

A Corrente Norte do Brasil e os Vórtices de Barreirinhas

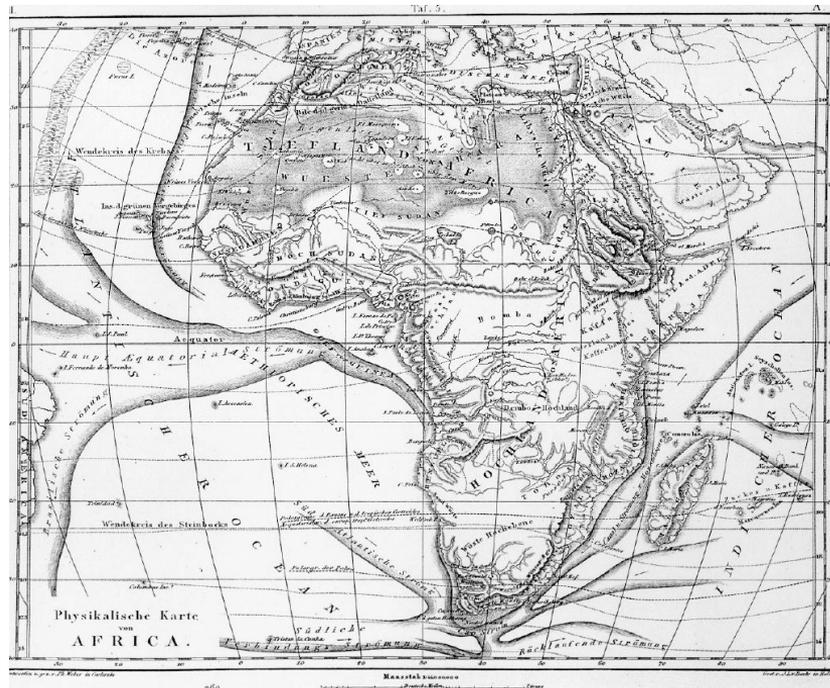
Ilson C. A. da Silveira

Depto. de Oceanografia Física, Química e Geológica
Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

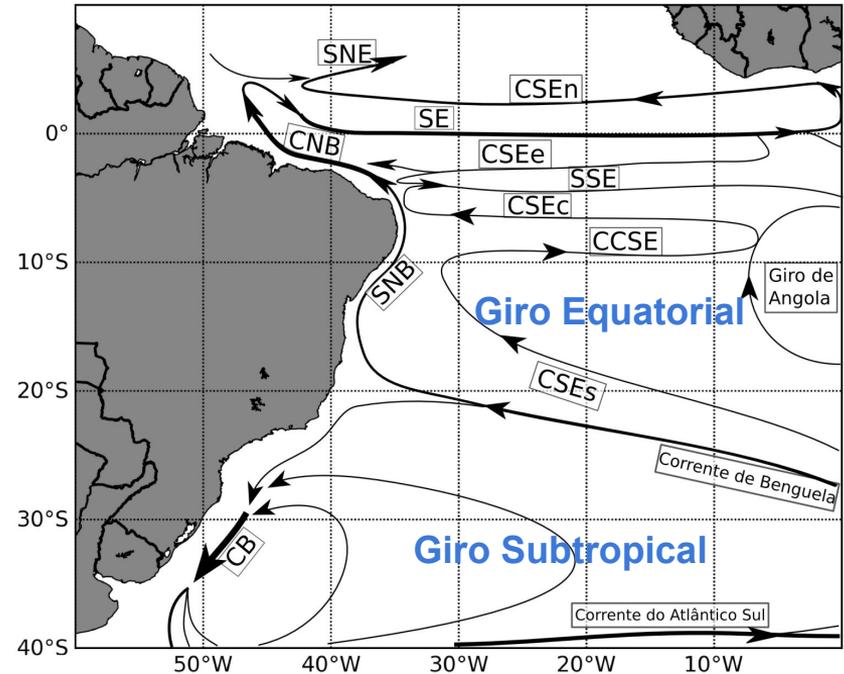
28-30 Outubro 2024

O Sistema de Correntes de Contorno Oeste

A Bifurcação da Corrente Sul Equatorial

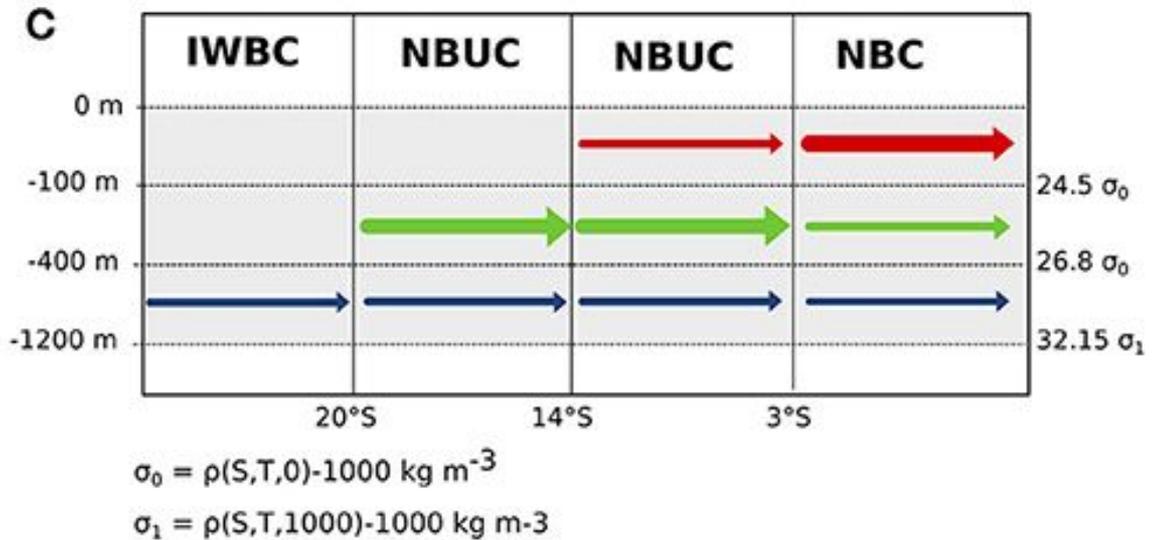
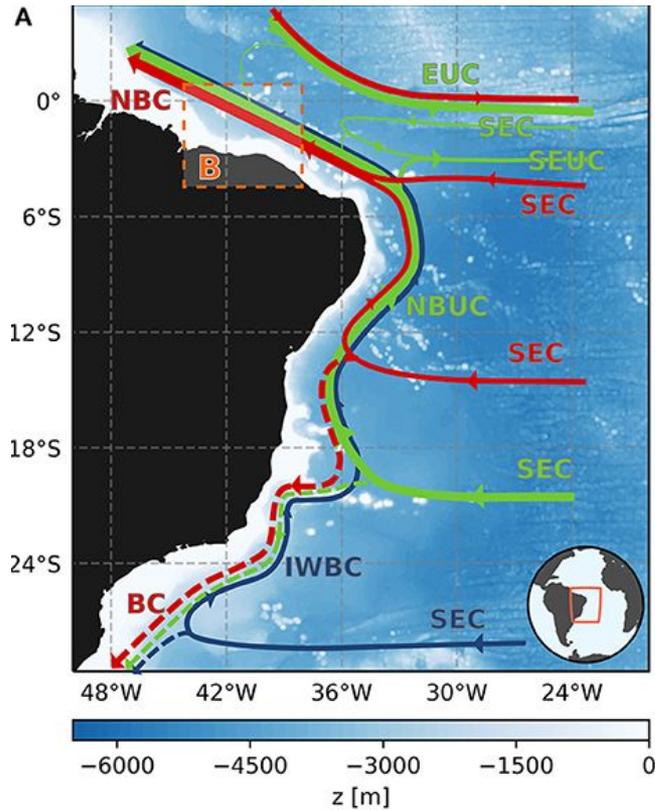


Ichonographic Encyclopedia (1851)



Adaptado de Stramma & England (1999)

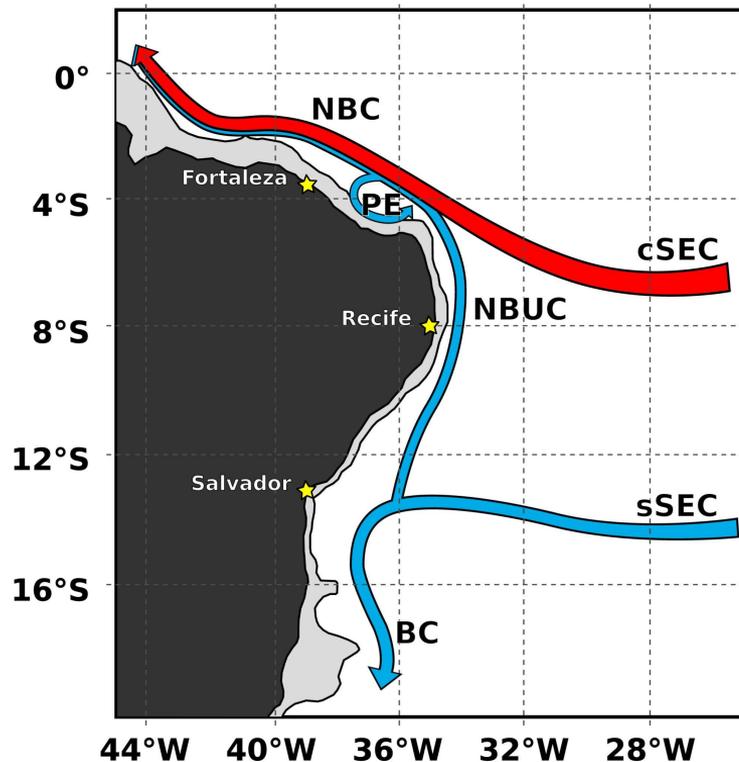
A Corrente Norte do Brasil



Simoes-sousa et al. (2020)

