

Variabilidade global das ondas oceânicas durante fases simultâneas do ENSO e da MJO

Victor A. Godoi ¹

Felipe M. de Andrade ²

Tom H. Durrant ³

Audálio R. Torres Jr ¹



Sumário

- Introdução
- Objetivo
- Dinâmica do El Niño-Oscilação Austral (ENSO)
- Dinâmica da Oscilação Madden-Julian (MJO)
- Metodologia
- Resultados
- Conclusões

Por que devemos entender como as ondas se comportam?

- Inundações
- Erosões costeiras
- Projetos de engenharia (segurança, operabilidade, etc.)



Por que devemos entender como as ondas se comportam?

- Atividades que requerem conhecimento do clima de ondas incluem:
 - Avaliação do risco de erosão e inundação costeira
 - Planejamento de rotas de navio
 - Projetos de portos e rodovias costeiras
 - Exploração da energia de onda

Resposta simples: para garantir a segurança de pessoas e de estruturas costeiras e offshore vulneráveis!



O que controla o clima de ondas?

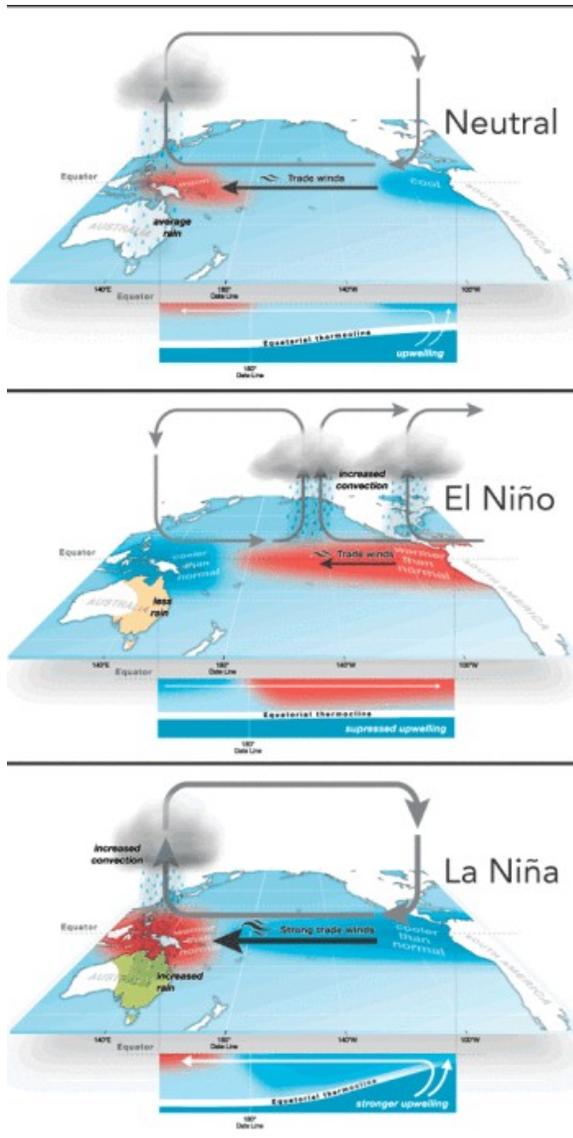
Reguladores do clima de ondas

- Relações entre a variabilidade da onda e padrões climáticos são, geralmente, investigadas com base em padrões individuais, sem levar em conta a interação entre eles
- Mas, e se vários padrões estiverem ativos no mesmo momento?
 - As condições de onda diferem daquelas observadas durante períodos em que apenas um padrão está ativo?
 - Onde ocorrem as mudanças?
 - Qual padrão climático domina?
 - Por que ele domina?
 - Sob quais circunstâncias?

