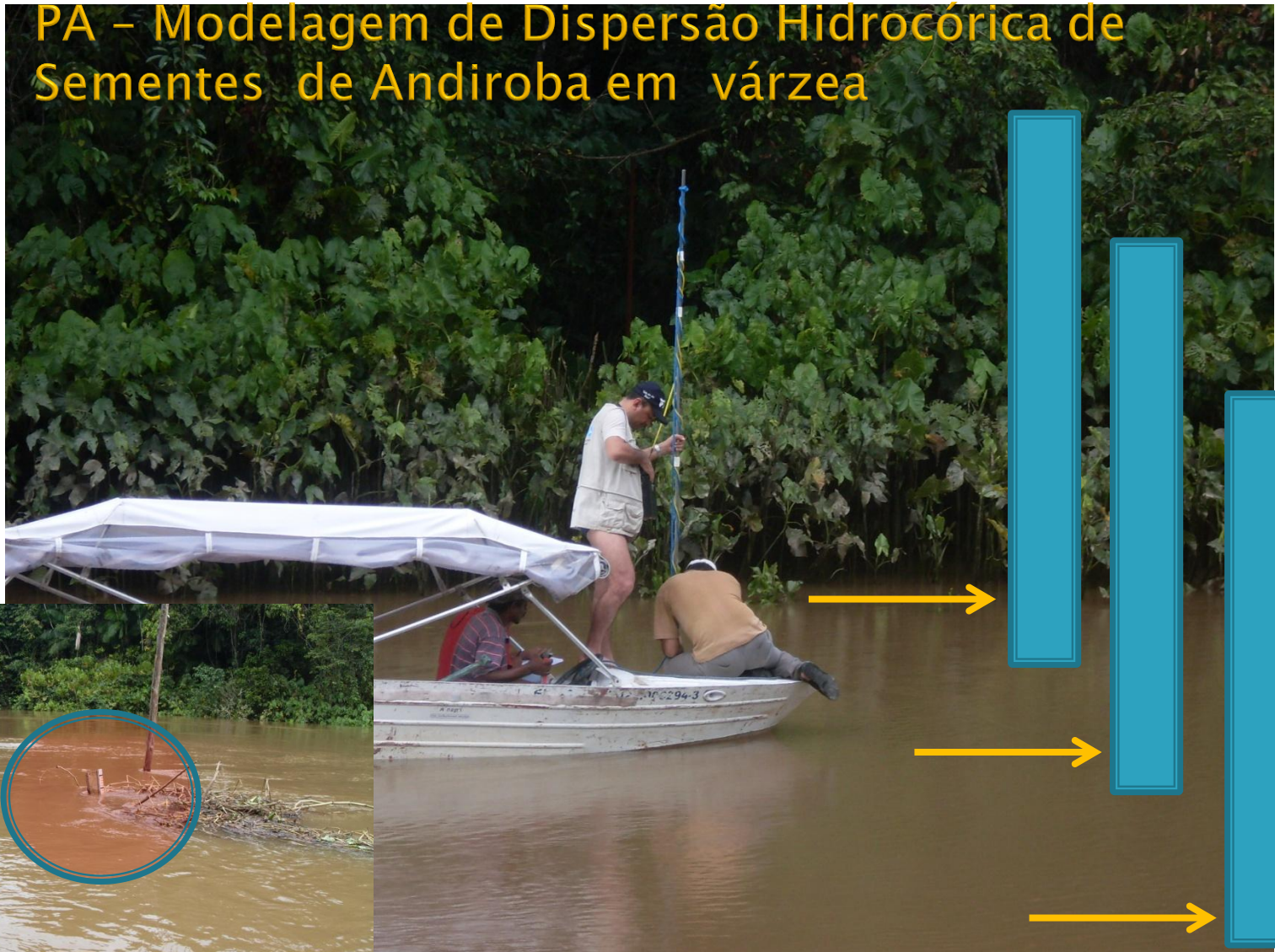
PA – Modelagem de Dispersão Hidrocórica de Sementes de Andiroba em várzea



Como era o trabalho de campo - Molinete

Como era o trabalho de campo

PA – Modelagem de Dispersão Hidrocórica de Sementes de Andiroba em várzea



Teste em Campo com Molinete – Rio Matraczinho

PA – Modelagem de Dispersão Hidrocórica de Sementes de Andiroba em várzea



Rio Amazonas – Foz do Canal do Maracazinho

Régua de Referência – Rio Matracá

Como era o trabalho de campo-Molinete

PA – Modelagem de Dispersão Hidrocórica de Sementes de Andiroba em várzea

Como era o trabalho de campo



Semente da
Andiroba

Como é o atual trabalho de campo

- Batimetria e Hidrodinâmica
 - Medição de Descarga Líquida com uso da ADP
 - Importância do Processo de Medição; (Stones e Hotchkiss, 2007) e (SANTOS, 2012).
 - Vantagens do Uso da Técnica de Perfilamento Acústico; (Guenneec e Strasser, 2009) e (CUNHA, 2013).
 - Batimetria do Rio maracá com uso da ADP
 - Processo de Medição e Importância da Batimetria; (SANTOS, 2012)
 - Hidrologia e Variações de Nível em Ciclos de Marés
 - Importância da obtenção dos Dados de Maré.
 - Processo de Instalação da Régua Linométrica;



➤ A comunidade do Maracá: Monitoramento Hidrodinâmico

V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e
II Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável



Figura : seção de montiroamento de descarga líquida na Bacia do rio Maracá no Estado do Amapá

➤ Comunidade do Maracá – Seção Monitoramento

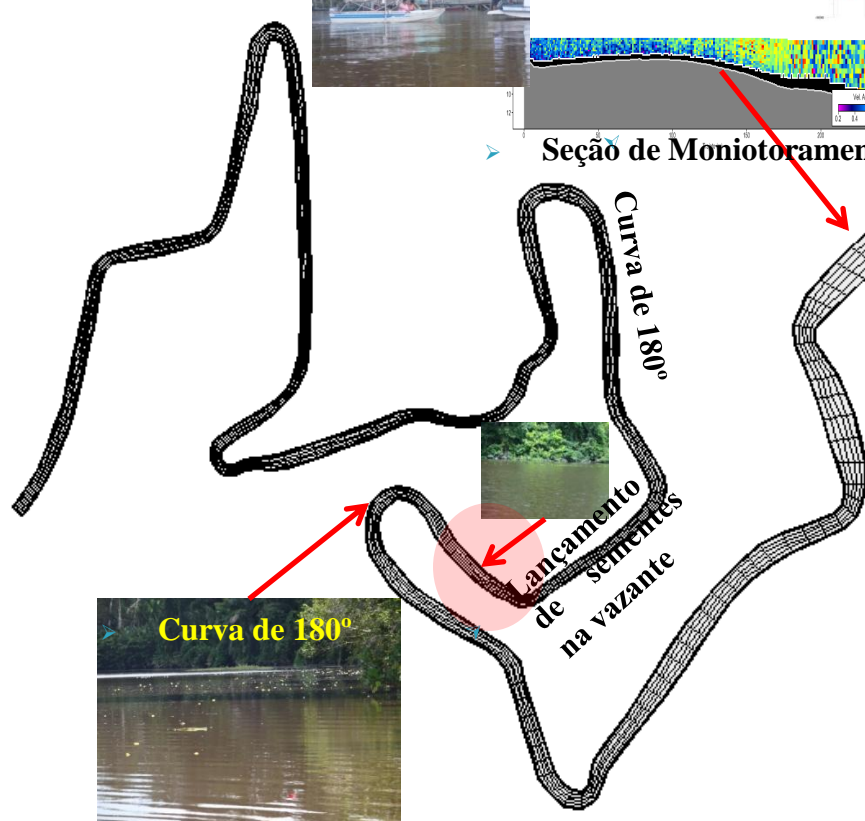
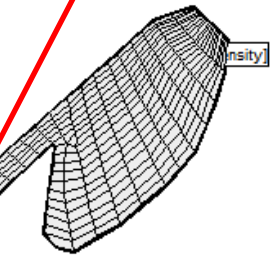
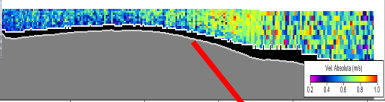
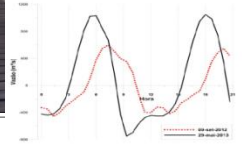
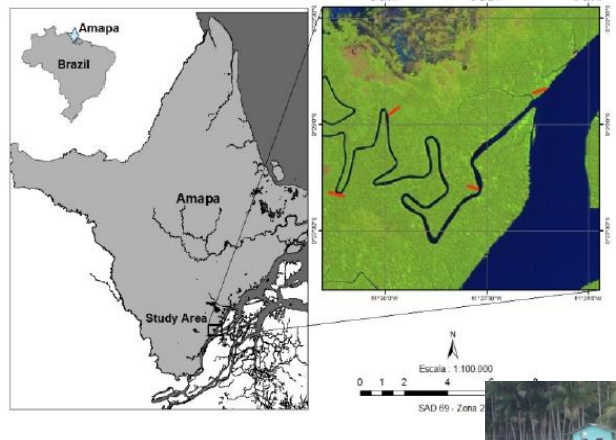
V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e
II Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável

Seção Monitoramento – 200 m



Figura : seção de monitoramento de vazão no rio Maracá -Amapá

PARAMETRIZAÇÃO HIDRODINÂMICA DO RIO MARACÁ NO BAIXO AMAZONAS.



Lançamento de sementes na Enchente

Vertical toolbar with various icons and coordinates: -0,44, -0,46, 129.

➤ Nova Metodologia – Hidrodinâmica com ADP



V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e
III Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável

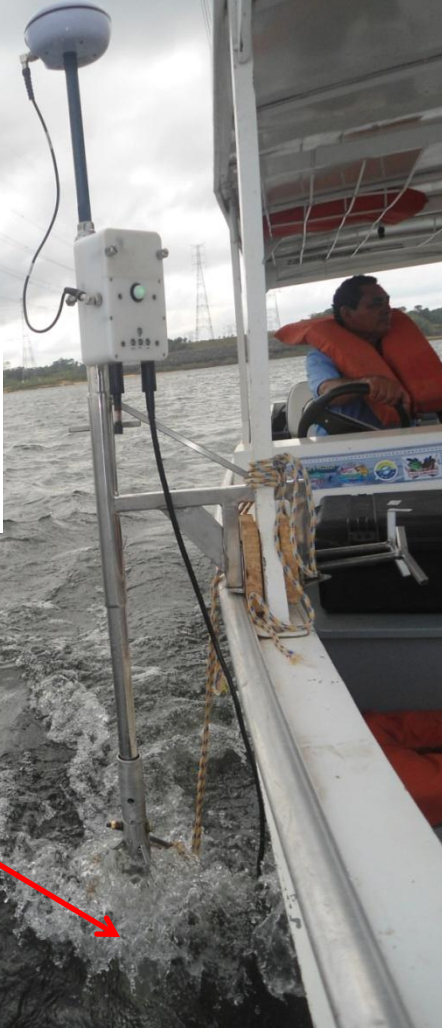
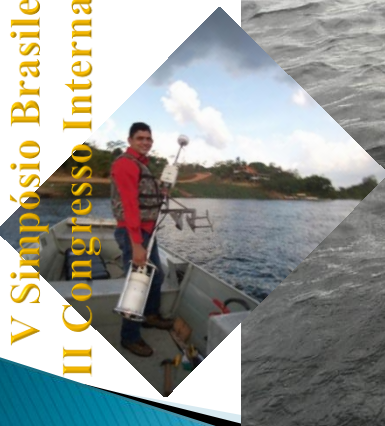
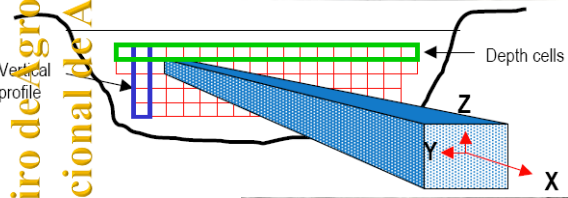
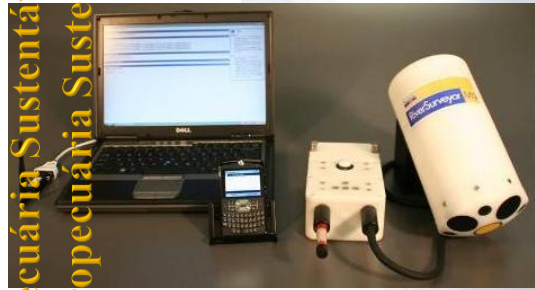


Figura : seção de montagem de descarga líquida na Bacia do rio Tocantins -TO

➤ Nova Metodologia – Hidrodinâmica com ADP

V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e
III Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável

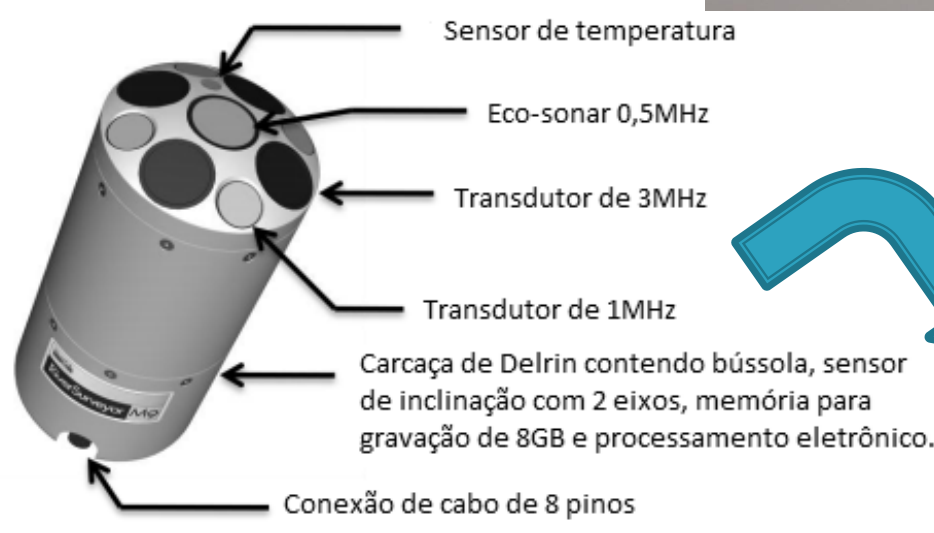


Figura : seção de monitoramento de descarga líquida na Bacia do rio Maracá -Amapá

