encontram principalmente na plataforma sul.

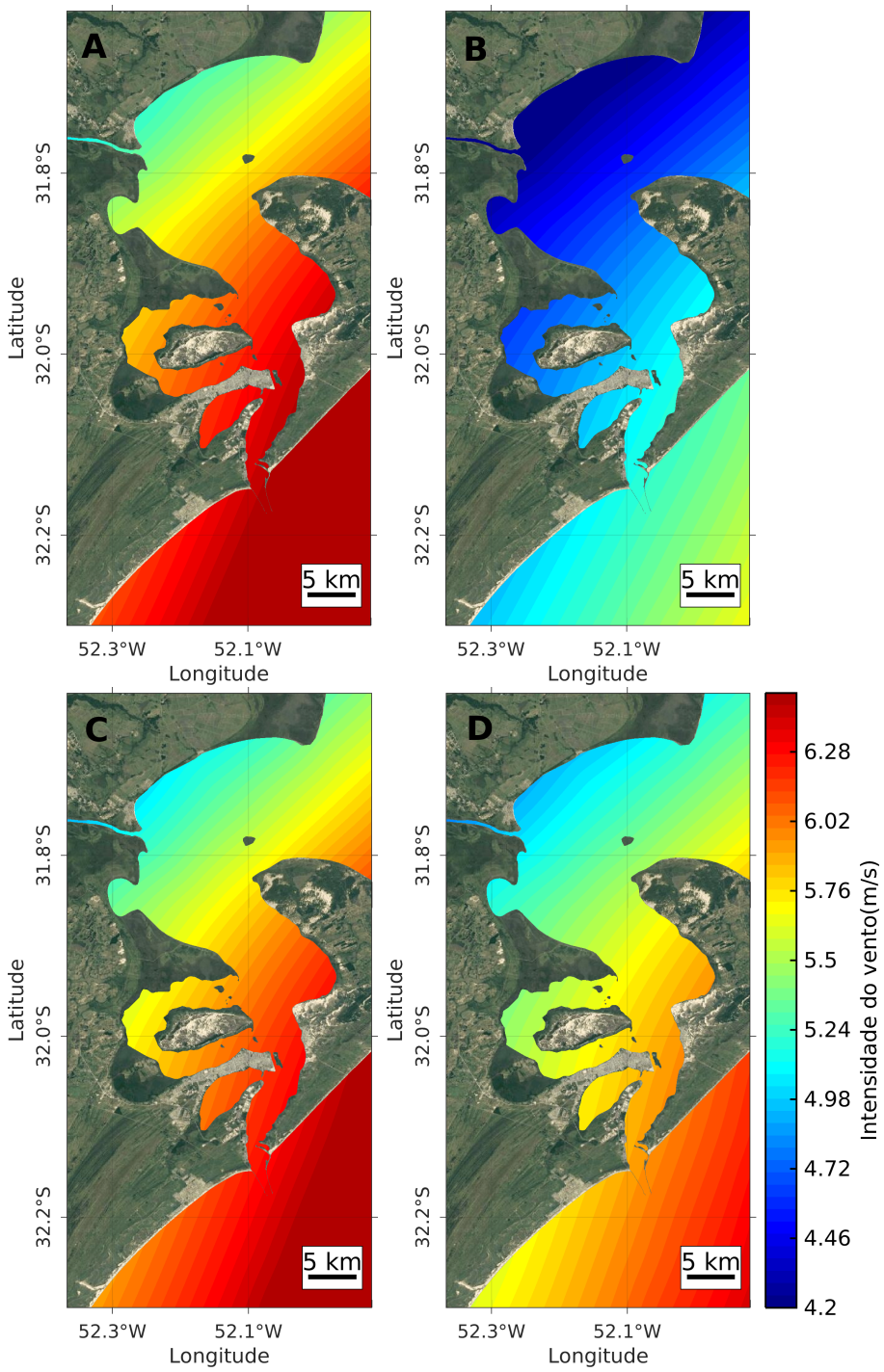


Figura 4.26 – Campos médios estacionais de intensidade do vento 2011(m/s) Onde A: Verão, B: Outono, C: Inverno e D média de ventos na Primavera.

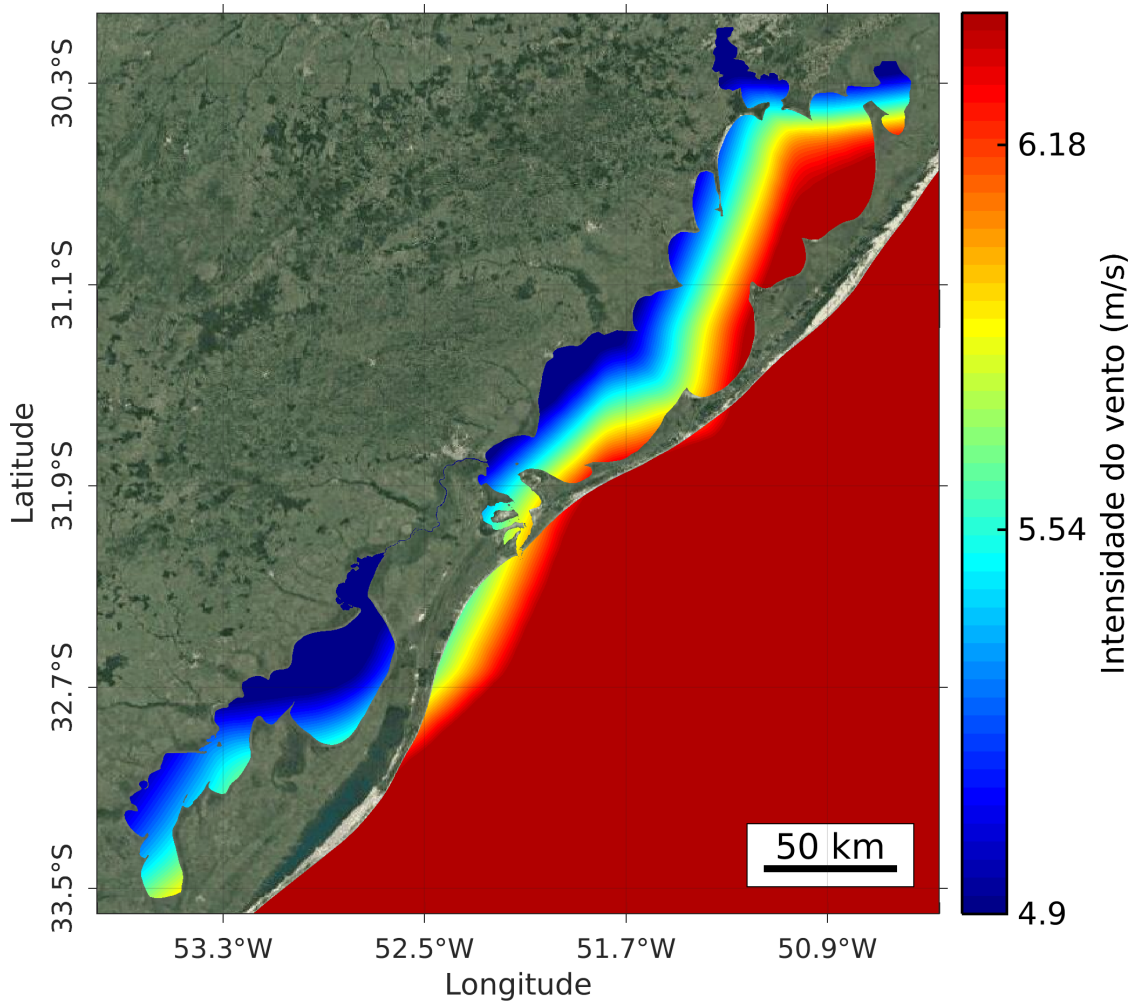


Figura 4.27 – Campo médio de intensidade dos ventos para 2011.

Elevação da superfície livre

O campo médio de elevação da superfície livre anual no estuário da laguna aponta valores entre 0.8 e 1 m, na região costeira se encontra entre 0.6 e 0.8 m e na região do CSG e Lagoa Mirim os valores médios estão entre 1 e 1.2 m, o que resulta em fluxos de vazante do canal em direção ao alto estuário da laguna, e posteriormente deste em direção ao mar aberto (Fig. 4.28). Os menores valores de elevação da superfície livre na área de estudo são encontrados no baixo estuário da laguna. Os campos de elevação estão sujeitos a alterações estacionais, onde os maiores registros no estuário são encontrados no Verão, Outono e Inverno, decrescendo na Primavera. Este comportamento está possivelmente associado a elevadas intensidades da atuação de ventos e correntes no ambiente estuarino. Em todas as estações, os maiores valores de nível são observados na região da jusante do CSG, próximo ao município de Pelotas, regredindo na medida em que se direciona para o baixo estuário (Fig. 4.29).

O comportamento observado prescreve fluxos de vazante em direção ao oceano, o qual pode estar sujeito a alterações resultantes do efeito de eventos atmosféricos extremos, sobretudo por ação sinótica, que culminam em modificações nas características hidrodinâmicas comumente registradas na região, tais efeitos normalmente favorecem eventos de enchente, onde as águas

oceânicas adentram no ambiente estuarino.

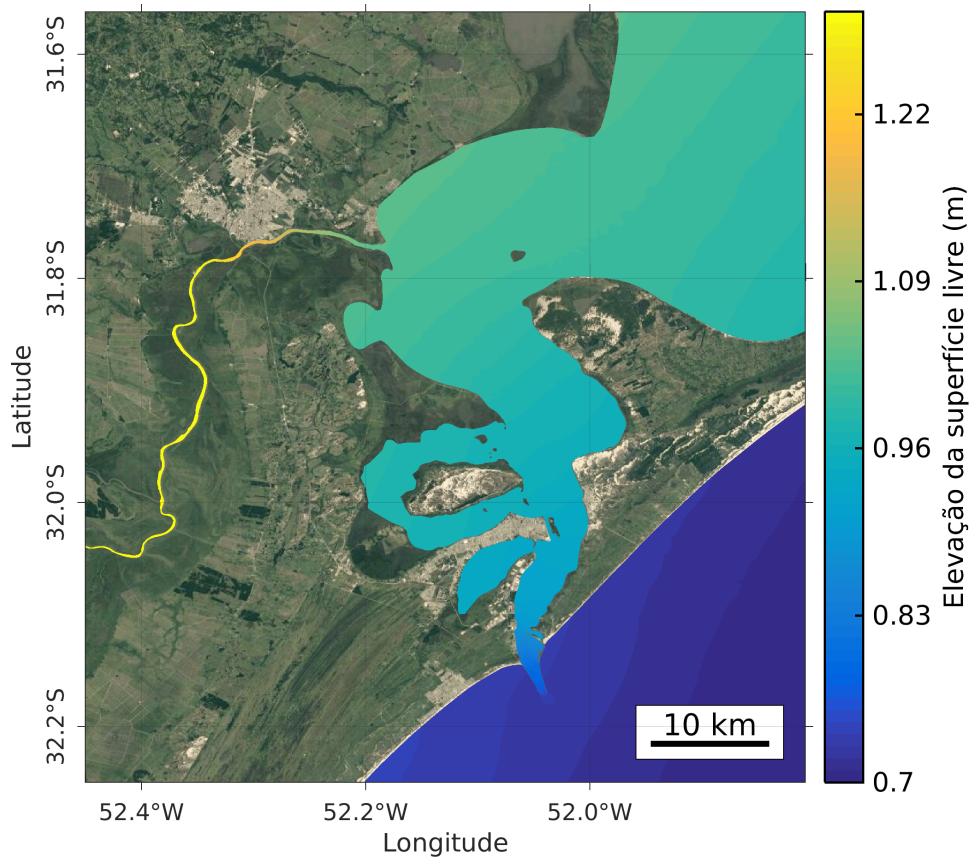


Figura 4.28 – Campo médio de elevação da superfície livre no estuário-2011.

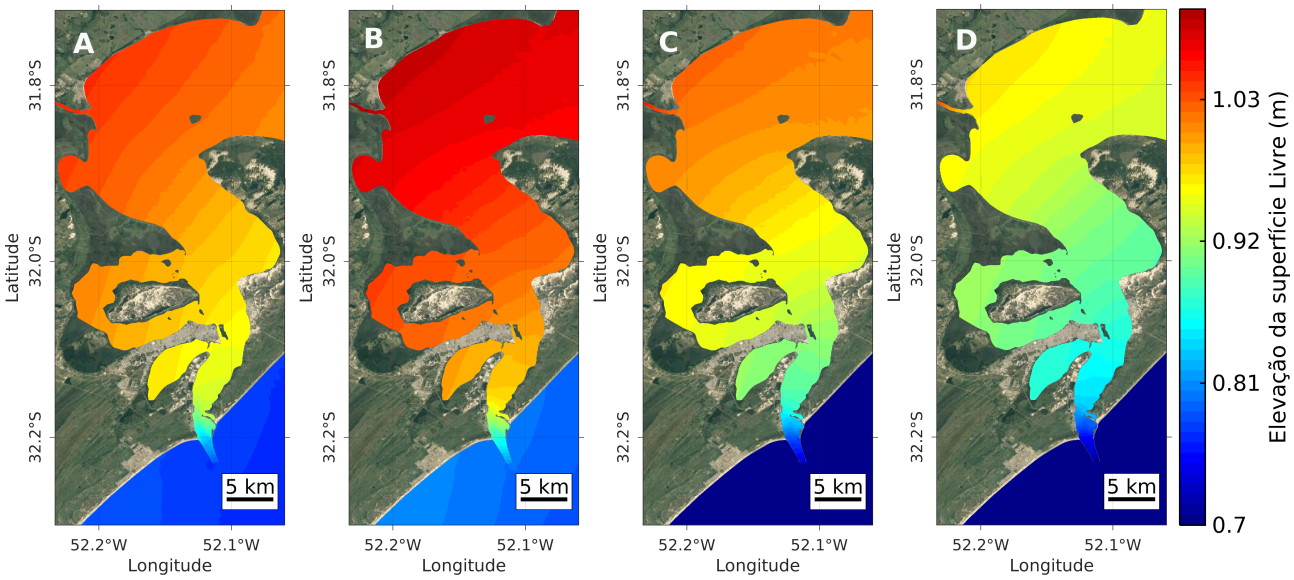


Figura 4.29 – Elevação estacional da superfície livre no estuário.
Onde A: Verão, B: Outono, C: Inverno e D: Primavera.

Campos médios de corrente no complexo Patos-Mirim

A figura 4.30 demonstra campo médio de intensidade de correntes para o ano de 2011, neste se observa intensa ação de correntes nas regiões oceânicas distantes à linha de costa, menor acentuação na medida em que se aproxima do continente e novamente aumento em direção ao estuário da laguna, descrevendo que a atuação dos efeitos remotos interfere sobremaneira nesta forçante. Nas duas lagoas presentes no domínio computacional as médias de corrente se encontram entre 0.04 e 0.05 m/s, no estuário se eleva alcançando valores superiores a 0.18 m/s, sobretudo nos sítios mais profundos, próximos aos molhes.

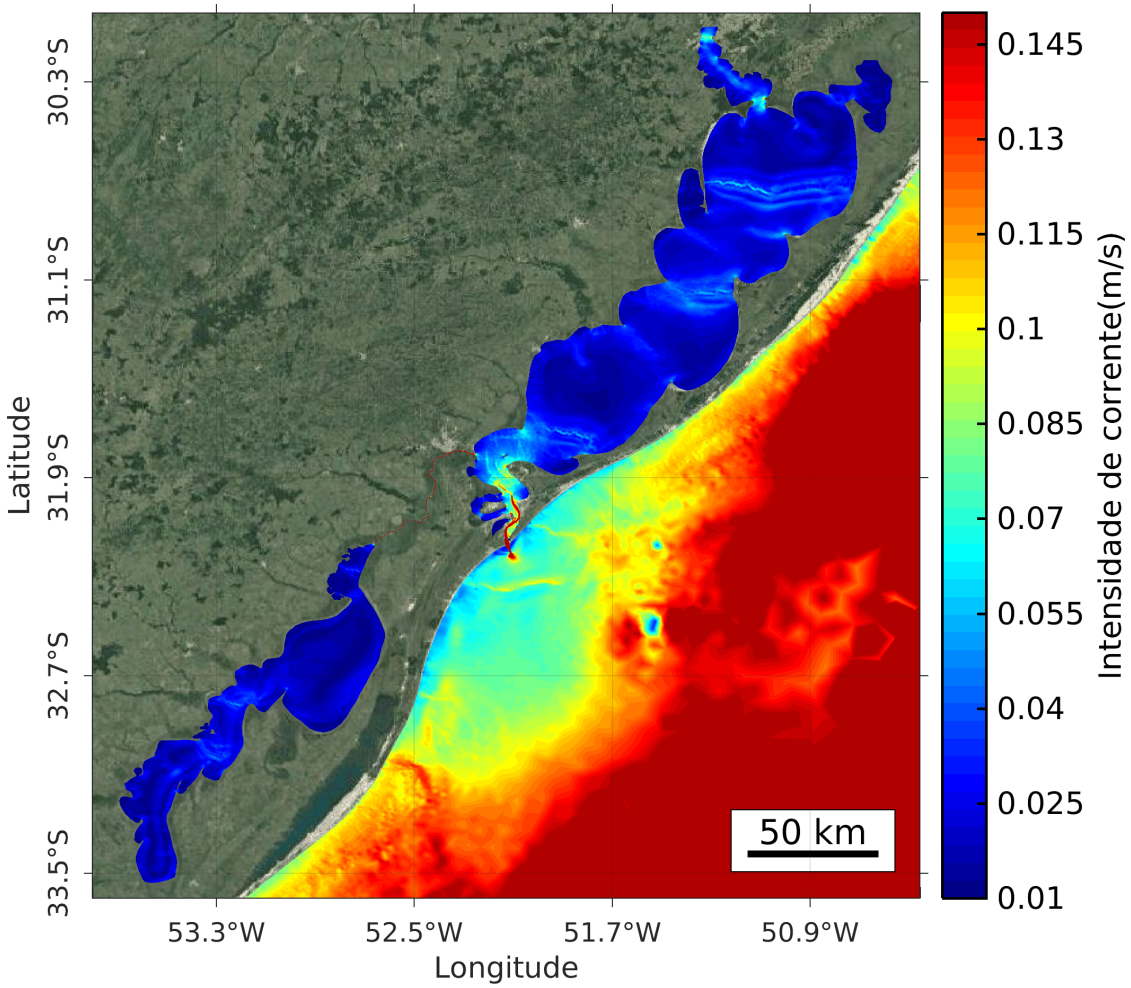


Figura 4.30 – Campo médio anual de corrente.

Durante o período simulado, os maiores valores registrados para correntes na saída do CSG alcançaram 1.6 m/s e passaram a se intensificar a partir do mês de Março, com fluxos mais acentuados no CSG e estuário durante o outono e inverno (Fig. 4.31). Este comportamento favorece geração de pequenos vórtices na extensão de saída do canal, sobretudo na margem oeste de maneira acentuada nestas duas estações, o fenômeno é resultante da diferença de velocidades entre as correntes do CSG em contraponto às presentes no estuário da LP. Em geral, seu fluxo segue o comportamento padrão influenciado pelos ventos de quadrante norte, denotando fluxos de vazante durante a maior parte do ano, e de enchente durante a passagem de eventos remotos que intensificam a propagação de ventos no quadrante sul.

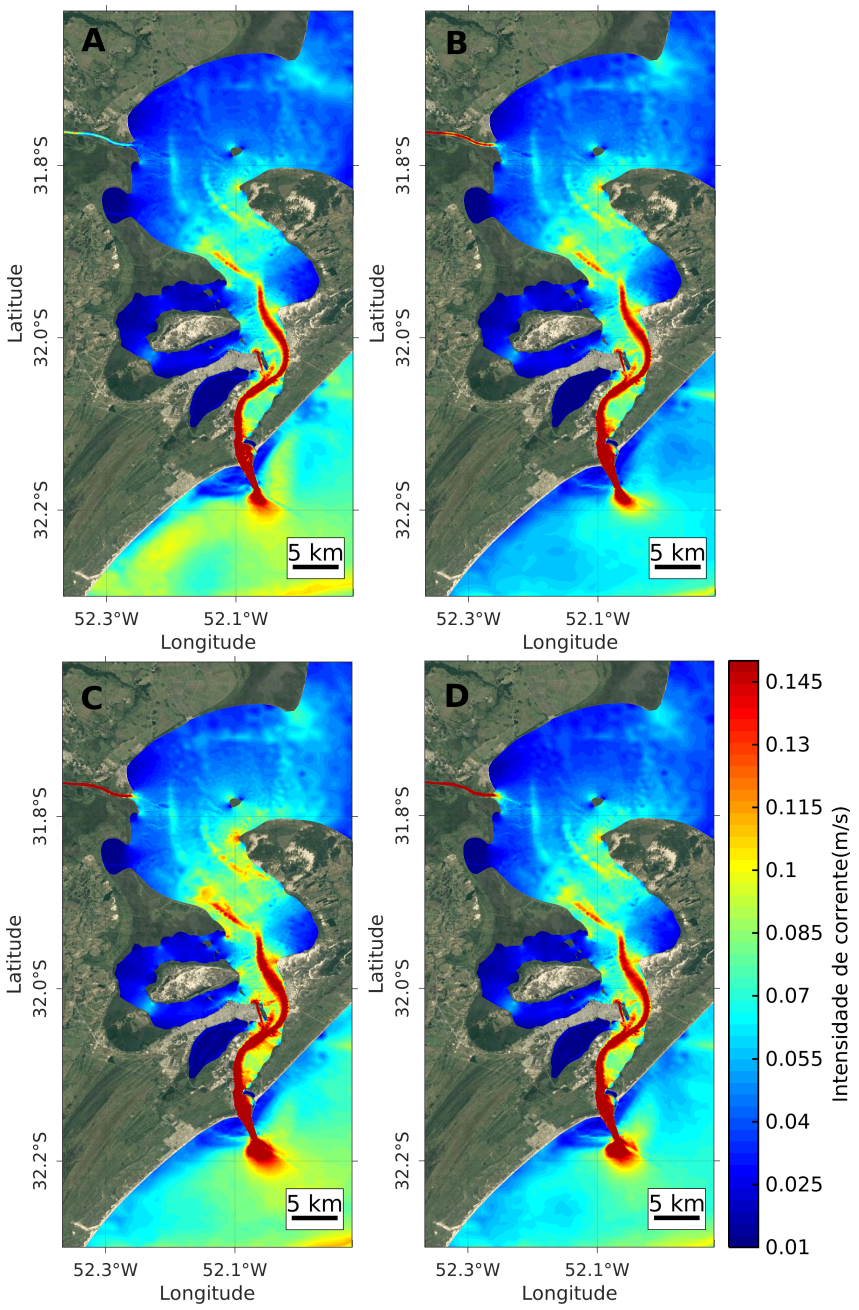


Figura 4.31 – Campos médios estacionais de Corrente 2011(m/s)
Onde A: Verão, B: Outono, C: Inverno e D média de corrente na Primavera.

Verticalmente a velocidade de corrente é maior também nos locais de batimetria elevada, localizadas principalmente no médio e baixo estuário, normalmente estas estão associadas a fluxos de reentrada de água nas regiões de interface água-ar. Deste modo, no estuário a tendência média de movimentação vazante é intenso próximo à fronteira oceânica.

4.3.2. Comportamento da pluma no estuário da LP

A pluma sedimentar no complexo Patos-Mirim foi inicialmente analisada a partir de sua distribuição média na jusante do CSG e posteriormente no estuário. A figura 4.32 demonstra que a média de concentração sedimentar procedente do canal é relativamente baixa, quando se compara às demais porções da LP e LM, contudo, sua importância para o estuário é fundamental, por estar próximo à região de saída da laguna. Na mesma imagem se observa que a tendência de movimentação do material oriundo do CSG é o seu represamento na margem leste do estuário, reforçando a hipótese de que os ventos de NE são mais atuantes neste ano de 2011 e possuem forte influência no comportamento global da pluma. A estratificação do material presente no canal é baixa, havendo dificuldades de visualização da diferenciação entre concentrações superficiais e de fundo.

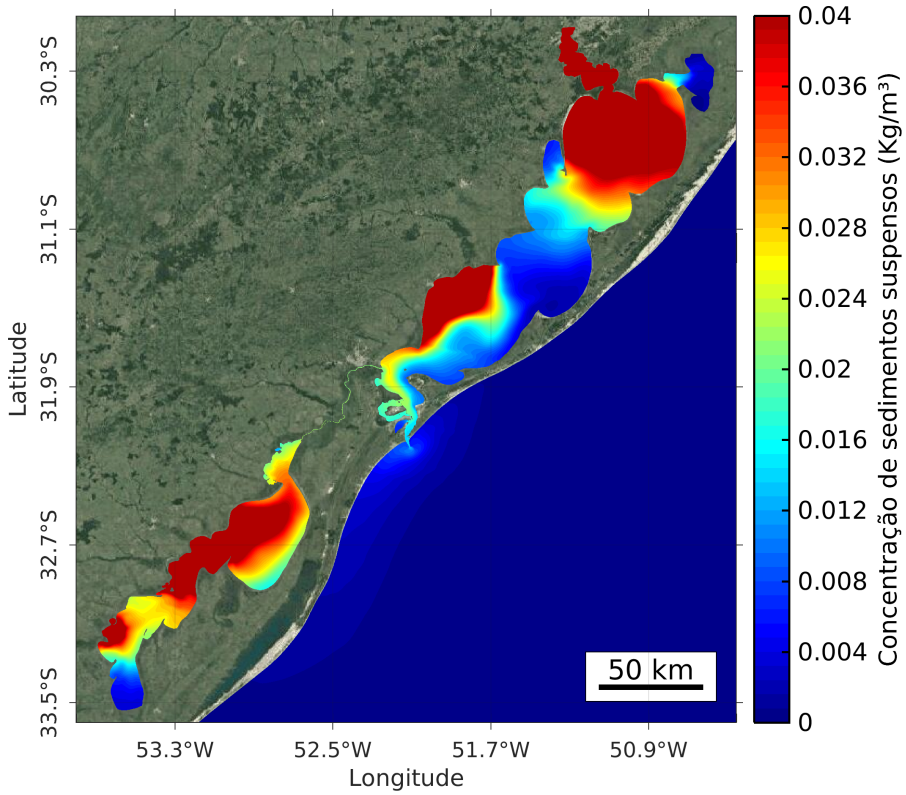


Figura 4.32 – Campo médio anual de CSS (kg/m^3).

As variações de concentração entre superfície e fundo, assim como sua diferença, obtidas a partir da representação do material presente em diferentes camadas sigma, estão descritas na figura 4.33, onde na imagem A descreve o material na superfície, B o material de fundo e em C a diferença entre fundo e superfície. Na imagem é possível observar que as maiores concentrações de fundo estão localizadas na porção leste do canal em direção ao estuário, em contrapartida, à oeste, em direção à região do Laranjal, estão as maiores concentrações superficiais. Este processo pode ser explicado pela maior atuação de vórtices na margem oeste do canal, que podem favorecer processos de ressuspensão das propriedades transportadas em direção ao estuário. Sendo assim, a ação dos ventos aliados às contribuições de correntes nos processos verticais, podem ser entendidos como os principais responsáveis pela propagação e mistura da pluma no estuário.

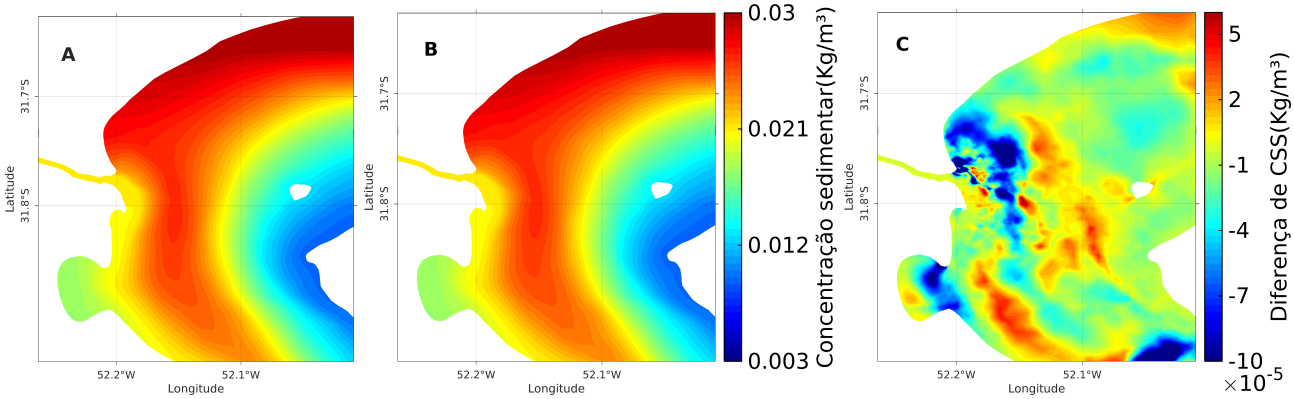


Figura 4.33 – Concentração sedimentar (kg/m^3) no CSG.
Onde A: Média sedimentar superficial, B: Média sedimentar de fundo e , C: Diferença entre as duas médias (fundo-superfície).

De modo geral, as concentrações do material presente na jusante do canal não superam 0.030 kg/m^3, diferentemente do encontrado nas demais porções da laguna, como na região do Guaíba, onde este valor pode ultrapassar 0.080 kg/m^3.

A estratificação sedimentar no canal é baixa, quando se observa a média anual simulada, e as características de sua propagação são controladas essencialmente pela hidrodinâmica local, contudo, o comportamento horizontal varia em função das alterações nas forçantes atmosféricas, como resultado de perturbações climáticas. Deste modo, o estudo de efeitos remotos extremos atuando sobre a plataforma, contribui significativamente para a compreensão das mudanças nas feições do estuário, e permitem caracterizar o comportamento da pluma em diferentes condições climatológicas.

4.3.3. Efeitos de eventos extremos na hidrodinâmica do complexo Patos-Mirim

Os efeitos dos eventos na hidrodinâmica do estuário diferem em função de sua intensidade e característica. Neste caso, em períodos de enchente existe entrada de água oceânica em direção ao estuário, favorecida pelos ventos do quadrante sul, resultando em menos espalhamento superficial da pluma, onde esta passa a percorrer em direção ao oeste e se propaga

essencialmente no alto estuário. A situação de vazante, característica dominante na LP, está associada a ventos provenientes do quadrante norte, e intensificam a propagação da pluma em direção ao baixo estuário, seguida de sua saída para o oceano.

Para avaliar as mudanças nas feições do estuário durante ano de 2011, foram selecionados eventos atmosféricos observados em imagens do satélite MODIS-AQUA e registrados pelo INMET na região sul do país. Para Moller et al. (2001) as alterações atmosféricas estão fortemente relacionadas a mudanças no padrão de circulação dentro da Lagoa dos Patos que, por sua vez, é controlada pela intensidade e direção dos ventos. Esta característica resulta em instabilidade da ocorrência de eventos de enchente e vazante dentro da laguna, que podem acontecer durante qualquer época do ano.

A identificação visual das grandes perturbações atmosféricas, a exemplo dos ciclones e linhas de instabilidade, é relativamente simples, pois o padrão de distribuição das frentes de nebulosidade apresentam características singulares. Neste caso, os ciclones se dispõem em movimento circular em torno de um núcleo com temperatura quase sempre maior que o seu entorno, em contrapartida, as linhas de instabilidade são formadas por um aglomerado de células convectivas dispostas em série. Contudo, o reconhecimento visual das passagens de frentes frias é bastante complexo, e a forma gráfica analisando a temperatura de superfície é o método mais acessível para sua identificação.

Os eventos verificados nesta seção estão descritos na figura 4.34 e correspondem a uma passagem de ciclone na região da plataforma sul de 27 de Fevereiro a 01 de Março, marcado com um círculo; a passagem de uma forte linha de instabilidade que se alojou no sul do Brasil de 18 a 20 de Março, marcado com o retângulo tracejado; além de duas frentes frias, a primeira mais intensa registrada de 27 a 29 de Junho e a segunda de menor intensidade entre 03 e 05 de Setembro que se estabeleceu sobre a LP, ambas marcadas com um retângulo na mesma imagem. A análise dos perfis verticais para entendimento dos processos hidrodinâmicos nestes períodos foram realizados com o transecto indicado em amarelo na figura 4.35, que vai da região dos molhes passando por toda a extensão do estuário da lagoa e chega próximo à jusante do CSG.

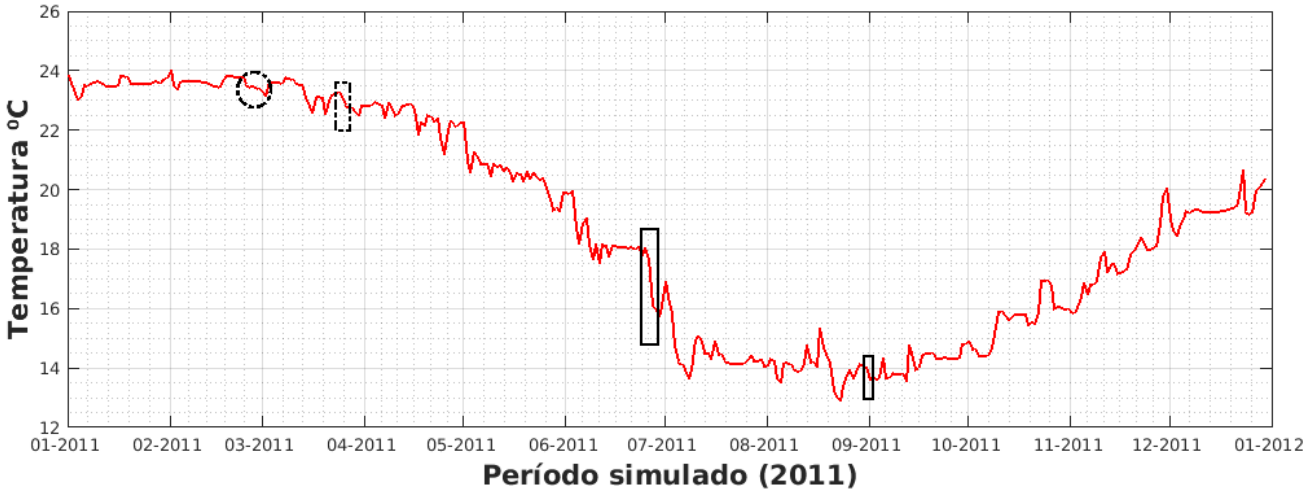


Figura 4.34 – Eventos extremos analisados para o ano de 2011.

Na figura 4.34 marcado com um círculo se encontra a ocorrencia de um ciclone. Marcado com o retângulo tracejado a passagem de uma forte linha de instabilidade e marcado com retângulos duas passagens de frentes frias, a primeira (25 a 27 de Junho) de maior intensidade e a segunda (03 a 05 de Setembro) com efeitos relativamente menores sobre a temperatura.

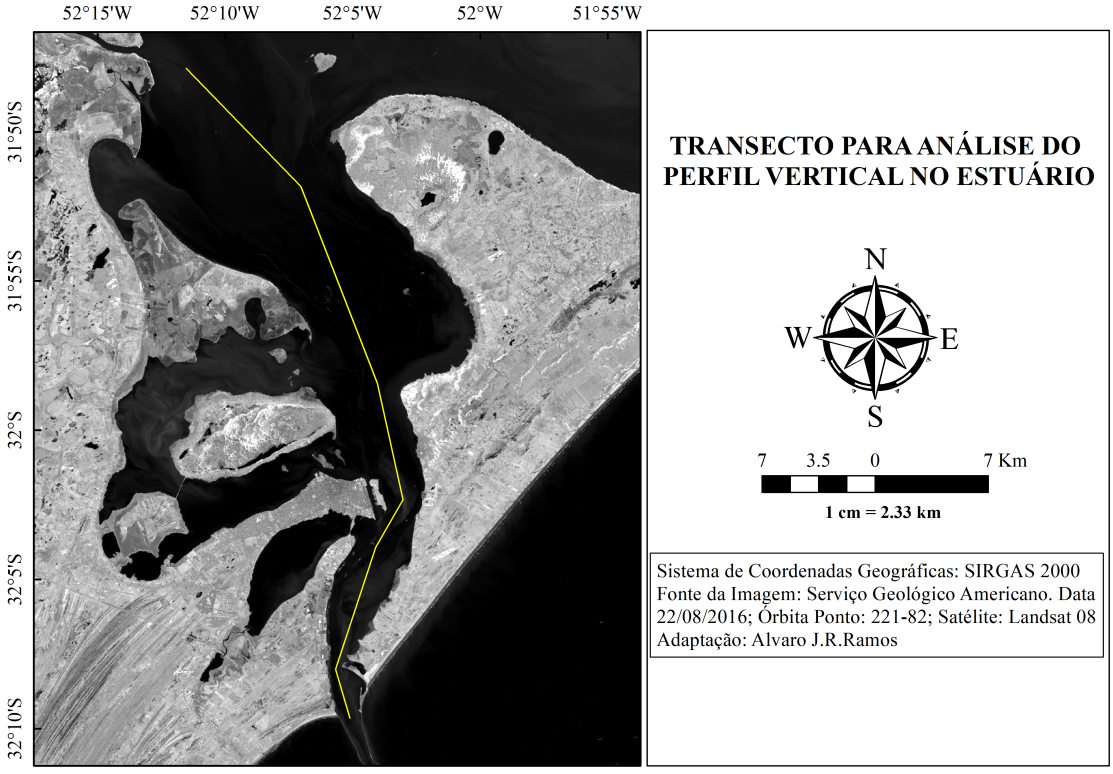


Figura 4.35 – Transecto para análise dos perfis verticais.

Evento de ciclone

Os eventos de ciclone foram comuns de Janeiro a Março, havendo poucos registros no restante do ano. Na região, estes fenômenos se caracterizaram pela não estacionariedade es-

pacial, estando em constante movimentação sobre a plataforma sul brasileira onde, em geral, as passagens duraram de 2 a 4 dias. A figura 4.36, demonstra a passagem de um ciclone na plataforma sul, que se direcionava no sentido oeste-leste, na imagem A corresponde ao dia 27 de Fevereiro de 2011, B a 28 de Fevereiro do referido ano e C a 01 de Março de 2011.

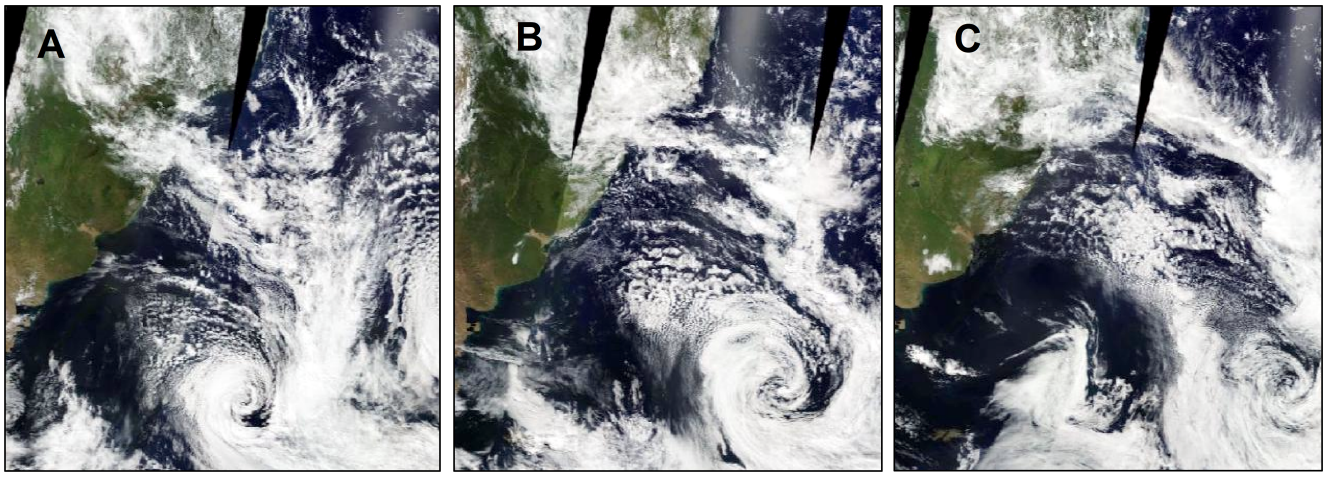


Figura 4.36 – Passagem de um ciclone entre os dias 27 de Fevereiro e 01 de Março de 2011.

Nos dias que antecederam a passagem do ciclone, o fluxo de vazante da LP em direção ao oceano se apresentava de forma intensa, contudo, os dias 26 e 27 (período de atuação do ciclone das regiões mais próximas à linha de costa), foram caracterizados por enchentes na laguna, neste caso o sentido de propagação de correntes dominante seguiu em direção ao interior do estuário.

Os perfis verticais de velocidade de corrente no estuário nos 03 dias que antecederam o evento, nos dias de evento e os 03 dias após a passagem do ciclone estão presentes a seguir. No transecto descrito, A é a resultante da média nos três dias que antecederam a passagem do ciclone e indica tendência de saída de água no fundo, e baixa tendência de reentrada superficial, este é o comportamento habitual encontrado no estado da arte para a LP. Na figura 4.37, B representa o período de três dias da passagem do ciclone na plataforma, se observa aumento do processo de entrada de água na região do estuário pela superfície e fundo, e caracteriza enchente pela mudança na componente direcional do vento e alterações na direção das correntes. Por fim, C é a resultante vertical da média de três dias após a passagem do evento, descrevendo que os fluxos de corrente continuam atuando em direção ao estuário, contudo, os ventos oriundos do quadrante norte passam a se intensificar no período pós-evento.

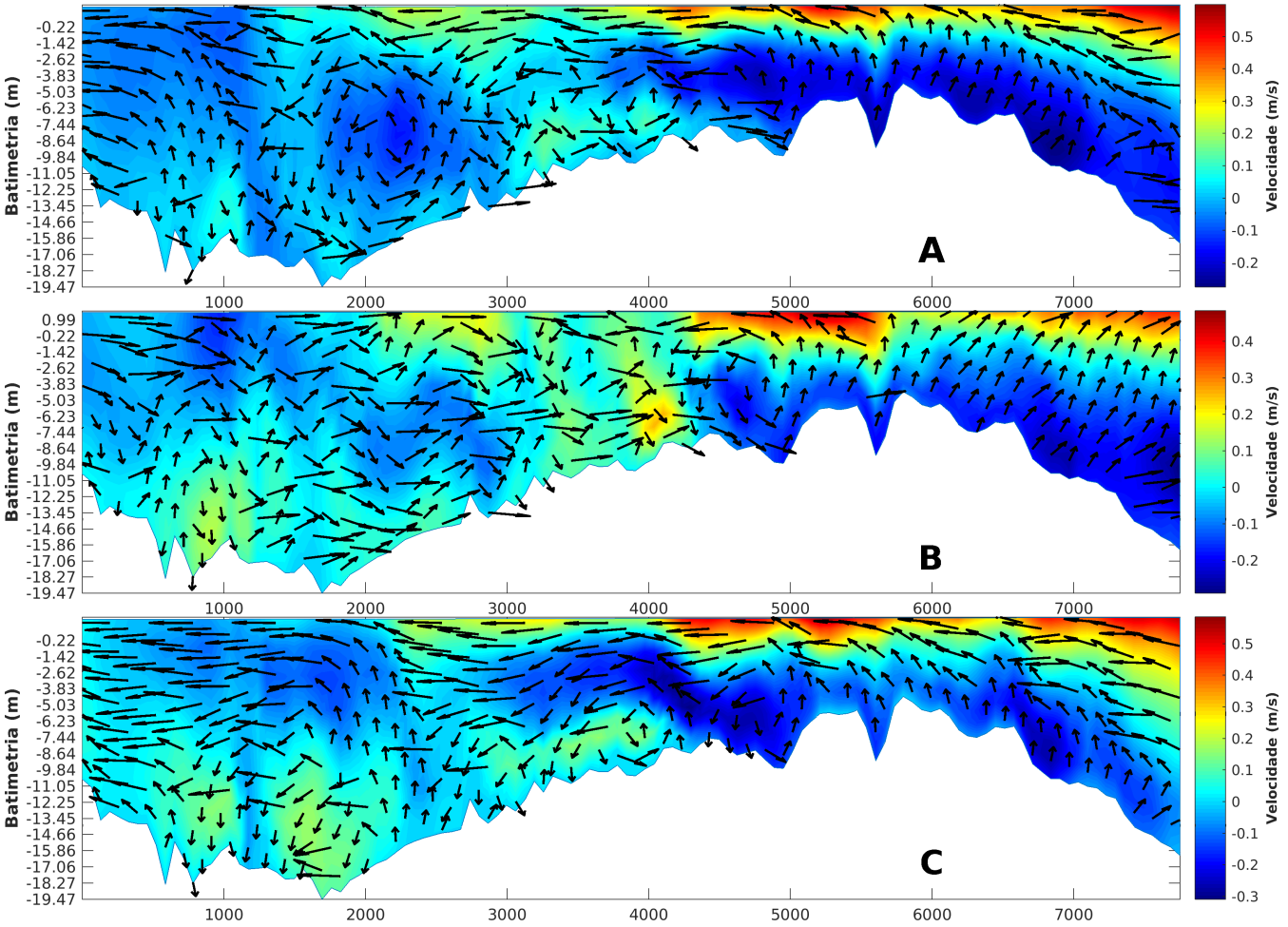


Figura 4.37 – Velocidade de corrente durante a ciclogênese.

Nesta situação, a tendência de comportamento transversal da pluma é o direcionamento para a margem localizada à esquerda do CSG, especificamente em direção à praia do Laranjal no município de Pelotas. A passagem do sistema atmosférico favoreceu a circulação em sub-superfície, gerando pequenos vórtices nesta região, efeitos observados tanto nos 03 dias em de atuação do fenômeno sobre a plataforma, quanto nos 03 dias posteriores à passagem.

Evento de linha de instabilidade

O evento analisado ocorreu no mês de Março e se encontra descrito na figura 4.38 marcado em vermelho, na imagem a letra A corresponde ao dia 18, B ao dia 19 e C ao dia 20 do referido mês. Na mesma figura também é possível observar que o as componentes de nuvens multicelulares apresentam maior volume e concentração no dia 18, se deslocando em direção SE, perdendo força e dispersando a partir do dia 20, possivelmente por influência dos ventos de leste, que agem de maneira acentuada até o final do mês de Março.

As passagens de linhas de instabilidade ocorreram durante o ano inteiro, sendo mais intensos de Maio à Agosto em 2011. Seus sentidos, em maioria, foram para sudoeste e noroeste, em todos os casos as passagens seguiram a direção dominante do vento.

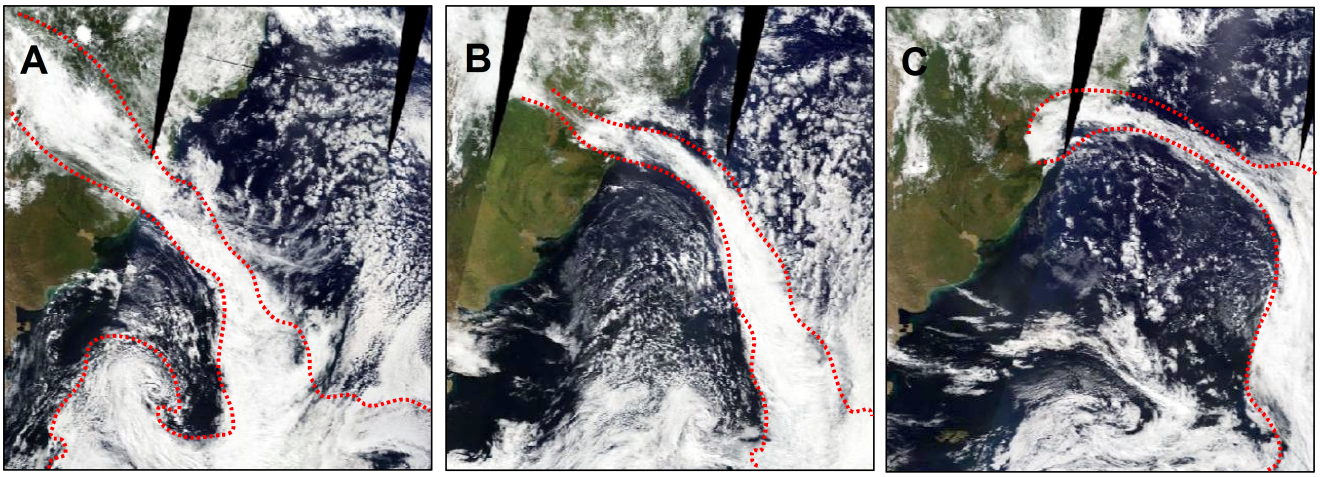


Figura 4.38 – Passagem de um ciclone entre os dias 27 de Fevereiro e 01 de Março de 2011.

Os perfis verticais registradas pelas médias nos 03 dias antes no evento, os 03 dias de evento e 03 dias posteriores à passagem da linha estão presentes na 4.39, no primeiro caso os fluxos de vazante no estuário eram intensos, onde as correntes alcançavam 0.2 m/s nas regiões de batimetria elevada, superior a -14 m. As médias descritas nos 03 dias de passagem da linha mostram inversão no fluxo das correntes e estas, na região de batimetrias rasas, são superiores a 0.4 m/s, resultando em eventos de enchentes que predominam até os dias posteriores ao evento, como descrito no transecto C da 4.39, nesta terceira situação as correntes se mantêm invertidas e a partir de -13 m de profundidade, seu valor chega a ser superior à 0.5 m/s. As mudanças de intensidade durante a passagem da linha de instabilidade são constatados quando se observa os fluxos de subsuperfície, essencialmente entre -10 e -12 m, caracterizado pela saída de correntes no período entre 15 e 17 de Março, nos 3 dias de evento se observa instabilidade na componente normal da direção de fluxo, na qual esta passa a se inverter gradativamente, e entre os dias 21 e 23 de Março as correntes superficiais alcançam seus maiores valores.

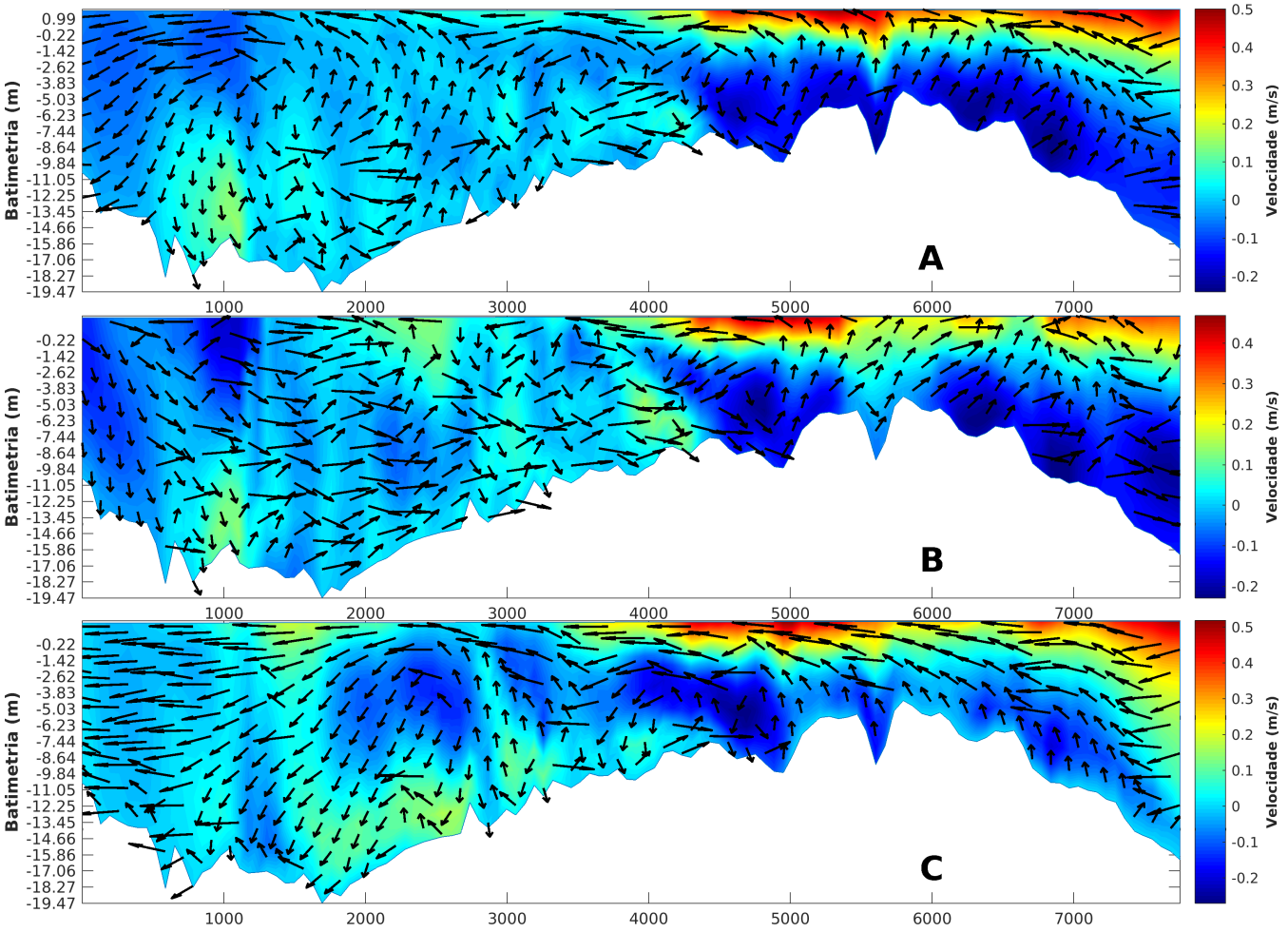


Figura 4.39 – Velocidade de corrente na passagem da linha de instabilidade.

Passagem de frentes frias

As passagens de frentes frias são fenômenos difíceis de identificar visualmente, contudo, a partir da geração de perfis temporais de temperatura de cumulonumbus, associadas a alterações nas componentes direcionais do ventos e variações abruptas de temperaturas em curto espaço de tempo é possivel identificar suas passagens e duração sobre determinada região.

Os eventos relacionados à frentes frias foram analisados em duas condições, a primeira referente ao período entre 27 e 29 de Junho, observada na figura 4.40, nesta a letra A descreve a passagem no dia 27, B ao dia 28 e C no dia 29. Na mesma imagem se observa que a frente fria avança e se aloja sobre a LP principalmente nos dias 28 e 29, esta posteriormente passa a seguir na direção SE até o final do mês de Junho. Neste período se registra queda de temperatura superficial em torno de 3 ^{o}C quando se compara aos 3 dias anteriores ao evento, posteriormente a temperatura volta a subir em torno de 2^{o}C e se mantêm estável.

A segunda situação de passagem ocorre entre os dias 03 e 05 de Setembro do mesmo ano, e estão expostos na figura 4.41, onde a letra A descreve as condições atmosféricas no dia 03, B ao dia 04 e C no dia 05. Neste evento se observa baixa intensidade dos ventos de SE, tornando o sistema de nuvens altas quase estácionárias sobre a plataforma e LP durante os 03 dias de

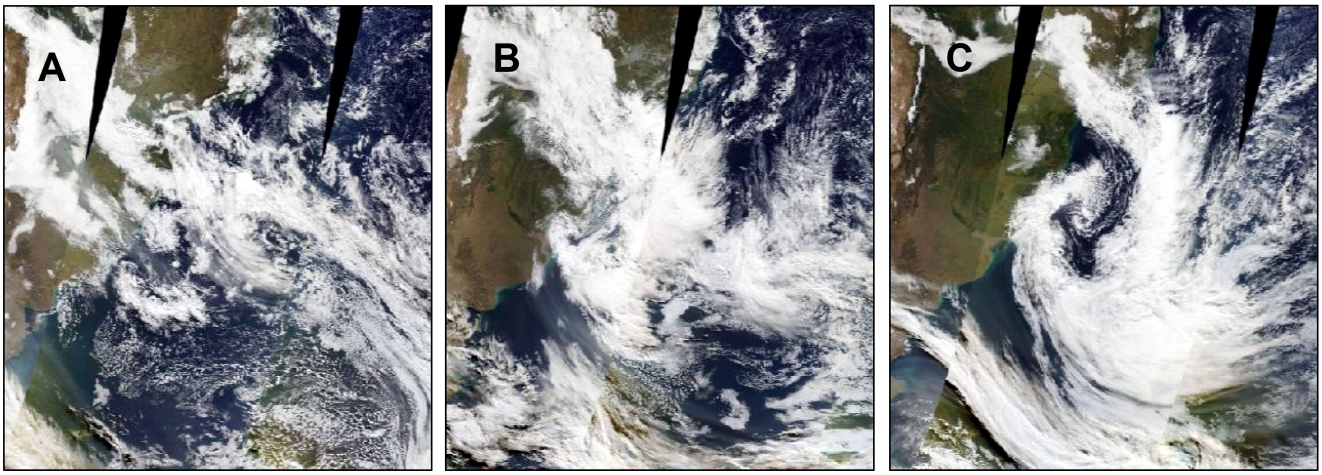


Figura 4.40 – Passagem de uma frente fria em Junho de 2011.

sua passagem. Os efeitos sobre a temperatura são relativamente menores quando comparados à frente fria registrada em Junho, em geral se observou queda entre 1 e 2 °C.

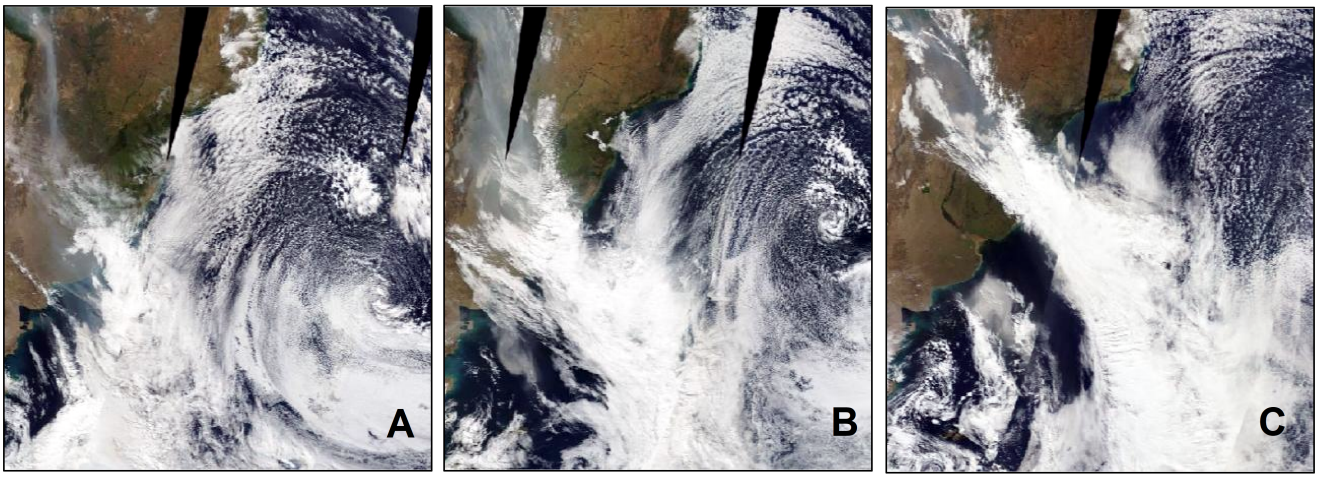


Figura 4.41 – Passagem de uma frente fria em Setembro de 2011.

Nas duas situações observadas, houve mudança no padrão de intensidade e direção dos ventos e correntes na plataforma, gerando alterações na hidrodinâmica do estuário. Em Junho o evento de frente fria contribui para situações de enchente essencialmente após a passagem das componentes nebulosas sobre a laguna, onde seus efeitos são mais notórios no baixo estuário, neste local, as correntes de entrada alcançaram valores superiores a 0.2 m/s nos três dias após a passagem da frente. A análise dos transectos expostos na figura 4.42, descrevem que, em um primeiro momento, descrito em A, existe um fluxo de enchente resultante da ação de ventos SE, durante os 3 dias de evento os ventos que artuam na região provém do quadrante norte e contribuem para vazante nos molhes, e posteriormente à passagem da frente, observado em C, seus efeitos novamente são sendidos pelas correntes, resultando em regime de enchente na LP, atuando inclusive na região do alto estuário, com velocidades entre 0.5 e 1 m/s em profundidades superiores a -17 m.

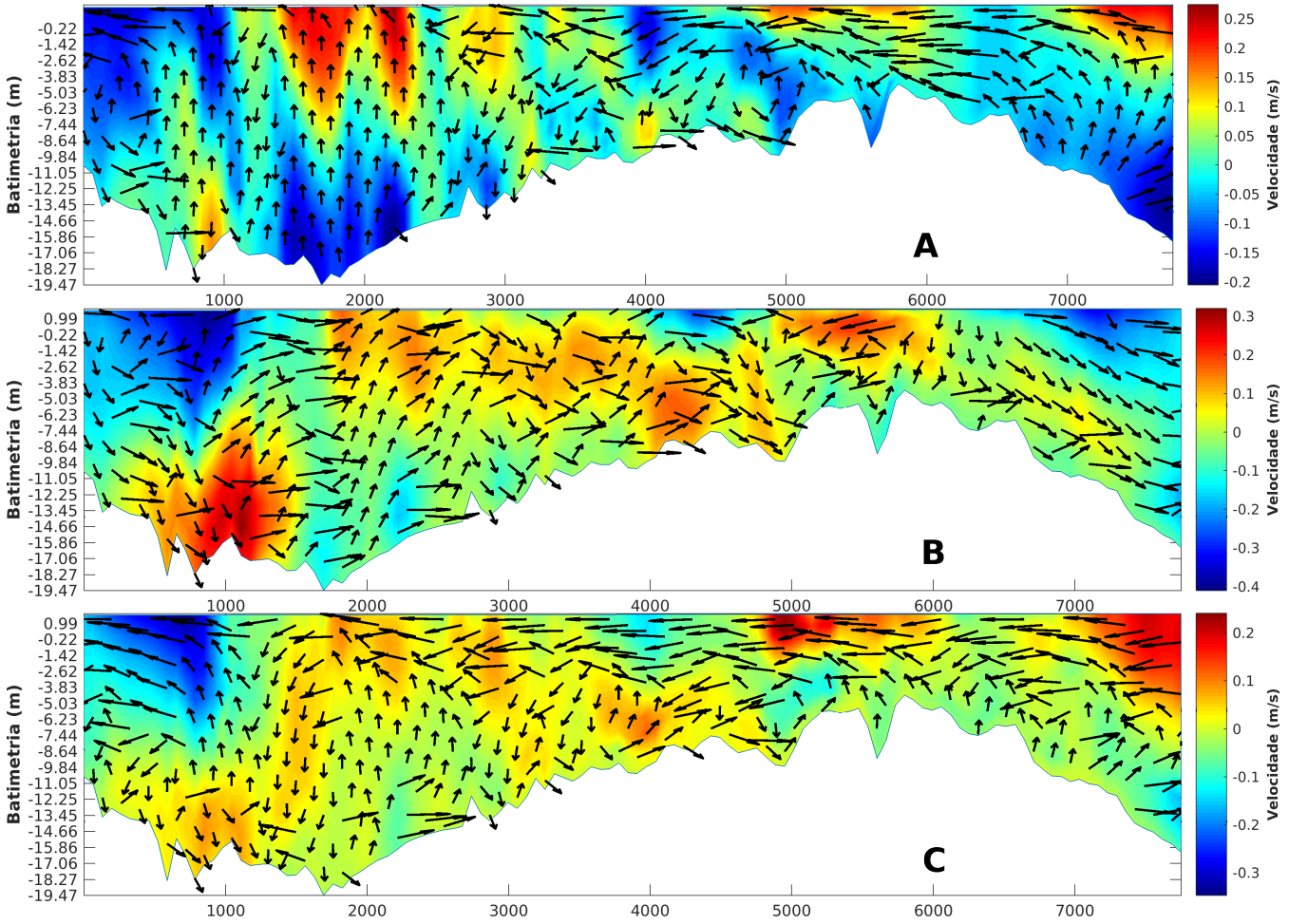


Figura 4.42 – Velocidade de corrente na passagem do sistema frontal em Junho.

Na passagem de frente fria em Setembro (Fig. 4.43), seus resultados se assemelham bastante ao padrão vertical descrito em Junho, com evento de vazante anterior à passagem do sistema, e velocidades de corrente de saída que superavam 1.0 m/s, durante o evento as correntes passam a alterar sua direção, favorecendo enchentes principalmente no baixo estuário, com velocidades em profundidades até -15 m de 4.0 m/s, e após a passagem da frente fria os fluxos de enchente se mantêm com velocidades de corrente entre 3.0 m/s e 4.0 m/s, em até 13 m de profundidade. Estas alterações na componente direcional de correntes resultou na geração de vórtices nas regiões próximas ao CSG, essencialmente entre 15 e 18 m de profundidade.

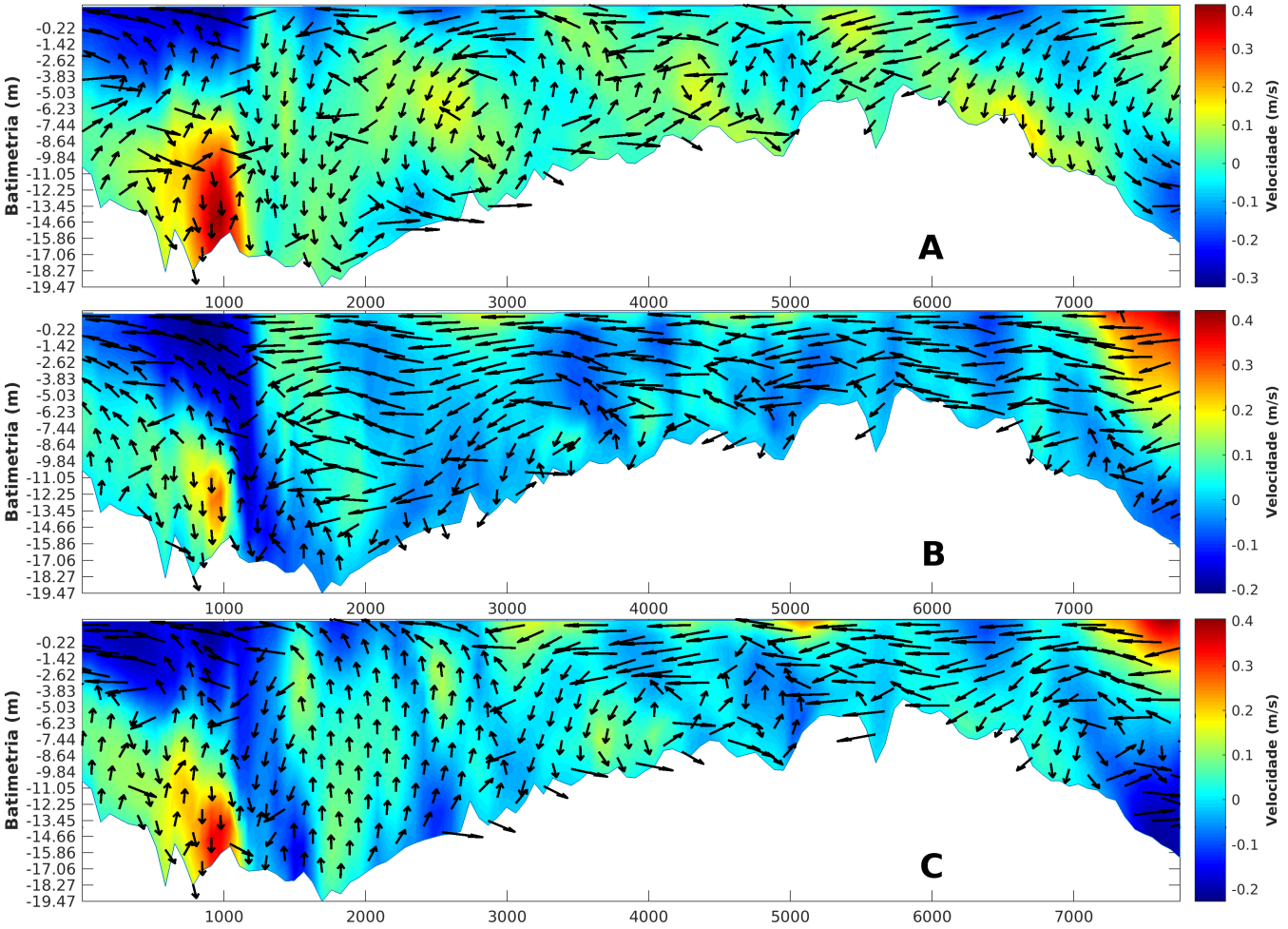


Figura 4.43 – Velocidade de corrente na passagem do sistema frontal em Setembro.

4.3.4. Análise quantitativa das concentrações sedimentares: algoritmo regional x modelo numérico

Para representação qualitativa das informações obtidas pelo modelo numérico foram extraídas séries temporais dos nós da malha representando os emissários das jusantes dos rios Cebollati, Tacoarí e Jaguarão, que contribuem com cargas sedimentares para a LM, e séries diárias geradas pelo algorítmo regional de reflectância do sensor MODIS-AQUA. A escolha do local se justifica pela rápida estabilização da simulação nestas regiões, que favorece a geração de uma série temporal mais longa para o ano de 2011 (série de 335 dias). A comparação entre os dados modelados e as informações geradas pelo modelo estão presentes na figura 4.44, onde foram retirados os 30 dias iniciais gerados pelo modelo numérico, correspondente ao período de estabilização da simulação, para aplicação dos testes estatísticos.

A figura demonstra que, o modelo numérico apresenta rápida estabilização para os rios Cebollatí e Jaguarão, estes dois também são responsáveis pela maior média quantidade de descarga sólida para a LM. Os valores de p para o teste uni-lateral na jusante destes dois rios foram superiores ao nível de significância adotado (0.05), demonstrando que não existiram diferenças estatísticamente significativas quando se compara as médias geradas pelo modelo

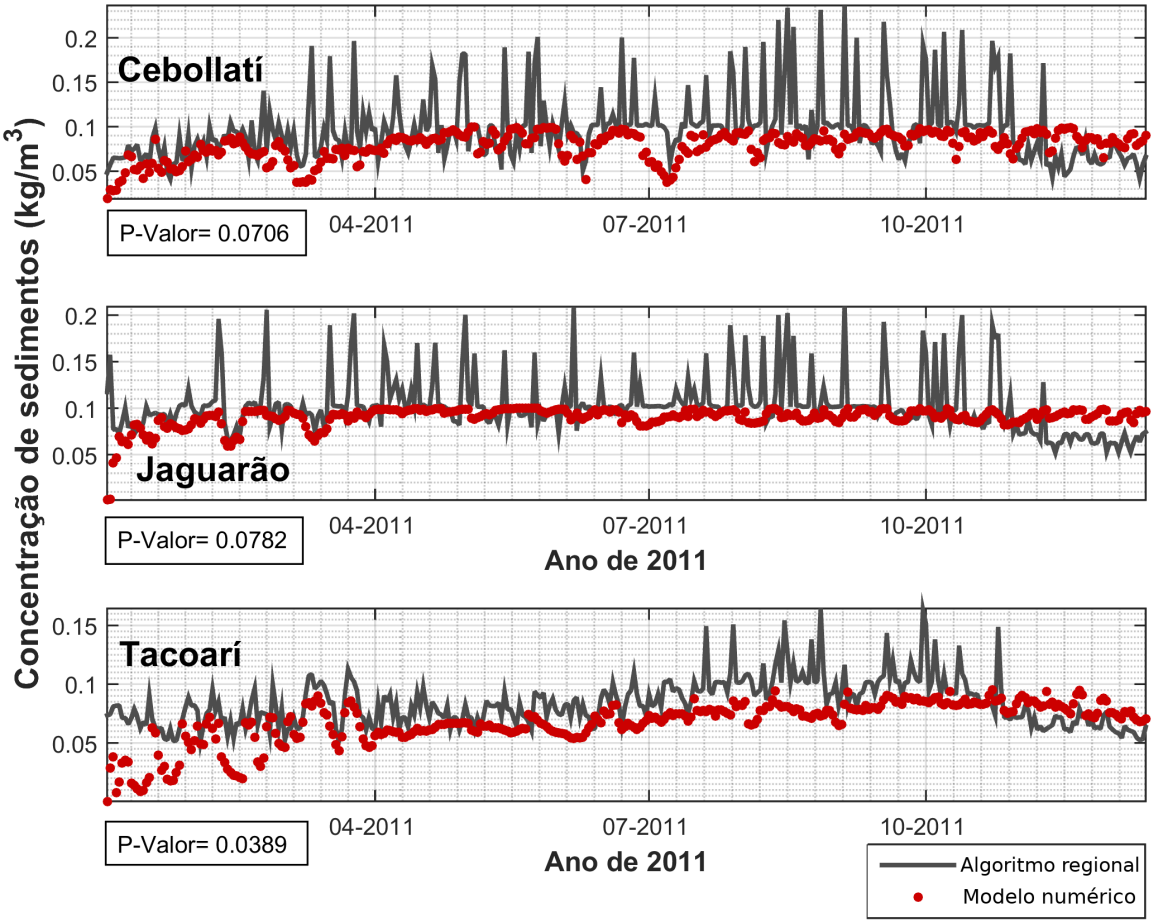


Figura 4.44 – CSS gerados pelo modelo numérico e algorítmo regional.

numérico e a informação gerada pelo algorítmo regional. Contudo, estas diferenças foram consideradas significativas quando se analizam as informações geradas para o rio Tacoarí.

As médias de concentração geradas pelo algorítmo para os rios Cebollatí, Jaguarão e Tacoarí foram de 0.098, 0.103 e 0.84 kg/m^3 respectivamente. As médias obtidas pelo modelo numérico para estes mesmos rios seguindo a mesma ordem foram de 0.089, 0.90 e 0.64 kg/m^3.

O algorítmo regional se mostrou sensível a variações estacionais, informação justificada por alterações nos números digitais das imagens. As mudanças estão possívelmente associadas a modificações no regime de descarga dos rios, que podem explicar os menores valores de reflectância registrados entre Outubro e Dezembro, em contrapartida, existem altos índices de reflectância de Junho a Agosto, que justificam o aumento das concentrações de sólidos suspensos neste mesmo período para as 3 situações observadas. Esta situação indica que o aumento da reflectância pode estar associado à elevação das concentrações de silte e argila na água.

As diferenças estatísticas encontradas para o rio Tacoarí no modelo numérico em comparação ao algorítmo regional podem estar relacionados aos baixos índices de ND observados na jusante do rio, o que pode demonstrar que o algorítmo gerado possui melhor resposta em

ambientes de baixa transparência da água, onde existe maior quantidade de partículas em suspensão na água, superestimando as concentrações em locais com elevada penetração de radiação eletromagnética.

4.3.5. Discussão

Os resultados expostos neste capítulo indicam que a contribuição sedimentar do CSG para o estuário do complexo Patos-Mirim é relativamente baixa, oscilando durante o ano em função das componentes gerais do vento e correntes. Contudo, o canal é um importante emissário sedimentar para o estuário, relevância descrita em Hartmann e Harkot (1990), qua classificam o CSG como a principal contribuinte sedimentar para o ecótone, essencialmente em função de sua proximidade com a saída do estuário da laguna.

As variações na concentração e transporte de propriedades em suspensão sofrem efeitos de modificações nos ventos e correntes que, por sua vez, são influenciadas por efeitos remotos que ocorrem na PSB. A pluma oriunda do canal apresentou valores entre 0.012 e 0.030 kg/m^3, e sua mistura aparentemente ocorre nas regiões de campos próximos. Estes dados são condizentes com os identificados em Tavora et al. (2019) para a mesma região, em estudo que buscou verificar as variações na concentração sedimentar através de um algoritmo reginal na LP, observando valores médios de 0.016 kg/m^3 para o CSG.

As concentrações sedimentares no local de estudo apresentaram distinções, sendo menores nas regiões próximas ao CSG, e maiores na LM e no rio Guaíba (ultrapassando 0.080 kg/m^3). Estes resultados corroboram com informações descritas em Andrade Neto et al. (2012), em estudo que visava observar a contribuição temporal do material sólido suspenso no quadrante norte da LP elaborando uma curva chave em função da vazão, observando que no local os valores de concentração variam entre 0.02 e 0.15 kg/m^3 e classificando esta região do estado como uma das que mais contribuem com elementos suspensos para a LP.

A estratificação sedimentar no canal também se mostrou baixa, e suas variações ocorrem essencialmente em função da hidrodinâmica local. Variações horizontais também foram observadas, e estas ocorrem por conta de alterações no regime climático local, como citado em Castelão e Moller (2003), em estudo que visava observar a dinâmica de ventos e sua influência na circulação dentro da LP, concluíram que a ação de efeitos remotos na plataforma continental influencia diretamente na elevação de nível e alterações em correntes dentro do sistema lagunar, resultado da transferência de momento do vento para a água.

As condições encontradas durante a simulação de 365 dias realizada para 2011 demonstram que o regime de vazante é dominante no complexo, e os eventos que expressam condições distintas a este padrão estão possivelmente associados à condições atmosféricas que interferem no padrão sinótico sobre a PSB. Estes fenômenos causam variabilidade na circulação dos ventos, anual e principalmente estacionalmente, onde estes passam a ser acentuados no quadrante sul. Estas considerações reforçam ideias expostas por DInção (1991), em estudo que visava entender a pesca e biologia do *Penaeus paulensis* na LP associado aos regimes de atmosféricos,

observou que durante eventos de frentes, com passagens de nuvens carregadas, a tendência é que os ventos do quadrante sul se intensifiquem na região, e normalmente após estas passagens os ventos de leste passam a atuar fortemente no estuário, caracterizando os ventos como importantes agentes na hidrodinâmica local.

Os intervalos de intensidade de ventos observados no estudo apresentaram correspondências sazonais quando comparadas a pesquisas realizadas por autores na mesma área, a exemplo de Machado et al. (2010), que descreve em seu estudo a prevalência de ventos NE, L e SE durante o verão, Inverno e Primavera. O mesmo autor ainda ressalta que, no Outono se observam distribuições homogêneas em sua movimentação, havendo baixas distinções entre as disposições nos diferentes quadrantes.

As condições hidrodinâmicas de elevação de nível descritos na figura 4.29 e intensidade de correntes apresentam caráter sazonal, e variam entre 0.3 e 0.9 m. Estes resultados corroboram com informações descritas em Marques et al. (2009), que verificou em seu estudo que a elevação da superfície livre na região do estuário da LP fica entre 0.4 e 0.8 m. Relacionado às correntes, se observou predominância desta variável na direção sudeste, representando alta dominância dos eventos de vazante no estuário, estes resultados são semelhantes aos encontrados por Moller e Casting (1999), Moller et al. (2007) e Marques et al. (2010b).

Os sistemas extratropicais interferiram na circulação atmosférica na região costeira durante todo o ano de 2011. A tendência de movimentação durante a passagem dos eventos climáticos foi a ocorrência de enchentes na laguna. Contudo, as consequências não são imediatamente refletidas na hidrodinâmica do estuário, sendo melhor verificadas quando se observam os dias finais e os dias posteriores ao registro dos eventos, evidenciando que o estudo da ciclogênese climática é fundamental para melhor compreender suas implicações no complexo estuarino. Referente ao assunto, se destaca o estudo realizado por Sartori (2003), no qual a autora indica que sistemas frontais precisam ser entendidos desde sua origem até seu tempo de atuação frontal direta, divididos em dois grandes eixos (pré e pós-frontais). A autora ressalta que, especificamente no RS, estas formações são seguidas de fortes chuvas e mudanças na componente meridional do vento.

A analise visual das passagens de frente foram inviáveis, sendo utilizado neste estudo as bases de registros do INMET, aliados à análises gráficas para temperatura, descritas por Silva et al. (2014) , verificando que as quedas bruscas de temperatura do ar em um curto período, algumas vezes superando 4ºC, em relação ao dia anterior caracterizam a passagem deste tipo de sistema. Sendo deste modo condizentes com o padrão descrito na figura 4.34.

Relacionado às passagens de eventos, a tendência de movimentação da pluma no período de ciclone segiu a direção norte, impulsionada por ventos do quadrante sul e fluxos de enchente da laguna. Esta tendência de movimentação das correntes em eventos de circulação ciclônica é descrita por Sartori (2003) como um estado onde a movimentação do ar no sistema de baixa pressão determina forte advecção de ar úmido do oceano em direção ao continente. O que resulta em alterações no tempo em todo o estado do RS, ventos que variam de moderados a fortes na região costeira e, posteriormente, grandes ressacas no mar ao longo do litoral das

regiões sul e sudeste, à medida que o sistema avança em direção às baixas latitudes.

Durante a passagem da linha de instabilidade presente na figura 4.38, se verificou novamente fluxos de enchente na laguna, e o evento segiu a tendência de movimentação dos ventos de quadrante sul. Segundo Abdoualeav e Lenskaia (1998) a passagem deste evento está associada à severas alterações no regime climático, sendo precedidas por fortes tempestades e mudanças nos padrões de distribuição sinóticos dependendo de sua intensidade, o que pode explicar a situação de enchente da laguna.

As passagens deste evento ocorreram durante o ano inteiro, com sentidos na direção noroeste, estas descrições corroboram com dados registrados por Abdoualeav e Lenskaia (1998) que analisaram morfologicamente alguns casos de LI no sul do Brasil, com extensão maior que 200 km, utilizando o radar meteorológico de Pelotas-RS. Observando que, em quase 80% dos casos destas zonas de instabilidade ocorreram de Abril a Novembro, com deslocamento preferencialmente de SW e NW.

Em períodos de passagens de frentes frias, novamente se verifica fluxos de enchente na laguna, onde sua atuação passa a ser mais intensa no período pós evento. Existiram diferenças entre as duas frentes analisadas, a primeira (em Junho) se mostrou não estacionária, já a segunda (Setembro), apresentou características estacionárias. Segundo Reboita et al. (2010), quando os sistemas de frente apresentam caráteristicas estacionárias durante mais de 03 dias e se encontram no eixo NE-SE, como observado em Setembro na figura 4.41, este pode interagir com as bandas de convecção tropicais, passando então a integrar o sistema de ZCAS, este descrito por Carvalho et al. (2004) como um tipo específico de formação nebulosa de extrema importância na circulação do país, sendo responsável pelo transporte de umidade para o interior do Brasil, especialmente no inverno entre as regiões sul e sudeste.

Para passagens de frentes os resultados encontrados, descritos nas figuras 4.42 e 4.43 são condizentes quando comparados à estudos como o de Bertolato e Fontana (2003), que buscou analisar eventos de passagens de frentes frias e suas influências no sul do Brasil, observou que a passagem destes sistemas contribuem para mudanças nos padrões comportamentais dos ventos no quadrante sul. Se ressalta que o ano analisado foi considerado um ano atípico (*La Niña*), e as variações encontradas no presente estudo podem estar sendo superestimadas quando comparadas a um ano normal, ou seja, sem ocorrência de eventos globais no Pacífico. Argumento reforçado quando se analisa o estudo feito por Pereira et al. (2011), que visava observar as passagens de frentes frias no sul do Brasil sob efeitos de eventos ENOS, concluindo que, em períodos de *La Niña* a quantidade e intensidade destes sistemas aumenta sobremaneira quando comparados a um ano neutro, sobretudo no inverno e Primavera.

Durante todo o ano de 2011 se identificou visualmente a passagem de 14 ciclones, estes essencialmente no primeiro semestre, além de 21 passagens de linhas de instabilidade que se concentraram essencialmente no segundo e terceiro trimestres do ano. Vale ressaltar a existência de outros eventos climáticos remotos não abordados no estudo, porém com relevante influência na circulação geral sobre a plataforma, a exemplo dos complexos convectivos de mesoescala e da ZCAS, esta última observada na figura 4.45 para o ano de 2011, e descrita por Ferreira et al.