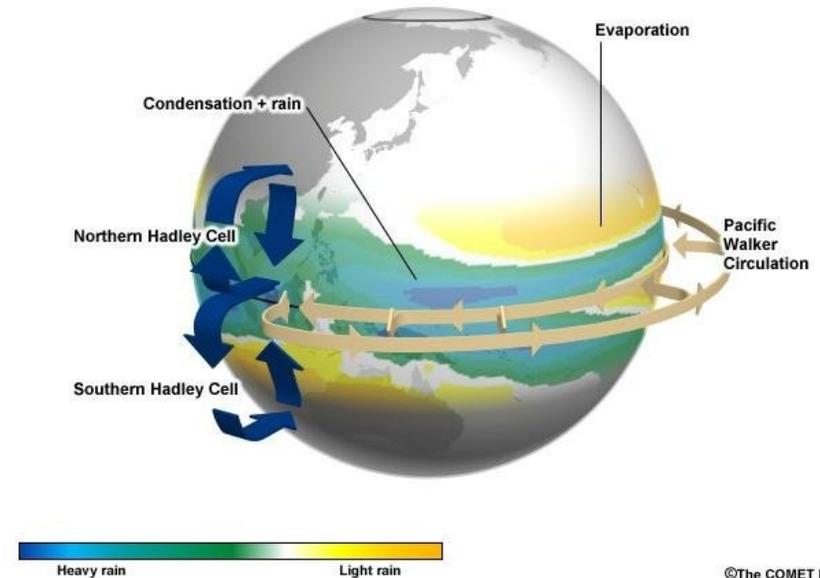
Objetivo

Investigar como **anomalias de onda** globais estão relacionadas às **interações** entre o ENSO e a MJO