➤ Nova Metodologia – Hidrodinâmica com ADP

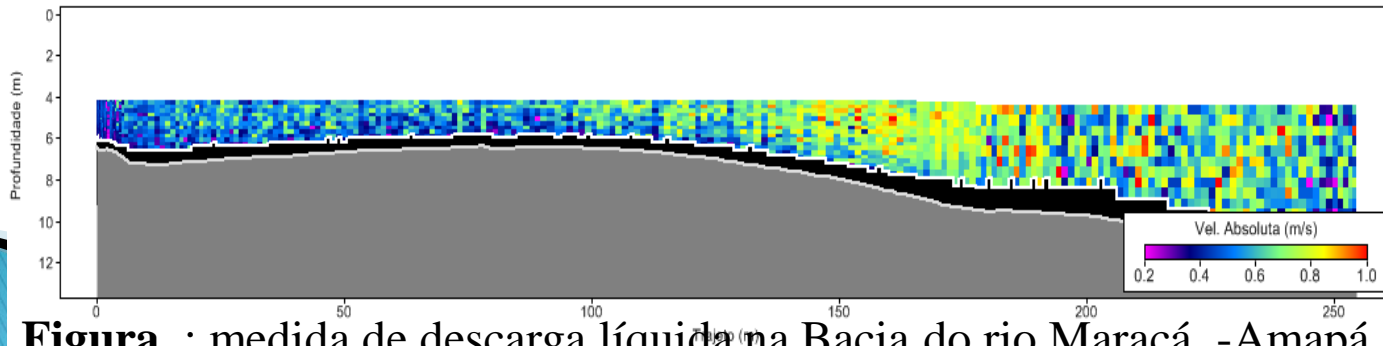
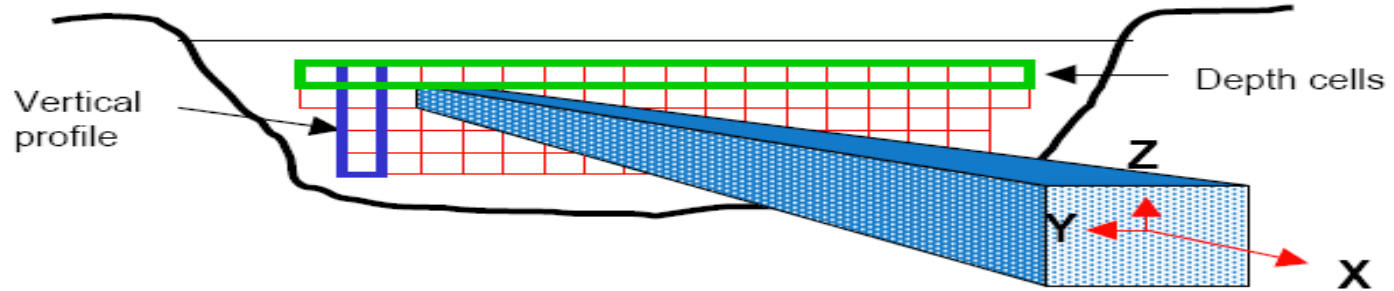
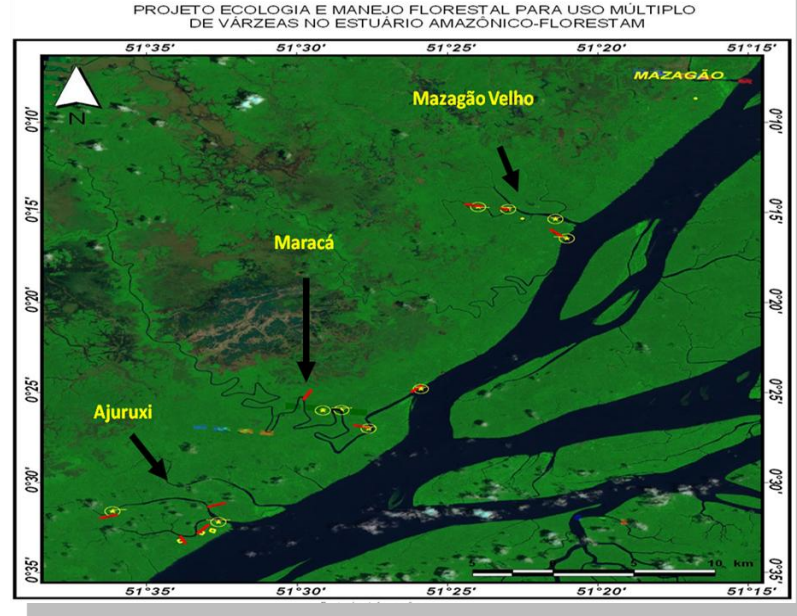


