

TEMPOS DE DESLOCAMENTO DE AUMENTO NOS NÍVEIS DOS RIOS CAÍ E TAQUARI ENTRE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Daniel Vieira Mendes¹; Francisco F. N. Marcuzzo² & Camila Dalla Porta Mattiuzi²

Abstract: The knowledge of wave propagation time contributes to flood forecasting, helping to prevent disasters and their consequent impacts on various sectors of society. This study aimed to analyze the Cai and Taquari river increasing level propagation time at stream gages, under different threshold conditions, in Southern Brazil. The correlation method between waves was applied using script in Python. Four scenarios were defined for analysis: waves below the attention level; between attention and alert; between alert and flood; and above flood level. It was found that adopting very low thresholds can impair the selection of events and the consequent determination of flood waves. Regarding propagation times, it was observed that they tend to increase with the flood wave level, except for the alert wave, which showed faster waves in 69% of cases. A good correlation was identified between slope and distance with travel time, especially at the stations Estrela (86879300) and Bom Retiro do Sul (86881000), Porto Mariante (86895000) and Taquari (86950000), Barca do Caí (87170000) and Passo Montenegro (87270000), Encantado (86720000) and Barra do Fão (86780000) and Estrela (86879300), São Vendelino (87168000) and Nova Palmira (87160000) and Barca do Caí (87170000). It was observed that travel time tends to be directly proportional to distance and inversely proportional to slope. It was also noted that the alert wave tends to be the fastest at the stream gages of the Caí and Taquari rivers.

Resumo: O tempo de deslocamento de onda contribui para previsão de inundações, prevenindo a ocorrência de desastres e dos consequentes impactos em diversos setores da sociedade. Este estudo objetivou analisar o tempo de deslocamento de aumento nos níveis dos rios Caí e Taquari entre estações fluviométricas, em diferentes limiares, na região sul do Brasil. Utilizou-se método de correlação entre as ondas usando-se *script* em *Python*. Definiu-se quatro cenários para análise: ondas abaixo da cota de atenção; entre atenção e alerta; entre alerta e inundação; e acima de inundação. Verificou-se que a adoção de limiares muito pequenos pode prejudicar a seleção dos eventos e consequente determinação das ondas de cheia. Referente aos tempos de deslocamento, constatou-se que eles tendem a aumentar com o nível da onda de cheia, com exceção da onda de alerta, que apresentou ondas mais rápidas em 69% dos casos. Verificou-se que existe uma boa correlação entre declividade e distância com o tempo de deslocamento, principalmente com as estações Estrela (86879300) e Bom Retiro do Sul (86881000), Porto Mariante (86895000) e Taquari (86950000), Barca do Caí (87170000) e Passo Montenegro (87270000), Encantado (86720000) e Barra do Fão (86780000) e Estrela (86879300), São Vendelino (87168000) e Nova Palmira (87160000) e Barca do Caí (87170000). Observou-se que o tempo de deslocamento tende a ser diretamente proporcional à distância e inversamente à declividade. Em termos de limiares, as ondas de alerta tendem a ser as mais rápidas nas estações dos rios Caí e Taquari.

Palavras-Chave: Propagação de Onda de Cheia, Rio Caí, Rio Taquari

1) Estagiário do SGB/GEHITE – PA. Eng. Ambiental e Sanitária – CAV/UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina. Avenida Luiz de Camões, 2090 – Conta Dinheiro, Lages/SC – CEP 88.520-000, Tel.: (49) 3289-9100. danielmendesdaniel@hotmail.com

2) SGB - Serviço Geológico do Brasil - Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - CEP 90.840-030, Tel.: (51) 3406-7300. francisco.marcuzzo@sgb.gov.br; camila.mattiuzi@sgb.gov.br

INTRODUÇÃO

Os desastres hidrológicos vêm se tornando cada vez mais frequentes, sendo impulsionados pelas variações climáticas, que têm se acentuado e fazendo parte do cotidiano da sociedade. Entender o comportamento dos corpos hídricos em momentos de eventos extremos se faz necessário para mitigar, ou ainda melhor, prevenir a ocorrência de desastres.

De maneira geral, as cheias acontecem de maneira temporária, podendo ocorrer tanto maneira rápida e abrupta, quanto lenta, a depender do curso d'água. Embora as cheias possam ocorrer de maneira mais abrupta, seus impactos ao ambiente e sociedade são significativos, pois causam o acúmulo de sedimentos, alteram a morfologia dos canais, prejudicam ecossistemas ciliares, dentre outros (Ramos, 2013; Santos, 2016). Além disso, vários setores da sociedade podem ser impactados, como a pescaria, navegação, lazer e turismo, abastecimento de água (Nascimento, 2018). Assim, conhecer o tempo de deslocamento de onda contribui para uma gestão de riscos e de desastres eficaz, reduzindo os danos causados à vida e ao patrimônio.

Em um canal regular, sem resistência por fricção, uma onda de cheia se moveria sem alterações na altura ou velocidade, porém, por causa dos efeitos de resistência gerado pelo contato das superfícies, a onda vai diminuindo ao longo do canal. A onda de cheia pode ser considerada inalterada se ela se mover por um canal regular onde a resistência é pequena, podendo ser considerado progressivo de maneira uniforme. Por outro lado, se o canal for irregular e a resistência alta, a onda será alterada ao longo da drenagem (Chow, 1959).