A Bacia Potiguar

O Vórtice Potiguar



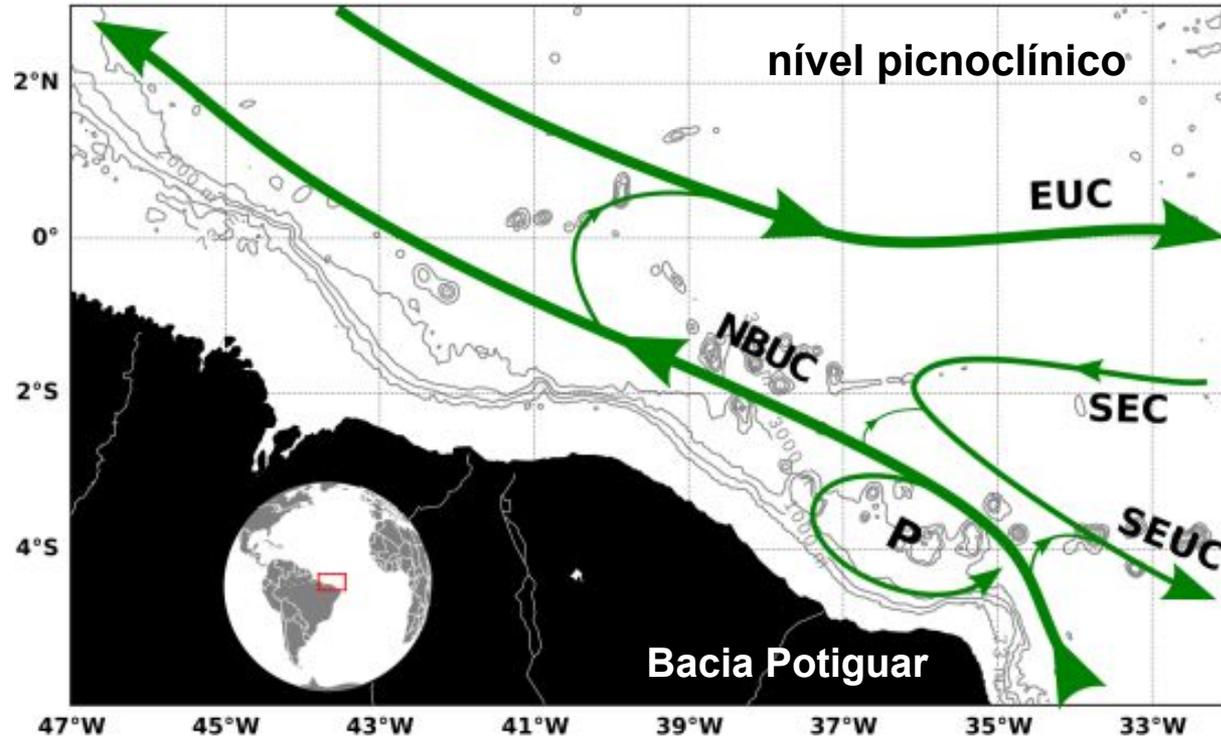
Krelling et al. (2020)

Apenas parte dos cerca de 18 Sv da SNB se retroflexiona para formar a SSE.

A outra porção se soma à cCSE, que atinge a margem em cerca de 5°S e formam a CNB.

Ao virar o Cabo do Calcanhar, a SNB forma um vórtice estacionário anticiclônico.

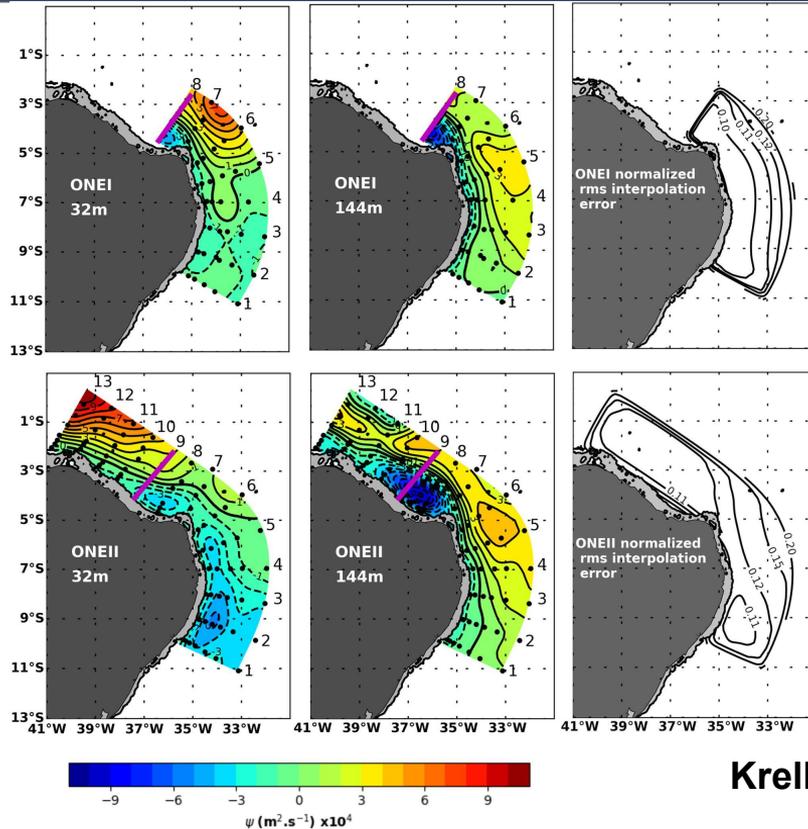
A Bacia de Barreirinhas



Simoes-Sousa (2014)

Caracterização do Vórtice Potiguar

O Vórtice Potiguar

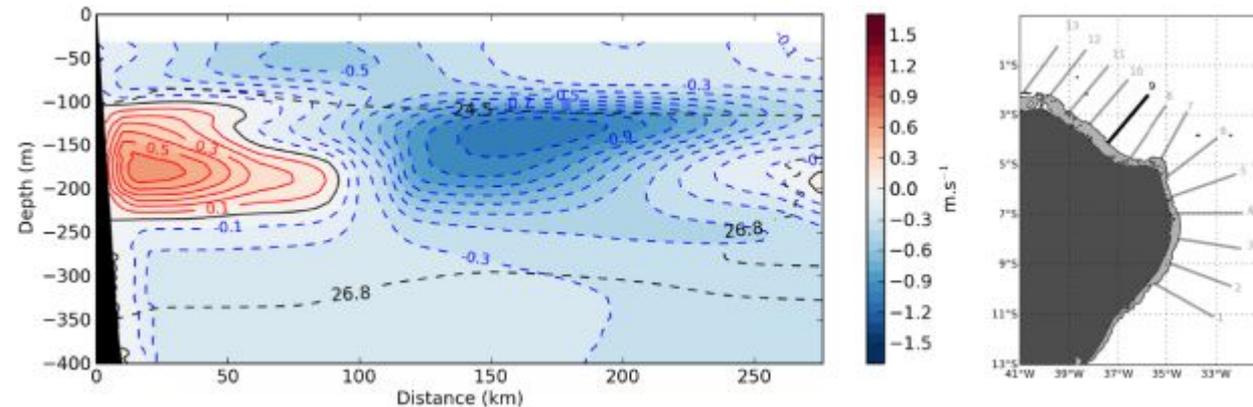


Krelling et al. (2020)

O Vórtice Potiguar ocupa apenas a porção picnoclínica, portanto acima da porção da coluna que alimenta a SSE.

Está acomodado de modo a ocupar inteiramente a Bacia Potiguar.

O Vórtice Potiguar: seção vertical



Portanto, o Vórtice Potiguar é apenas formado por Água Central do Atlântico Sul.

Sua extensão vertical se concentra entre 100 e 250 m de profundidade.

Krelling et al. (2020)

Números adimensionais

Os números adimensionais relacionam quantidades e/ou termos das equações hidrodinâmicas.

Servem como diagnóstico para o movimento de interesse

plano β centrado em 4°S

$$Ro = \frac{V_{max}}{f R_{max}}$$

número de Rossby

$$Bu = \frac{R_{de}^2}{R_{max}^2}$$

número de Burger

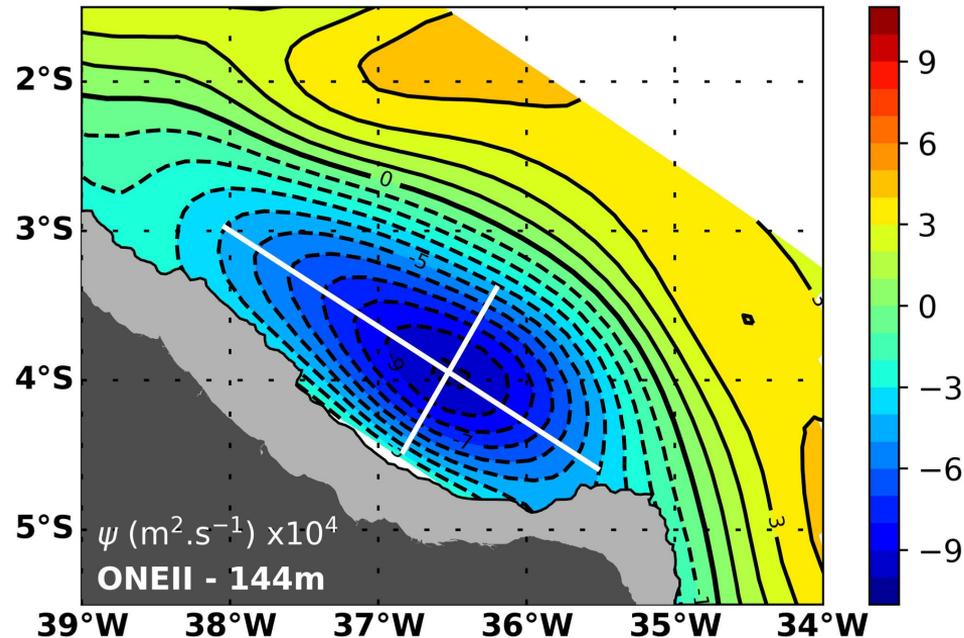
Números adimensionais

plano β centrado em 4°S

Número de Rossby pequeno ($Ro \ll 1$), o balanço é geostrófico.