Figura : medida de descarga líquida na Bacia do rio Maracá -Amapá

➤ Nova Metodologia – Hidrodinâmica com ADP

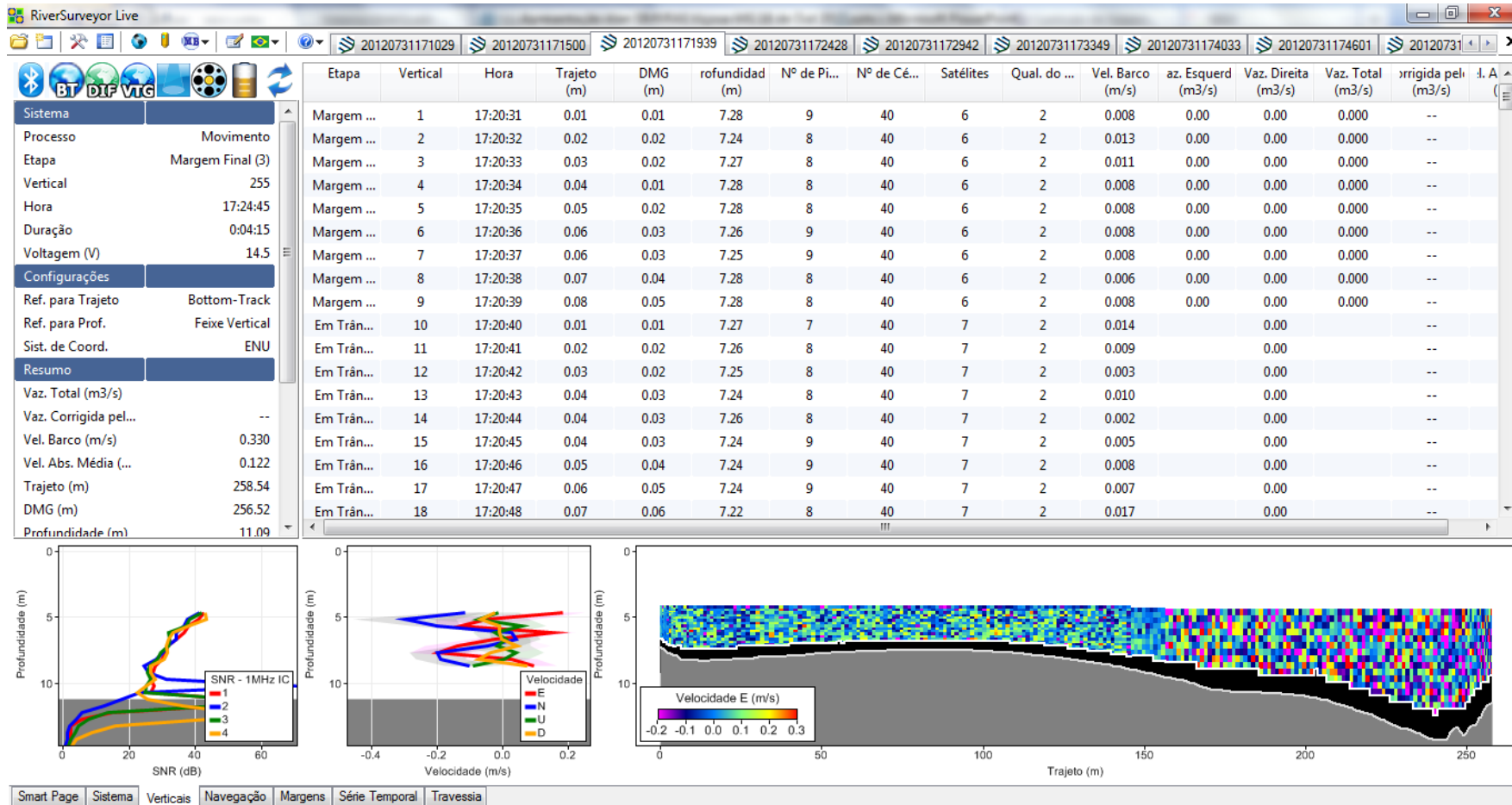


Figure 1: medida de descarga líquida na Bacia do rio Maracá -Amapá

➤ Perfilamento Acústico com o ADP (Rio Maracá 31/07/2012)

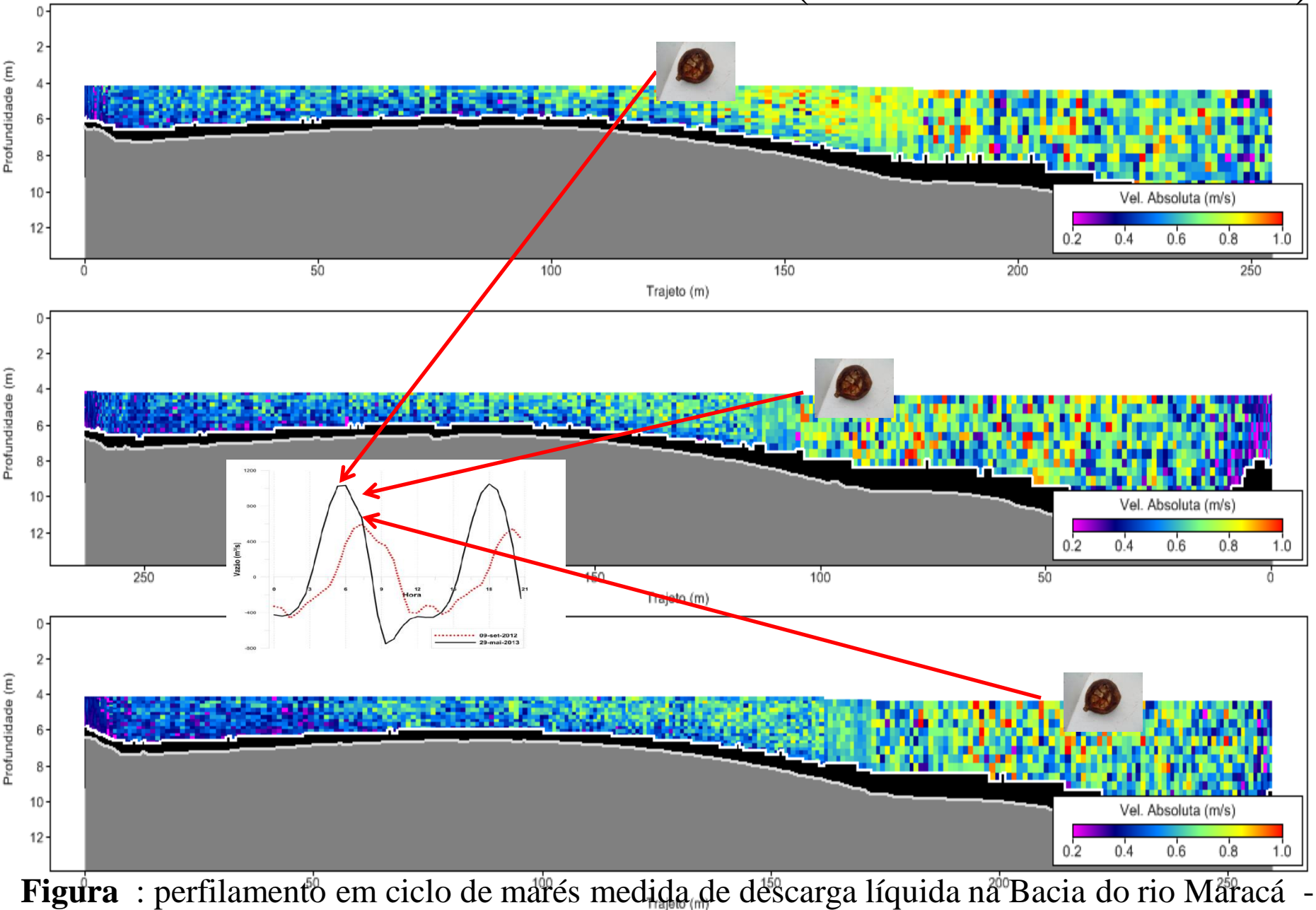


Figura : perfilamento em ciclo de marés medida de descarga líquida na Baía do rio Maracá -

▶ Laboratório: preparação das sementes para teste de dispersão em campo



Figura : preparação das sementes de andiroba para lançar no rio Maracá -Amapá

➤ Lançamento de Sementes no Rio Maracá

V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e
II Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável



Figura : dispersão de sementes no rio Maracá -Amapá

➤ Lançamento de Sementes no Rio Maracá

V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e
cional de Agropecuária Sustentável