Conhecer o comportamento das ondas de cheia contribui também para a previsão de inundações, pois possibilita a realização de previsões hidrológicas e a emissão de alertas. Sendo possível determinar o hidrograma em um ponto a jusante a partir de um de montante (Chow, 1959), o nível e a vazão dos rios passam a ser conhecidos de maneira antecipada, fazendo com que ações possam ser tomadas de maneira eficaz e prática (Siqueira *et al.*, 2015). O conhecimento das características dos corpos hídricos, como a declividade e distância, também se faz necessário para o entendimento da dinâmica de deslocamento das ondas cheias (Matos, 2007).

O Serviço Geológico do Brasil (SGB) atualmente opera 17 Sistemas de Alerta Hidrológicos (SAHs) no Brasil, sendo três no Rio Grande do Sul, dentre os quais estão o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Taquari (SAH Taquari) e do rio Caí (SAH Caí). O SAH Caí está em operação desde 2010 e através dele são emitidos boletins de previsão de níveis para os municípios de São Sebastião do Caí e Montenegro (Silva e Matos, 2024). Conforme Buffon *et al.* (2022), o SAH Taquari entrou em operação em 2015 e são realizadas previsões de níveis para os municípios de Muçum, Encantado, Estrela e Lajeado. Já o monitoramento hidrológico nos SAHs é realizado através de estações hidrometeorológicas telemétricas que registram os dados de nível dos rios e precipitação acumulada em intervalos de 15 minutos e transmitem via satélite. Para a operacionalização dos SAHs, é importante o conhecimento dos impactos associados à variação dos níveis dos rios dentro de cada município, que é realizado através das chamadas Cotas de Referência: Cota de Inundação (cota em que o primeiro dano é observado no município), Cota de Alerta (possibilidade elevada de ocorrência de inundação) e Cota de Atenção (possibilidade moderada de ocorrência de inundação) (SGB, 2025).

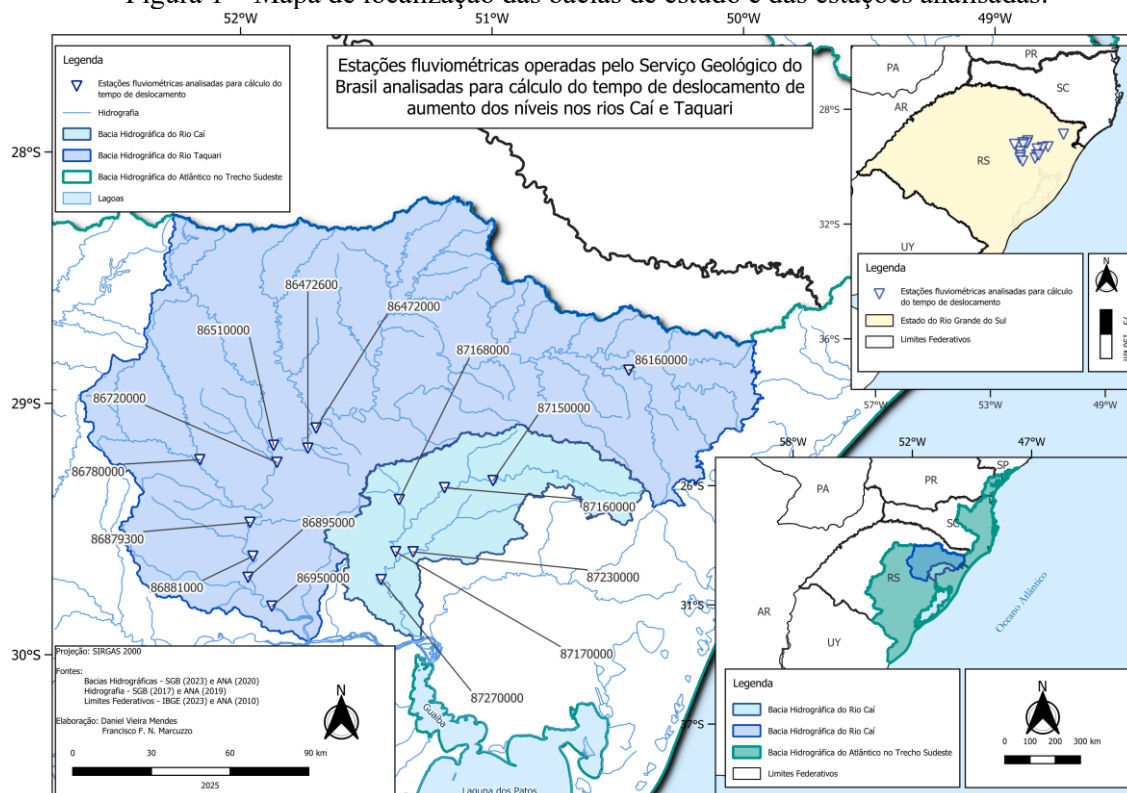
Este estudo se propõe a analisar o tempo de deslocamento do aumento nos níveis dos rios em diferentes intervalos de cotas (abaixo da cota de atenção, entre as cotas de atenção e alerta, entre as cotas de alerta e inundação e acima da cota de inundação) entre as estações fluviométricas com telemetria dos rios Caí e Taquari, as quais fazem parte dos Sistemas de Alerta Hidrológicos do Serviço Geológico do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As bacias hidrográficas dos rios Caí e Taquari estão inseridas na Bacia Hidrográfica do Atlântico no Trecho Sudeste (8) (Figura 1), e são melhor detalhadas em Marcuzzo (2018). A bacia hidrográfica do rio Taquari possui área de aproximadamente 26.373 km² (Melati e Marcuzzo, 2015) e população estimada em 1.383.442 em 2022, abrangendo 119 municípios. O rio das Antas, ao encontrar-se com o rio Carreiro, passa a ser rio Taquari, tendo a estação Linha José Júlio como referencial a montante (Marcuzzo e Pinto, 2022). A bacia do rio Caí possui uma área de 4.976 km² (Tschiedel *et al.*, 2012), com 550.000 habitantes, compreendendo 42 municípios (Pedrollo *et al.*, 2011).