Número de Burger da ordem da identidade ($Bu \sim O(1)$), trata-se de um fenômeno de mesoescala.

O Vórtice Potiguar



Krelling et al. (2020)

O Vórtice Potiguar é um vórtice tipicamente de mesoescala tropical.

$$Ro=0,22 \quad \text{e} \quad Bu=0,8-1,6$$

Números adimensionais

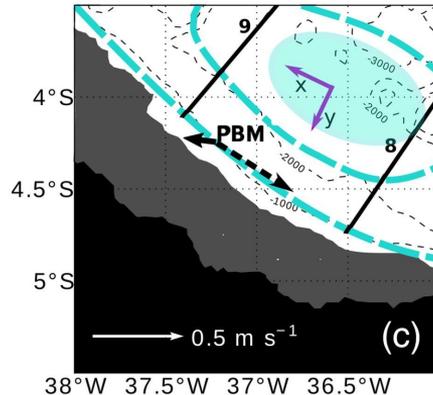
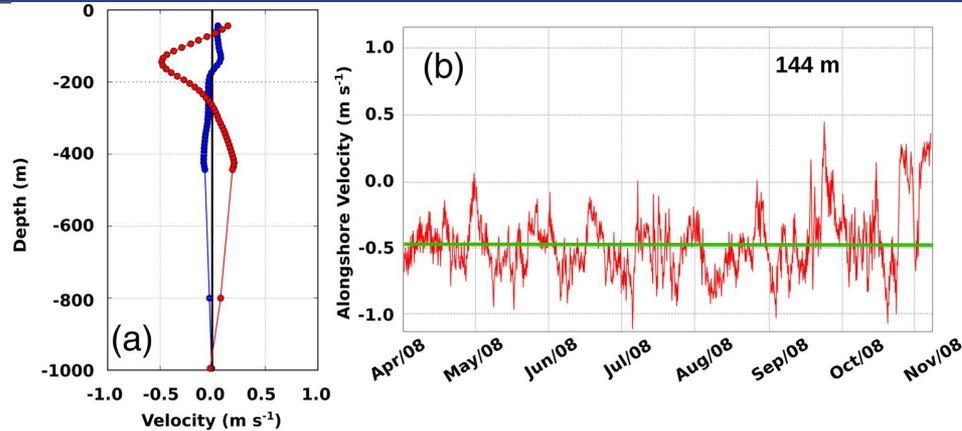
plano β centrado em 4°S

O Vórtice Potiguar, ainda que balanço gradiente, é essencialmente **geostrófico**.

O Vórtice Potiguar é uma feição oceanográfica de **mesoescala tropical**.

Variabilidade Temporal do Vórtice Potiguar

O Vórtice Potiguar apresenta variações temporais importantes?

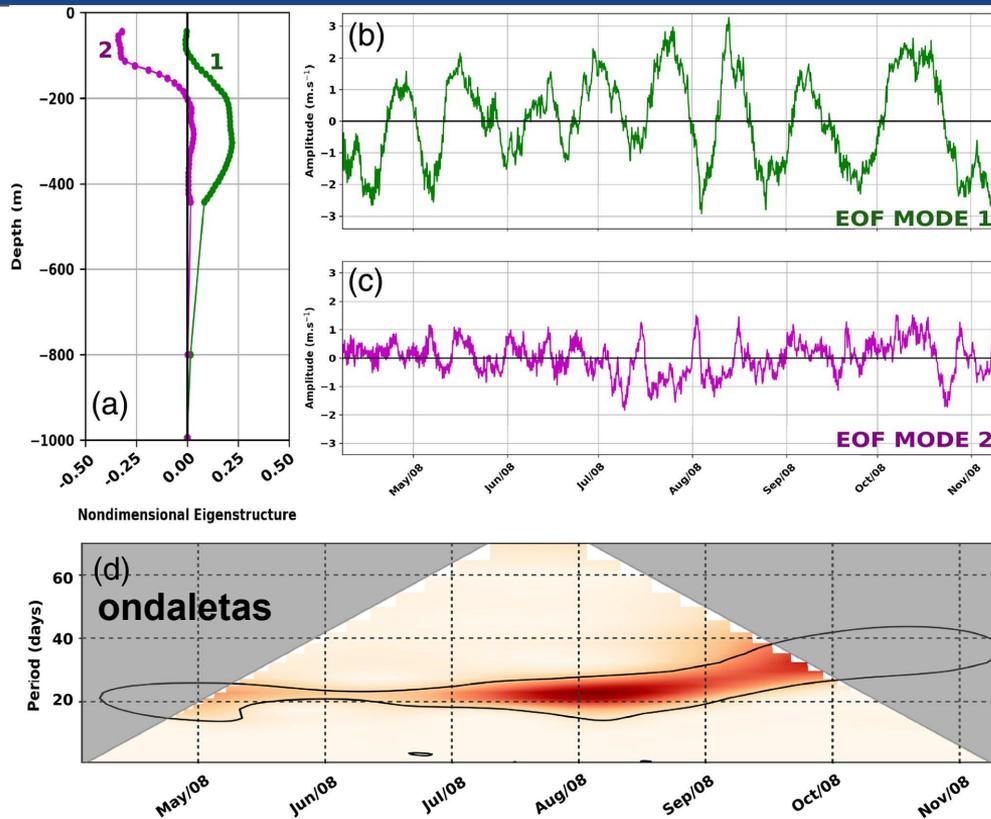


Krelling et al. (2020)

O Fundeio P1 foi assentado sobre a isóbata de 1000 m e no domínio do lobo costeiro do Vórtice Potiguar.

O escoamento médio revela estrutura de velocidade média na região da pinoquina

O Vórtice Potiguar pulsa com periodicidade quase-mensal



EOFs do Fundeio P1:

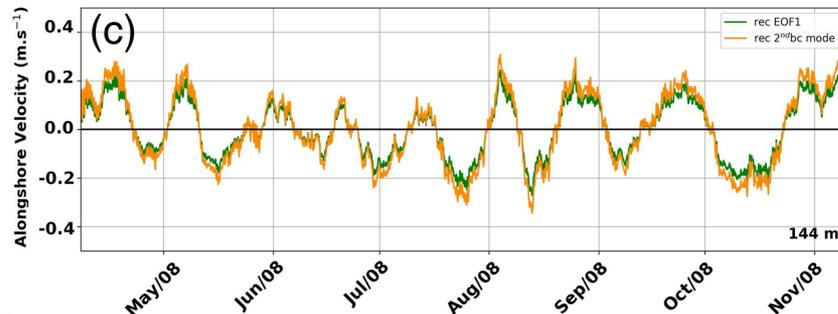
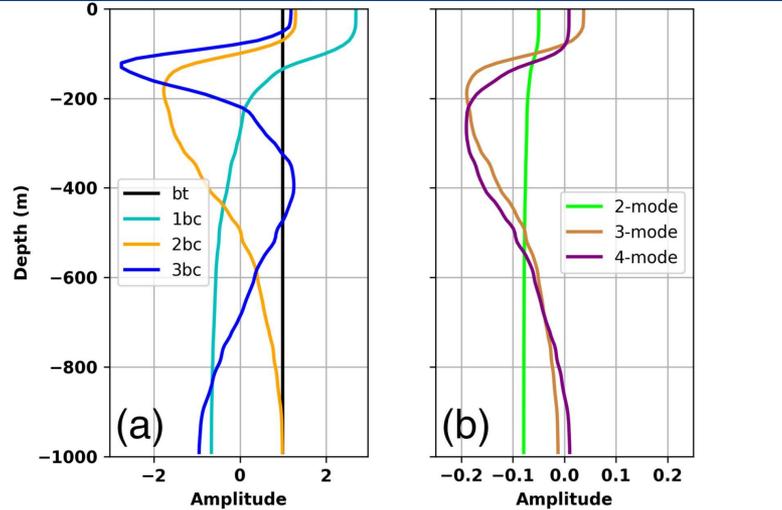
dois modos significativos a 95%

EOF1= 76% da variância total

EOF2= 12% da variância total

Krelling et al. (2020)

O Vórtice Potiguar: o que é a variabilidade de periodicidade quase-mensal?

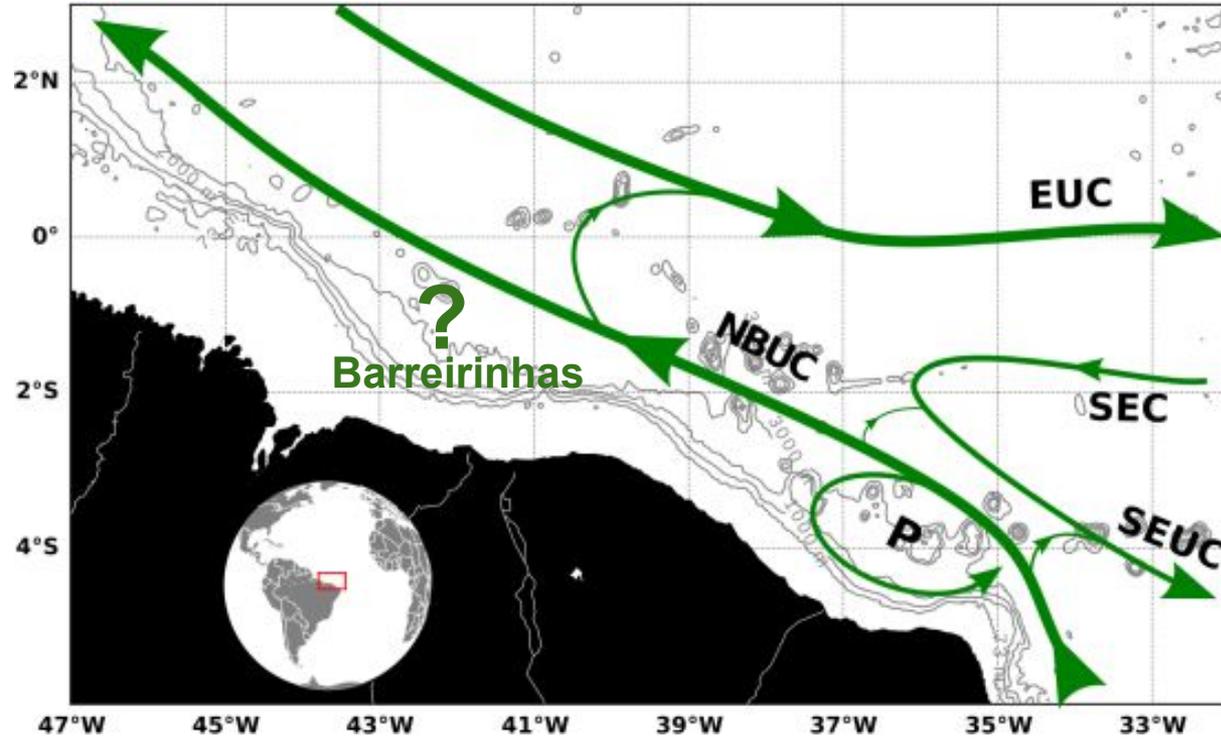


São ondas costeiras aprisionadas
de segundo modo dinâmico
baroclínico!