Dinâmica do ENSO



Fonte: BoM



©The COMET Program

Fonte: COMET

Dinâmica do ENSO

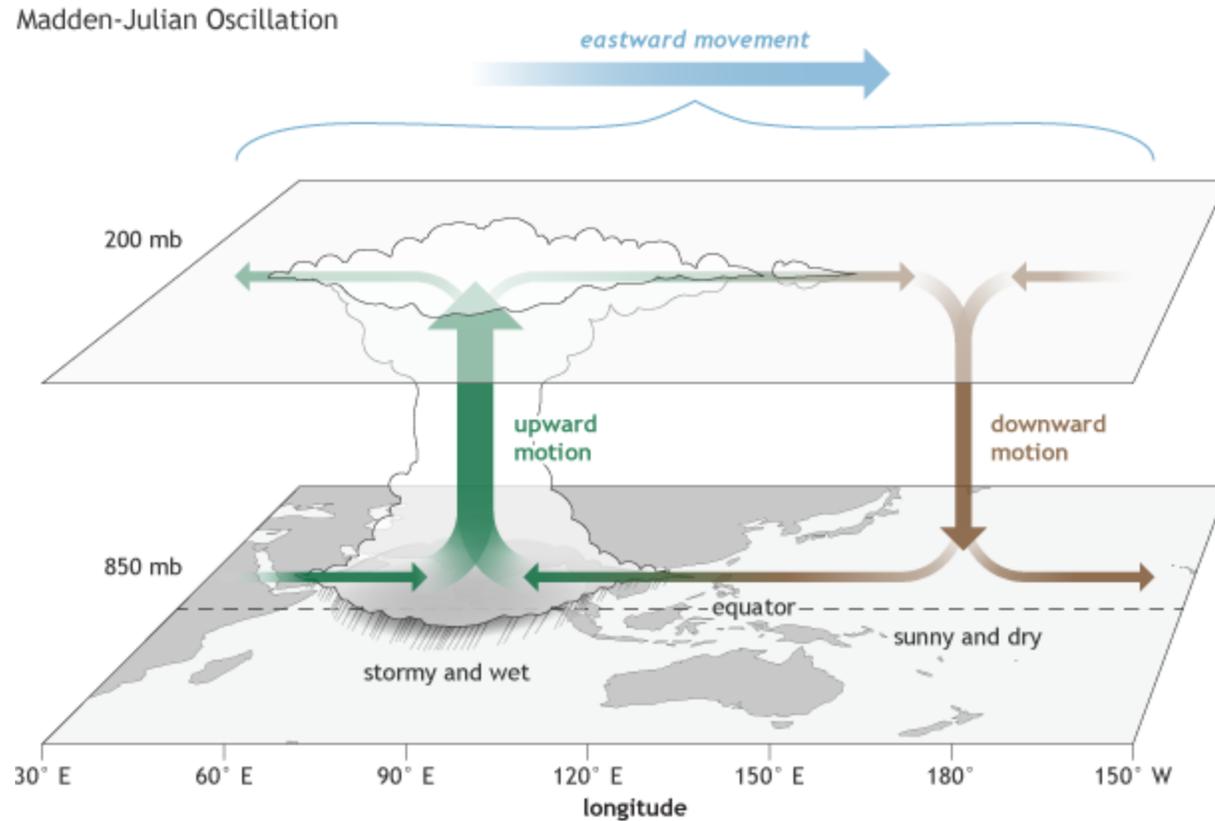
Efeitos associados ao ENSO



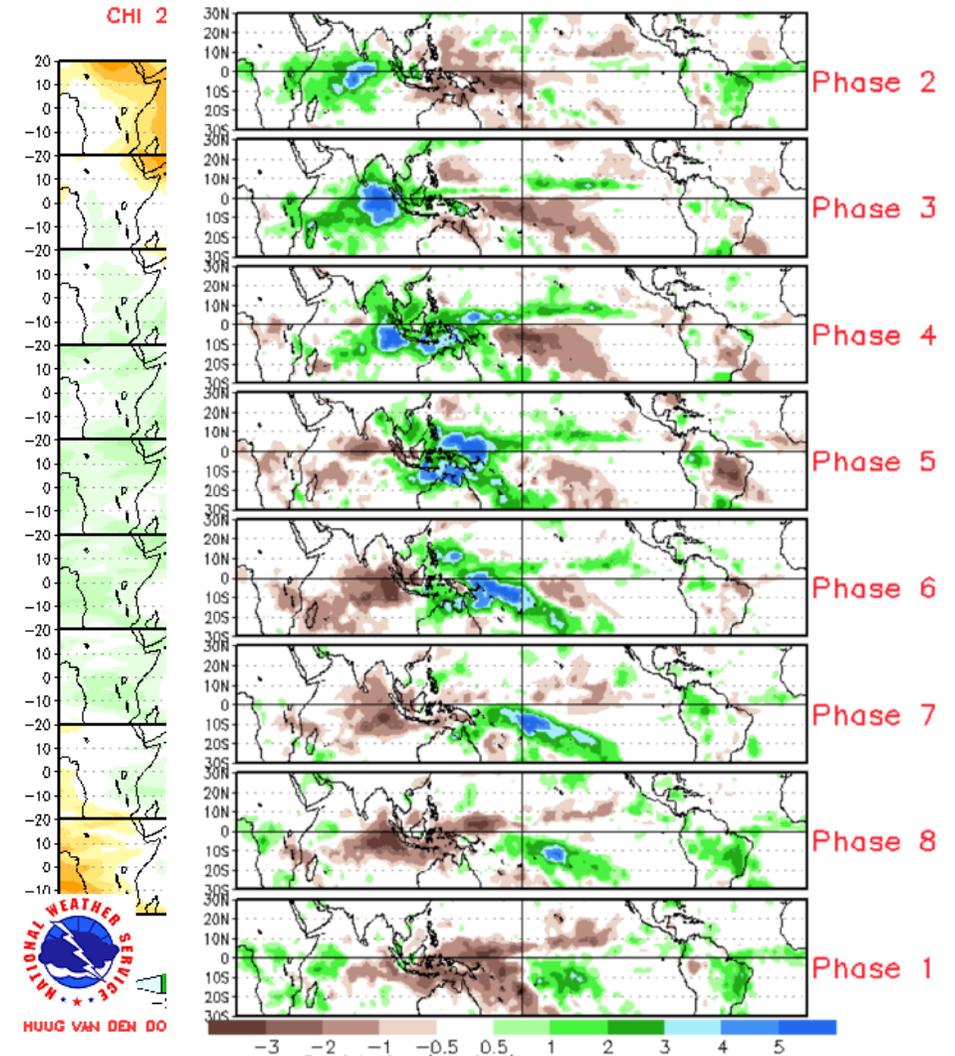
Fonte: *Road to Paris*

Dinâmica da MJO

Velocidade Potencial @ 200 hPa Precipitação Divergência em altos níveis



Fonte:
NOAA



Fonte:
NOAA

Dinâmica da MJO

Dados

- *Hindcast* de onda do Centre for Australian Weather and Climate Research (CAWCR) (Durrant et al. 2014):