Figura 1 – Mapa de localização das bacias de estudo e das estações analisadas.



Fonte: Os autores (2025)

Conforme Buffon *et al.* (2022), a precipitação na bacia hidrográfica do rio Taquari possui uma distribuição uniforme ao longo do ano. Possui médias anuais que variam de 1900 mm (cabeceiras da margem direita do rio Taquari) a 1400 (próximo à foz). Conforme Pedrollo *et al.* (2011), na bacia do rio Caí, os totais podem variar de 1900 mm nas cabeceiras, até entre 1400 mm e 1300 mm na foz.

Base de dados

O cálculo do deslocamento da onda causada pela alteração positiva nos níveis d'água foi realizado para estações fluviométricas dos rios Caí e Taquari operadas pelo SGB (Figura 1 e Quadro 1). Foi utilizada a série de dados telemétricos, já previamente consistidos conforme Mendes *et al.* (2025). O cálculo de deslocamento de onda foi realizado através de um *script* em *Python*.

Tempo de deslocamento de onda

O método utilizado para se calcular o tempo de deslocamento de alterações positivas nos níveis dos rios consiste na correlação entre as séries, mais especificamente entre os eventos. Em ambiente

Python, utilizou-se um *script* que prepara as séries, separa os eventos e realiza a correlação. Para se calcular a correlação, possuindo-se o evento das duas estações cujo tempo de deslocamento de onda se quer calcular (o mesmo evento nas duas estações - série), mantém-se uma série imóvel (jusante) e outra móvel (montante).

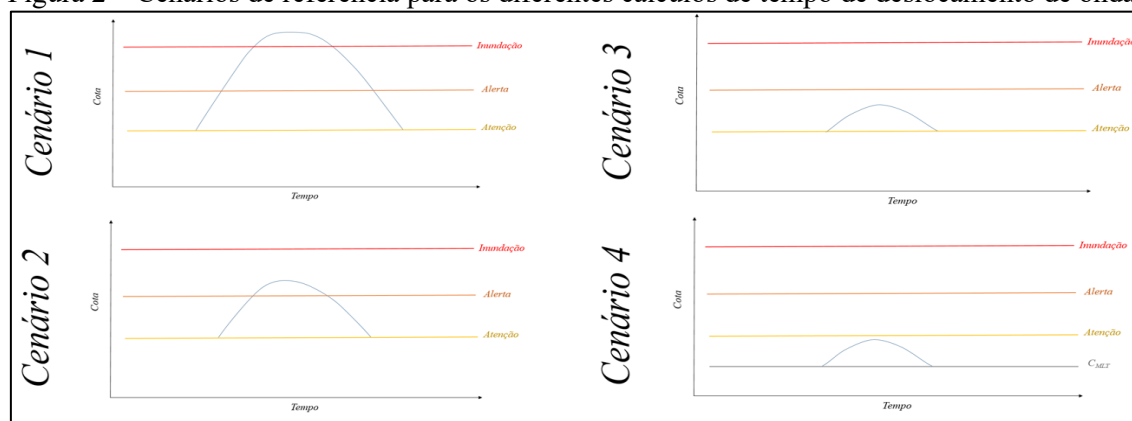
A série móvel é deslocada com defasagens de uma em uma hora. Haverá uma defasagem que terá a maior correlação entre as séries, essa defasagem define o tempo de deslocamento de onda. Destaca-se que não se desloca somente um valor, ou seja, não é o pico exclusivamente, mas sim um intervalo de valores compreendido entre cotas de referência.

Realizou-se duas linhas de cálculo de processamento, um considerando eventos completos, onde se tem a variação positiva no nível do rio completa, e outro admitindo-se a possibilidade de eventos terem sido parados de registrar, ou seja, onda de cheia parcialmente registrada. Considerou-se para onda de cheia parcial aquela que atingiu o pico e teve seus dados cessados durante o período de descida. Foi admitido um limite de *NaNs* para caso de falhas pontuais para ambos os cenários. No primeiro (evento sem cortes), até um limite de 3 horas consecutivas com falhas. Ou seja, eventos que tenham quatro ou mais horas de falhas foram descartados. Para o evento com corte, no período de subida somente foi posto este critério, uma vez que ele tem a pretensão de capturar eventos que tenham a onda de cheia interrompida.

Seleção dos eventos e perfis longitudinais dos rios Caí e Taquari

As séries foram utilizadas com base em diferentes cenários, utilizando como direcionador a estação de jusante de cada par. Foram analisadas diferentes situações, partindo das cotas de referência: atenção, alerta e inundação (Figura 2). Isto é, no cenário 1, por exemplo, foram selecionados os eventos nas duas estações cujo intervalo de dados coincide com os valores na estação de jusante que iniciam na cota de atenção, passam inundação, e cruzam a cota de atenção novamente. No cenário 2, os eventos selecionados foram aqueles cujas cotas ultrapassaram a cota de alerta, mas não inundação.