Krelling et al. (2020)

A Bacia de Barreirinhas

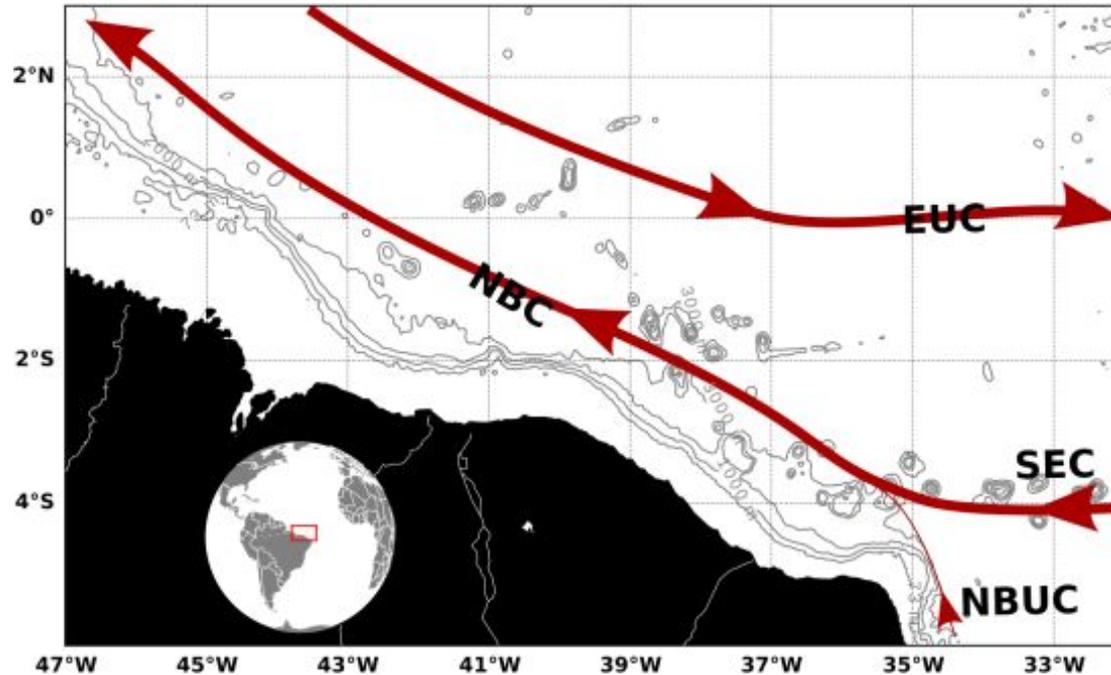
A Bacia de Barreirinhas



Simoes-Sousa (2014)

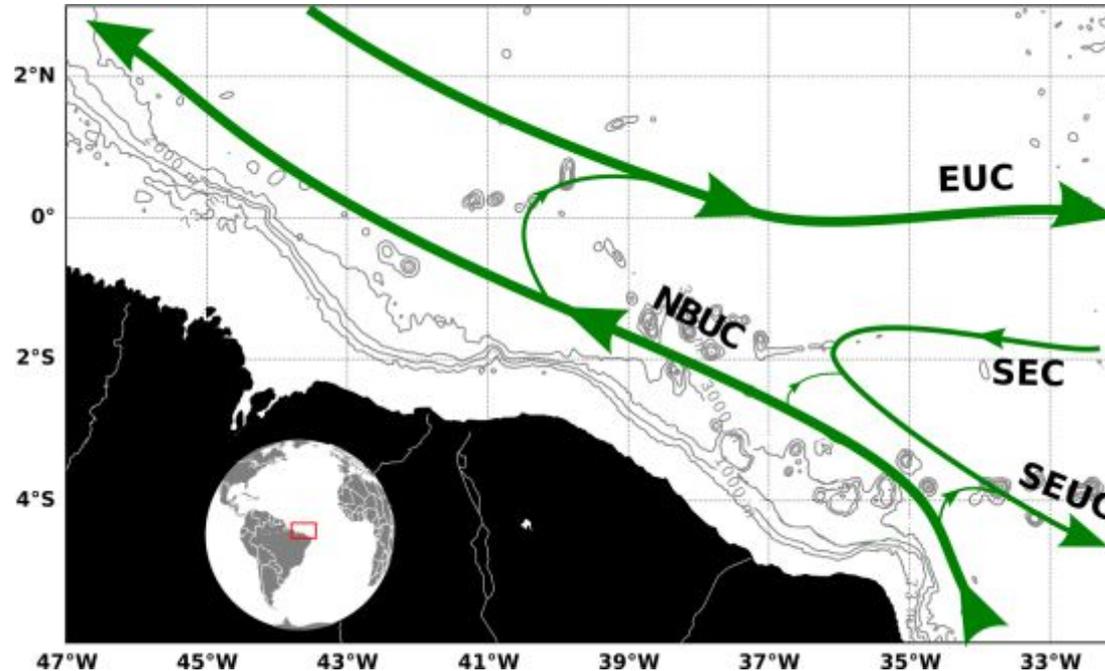
Hidrografia da Bacia de Barreirinhas

Estrutura de massas de água: Água Tropical



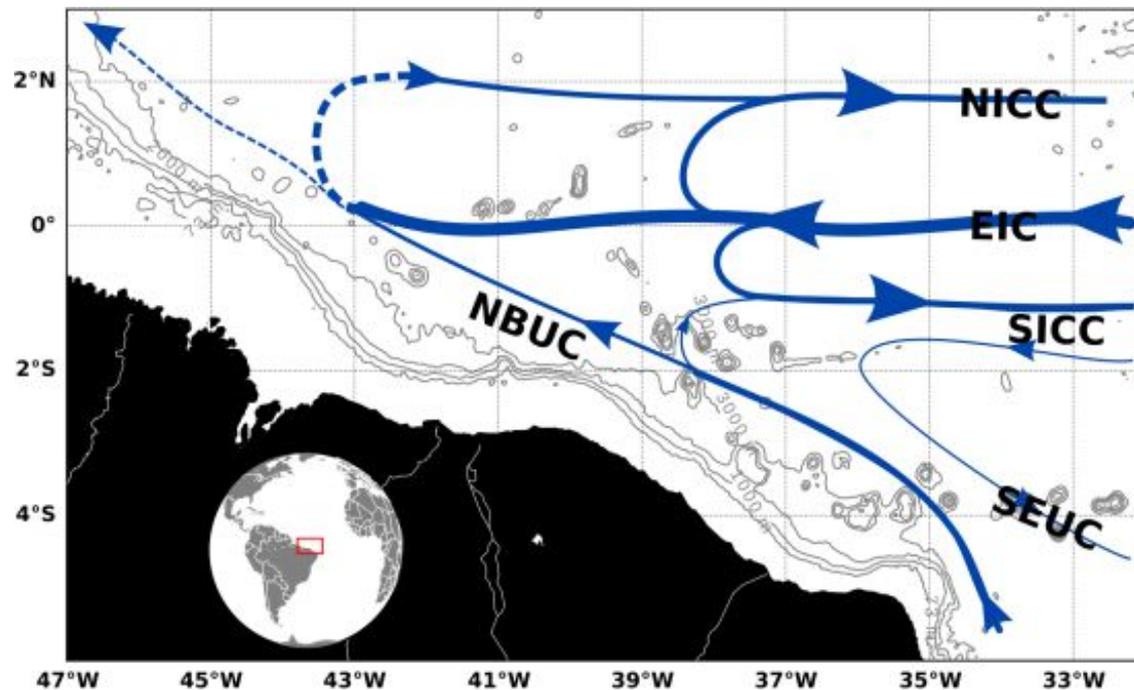
Simoes-Sousa (2014)

Estrutura de massas de água: Água Central do Atlântico Sul



Simoes-Sousa (2014)