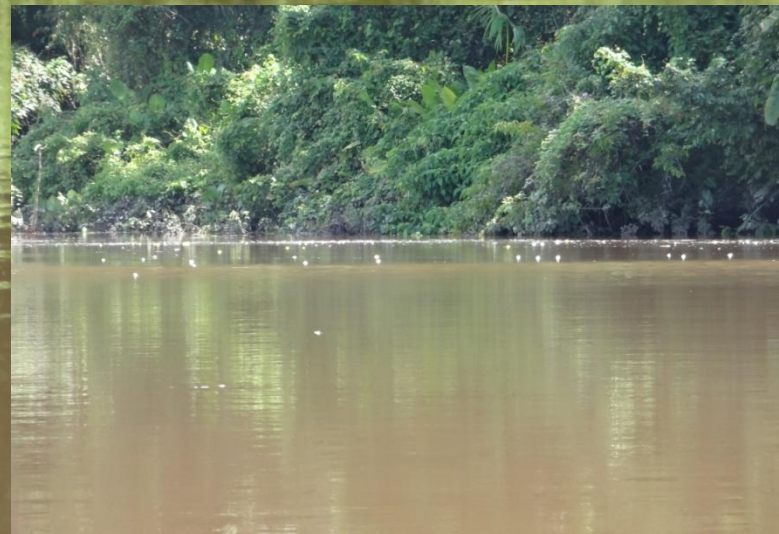


Figura : dispersão de sementes no rio Maracá -Amapá

▶ Lançamento de Sementes no Rio Maracá



Figura 1. dispersão de sementes no rio Maracá -Amapá

➤ Lançamento de Sementes no Rio Maracá



Figura :trajetórias e dispersão de sementes no rio Maracá -Amapá

➤ Lançamento de Sementes no Rio Maracá

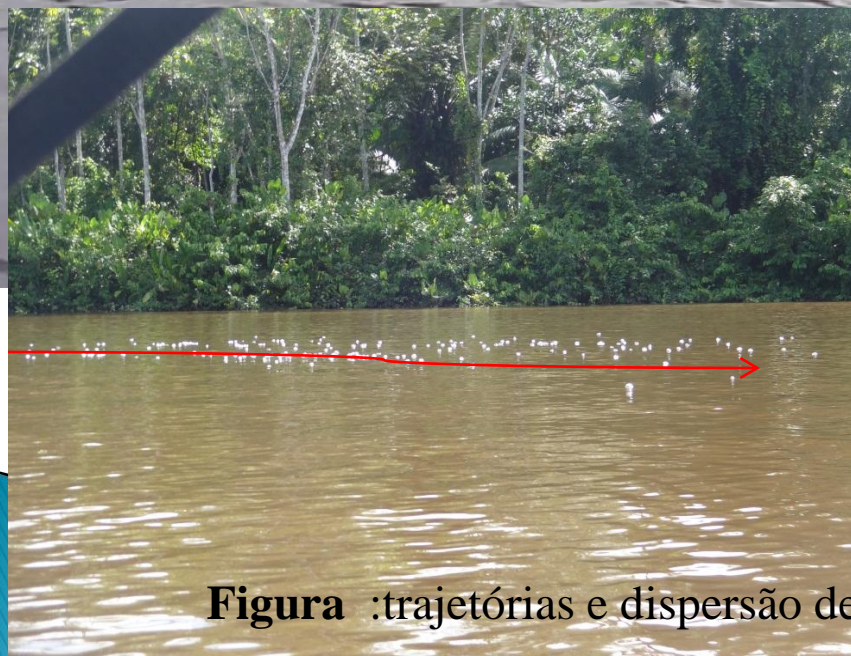


Figura :trajetórias e dispersão de sementes no rio Maracá -Amapá

➤ Resultados e Discussão dos Dados

- Rodagem do Modelo Computacional para os Meses de Setembro de 2012 e Maio de 2013;
- Variação Experimental e Simulada.

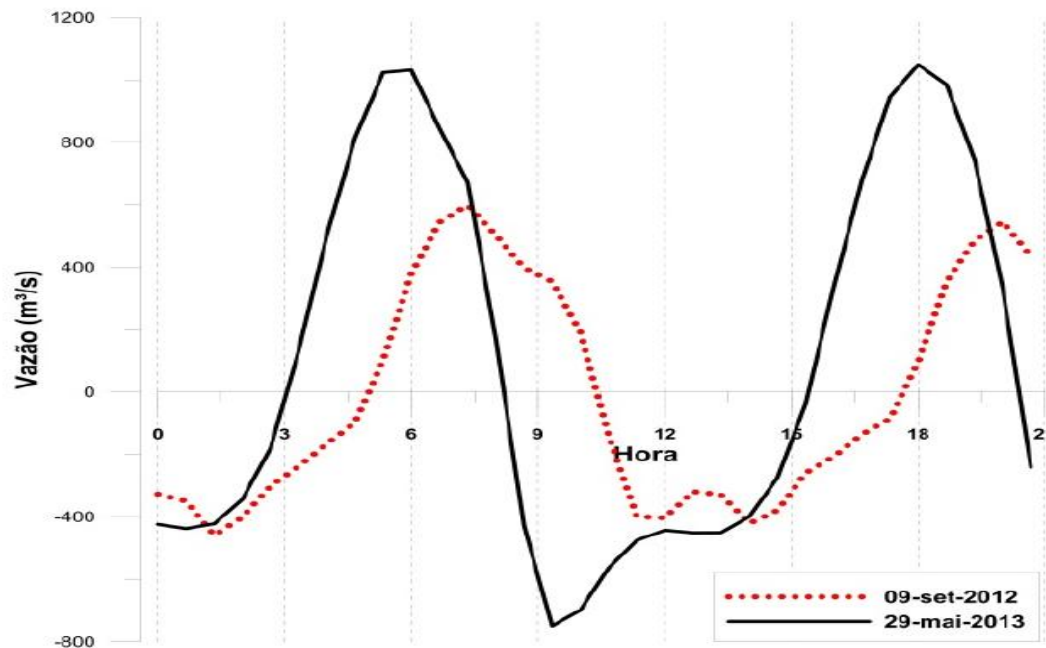


Figura :curva integrada em um ciclo de maré no rio Maracá -Amapá

PARAMETRIZAÇÃO HIDRODINÂMICA DO RIO MARACÁ NO BAIXO AMAZONAS.

Modelo de transporte lagrangeano advectivo difusivo: dispersão de sementes

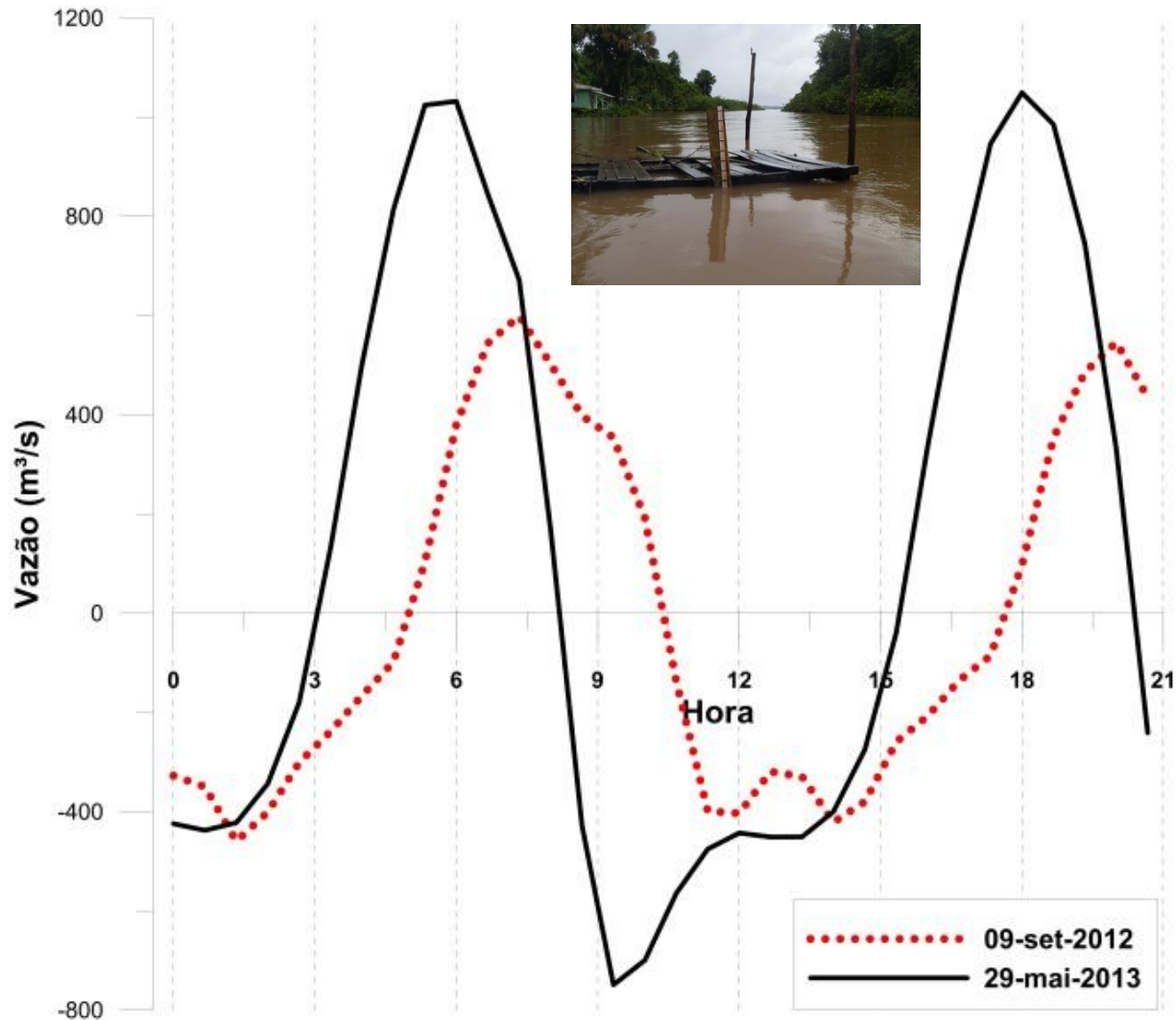


Figura : Descarga líquida simulada pelo SisBaHiA na Seção de Medida de Vazão (SMV) do Rio Maracá para os dias 09-set-2012 (período seco) e 29-mai-2013 (período chuvoso).