Figura 2 – Cenários de referência para os diferentes cálculos de tempo de deslocamento de onda.



Para cálculo do tempo de deslocamento dos eventos que não ultrapassaram a cota de atenção, utilizou-se a Cota Média de Longo Termo (CMLT). Ela representa o comportamento médio do rio ao longo do tempo. Seu cálculo foi realizado com base no apresentado em Cesar *et al.* (2017). Utilizou-se modelo digital de terreno (MDT) provenientes do ANADEM (<https://www.ufrgs.br/hge/anadem-modelo-digital-de-terreno-mdt/>) para traçado dos perfis. Utilizou-se o programa computacional QGIS 3.28. O traçado se deu seguindo o talvegue principal de cada rio.

Tabela 1 – Estações pluviométricas fluviométricas utilizadas com dados consistidos conforme Mendes *et al.* (2025).

Bacia Hidrográfica (BH)	Estação fluviométrica	Código	Município	Latitude	Longitude	Inundação		Alerta		Atenção		Período utilizado*	Total de Anos
						Cota (cm)	Permanência (%)	Cota (cm)	Permanência (%)	Cota (cm)	Permanência (%)		
RIO CAÍ	Linha Gonzaga	87150000	Caxias do Sul	-28.8681	-50.4561	-	-	-	-	-	-	Set/2015 – Jul/2024	7,94
RIO CAÍ	Nova Palmira	87160000	Caxias do Sul	-29.3189	-51.1889	470	0,37	300	1,61	200	4,51	Out/2010 – Jul/2024	13,07
RIO CAÍ	São Vendelino	87168000	São Vendelino	-29.387	-51.3689	-	-	-	-	-	-	Nov/2015 – Jun/2025	8,38
RIO CAÍ	Barca do Cai	87170000	São Sebastião do Cai	-29.5900	-51.3833	1050	1,47	700	6,01	500	11,06	Out/2010 – Jul/2024	12,20
RIO CAÍ	Costa do Cadeia Montante	87230000	São Sebastião do Cai	-29.5906	-51.3136	1000	0,9	700	3,26	500	8,09	Dez/2011 – Jul/2024	10,23
RIO CAÍ	Passo Montenegro	87270000	Montenegro	-29.7011	-51.4411	600	2,68	400	6,88	300	10,29	Out/2010 – Jun/2024	12,92
RIO TAQUARI	Passo Tainhas	86160000	Jaquirana	-28.8681	-50.4561	-	-	-	-	300	2,41	Nov/2019 – Jul/2024	4,71
RIO TAQUARI	Linha José Júlio	86472000	Santa Tereza	-29.0978	-51.6997	-	-	1000	1,29	650	5,20	Set/2015 – Mai/2024	5,87
RIO TAQUARI	Santa Tereza	86472600	Santa Tereza	-29.1781	-51.7322	1500	1,17	900	4,21	600	12,32	Out/2022 – Jul/2024	1,49
RIO TAQUARI	Muçum	86510000	Muçum	-29.1672	-51.8686	1800	0,29	900	1,99	500	8,26	Abr/2015 – Jul/2024	8,76
RIO TAQUARI	Encantado	86720000	Encantado	-29.2344	-51.8550	1200	0,67	900	1,46	500	5,33	Jul/2015 – Jul/2024	8,26
RIO TAQUARI	Barra do Fão	86780000	Travesseiro	-29.2239	-52.1622	1000	0,07	600	0,30	400	0,63	Fev/2015 – Out/2024	2,03
RIO TAQUARI	Estrela	86879300	Estrela	-29.4733	-51.9622	1900	1,4	1700	2,02	1500	3,88	Jul/2015 – Jul/2024	7,92
RIO TAQUARI	Bom Retiro do Sul	86881000	Bom Retiro do Sul	-29.6081	-51.9511	1650	2,24	1200	5,42	900	11,45	Nov/2018 – Jul/2024	3,77
RIO TAQUARI	Porto Mariante	86895000	Venâncio Aires	-29.6922	-51.9700	1400	0,48	1100	1,58	700	6,07	Nov/2014 – Out/2024	5,56
RIO TAQUARI	Taquari	86950000	Taquari	-29.8070	-51.8758	850	0,83	650	4,21	400	13,23	Jul/2015 – Jul/2024	6,32

*Séries históricas foram consistidas, porém, destaca-se que elas podem apresentar descontinuidade em seus dados devido à intervalos de dados que não se é possível preencher, conforme Mendes *et al.* (2025).