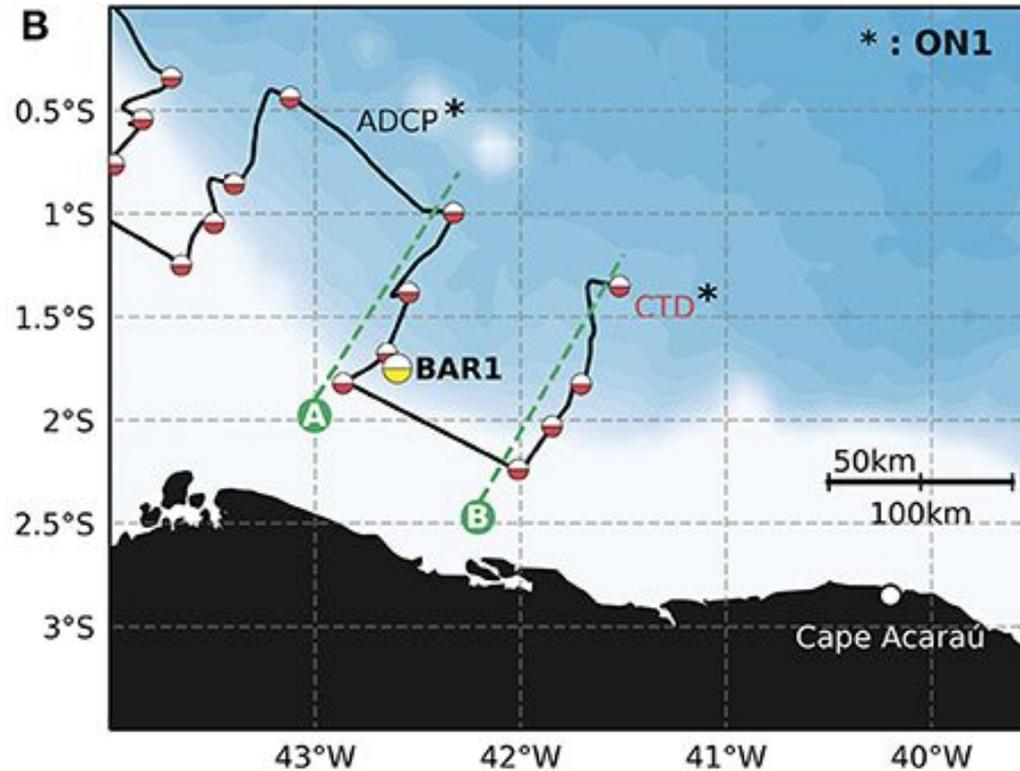
Estrutura de massas de água: Água Intermediária Antártica



Simoes-Sousa (2014)

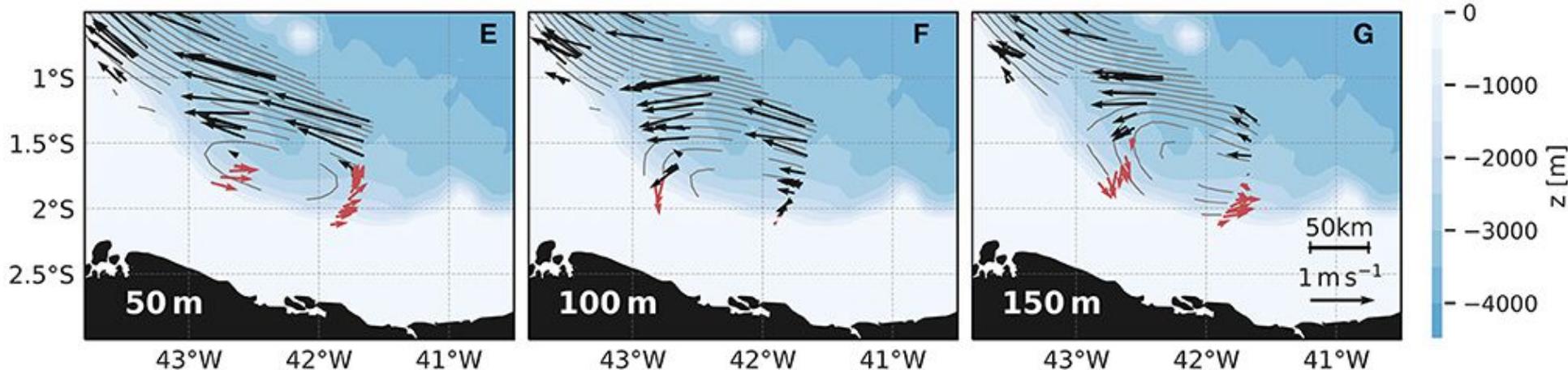
Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas

Conjunto de dados



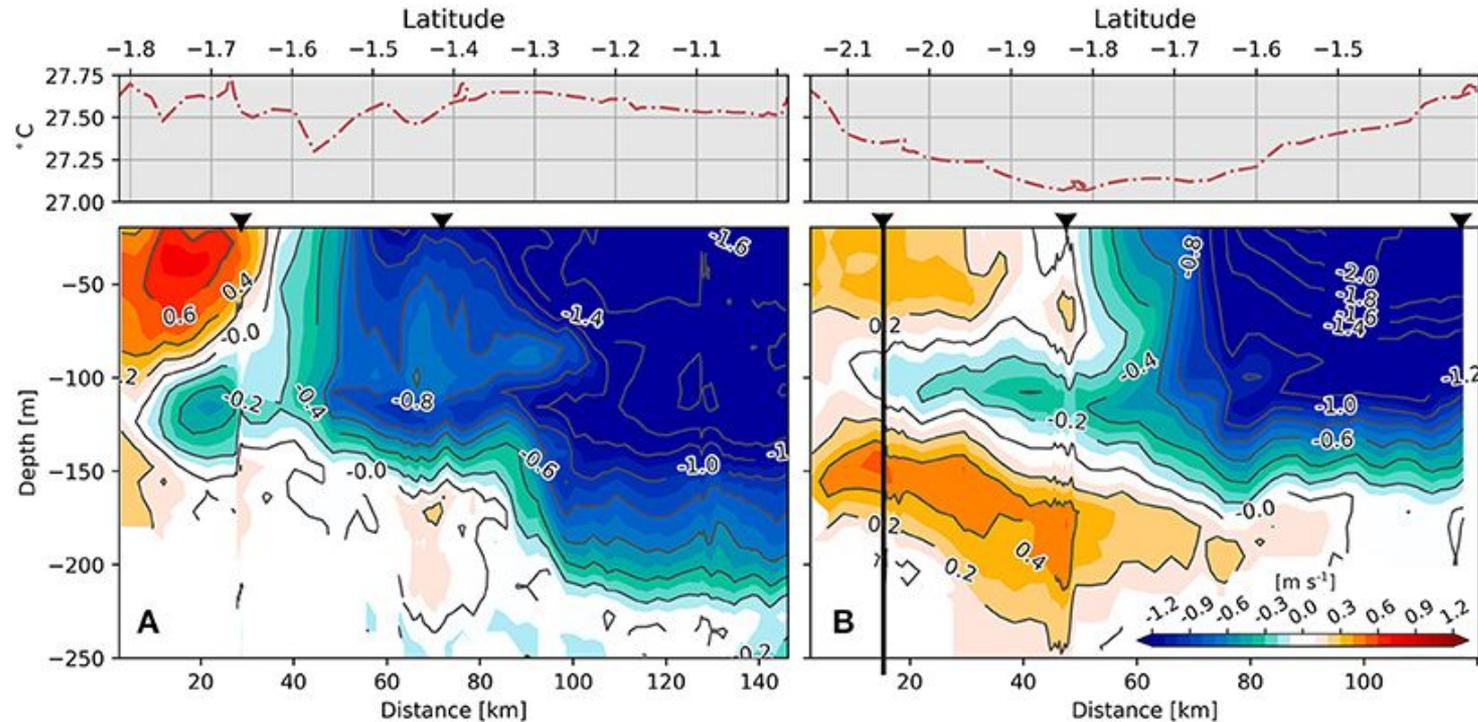
Simoes-Sousa et al (2021)

Distribuição horizontal de correntes - ADCP de casco (Op. Norte I, Ju. 2001)



Simoes-Sousa et al (2021)

Seções vertical de correntes - ADCP de casco (Op. Norte I, Jun 2001)



Simoes-Sousa et al (2021)

Números adimensionais

plano β equatorial

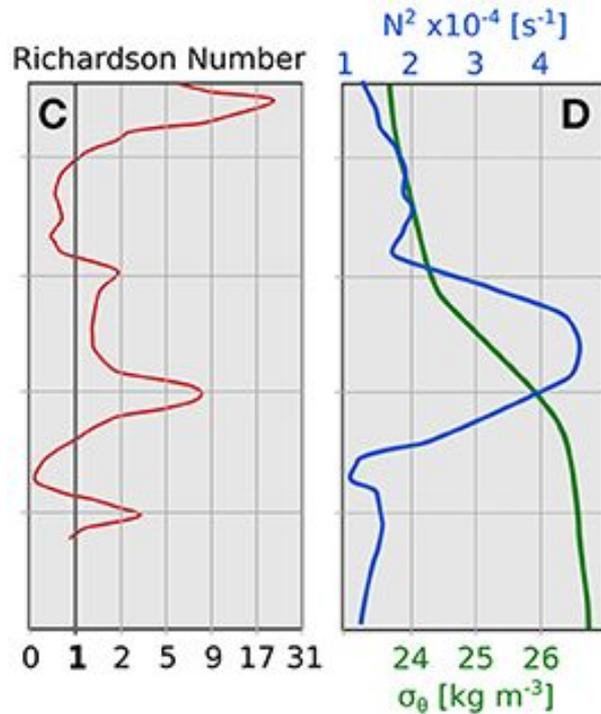
$$Ri = \frac{N^2}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2} \quad \text{número de Richardson}$$

$$Bu = \frac{R_{de}^2}{R_{max}^2} \quad \text{número de Burger}$$

$$Ro = \frac{v_{max}}{\beta R_{max}^2} \quad \text{número de Rossby equatorial}$$

$$Ek = \frac{\nu}{\beta R_{max} H^2} \quad \text{número de Ekman equatorial}$$

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: números adimensionais



Os Vórtices são vórtices de submesoescala equatorial.

$$Ri=4,2 \quad e \quad Ro=3,0$$

$$Bu=57$$

Simoes-Sousa et al (2021)