- Altura significativa de onda (H_s)
- Período de pico da onda (T_p)

WWIII v. 4.08 e 4.18

- Forçantes: ventos a 10 m horários e concentração de gelo marinho a cada 6 h
- Res. espacial: 0,4°
- Res. temp.: 1 h
- Período: Nov 1979–Mar 2018

- CFSR (Saha et al. 2010) e CFS version 2 (CFSv2) do NCEP-NOAA (Saha et al. 2014)

- Vento a 10 m

CFSR:

- Res. espacial: ~0,3°
- Res. temp.: 1 h
- Período: Nov 1979–Dez 2010

CFS v. 2:

- Res. espacial: ~0,2°
- Res. temp.: 1 h
- Período: Jan 2011–Mar 2018

- Índices climáticos:

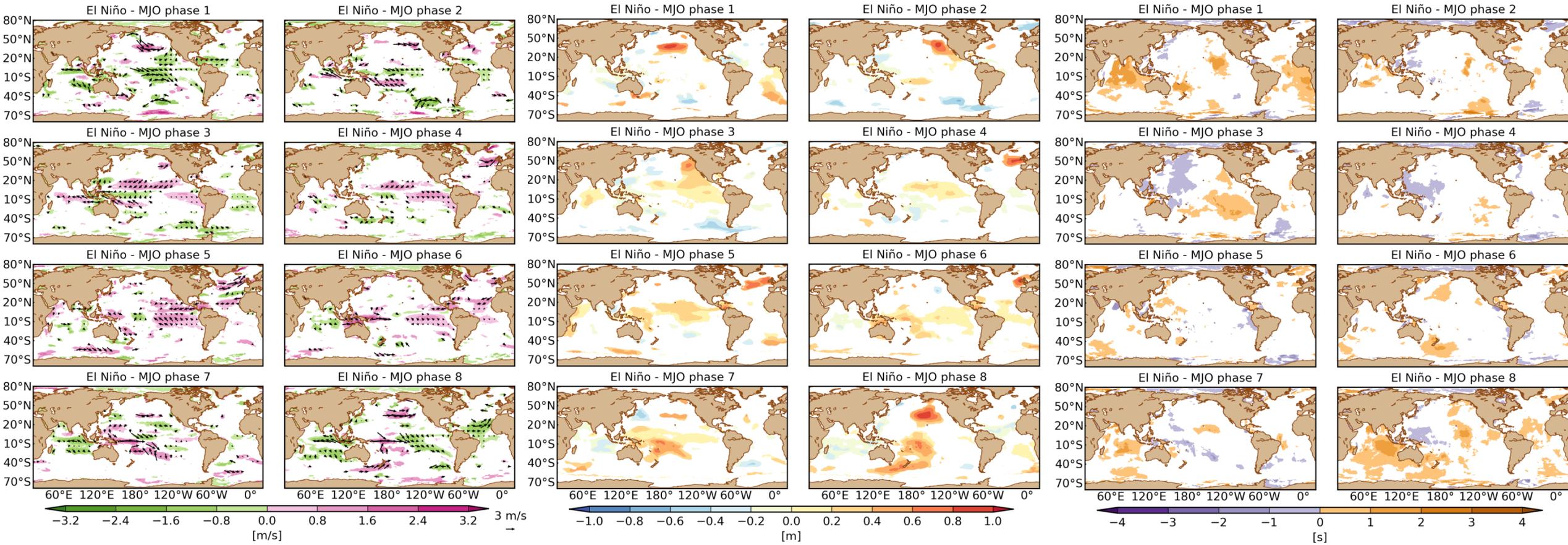
- *Oceanic Niño Index* (ONI) do CPC-NOAA (L'Heureux et al. 2013)
- Índice *Real-time Multivariate MJO* (RMM) diário do BoM (Wheeler and Hendon 2004)

- ONI: médias móveis trimestrais de anomalias de TSM na região Niño 3.4
- Índice RMM: criado a partir de campos de vento zonal em 850 hPa e 200 hPa e de radiação de onda longa emitida