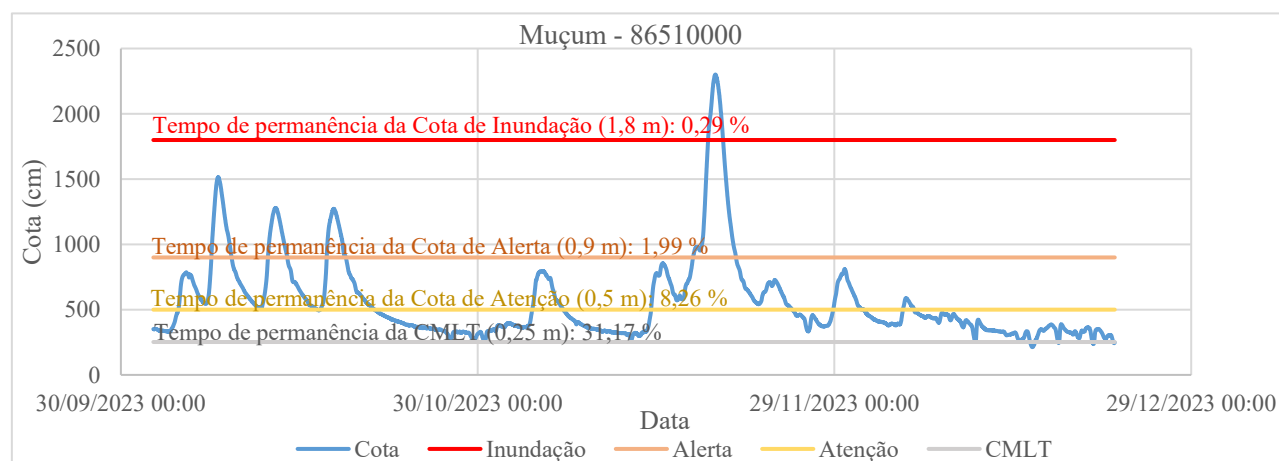
Fonte: ANA (2024) e SGB (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tempo de Deslocamento de Onda

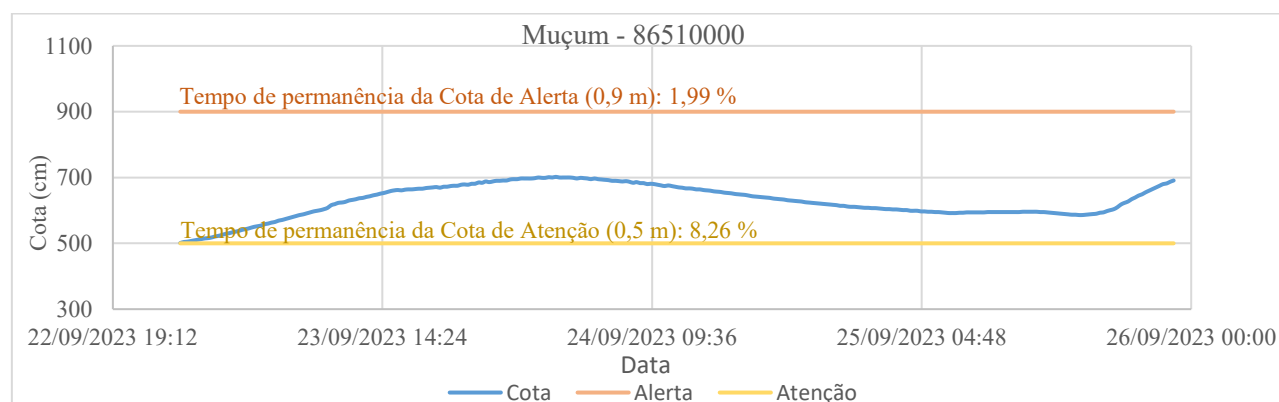
Os resultados dos deslocamentos de onda são apresentados na Tabela 2. Destaca-se que os horários representam a média dos deslocamentos dos eventos. São analisados os tempos de deslocamento de onda, ou seja, de um conjunto de cotas que satisfazem as condições dos cenários apresentados, isto é, não são comparados valores únicos, como os picos. Destaca-se que foi utilizado cota de atenção como base para cômputo dos eventos porque eventos são mais bem separados por ela. Caso fosse adotado uma cota menor (C_{MLT}), os eventos não seriam separados da maneira adequada (Figura 3), ter-se-ia eventos muito grandes, e, com esses, uma possibilidade de exclusão elevada (por parte das cheias que foram consideradas somente se estivessem completas).

Figura 3 – Evento selecionado utilizando cota CMLT



Destaca-se a importância da consideração das cheias incompletas. Em momentos de grandes cheias, não é raro equipamentos pararem de funcionar, e parte do evento ser perdido. Porém, se uma parte não muito grande do evento for perdida, ainda se pode avaliar o comportamento da cheia, que foi parte do estudo realizado aqui, onde se considerou eventos que não tiveram registros após atingirem o pico, isto é, no período de recessão, como exemplo, a Figura 4.

Figura 4 – Evento parcial selecionado (Cheia Parcial)