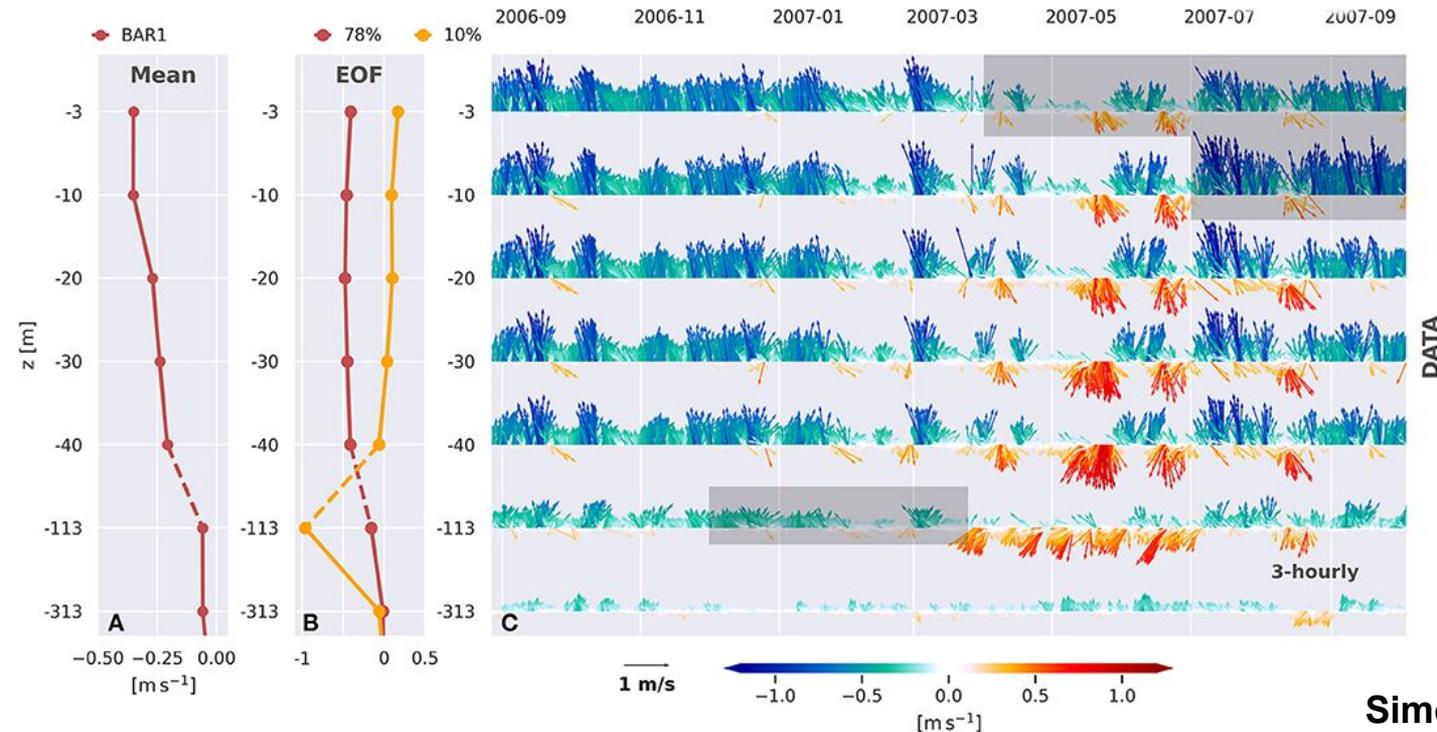
Números adimensionais

Os Vórtices de Barreirinhas apresentam Ro e Ri de $O(1)$, o que os coloca como vórtices de **submesocala equatorial**.

Os Vórtices de Barreirinhas apresentam $Bu \gg 1$ (de $O(10^2)$), e portanto, tal valor sugere camadas isopícnais desacopladas.

Variabilidade Temporal dos Vórtices de Barreirinhas

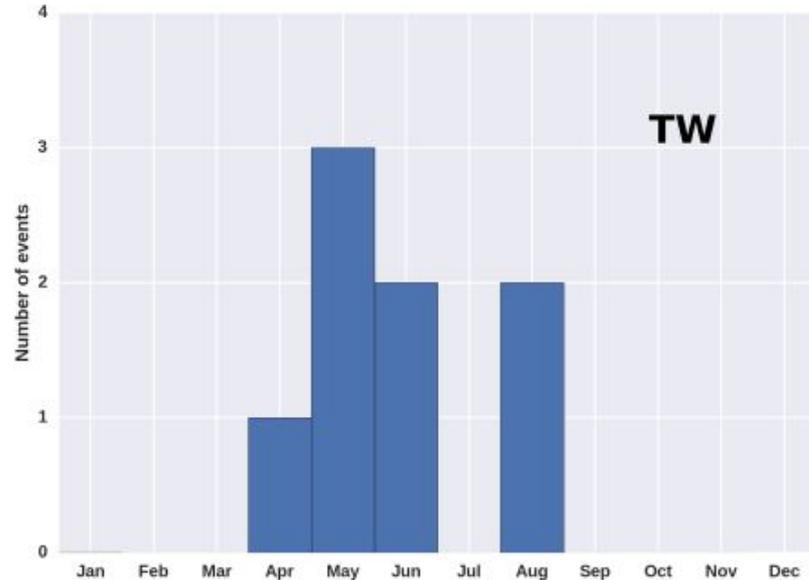
Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: sazonalidade de formação



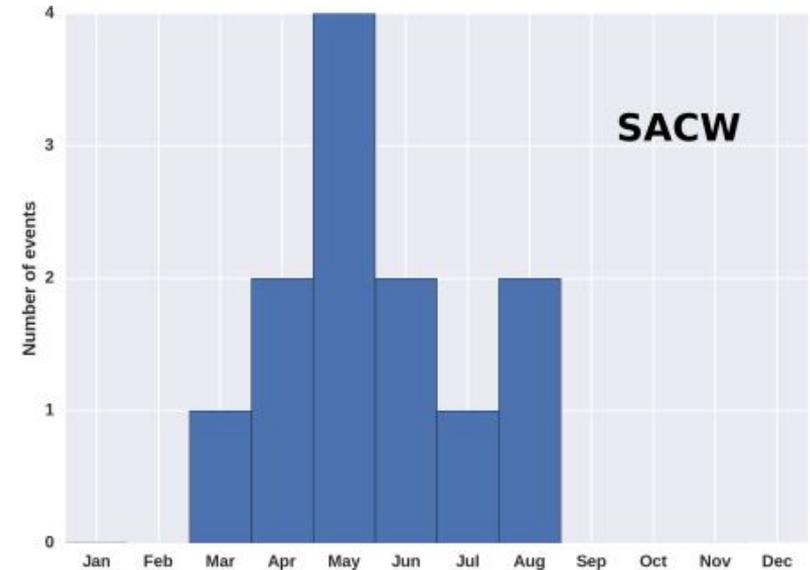
**FUNDEIO BAR1
(2007)**

Simoes-Sousa et al (2021)

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: sazonalidade de formação



**FUNDEIO BAR1
(2007)**

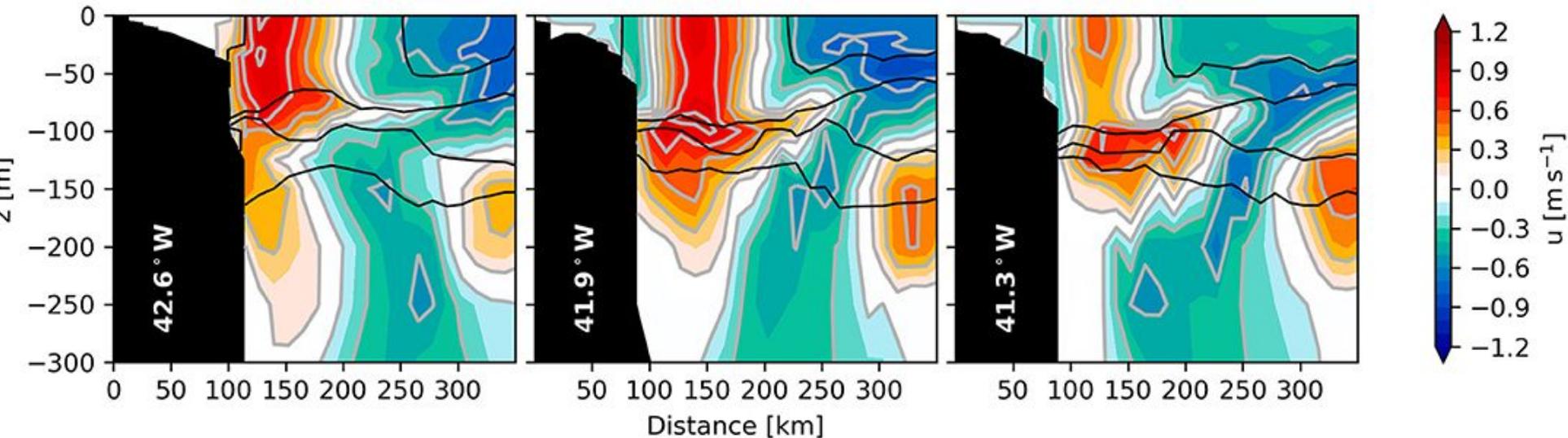


Simoies-Sousa et al (2021)

Uso da Reanálise HYCOM 19.1

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: validação da reanálise

REANÁLISE HYCOM 19.1

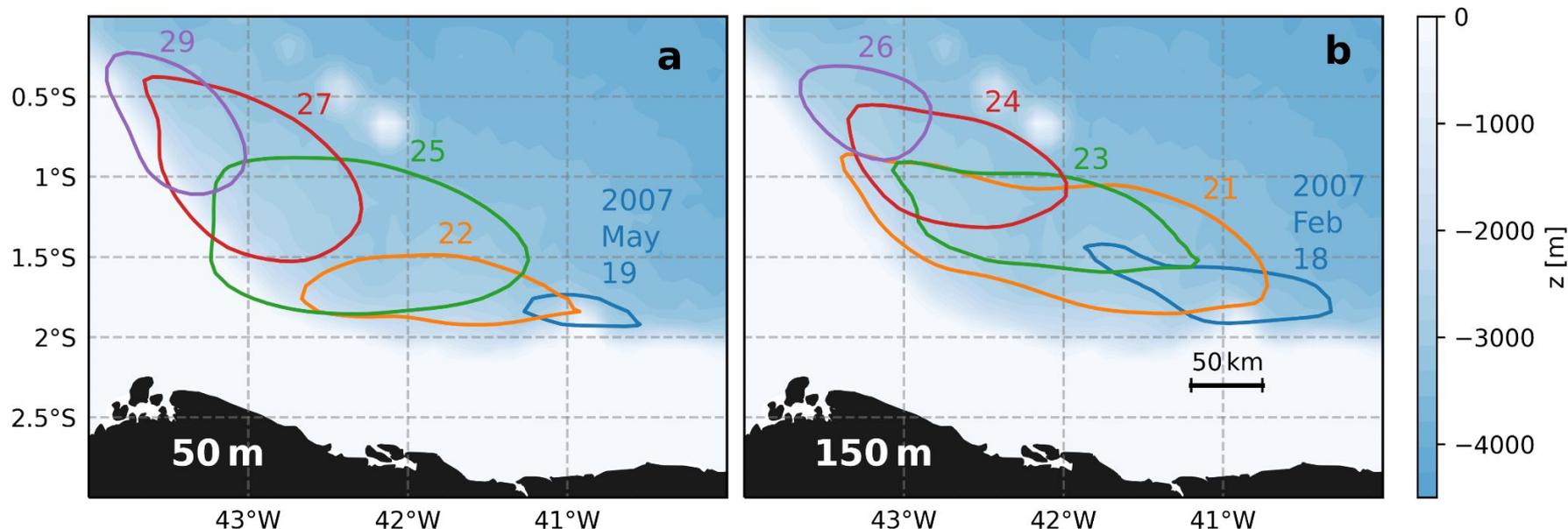


Os vórtices podem apresentar núcleos frios ou quentes

Simoes-Sousa et al (2021)