Métodos

- Composição baseada em pares de fases ENSO-MJO simultâneos:
 - Promediação temporal de anomalias diárias em H_s , T_p , e vento a 10 m
 - Verão austral estendido (Novembro–Março) durante 1979–2018
- Atividades do ENSO e da MJO:
 - ONI: acima [abaixo] de $0,5^{\circ}\text{C}$ [$-0,5^{\circ}\text{C}$] por pelo menos 5 “estações” sobrepostas consecutivas
 - Índice RMM: amplitudes maiores que 1,5 desvios padrões
 - Conversão dos valores do ONI em valores diários – o valor mensal da média móvel trimestral de um determinado mês foi atribuído a todos os dias daquele mês
- Significância estatística dos compostos:
 - Teste t de *Student* bi-caudal (Student 1908)
 - Intervalo de confiança de 95% (“ p -value” = 0.05)
 - Número efetivo de graus de liberdade espaciais

Fases da MJO com o El Niño

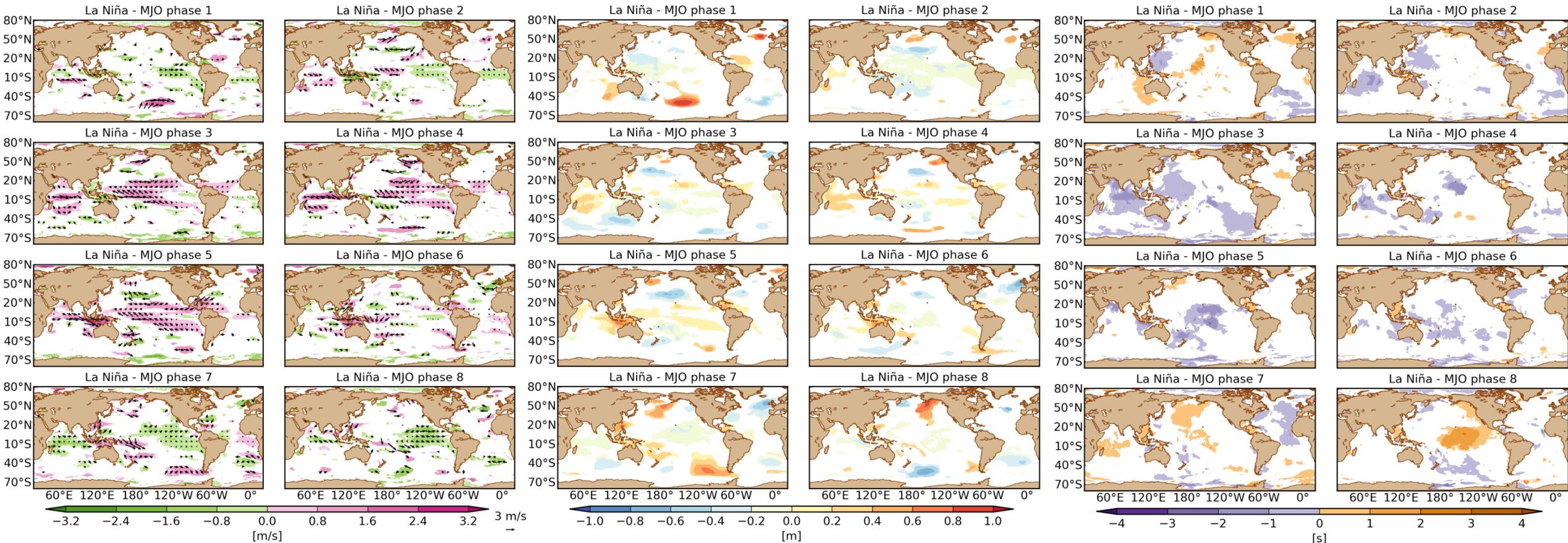


Vento a 10 m

H_s

T_p

Fases da MJO com a La Niña

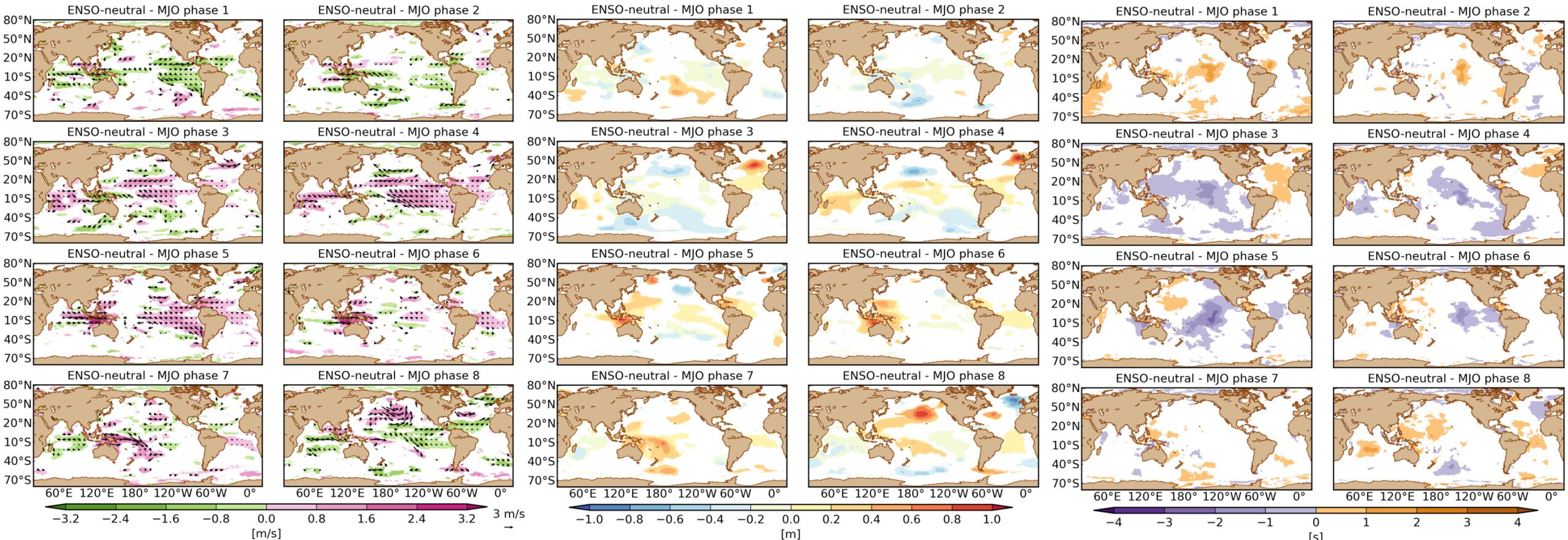


Vento a 10 m

H_s

T_p

Fases da MJO com o ENSO neutro



Vento a 10 m

H_s

T_p

Conclusões

- Anomalias de onda são encontradas em todos os oceanos, demonstrando fortes teleconexões trópico-trópico e trópico-extratropical