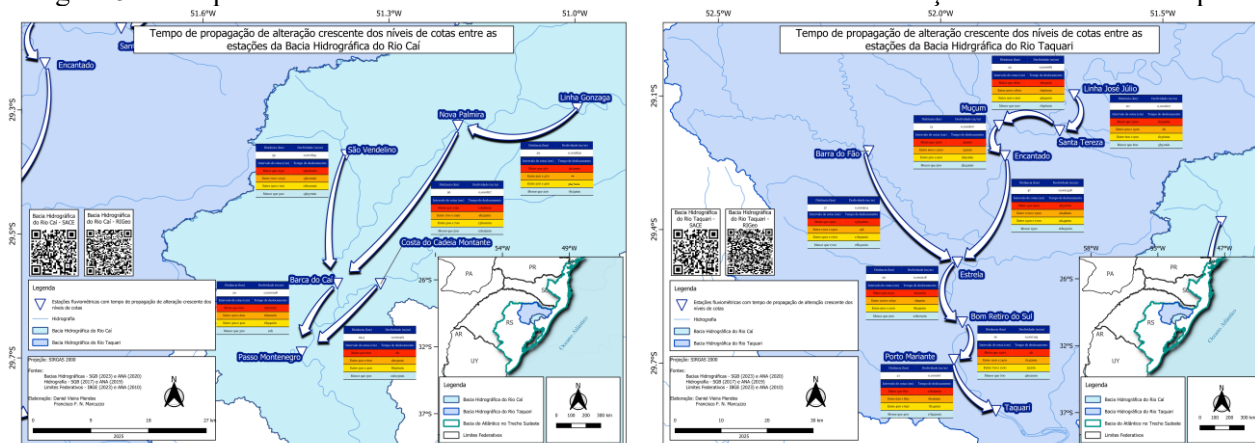


De um modo geral, observa-se que quanto maior os valores de cota, e a respectiva onda de cheia, menores tendem a ser o tempo de deslocamento, isto é, a onda se desloca mais rapidamente (Tabela 2). Porém, com as cheias de alerta (aquelas que atingiram alerta, mas não inundação), verifica-se em 69% dos casos que elas tendem a ser as mais rápidas, mais ainda que as de inundação. Porém, destaca-se que este número pode ser maior, em função de que Barra do Fão e Bom Retiro do

Sul, na Bacia do Rio Taquari, que foram as estações que apresentaram comportamento levemente distinto, as quais estão entre as estações com a menor quantidade de anos de dados totais (Tabela 1). Além disso, no caso de afluentes ao rio principal (Rio Forqueta no Rio Taquari, e Arroio Forromeco e Rio Cadeia no Rio Caí), a dinâmica das cheias acaba por ser influenciada por dois córregos, fazendo com que a determinação do deslocamento da onda possa ter valores um pouco distintos do esperado (Guimarães *et al.*, 2018). Para estação Passo Tainhas, a estação mais a montante do conjunto analisado, não foi possível estabelecer seus tempos de deslocamento até a estação Linha José Júlio devido à longa distância e a presença de barragens hidrelétricas (UHEs 14 de Julho, Monte Claro e Castro Alves).

Uma explicação para as ondas de inundação apresentarem uma velocidade menor que as de alerta é o efeito gerado pelas margens e planície de inundação, que, através da rugosidade e do atrito da água com essas superfícies, pode haver a diminuição da velocidade da onda (Wong e Laureson, 1983; Anderson *et al.*, 2006). Fleischmann *et al.* (2016) encontraram que a partir de determinado ponto, quando a calha do rio está cheia e está prestes a inundar, a velocidade da onda diminui mesmo aumentando a vazão. Com isso, o hidrograma defasa-se. Uma outra explicação é através do comportamento não unívoco entre cota e vazão, conforme Jacon e Cudo (1989), em que uma mesma cota pode inferir uma vazão diferente, a depender se o rio está em processo de cheia ou vazante, melhor detalhado em Marcuzzo *et al.* (2019). Analisa-se que, para valores bem elevados de cota, a vazão tende a mudar muito pouco, e até diminuir. Se aumenta a cota, aumenta-se a área, e se, aumentando-se a área a vazão diminui, é porque a velocidade diminui. Ainda, uma outra explicação para, em elevadas cheias, a velocidade decrescer, é o efeito de jusante. Em um lugar onde se tem efeito de jusante, remanso, a velocidade do escoamento pode ser alterada (Alves, 2018; Dykstra e Dzwonkowski, 2020). Apresenta-se, a seguir, os mapas com tempos de deslocamento de aumento nos níveis dos rios Caí e Taquari, entre as estações fluviométricas. Para simplificação de exibição dos valores, foi realizado a média entre os valores de *Cheia completa* e *Cheia Parcial* (Figura 5). Para visualização das informações contida nos mapas, acessá-los, em escala real, [neste link](#).

Figura 5 – Tempos de deslocamento de aumento no nível do rio entre as estações dos rios Caí e Taquari.

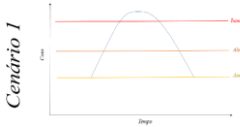
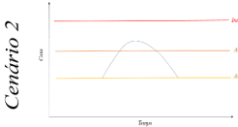
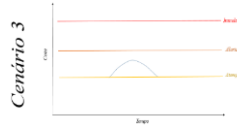
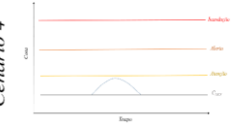


Ressalta-se que foi adotado o método de deslocamento de onda, não de pico, assim, não se está buscando quanto tempo o valor máximo registrado de um ponto chegou a outro, mas sim referente a um intervalo de dados (onda).

Perfis longitudinais dos talvegues dos rios Caí e Taquari

Ao analisar os dados de tempo de deslocamento obtidos com os perfis longitudinais dos rios Caí e Taquari, percebe-se a relação existente entre tempo de deslocamento e declividade (Figura 6). Os perfis longitudinais dos talvegues dos rios Cadeia, Forqueta e Arroio Forromeco, das outras estações fluviométricas com do tempo de deslocamento, estão disponíveis [neste link](#).

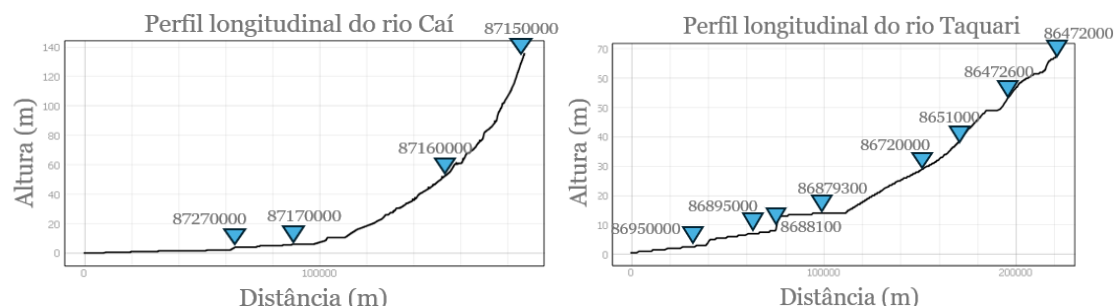
Tabela 2 – Tempos médios de deslocamento de onda (em horas decimais) nas bacias hidrográficas dos rios Cai e Taquari.

Nome do Rio	Percurso entre duas estações	   									
		*Cheia completa	*Cheia parcial	Cheia completa	Cheia parcial	Cheia completa	Cheia parcial	Cheia completa	Cheia parcial	Cheia completa	Cheia parcial
		Distância (km)	Declividade (m/m)	Tempo de deslocamento médio, em horas decimais							
Rio Cai	Linha Gonzaga à Nova Palmira	29,21	0,002859	3,26	3,15	0,96	1,04	3,71	3,87	7,77	8,02
Rio Cai	Nova Palmira à Barca do Cai	56,29	0,000817	11,62	11,28	10,02	9,82	12,50	13,55	12,21	11,97
Rio Cai	São Vendelino à Barca do Cai	39,49	0,001695	14,88	14,68	13,18	13,17	16,69	17,39	15,70	15,54
Rio Cai	Costa do Cadeia Montante à Passo Montenegro	29,3	0,000361	6	6	2,06	2,06	8,44	8,44	12,16	11,95
Rio Cai	Barca do Cai à Passo Montenegro	20,43	0,000098	9,75	9,82	6,35	6,34	6,51	6,64	10,12	9,92
Rio Taquari	Linha José Júlio à Santa Tereza	19,76	0,000607	1,66	1,66	2	2	1,6	1,6	5,53	5,53
Rio Taquari	Santa Tereza à Muçum	23,49	0,000681	2,25	2,25	1,6	1,6	5,1	4,72	7,78	7,78
Rio Taquari	Muçum à Encantado	13,17	0,000607	0,66	0,66	0,58	0,58	2,69	2,69	5,62	5,48
Rio Taquari	Encantado à Estrela	47,33	0,000338	4,88	5,05	2,6	3	9,90	9,63	16,79	15,98
Rio Taquari	Barra do Fão à Estrela	57	0,000903	13,5	13,5	14	14	17,5	17,5	19,27	18,43
Rio Taquari	Estrela à Bom Retiro do Sul	20,63	0,000218	2,2	2,2	2,83	2,66	10	7,5	10,45	9,79
Rio Taquari	Bom Retiro do Sul à Porto Mariante	15,55	0,000193	3	1	1,75	1,75	0,87	0,88	4,13	3,95
Rio Taquari	Porto Mariante à Taquari	20,94	0,000167	6,5	17,8	6,6	6,6	7,08	7,41	17,5	17,90

* Cheia Completa - evento de cheia com subida, pico e descida totalmente registrados.
Cheia Parcial - eventos que tiveram subida e pico totalmente registrados e período de descida parcialmente registrado.

Verifica-se a relação inversa entre tempo de deslocamento e declividade entre as estações Estrela (86879300) e Bom Retiro do Sul (86881000), principalmente nas ondas menores; entre Bom Retiro do Sul (86881000) e Porto Mariante (86895000), e entre Porto Mariante (86895000) e Taquari (86950000), verifica-se também que uma menor declividade influencia num maior tempo de deslocamento. Nas estações do rio Caí, observa-se comportamento semelhante entre as estações Barca do Caí (87170000) e Passo Montenegro (87270000). A distância também tem influência entre as estações, percebe-se claramente seu impacto entre as estações Encantado (86720000) e Estrela (86879300), Barra do Fão (86780000) e Estrela (86879300), Nova Palmira (87160000) e Barca do Caí (87170000), e São Vendelino (87168000) e Barca do Caí (87170000).

Figura 6 – Perfis longitudinais dos talvegues dos rios Caí e Taquari nos trechos entre as estações.