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: validação da reanálise

REANÁLISE HYCOM 19.1

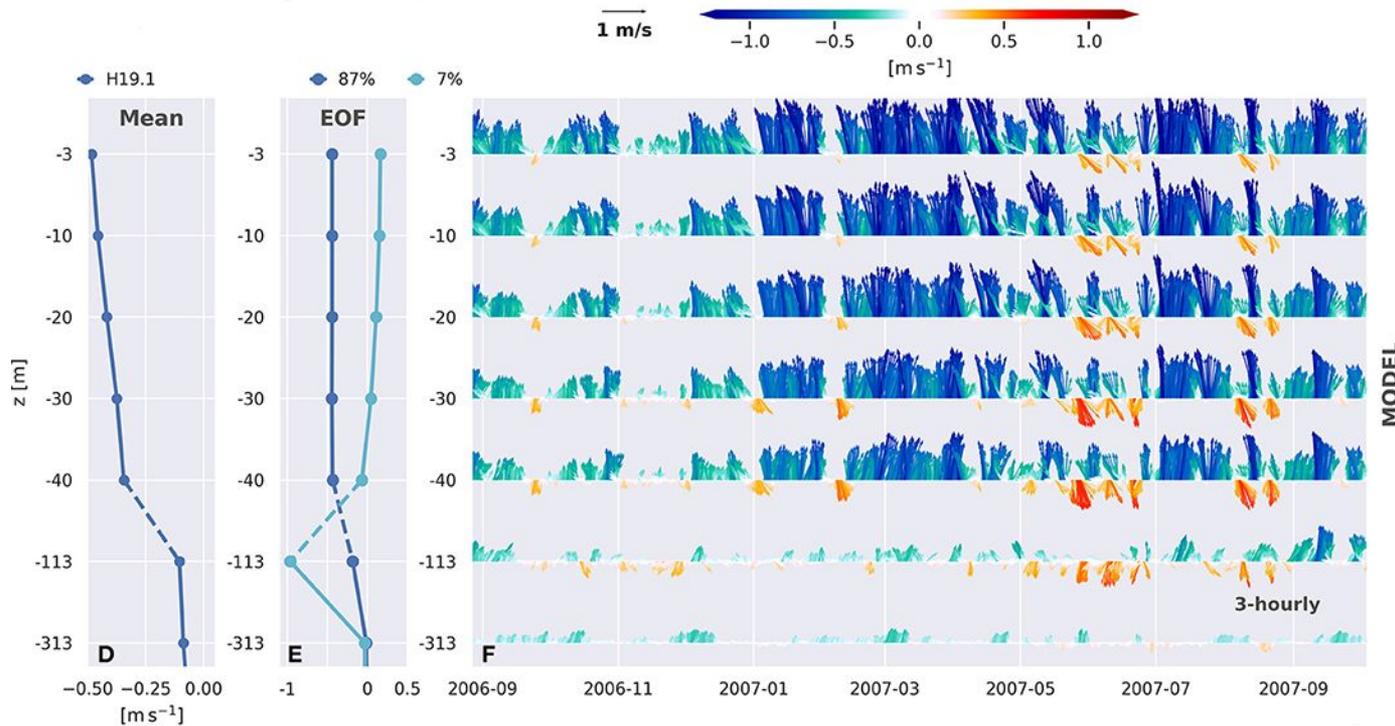


Os vórtices são propagantes, levando cerca de 8-10 dias para cruzar a bacia.

Simoes-Sousa et al (2021)

Variabilidade Temporal dos Vórtices de Barreirinhas de acordo com a Reanálise HYCOM 19.1

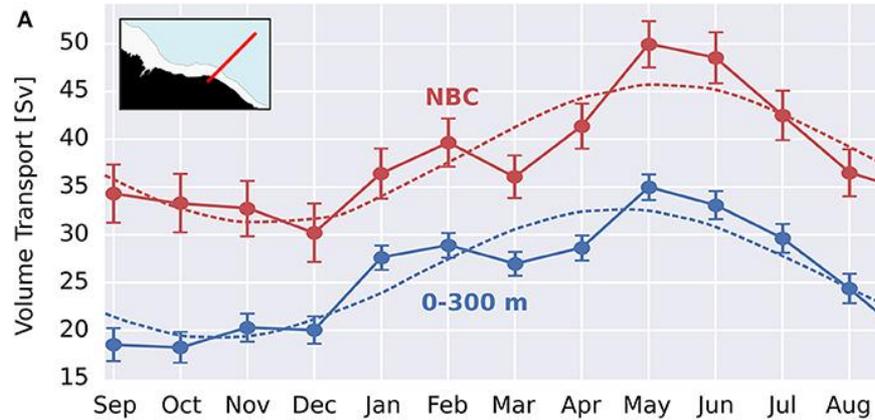
Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: validação da reanálise



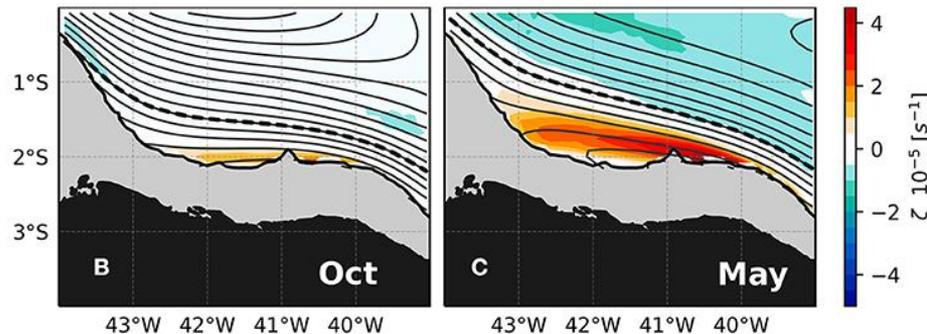
**REANÁLISE
HYCOM 19.1**

Simoes-Sousa et al (2021)

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: sazonalidade de formação



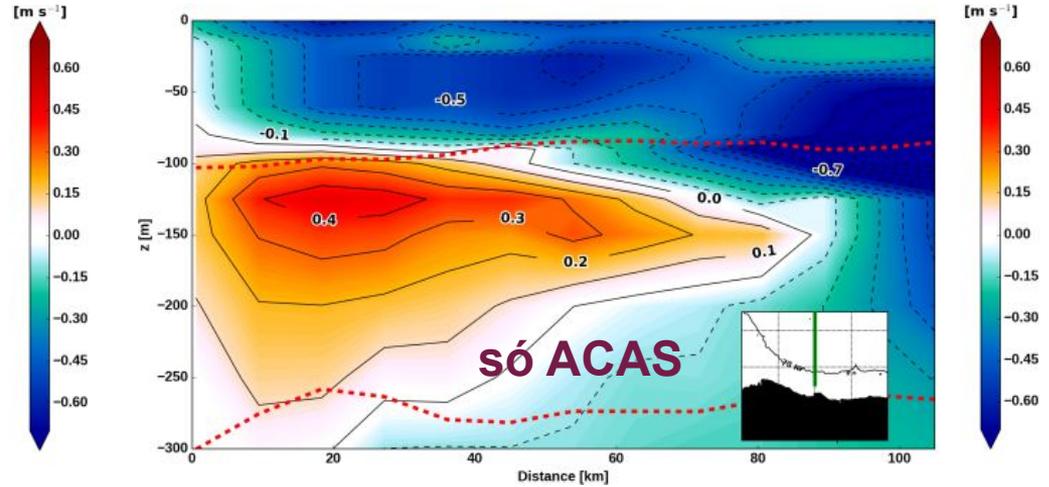
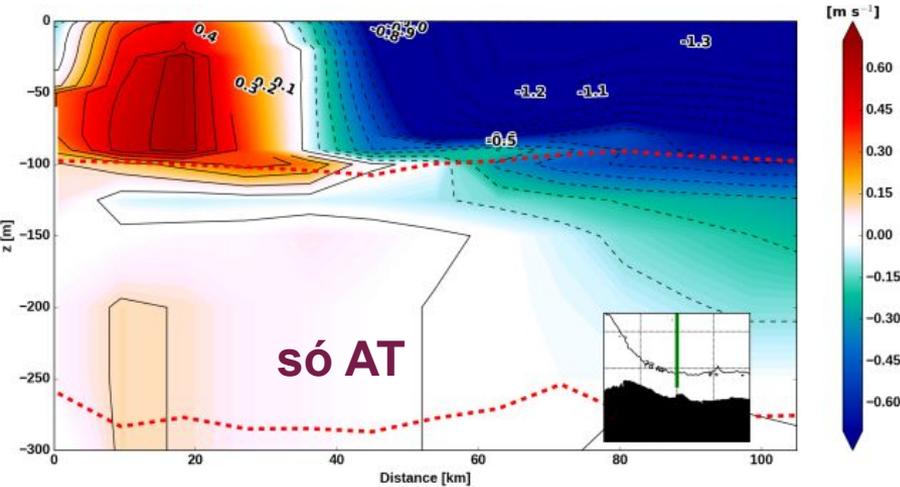
REANÁLISE
HYCOM 19.1