Resultados da Simulação hidrodinâmica na Rio Maracá no Baixo Rio Amazonas

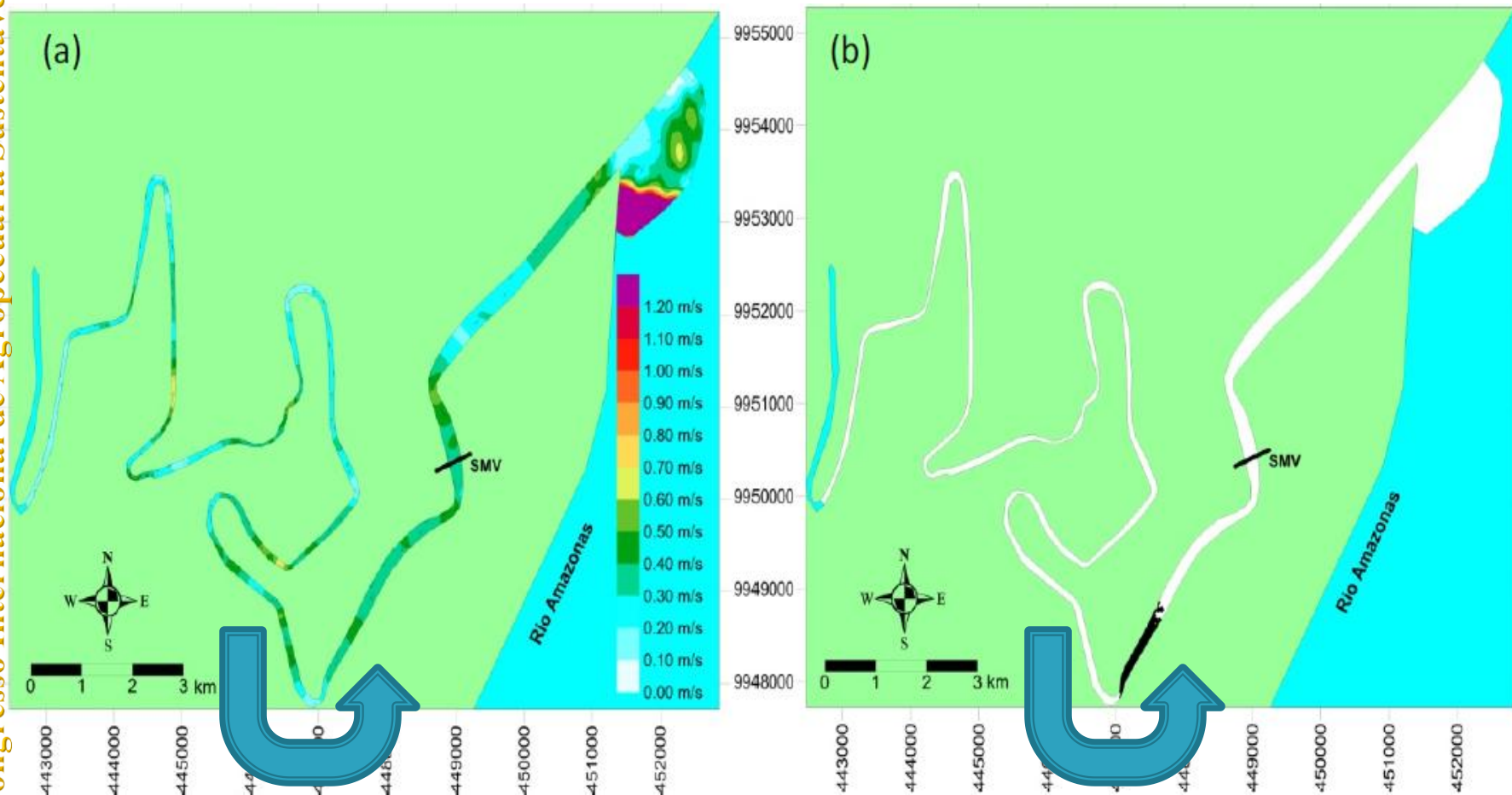


Figura : campo e velocidade b) campo de dispersão hidrodinâmica na superfície d'água do Rio Maracá – Ap, durante um ciclo de maré no período seco (setembro de 2012) a 6h do lançamento da pluma de sementes (500 elementos discretos). Centro de massa da pluma a 4,10 km a jusante do ponto de lançamento. **Maré vazante.**

Resultados da Simulação hidrodinâmica na Rio Maracá no Baixo Rio Amazonas

V Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável e Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável

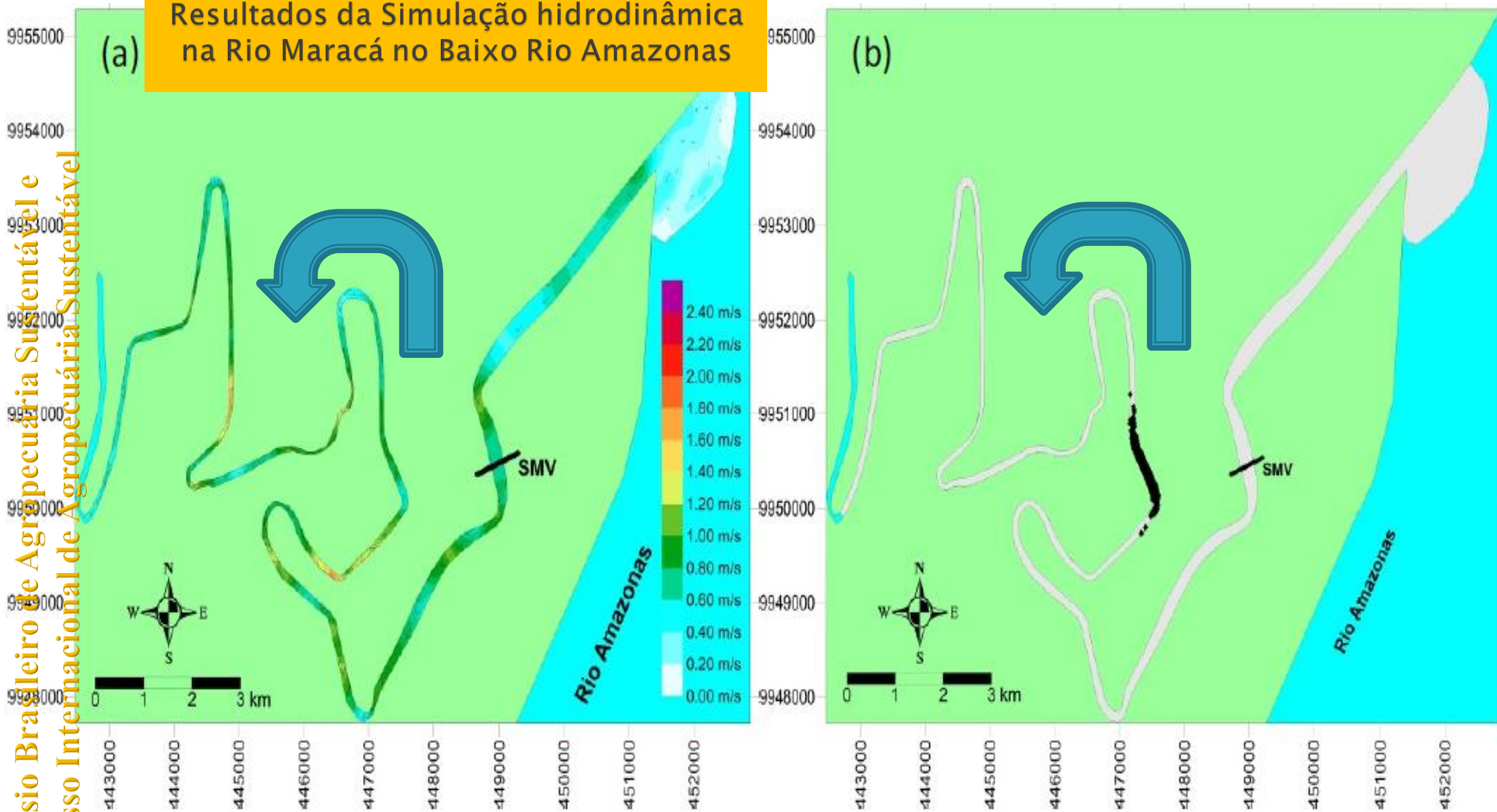
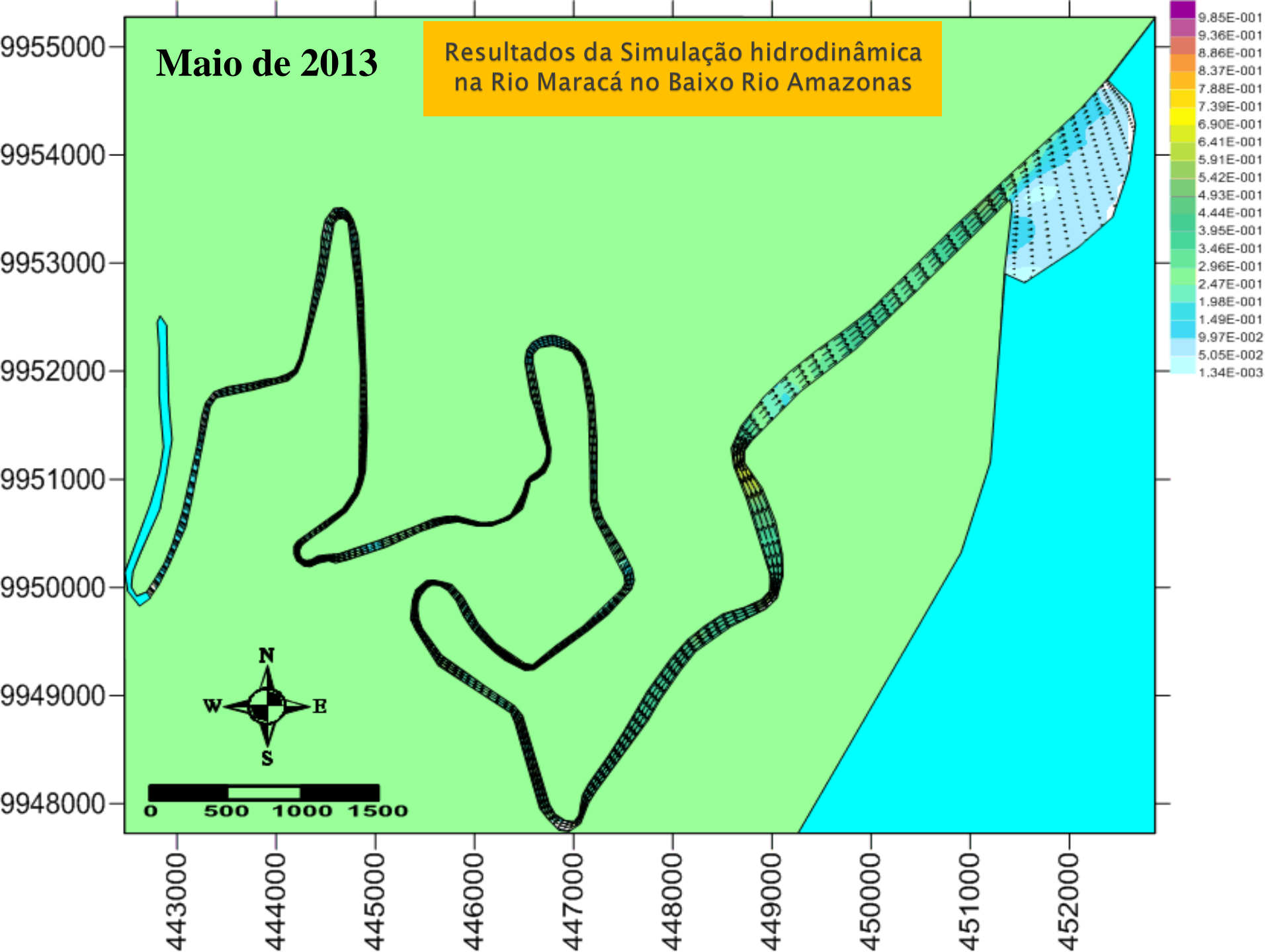
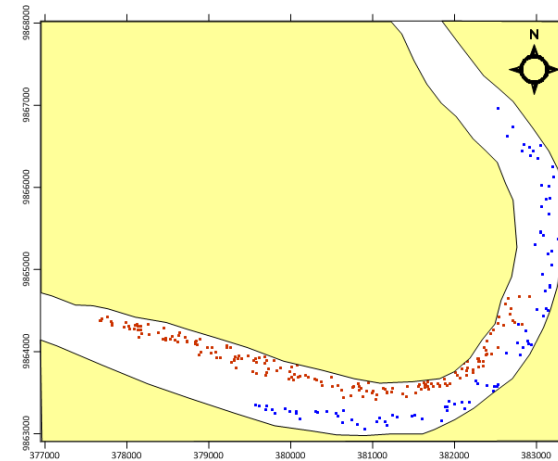
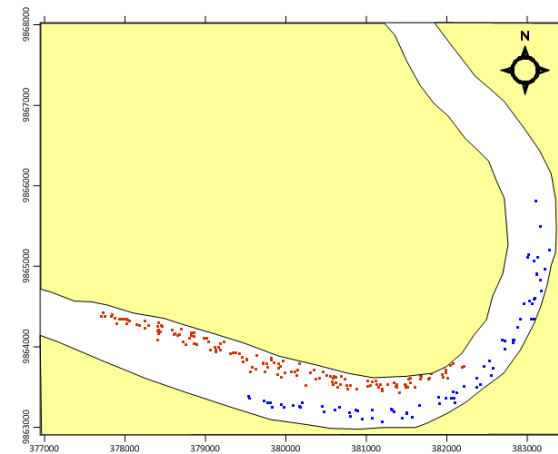
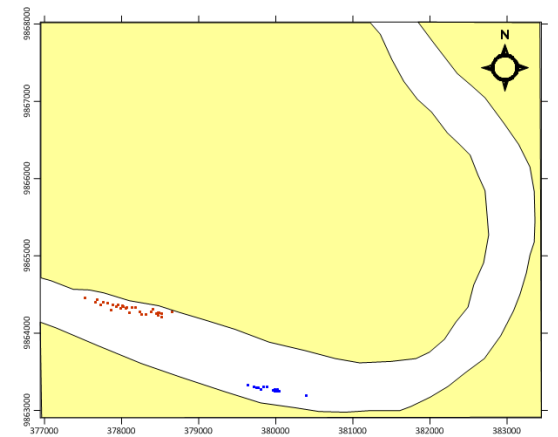
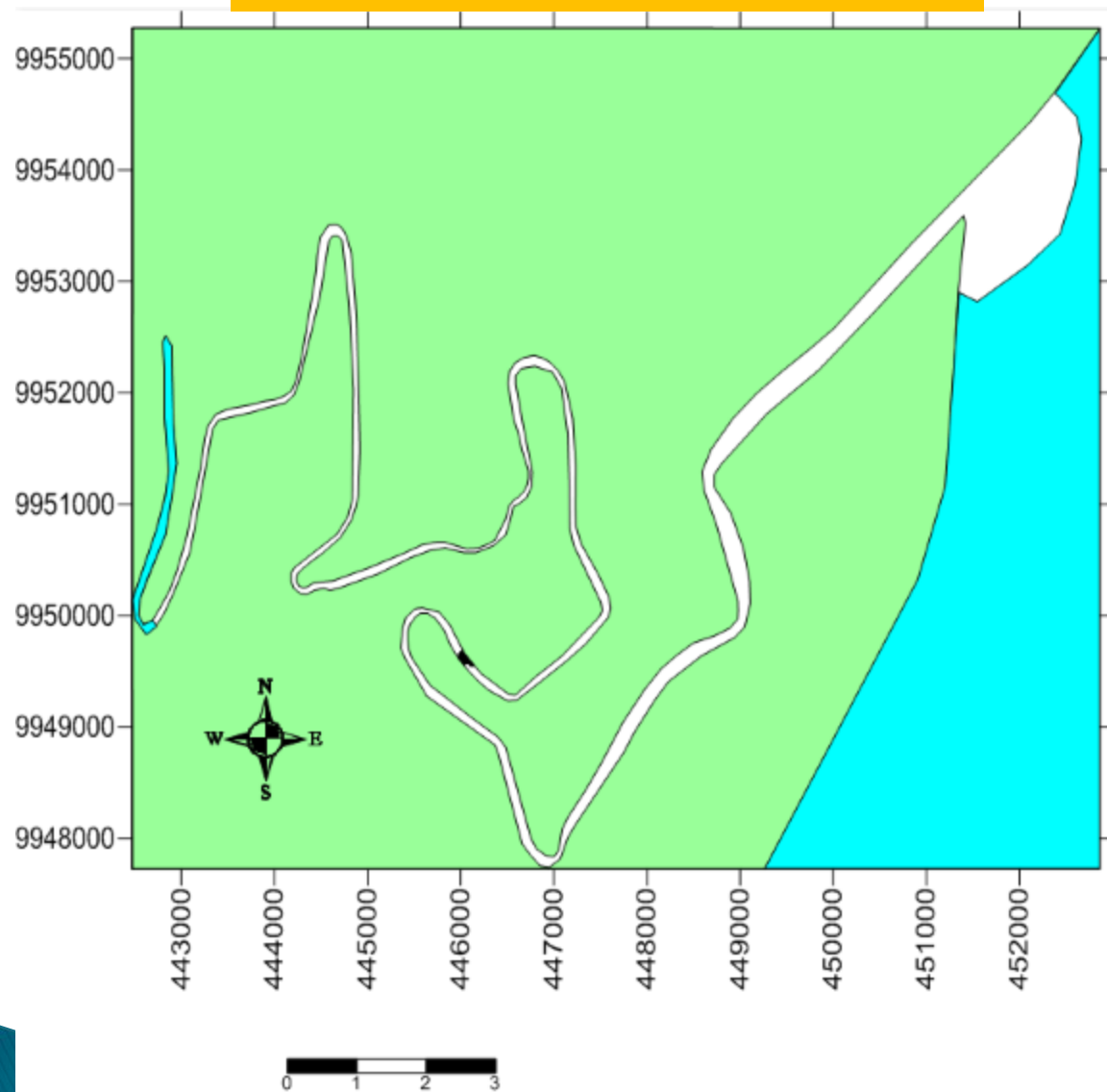


Figura: campo e velocidade b) campo de dispersão hidrodinâmica na superfície d'água do Rio Maracá – Ap, durante um ciclo de maré no período chuvoso (maio de 2013) a 6h do lançamento da pluma de sementes (500 elementos discretos). Centro de massa da pluma a 2,10 km a montante do ponto de lançamento. **Maré enchente.**



Resultados da Simulação hidrodinâmica na Rio Maracá no Baixo Rio Amazonas



CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Foram estudados os **fatores** relevantes da dispersão **hidrocórica** em ambientes de **várzeas do estuário amazônico**.
2. As forçantes hidrológicas (**sazonais**) e marés (**semidiurnas**) foram estudadas numericamente (SisBaHiA)
3. Ao longo de um único **ciclo de maré**, as sementes percorreram distâncias de **14 km** no período chuvoso e **8,2 km** no período seco, em relação ao seu ponto de lançamento.
4. A **hidrodinâmica** é fundamental na ecologia dos ecossistemas, pois influencia as estratégias de **dispersão** e estabelecimento de espécies vegetais da várzea amazônica

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. A **interação água-planta-dispersor** é fundamental para a sobrevivência e estabelecimento das espécies vegetais, permitindo o fluxo gênico entre locais distantes das colônias parentais e as **águas** cumprem com seu objetivo principal de **dispersora**.
6. As **escalas de velocidade e distâncias** da pluma de sementes tendem a se reduzir no período chuvoso para o período seco, seguindo o regime sazonal natural particular de cada rio.
7. A ferramenta numérica é **instrumento de planejamento e gestão** de ecossistemas (recomposição de espécies economicamente super exploradas de áreas degradadas de várzeas).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

8. A modelagem numérica aplicada à hidrodinâmica da engenharia ambiental (**poluentes**), pode ser aplicada à dispersão de **sementes**.
9. O campo de velocidade do **escoamento** afeta a **distribuição** e as estratégias de sobrevivência além da adaptação das espécies que habitam diferentes zonas da várzea.
10. As **mudanças climáticas** podem alterar os **padrões** hidrológicos dos ecossistemas estuarinos (pulsos hidrológicos e os regimes de marés).
11. As principais vantagens da abordagem numérica são os cenários (dispersão hidrocórica): a) modificar o **local** de lançamento das sementes; b) **substituir** as fontes instantâneas por fontes contínuas ou intermitentes; c) ao invés de fontes **pontuais**, substituir por fontes **difusas**, etc.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a concessão de apoio financeiro do **CNPQ**, processo 475614/2012-7; e apoio dos Projetos **FLORESTAM-EMBRAPA-AP**; **REMAM2** – FINEP/CNPq; **CENBAM-UNIFAP** e **SUDAM/FADESP/UFPA**.

alancunha@unifap.br