CONCLUSÃO

Realizou-se a análise do tempo de deslocamento de variação positiva do nível de rio entre estações fluviométricas dos rios Caí e Taquari, em diferentes intervalos de cotas. Concluiu-se que, de uma forma geral, o tempo de deslocamento das ondas entre as estações tende a ser menor (mais rápida) com o aumento da onda de cheia, com exceção da onda de alerta (aquelas que possuem valores acima da cota de alerta e abaixo da cota de inundação). A declividade e a distância entre as estações também têm influência no tempo de deslocamento. Tendendo a ser diretamente proporcional à distância e inversamente à declividade. A metodologia aplicada se demonstra eficaz e prática para análise de tempo de deslocamento de onda.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. (2024). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) – Hidroweb. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>.
- ALVES, L. G. S. A (2018). *Aprimoramento de série de dados de vazão em regimes sob efeito de remanso hidráulico variável: impactos na modelagem hidrológica e hidrodinâmica da Bacia Amazônica*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 90p.
- ANDERSON, B., I. RUTHERFURD, AND A. W. WESTERN (2006). “An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves”. *Environmental Modelling & Software*. Volume 21, Issue 9, pp. 1290 1296.
- BUFFON, F. T; CHAGAS, A.; MATTIUZI, C. D. P.; SILVA, E. D.; MATOS, A. J. S. (2021). *Relatório Técnico de Operação no período de novembro de 2020 a novembro de 2021*. Relatório de Atividades – Departamento de Hidrologia. Serviço Geológico do Brasil. Porto Alegre, RS. 48p.
- CESAR, P. I. A. C.; HORA, M. A. G. M.; AZEVEDO, P. S. (2017). “Regionalização da vazão média de longo termo da Bacia do Rio Pombo” in XXII SBRH. Florianópolis, SC, Nov. 2017. 8p.

- CHOW, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. Tokyo: McGraw Hill. 680p.
- DYKSTRA, S. L.; DZWONKOWSKI, B. (2020). “*The Propagation of Fluvial Flood Waves Through a Backwater-Estuarine Environment*”. Water Resources Research. 24p.
- FLEISCHMANN, A. S.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHON, W.; SORRIBAS, M. V.; PONTES, P. R.M. (2016). “*On river-floodplain interaction and hydrograph skewness*”. Water Resources Research. 7615 – 7630.
- GUIMARÃES, G. M.; FAN, F. M.; MARCUZZO, F. F. N.; BUFFON, F. T.; GERMANO, A. de O. (2018). “*Com qual antecedência conseguimos prever cheias no Rio Uruguai usando um modelo Hidrológico de grande escala?*” in Anais do I Encontro Nacional de Desastres. Porto Alegre, RS.
- JACCON, G.; CUDO, K. J. (1989). *Curva-Chave: Análise e Traçado*. 275p.
- MARCUZZO, F. F. N. (2018). “*Mapas e opções de divisão territorial do estado do Rio Grande do Sul por bacias hidrográficas*” in 49º Congresso Brasileiro de Geologia, 2018, Rio de Janeiro. RJ.
- MARCUZZO, F. F. N.; MALDONADO, L. H.; SOUZA, S. A. de. (2019). “*Curva-chave sob efeito de histerese: traçado e ajuste de curva-chave média e em laço*” in Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu, PR. Foz do Iguaçu: ABRH, 2019.
- MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. A. (2022). *Análise de frequência de cotas dos Sistemas de Alerta: Sistema de Alerta Bacia do Rio Taquari, rio Taquari, estação fluviométrica Muçum, código 86510000, município atendido Muçum, RS. Relatório Técnico. Serviço Geológico do Brasil. 99p.*
- MATOS, A. J. S. (2007). *Análise numérica da translação de ondas de cheia em canais naturais – Um trecho do Rio Sapucaí/MG*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá. MG.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. (2015). “*Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul*” in XVII SBSR, 17., 25-29 abr. 2015a, João Pessoa. São José dos Campos: INPE, 2015. v. 1. p. 360-367.
- MENDES, D. V.; CAVEDON, T. X.; LEITE, A. P.; MATTIUZI, C. D. P.; MARCUZO, F. F. N.; (2025). *Manual de utilização de planilha e técnicas para pré-consistência de dados fluviométricos*. Serviço Geológico do Brasil. Departamento de Hidrologia. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/>.
- NASCIMENTO, S. C. (2018). *Estudo da propagação de ondas de cheia ao longo dos rios do Pantanal Mato-Grossense. Centro de tecnologia. UFPB. João Pessoa, PB. 78p.*
- PEDROLLO, M. C. R.; GERMANO, A. O.; RODRIGUES, E.; MADUELL, J. C. F. (2011). *Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Cai: Concepção e implantação do sistema*. SGB. Porto Alegre. 14p.
- RAMOS, C. (2013). “*Perigos Naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações*”. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa. 6p.
- SANTOS, I. S. (2016). “*Propagação de ondas de cheia à jusante da Barragem de Xingó localizada no Rio São Francisco*”. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Trabalho de Conclusão de Curso. Cruz das Almas, BH. 46p.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. (2025) SACE: SISTEMA DE ALERTA DE EVENTOS CRÍTICOS. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/sace/>.
- SILVA, E. D; MATOS, A. J. S. (2024). *Operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Cai*. Departamento de Hidrologia. Serviço Geológico do Brasil. 8p.
- SIQUEIRA, V. A.; FLEISCHMANN, A. S.; COLLISCHON, W.; FAN, F. M. (2015). “*Desenvolvimento de um sistema operacional de previsão de cheias na Bacia do Taquari-Antas/RS*” in XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília – DF, Nov, 2015. 8p.
- WONG, T. H. F; LAURENSEN, E. M. (1983). “*Wave Speed-Discharge Relations in Natural Channel*” in Water Resources Research. Jun. 1983, pp. 701-706.
- TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. “*Análise hidromorfológica da Sub-Bacia 87*” in Anais do XI SBRHN, 2012, João Pessoa: ABRH, 2012. p. 1-20.