- Supressão de estruturas anômalas já bem conhecidas (e.g., durante El Niños, ondas anormalmente grandes são, normalmente, vistas ao longo da costa da Califórnia. Entretanto, tais anomalias são suprimidas durante a maioria das fases da MJO)
- Agravamento de problemas costeiros existentes (e.g., a co-existência do aumento acelerado do nível do mar ao longo da costa sudeste dos EUA com as ondas anormalmente grandes observadas durante El Niño-MJO fases 6–7 resulta em maior risco à infraestruturas costeiras)

Conclusões

- Em algumas regiões, as anomalias indicam claramente a dominância de uma das oscilações sobre a outra (e.g., as maiores anomalias em H_s observadas no mar do Caribe ocorrem durante a fase 5 da MJO, independente da fase do ENSO)
- Apesar de estudos anteriores terem obtido valores baixos para correlações de índices do ENSO com a variabilidade da onda no Atlântico Norte, nossos resultados sugerem que fenômenos relacionados ao ENSO desempenham um papel significativo na área

Conclusões

- Anomalias de onda associadas à combinações de fases ENSO-MJO podem ser duas vezes maiores que àquelas relacionadas apenas à MJO
- É importante considerar interações entre padrões climáticos ao examinar as causas de anomalias de onda!



That's all, Folks!
Obrigado!