Simoes-Sousa et al (2021)

Simulação dos vórtices de AT e ACAS

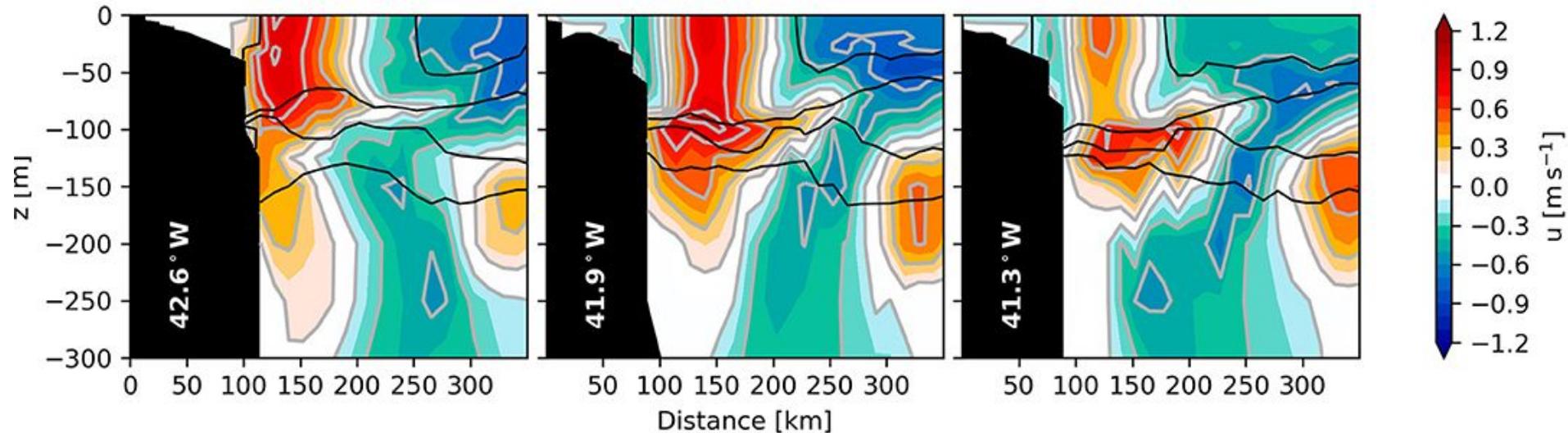
Simulação dos Vórtices de Barreirinhas



Simoes-Sousa et al (2021)

Um pouco de dinâmica: propensão à instabilidade

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: dinâmica

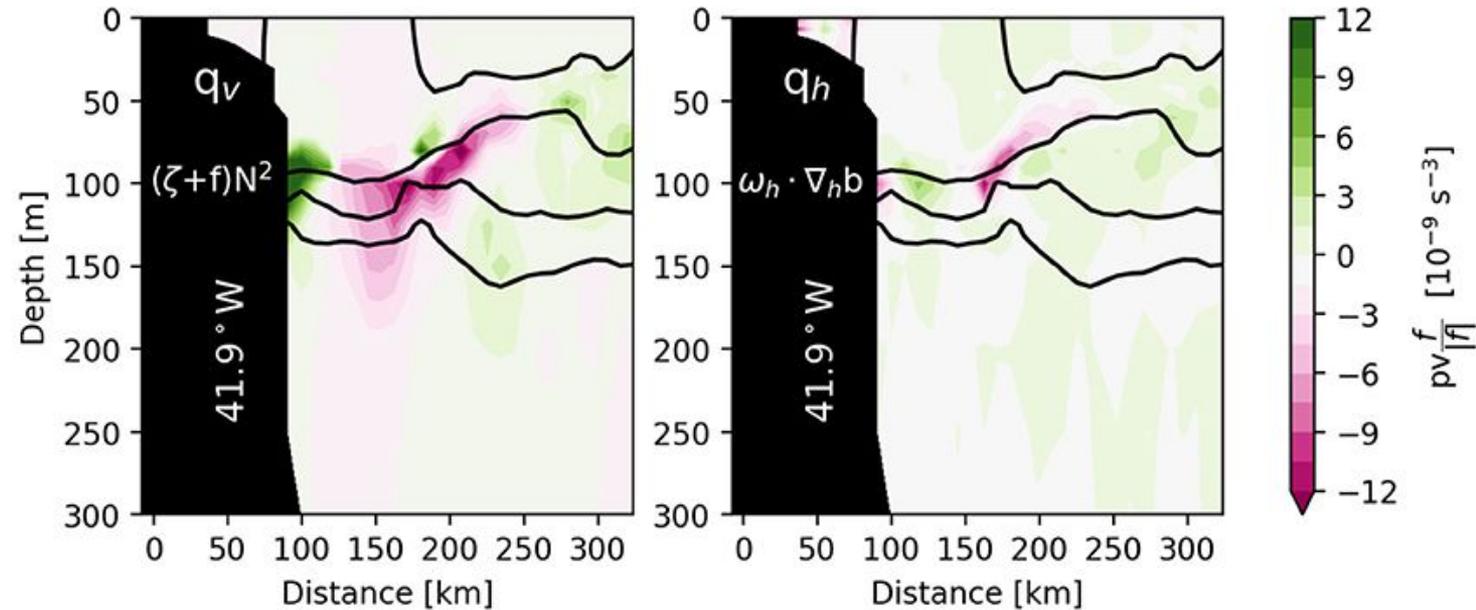


O anticiclone de AT tem núcleo frio

O anticiclone de ACAS tem núcleo quente

Simoes-Sousa et al (2021)

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: dinâmica

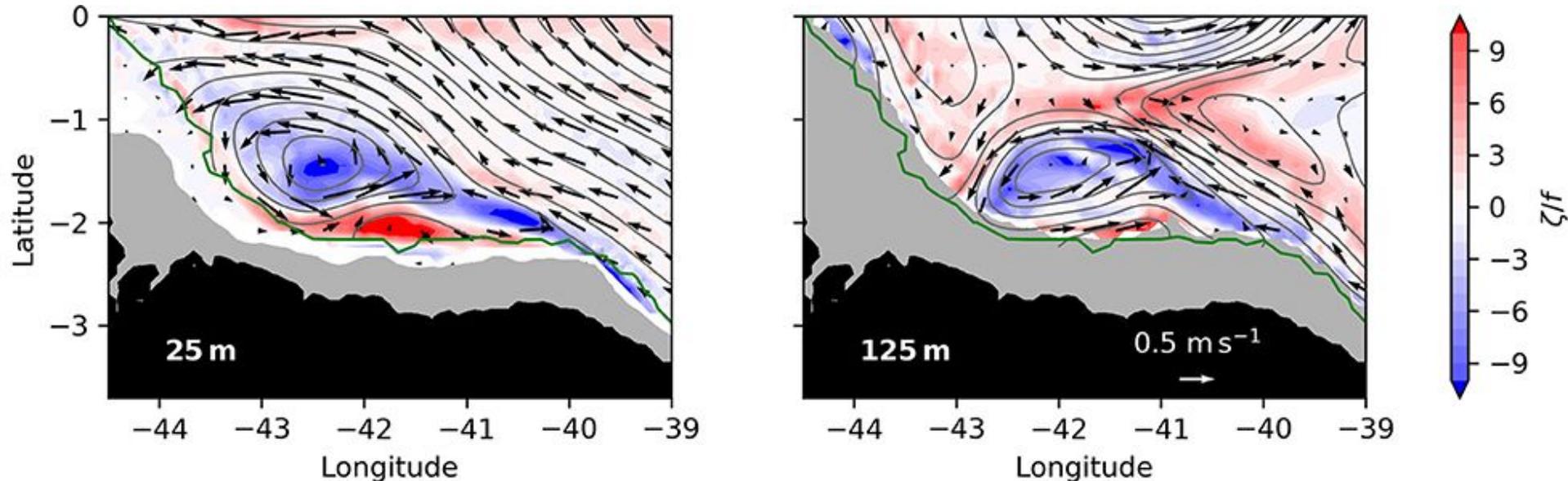


$pv \cdot f / |f| < 0$ indica possibilidade de instabilidade

Simoes-Sousa et al (2021)

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: dinâmica

REANÁLISE HYCOM 19.1



**$Ro=O(10)$ indica possibilidade de instabilidade inercial.
Mas vórtices de alto Bu com $Ro<1$, podem ser estáveis**

Simoès-Sousa et al (2021)

Os Vórtices Anticiclônicos de Barreirinhas: critério de estabilidade

$$\sqrt{Bu} > \frac{0,23}{\sqrt{Ek}} \frac{(Ro+0,3)^2}{\sqrt{|Ro|}}$$

$$7,55 > 3,06$$

Vórtice estável mediante efeito do atrito pela tensão de cisalhamento do vento

Simoes-Sousa et al (2021)

Conclusões

- Os Vórtices de Barreirinhas são feições anticiclônicas de submesoescala equatorial, de formato elíptico e raio médio caracteristicamente de 100 km.
- Por serem de submesoescala, os vórtices podem apresentar tanto núcleo quente quanto núcleo frio.
- Seus altos valores de Bu fazem com que as camadas isopícnais se comportem independentemente, existindo assim vórtices de AT (na camada superficial) e ACAS (centrados em 150 m de profundidade).
- Sua formação é sazonal, concentrada entre Abril e Agosto, concordando com o pico anual da Corrente do Norte do Brasil. Os vórtices mais intensos ocorrem em Maio.
- Apesar de seus valores de $|Ro|$ altos indicarem a propensão à instabilidade inercial, atrito parece estabilizá-los, e em particular, o de superfície submetido à forte tensão de cisalhamento dos ventos alísios.

Muito Obrigado!



USP
UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO



UMass
Dartmouth

BR
PETROBRAS

FAPESP
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA
DO ESTADO DE SÃO PAULO

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico