

13

Síntese dos avanços científicos, desafios futuros e prioridades

Rodrigo Paiva
Fabrice Papa
Alice Fassoni-Andrade
Ayan Fleischmann
Sly Wongchuig
John Melack

As várias conquistas de mais de três décadas de avanços científicos sobre a hidrologia da bacia Amazônica com dados de satélite, juntamente com o desenvolvimento de novas técnicas de SR, e algumas oportunidades de pesquisa selecionadas, estão resumidas na **Tabela 7** e **Tabela 8**. A seção 13.1 apresenta as principais descobertas obtidas na Amazônia, que tem sido um laboratório natural de SR para o avanço da hidrologia. A seção 13.2 destaca como estas experiências podem ser utilizadas para fomentar a compreensão do ciclo da água em outras grandes bacias hidrográficas do mundo. A seção 13.3 discute as lacunas de conhecimento e oportunidades de pesquisa sobre as águas da Amazônia, graças a um monitoramento sem precedentes e contínuo da bacia Amazônica com as próximas e futuras missões de satélites. Finalmente, a seção 13.4 discute como ir dos avanços científicos para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos, e a seção 13.5 destaca recomendações para futuros estudos sobre as águas da Amazônia a partir do espaço.

TABELA 7
Síntese de avanços científicos, desafios futuros e oportunidades no entendimento da hidrologia da Amazônia usando SR.

VARIÁVEL	DESENVOLVIMENTOS PIONEIROS EM SR REALIZADOS NA AMAZÔNIA	LIÇÕES INOVADORAS SOBRE A AMAZÔNIA / HIDROLOGIA GERAL APRENDIDAS COM O USO DO SR	LACUNAS DE CONHECIMENTO E NOVAS OPORTUNIDADES PARA A AMAZÔNIA
Precipitação	<ol style="list-style-type: none"> 1) Distribuição espacial das chuvas em escala regional (Espinoza et al., 2009). 2) Tendência de chuva nas últimas décadas (Paca et al., 2020). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Distribuição espacial das áreas de hotspot (Chavez e Takahashi, 2017; Espinoza et al., 2015). 2) Redução da precipitação sobre os principais rios (Paiva et al., 2011). 3) Início da estação chuvosa precocemente induzida pela floresta tropical (Wright et al., 2017). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Algoritmos aperfeiçoados para chuvas orográficas (Dinku et al., 2011; Toté et al., 2015). 2) Rede estratégica de pluviômetros. 3) Constelação de satélites de baixo custo (Peral et al., 2019).
Evapo-transpiração	<ol style="list-style-type: none"> 1) Estimativas de fluxo de água nos trópicos em grandes escalas (Fisher et al., 2009). 2) Dados observacionais para calibração e validação de modelos e avaliações com múltiplos modelos (Gonçalves et al., 2013; Rocha et al., 2009). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Compreensão dos fatores ambientais e da sazonalidade da ET em toda a bacia, com maior limitação energética e pequena sazonalidade nas regiões mais úmidas (Amazônia central), e o oposto na região sul. 2) Diminuição da ET devido ao desmatamento e expansão da agricultura (de Oliveira et al., 2019; Silvério et al., 2015; Spera et al., 2016; Zemp et al., 2017). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Modelagem de estimativas de ET de alta resolução espacial (< 30 m) em séries temporais longas (> 40 anos). 2) Combinação de modelos de balanço de energia na superfície com modelos menos dependentes da parametrização da cobertura do solo. 3) Novas técnicas de fusão de dados usando várias fontes de SR (multiespectrais, térmicas e de micro-ondas) para reduzir os efeitos da cobertura de nuvens nas abordagens de balanço de energia.

<p>Nível da água</p>	<p>1) Estimativas de nível e declividade de água em larga escala por radares altimétricos (Birkett et al., 2002; Guzkowska et al., 1990).</p> <p>2) Mudanças no nível da água em comparação com as estimativas de interferometria (Aldorf et al., 2007, 2000).</p> <p>3) Monitoramento do nível da água e de curvas-chave em rios não monitorados (Paris et al., 2016; Silva et al., 2014).</p>	<p>1) Caracterização da variação do nível da água em rios e florestas úmidas (Aldorf et al., 2007; Birkett et al., 2002).</p> <p>2) Conectividade rio-planície de inundação (Aldorf, 2003; Park, 2020).</p> <p>3) Armazenamento de água em sistemas fluviais e áreas úmidas (Aldorf, 2003; Frappart et al., 2005).</p>	<p>1) Caracterização bidimensional dos níveis de água (SWOT) (Biancamaria et al., 2016).</p> <p>2) Resolução espaço-temporal mais fina para nível da água e declividade.</p> <p>3) Novas técnicas de fusão com modelagem local para regional (Paiva et al., 2013b; Yamazaki et al., 2011).</p>
<p>Extensão de Água Superficial</p>	<p>1) Primeira estimativa em larga escala da extensão e variabilidade da água superficial em planícies de inundação (Hess et al., 2003; Sippel et al., 1994).</p> <p>2) Relação entre extensão de águas superficiais e vazão (Sippel et al., 1998).</p> <p>3) Dinâmica de planícies de inundação em alta resolução e discriminação de tipos de vegetação aquática em grandes áreas (Ferreira-Ferreira et al., 2015).</p>	<p>1) Padrões sazonais e interanuais de inundação na bacia Amazônica (Aires et al., 2017; Hamilton et al., 2004; Hess et al., 2015).</p> <p>2) Contribuição da variabilidade da água interior e das planícies de inundação para o ciclo de emissões do carbono da Amazônia (Melack et al., 2004; Raymond et al., 2013; Richey et al., 2002).</p>	<p>1) Resolução espaço-temporal mais fina da água superficial e variabilidade da extensão de inundação da planície com SWOT e NISAR.</p> <p>2) Desenvolvimento de técnicas de fusão com inteligência artificial para combinar várias observações de SR (visível, IV, micro-ondas passivo e ativo, GNSS-R).</p> <p>3) Garantir observações de longo prazo para monitorar as mudanças climáticas/ antropogênicas.</p>
<p>Topografia de lagos e canais da planície de inundação</p>	<p>1) Ajuste dos Modelos Digitais de Elevação (Baugh et al., 2013; Yamazaki et al., 2012a).</p> <p>2) Estimativas de topografia em áreas sazonalmente inundadas (Fassoni-Andrade et al., 2020b).</p>	<p>1) Caracterização dos canais e lagos da planície de inundação (Fassoni-Andrade et al., 2020b; Sippel et al., 1998; Trigg et al., 2012).</p> <p>2) Avaliação da migração do canal fluvial (Constantine et al., 2014; dos Santos et al., 2018).</p>	<p>1) Caracterização da topografia em florestas alagadas.</p> <p>2) Estimativa de longo prazo para monitorar mudanças geomorfológicas na planície de inundação e nos canais fluviais.</p>
<p>Qualidade da água: sedimentos, clorofila e matéria orgânica dissolvida colorida</p>	<p>1) Estimativas de concentração de sedimentos em rios (Bayley e Moreira, 1978; Mertes et al., 1993), clorofila em lagos de planícies de inundação (Novo et al., 2006), e matéria orgânica dissolvida colorida em lagos (M. P. da Silva et al., 2019).</p> <p>2) Algoritmos semi-analíticos para estimativas de qualidade da água (Bernini et al., 2019; de Carvalho et al., 2015; Maciel et al., 2020a).</p>	<p>1) Mapas dinâmicos do campo de luz subaquático e dos constituintes opticamente ativos (Fassoni-Andrade e Paiva, 2019; Maciel et al., 2020a; Martínez et al., 2009; Novo et al., 2006).</p> <p>2) Séries temporais estendidas dos sedimentos em suspensão na região Amazônica (Li et al., 2020; Martínez et al., 2009; Montanher et al., 2018).</p>	<p>1) Avaliação da dinâmica da comunidade de fitoplâncton usando SR como indicador de biodiversidades nas águas amazônicas.</p> <p>2) Algoritmos robustos para CDOM e estimativa de Clorofila-a em águas interiores opticamente complexas.</p>
<p>Armazenamento de Água Terrestre (TWS) e Armazenamento de Águas Subterráneas (GWS)</p>	<p>1) Estimativas de larga escala de TWS usando dados GRACE (Tapley et al., 2004).</p> <p>2) Determinação de mudanças no GWS usando produtos de SR e resultados de modelos (Frappart et al., 2011).</p>	<p>1) Assinaturas espaciais de secas e cheias no TWS (Chen et al., 2009).</p> <p>2) Assinaturas espaço-temporais de secas no armazenamento de água superficial (Frappart et al., 2012; Papa et al., 2013).</p> <p>3) Variações temporais do GWS (Frappart et al., 2019).</p>	<p>1) Aperfeiçoamento de estimativas de anomalias de GWS com estimativas mais acuradas do armazenamento de água superficial com a missão SWOT.</p> <p>2) Monitoramento a longo prazo do TWS e GWS (GRACE e GRACE Follow-on).</p>

TABELA 8

Síntese dos avanços científicos em esforços multidisciplinares e integradores na compreensão da hidrologia e dos ecossistemas da bacia Amazônica.

	LIÇÕES INOVADORAS SOBRE A AMAZÔNIA / A HIDROLOGIA GERAL APRENDIDA	LACUNAS DE CONHECIMENTO E NOVAS OPORTUNIDADES PARA A AMAZÔNIA
Balanco Hídrico	<p>1) Análise do ciclo hidrológico em escala de sub-bacia (Azarderakhsh et al., 2011).</p> <p>2) Realização do fechamento do balanço hídrico (Pan et al., 2012).</p> <p>3) Estimativa contínua de vazões dos rios com base no fechamento do balanço hídrico usando estimativas de satélite.</p>	<p>1) Resolução espaço-temporal mais fina nas análises de balanço hídrico utilizando novas caracterizações de rios a partir de SR.</p> <p>2) Sensibilidade do fechamento do viés de diferentes componentes do balanço, em especial de ET.</p> <p>3) Estimativa da troca entre águas subterrâneas e superficiais em escala fina a partir de métodos de balanço hídricos corrigidos na superfície.</p>
Modelamento do ciclo hidrológico da Amazônia e suas áreas úmidas	<p>1) Interações hidrodinâmicas rio-planície em múltiplas escalas (Paiva et al., 2013a; Rudorff et al., 2014b; Sorribas et al., 2020; Wilson et al., 2007).</p> <p>2) Dinâmica das águas subterrâneas em múltiplas escalas e climas, e interação água subterrânea-planície de inundação (Miguez-Macho e Fan, 2012).</p> <p>3) Componentes TWS (superfície, subsuperfície) em escala de bacia (Paiva et al., 2013a; Pokhrel et al., 2013).</p>	<p>1) Resolução espaço-temporal mais fina da dinâmica de inundações, considerando processos de sedimentação, em diversos tipos de áreas úmidas (planícies de inundação e interfluviais).</p> <p>2) Melhor parametrização dos processos de águas subterrâneas em toda a bacia Amazônica.</p> <p>3) Falta de convergência entre estimativas de partição de armazenamento de água (por exemplo, estimativas divergentes da fração de água superficial).</p>
Ecossistemas Aquáticos	<p>1) Integração de variações temporais e espaciais de inundações e habitats aquáticos associados à estimativa de fluxos de dióxido de carbono e metano para a atmosfera (Melack et al., 2004; Richey et al., 2002).</p> <p>2) Estimativa da área dos principais habitats aquáticos na Amazônia e variações sazonais e interanuais nestes (Hess et al., 2015; Melack e Hess, 2010).</p> <p>3) Biomassa e crescimento de plantas aquáticas em planícies de inundação (M. Costa, 2005; Silva et al., 2013).</p>	<p>1) Extensão de solos saturados sob florestas e em corredores ripários.</p> <p>2) Modelagem de variações de inundação em áreas úmidas interfluviais e em savanas.</p> <p>3) Extensão de córregos e pequenos rios, especialmente na região Andina.</p> <p>4) Dados topográficos de alta resolução em planícies de inundação.</p>
Mudanças Ambientais	<p>1) Efeitos das mudanças no uso da terra sobre a vazão (Costa et al., 2003).</p> <p>2) Influência das mudanças no uso da terra no início da estação chuvosa (Butt et al., 2011; Leite-Filho et al., 2019), duração da estação chuvosa (Leite-Filho et al., 2020) e precipitação total (Leite-Filho et al., 2021).</p>	<p>1) Necessidade de entender melhor as interações entre as mudanças locais no uso da terra e os mecanismos climáticos em larga escala no ciclo da água da bacia Amazônica.</p> <p>2) Iniciar o monitoramento da degradação florestal em suas diferentes formas, para que os efeitos a longo prazo sobre a hidrologia florestal possam ser estudados.</p> <p>3) Aplicar as técnicas existentes para avaliar as alterações nas propriedades da água e da planície de inundação causadas por alterações antrópicas (alteração do uso da terra, represamento, mineração).</p>



131

A bacia Amazônica como *laboratório de sensoriamento remoto* para a hidrologia

Como a maior bacia hidrográfica do mundo, caracterizada por fortes sinais hidrológicos como precipitação, evapotranspiração, mudança de armazenamento de água e vazões fluviais, a bacia Amazônica tem sido um laboratório natural ideal para o desenvolvimento pioneiro de técnicas de SR e suas aplicações para fomentar nossa compreensão dos processos hidrológicos. A **Tabela 7** resume, para múltiplas variáveis hidrológicas, os principais desenvolvimentos realizados no

campo de SR sobre a bacia, juntamente com as lições revolucionárias aprendidas em relação ao funcionamento hidrológico da Amazônia. Adicionalmente, a **Figura 14** ilustra as principais características dos armazenamentos hidrológicos e dos fluxos na Amazônia, caracterizados pelas observações e análises de SR. Nas últimas décadas, a necessidade de entender as mudanças ambientais em curso na bacia Amazônica, que poderiam impactar os ciclos globais de água, energia e carbono, motivou uma série de esforços multidisciplinares e integradores que promoveram avanços científicos em nosso entendimento da hidrologia e dos ecossistemas Amazônicos (**Tabela 8**).

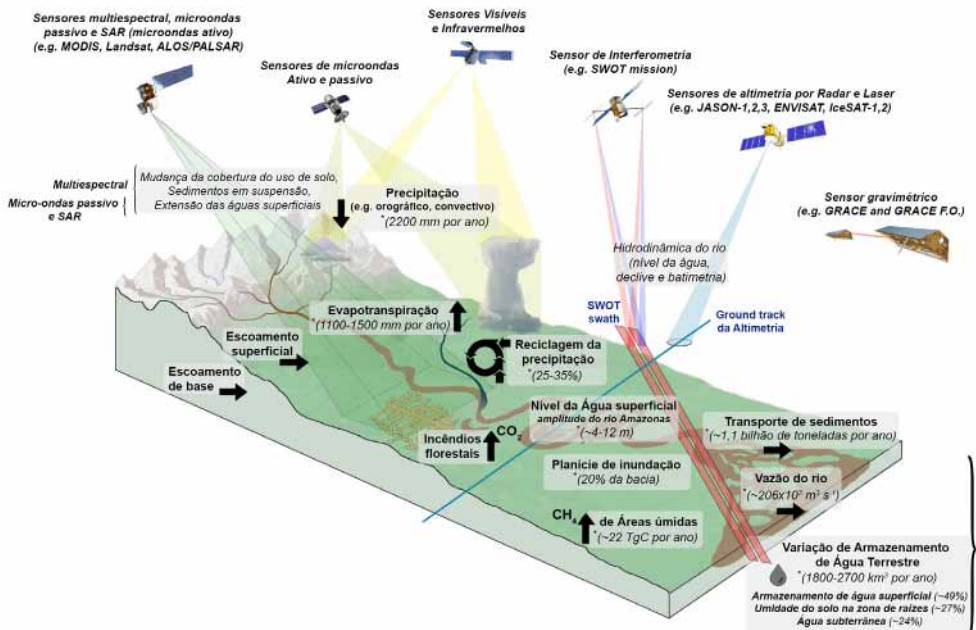


Figura 14: Ilustração esquemática dos processos hidrológicos do ciclo da água na bacia Amazônica. Os principais sensores a bordo dos satélites em órbita que têm ajudado a medir esses processos são apresentados. São mostradas as estimativas anuais médias de cada componente em toda a bacia. As referências (*) relacionadas a essas estimativas são apresentadas juntamente com o texto no capítulo 13.

Os avanços nas estimativas de precipitação usando SR permitiram a caracterização das distribuições espacial e temporal das chuvas em escala local a regional sobre a bacia Amazônica, e forneceram registros suficientemente longos para avaliar as tendências pluviométricas nas últimas décadas (**Tabela 7** e **Tabela 2** para produtos de precipitação desenvolvidos). A precipitação média na bacia foi estimada em 2200 mm por ano (**Figura 3**), e as chuvas mais intensas ocorreram em regiões de *hotspot* na cordilheira dos Andes iniciadas por processos de convecção alterados pela

topografia, onde as chuvas podem atingir valores superiores a 6000 mm por ano (Chavez e Takahashi, 2017; Espinoza et al., 2015; **Figura 3**). A análise em larga escala da precipitação derivada do SR revelou o efeito dos ventos sobre grandes corpos de água que causam a redução das chuvas nessas áreas (Paiva et al., 2011).

As observações de SR foram fundamentais para fornecer as primeiras estimativas de evapotranspiração em larga escala em regiões tropicais, especialmente na Amazônia. Além disso, elas forneceram dados observacionais sem precedentes para a avaliação, calibração e validação de modelos (**Tabela 2**). Além disso, o SR permitiu a caracterização da variabilidade temporal e espacial da *ET* sobre a bacia Amazônica (**Figura 4**) e a compreensão dos fatores ambientais que a determinam, revelando regimes contrastantes entre os mais limitados por energia na parte equatorial da bacia e os regimes mais limitados por disponibilidade hídrica nas áreas ao sul (Maeda et al., 2017). A evapotranspiração média anual da bacia Amazônica é estimada em 1100 a 1500 mm por ano (com base nos modelos globais SSEBOP, MOD16, PML e GLEAM - **Figura 4**, e balanço hídrico em Builes-Jaramillo e Poveda, 2018), com taxas mais altas nas porções norte, como na bacia do rio Negro, diminuindo para as partes sul (Baker et al., 2021; Maeda et al., 2017). Várias abordagens baseadas em SR resultaram em divergências significativas na estimativa da evapotranspiração sobre a bacia (**Figura 4** e **Figura 10**). Por exemplo, as taxas anuais de *ET* baseadas em SR na escala da bacia foram 15-37% mais altas do que as obtidas a partir de balanços hídricos (Baker et al., 2021).

A caracterização de águas superficiais continentais, incluindo sua elevação e extensão, foi possível graças a adaptações de técnicas de satélite não projetadas inicialmente para aplicações de hidrologia ou monitoramento de águas interiores. Um exemplo marcante é o das missões de altimetria espacial, inicialmente projetados para observar o oceano, mas com aplicações promissoras para os grandes rios da Amazônia (Guzkowska et al., 1990) e com potencial para estimar o nível da água superficial de rios e lagos. Desde então, vários bancos de dados de altimetria para o monitoramento global de lagos e rios foram desenvolvidos (**Tabela 3**). A técnica de interferometria diferencial SAR, originalmente desenvolvida na disciplina de geofísica, também foi testada e aplicada pela primeira vez em planícies de inundação da Amazônia central para caracterizar mudanças do nível da água (Alsdorf et al., 2000). As técnicas de altimetria e SAR foram importantes para caracterizar as variações do nível da superfície da água nos rios amazônicos e sua conectividade com as planícies de inundação (Park, 2020). O gradiente da superfície da água do

rio Amazonas varia tanto espacial quanto temporalmente, com valores variando de $1,5 \text{ cm km}^{-1}$ (800–1020 km a montante da foz) a $4,0 \text{ cm km}^{-1}$ (2900–4000 km a montante da foz; Birkett et al., 2002). O pulso de inundação monomodal do rio Amazonas é bem capturado com altimetria por radar (amplitude de ~4-12 m; **Figura 5**). Esse pulso controla as variações da superfície da água nas planícies de inundação da Amazônia central. Durante o processo anual de enchente, as variações nos rios e planícies de inundação adjacentes, obtidas por SAR ou altimetria, são similares (Alsdorf et al., 2007), mas a conectividade é reduzida durante o período de águas baixas (Park, 2020) já que os fluxos são controlados pela topografia local (Alsdorf et al., 2007) e o nível da água superficial em ambos os ambientes nem sempre é equivalente (Alsdorf, 2003).

O primeiro mapeamento por SR em grande escala da extensão de águas superficiais também foi realizado para a bacia Amazônica (Sippel et al., 1994) usando observações de sensores de micro-ondas passivos. A partir de vários sensores, muitas estimativas e bancos de dados foram desenvolvidos em diferentes escalas espaciais e temporais (**Tabela 4**). Eles incluem um mapeamento inovador de alta resolução espacial de áreas úmidas e vegetação inundada usando SAR de banda L (Hess et al., 2003), que forneceu as primeiras estimativas da extensão de inundação na bacia Amazônica, variando entre 285 mil e 635 mil km^2 em períodos de águas baixas (Out-Dez) e altas (Abr-Jun), respectivamente (Hess et al., 2015; **Figura 6**). Existem diferenças significativas entre as várias estimativas de extensão de águas superficiais baseadas em SR sobre a bacia (**Figura 6**), em geral, com menor área máxima inundada encontrada por produtos em escala grosseira em relação aos mapas derivados de SAR. Abordagens seminais com dados de SR foram realizadas para delinear a área de águas superficiais da Amazônia em larga escala e a extensão de florestas inundável, águas abertas e plantas herbáceas, revelando seus complexos padrões sazonais e interanuais influenciados pela variabilidade local e regional (Aires et al., 2017; Hamilton et al., 2004; Hess et al., 2015; Melack e Hess, 2010). Enquanto a largura da planície de inundação do rio Amazonas é semelhante em toda a Amazônia central, a área de floresta inundável diminui de montante para jusante, onde tanto o número quanto o tamanho dos lagos (áreas de água aberta) aumentam (Hess et al., 2015; Mertens et al., 1996).

Em combinação com os dados de campo, o mapeamento da extensão de águas superficiais na bacia Amazônica permitiu estimativas regionais pioneiras de emissões de metano (**Tabela 7**), com uma estimativa de emissões de metano de ~22

Tg C por ano para a planície (Melack et al., 2004). A configuração espacial dos habitats da planície de inundação da Amazônia em relação aos tipos de vegetação está relacionada com os padrões de inundação (**Figura 14**; Ferreira-Ferreira et al., 2015). As plantas aquáticas herbáceas nas planícies de inundação da Amazônia central têm um crescimento relacionado com a variação do nível da água e a extensão de inundação (M. Costa, 2005; Silva et al., 2013). Além disso, o efeito crescente das barragens na bacia Amazônica tem sido avaliado por meio de análises da dinâmica da extensão de cheias (Li et al., 2020; Souza et al., 2019) e dos impactos na mortalidade de árvores (Resende et al., 2019).

A primeira caracterização morfométrica na bacia Amazônica utilizando dados de SR mostrou que 11% da planície de inundação ao longo do rio Amazonas e dos afluentes mais baixos é coberta por lagos (Sippel et al., 1992). A topografia da planície de inundação ao longo do rio Amazonas é complexa, com vários canais e lagos conectados ao rio (Latrubesse, 2012; Mertes et al., 1996). As larguras dos canais da planície de inundação variam muito (10-1000 m), e as profundidades dos canais estão estreitamente ligadas à amplitude local do pulso de inundação do rio Amazonas (8-12 m, Trigg et al., 2012; **Figura 7**). A recente captura de quase todo o fluxo de água do rio Araguari pelo rio Amazonas, a primeira observação conhecida do desenvolvimento de redes de distribuição estuarinas por erosão das cabeceiras, também foi documentada com técnicas de SR (dos Santos et al., 2018). A necessidade de dados topográficos precisos para aplicações hidrológicas foi enfatizada em vários estudos na Amazônia central (Baugh et al., 2013; Wilson et al., 2007; Yamazaki et al., 2012a), nos quais foram feitas melhorias importantes, tais como a remoção da vegetação. Os MDEs globais ainda não representam com precisão a topografia da planície de inundação, mas os dados de extensão de água superficial combinados com o nível da água superficial permitiram o primeiro mapeamento topográfico em áreas sazonalmente inundadas na Amazônia central com uma precisão de 0,89 m (Fassoni-Andrade et al., 2020b). Nessas áreas, 75% das áreas de águas abertas têm uma profundidade inferior a 2 m (8 m) no período de águas baixas (altas) (Fassoni-Andrade et al., 2020b).

O Rio Amazonas exporta o maior suprimento de sedimentos para o oceano do mundo (1,1 bilhão de toneladas por ano); (Armijos et al., 2020; **Figura 14**). Vários estudos precursores e desenvolvimentos de algoritmos usando SR para caracterizar a composição da água de rios e lagos foram conduzidos principalmente na Amazônia (ver **Tabela 5**), tais como as estimativas pioneiras de concentração de sedimentos em

rios (Bayley e Moreira, 1978; Mertens et al., 1993), clorofila em lagos de planícies (Novo et al., 2006) matéria orgânica dissolvida colorida (M. P. da Silva et al., 2019). O padrão espaço-temporal desses componentes está relacionado às variações do pulso de inundação do rio e aos processos de mistura de diferentes fontes. As profundidades rasas durante o período de águas baixas e a grande área de lagos de planície de inundação favorecem as condições de ressuspensão dos sedimentos (Bourgoin et al., 2007; Fassoni-Andrade e Paiva, 2019; **Figura 8**). O mapeamento da clorofila em lagos de planície mostrou maiores concentrações de pigmento durante a baixa estação das águas (Novo et al., 2006). Tendências crescentes na concentração de sedimentos nos rios foram ligadas a mudanças no uso da terra (Martinez et al., 2009; rio Amazonas) e ao impacto da mineração (Lobo et al., 2015, 2016; rio Tapajós). Por outro lado, a construção das barragens de Santo Antônio e Jirau parece ter contribuído para uma redução da concentração de sedimentos no rio Madeira (Latrubesse et al., 2017; Li et al., 2020).

Devido às grandes mudanças espaciais e temporais da água doce armazenada na superfície, zona radicular do solo e aquíferos, a bacia Amazônica é o laboratório ideal para explorar as medições das variações do campo de gravidade da missão do satélite GRACE, as quais causam mudanças no TWS através da redistribuição da massa de água sobre as superfícies continentais (**Figura 9**). As primeiras estimativas provenientes do GRACE de variações de TWS (Tapley et al., 2004) e mudanças no armazenamento de águas subterrâneas (Frappart et al., 2011) foram apresentadas para a bacia Amazônica. A mudança de TWS na Amazônia é estimada em ~1800-2700 km³ por ano (**Figura 14**) com diferentes contribuições do armazenamento de água superficial (~49%), umidade do solo da zona radicular (~27%), e água subterrânea (~24%) (Frappart et al., 2019). O tempo de residência da água armazenada na bacia Amazônica, ou seja, o tempo médio que a água permanece na bacia antes de sair por escoamento ou evapotranspiração foi estimado em dois meses (Tourian et al., 2018). Os dados GRACE ajudaram a monitorar períodos de secas (por exemplo, 2009) e cheias extremas (por exemplo, 2005, 2010; Chen et al., 2009), quantificar o déficit de água durante tais eventos (Frappart et al., 2012), compreender a dinâmica das águas subterrâneas em diferentes escalas e climas, e a interação entre as planícies de inundação e as águas subterrâneas (Miguez-Macho e Fan, 2012).

O SR provou ser um grande complemento às observações *in situ* que têm sido tradicionalmente usadas para calibração, assimilação e validação de modelos hidrológicos e hidrodinâmicos (**Tabela 6 e Figura 11**). No caso da bacia Amazônica,

o desenvolvimento pioneiro ou a aplicação de modelos proporcionou um grande entendimento dos sistemas rio-planície em toda a bacia (Coe et al., 2002; Paiva et al., 2013a; Rudorff et al., 2014b; Sorribas et al., 2020; Trigg et al., 2009; Wilson et al., 2007; Yamazaki et al., 2011), o papel das águas subterrâneas no amortecimento hidrológico e na dinâmica das bacias hidrográficas (Cuartas et al., 2012), e partição do armazenamento total de água (Paiva et al., 2013a; Pokhrel et al., 2013). Enquanto Wilson et al. (2007) desenvolveram um dos primeiros modelos hidráulicos em larga escala, o modelo hidrológico e hidrodinâmico em larga escala de toda a bacia por Paiva et al. (2013a) permitiu a representação de processos físicos como os efeitos do remanso no rio principal e a atenuação do pulso de inundação devido ao armazenamento de água nas planícies de inundação. Essas aplicações em larga escala, que abriram caminho para aplicações de modelos hidrodinâmicos globais, são utilizadas hoje em dia para compreender o risco de inundação desde a escala continental até a escala terrestre (Bates et al., 2021, 2018). As aplicações de modelos bidimensionais em um trecho do rio Amazonas mostraram que a planície de inundação recebe grandes quantidades de água do rio, e pequenos aumentos nos picos das vazões promovem grandes mudanças nesse fluxo (Rudorff et al., 2014a). Recentemente, Sorribas et al. (2020) estimaram, utilizando um modelo inovador de rastreamento hidrológico, os tempos de viagem das águas superficiais ao longo da bacia Amazônica em 45 dias (mediana), com 20% das águas do rio Amazonas fluindo através das planícies de inundação. Além disso, com a integração de dados de SR e modelagem hidrológica, foi possível avaliar as inundações e as secas passadas (Frappart et al., 2012; Wongchuig et al., 2019).

As técnicas de SR também foram importantes para entender como o ciclo hidrológico responde às mudanças ambientais. Mudanças a longo prazo na vazão dos rios poderiam ser atribuídas a mudanças na cobertura da terra por meio de mudanças na evapotranspiração, como mostrado pela primeira vez para o rio Tocantins (Costa et al., 2003). A vazão média anual aumentou 24% entre 1949-1986 e 1979-1998, associada ao aumento do uso do solo para agricultura na bacia (de 30% para 49%). A presença da floresta foi estabelecida como importante para determinar os padrões de precipitação, tanto dentro como fora da região. As raízes profundas, o baixo albedo e as altas taxas de *ET* da floresta tropical levam o início da estação chuvosa a ocorrer várias semanas antes do que seria sem ela, em um mecanismo denominado “bomba de umidade por convecção rasa” (*shallow convection moisture pump*) (Wright et al., 2017). Constatou-se que as mudanças nos fluxos da superfície terrestre motivadas pelo desmatamento causaram reduções nos totais de precipitação, atrasos no início

da estação chuvosa e períodos mais longos de seca durante a estação chuvosa, com consequências negativas para a geração de energia hidrelétrica, a agricultura regional e a resiliência da própria floresta (Arias et al., 2020; Butt et al., 2011; Costa, 2020; Leite-Filho et al., 2020; Spera et al., 2014; Stickler et al., 2013).



132

***Os benefícios das
lições aprendidas
na Amazônia para
entender a hidrologia
de outras grandes
bacias hidrográficas
tropicais***

A bacia Amazônica pode ser vista como um laboratório de SR para fomentar a compreensão do ciclo da água e da hidrologia em geral. Embora estes avanços tenham impulsionado o entendimento científico da hidrologia amazônica, eles também criaram desenvolvimentos, técnicas e análises que contribuíram para um melhor entendimento dos ciclos hidrológicos de outras grandes bacias e em escala global. Sem sermos exaustivos, discutimos aqui alguns estudos-chave que se beneficiaram de tais avanços e como eles contribuíram para o avanço da hidrologia em outras regiões. Em particular, como a segunda maior bacia hidrográfica do mundo, com características ambientais semelhantes às da bacia Amazônica, como extensas planícies de inundação e florestas densas, a Bacia do rio Congo é a nova fronteira da pesquisa hidrológica tropical (Alsdorf et al., 2016), atraindo muita atenção da comunidade científica nos últimos anos e se beneficiando das lições aprendidas com a hidrologia amazônica. A conferência *Hydrologic Research in the Congo Basin in Washington, D.C* (EUA), em 2018, delineou novas oportunidades de pesquisa para a bacia. Esse esforço para reunir as comunidades africanas e internacionais em torno de um objetivo comum de melhor compreensão da resposta da bacia do Congo às mudanças climáticas levou à elaboração de um extenso documento (Alsdorf et al., 2021) que indica a utilidade das metodologias de SR e modelos construídos para a bacia Amazônica.

O primeiro desenvolvimento de conjuntos de dados de altimetria por satélite (capítulo 4) na bacia Amazônica foi transformado em conjuntos de dados globais disponíveis livremente, fornecendo estimativa da elevação da superfície da água de longo prazo em milhares de estações virtuais (Tabela 3), permitindo a caracterização da variabilidade da hidrologia superficial a partir da altimetria na bacia do Congo (Paris et al., 2020), nas águas interiores da Índia (Ghosh et al., 2017) e na bacia do rio Níger (Normandin et al., 2018). A integração da altimetria por satélite e da modelagem hidrológica teve avanços inspiradores na Amazônia, incluindo a validação de modelos e o desenvolvimento de curvas-chave (relação entre nível da água e vazão) para monitoramento quase em tempo real das vazões a partir do espaço (capítulo 10), que foram posteriormente realizadas em outras bacias tropicais como o Congo (Kim et al., 2021, 2019; Paris et al., 2020), Tsimbani (Andriambelison et al., 2020), Níger (Fleischmann et al., 2018), e Ogooué (Bogning et al., 2020).

Estudos baseados em desenvolvimentos iniciais de SR na Amazônia realizaram ainda abordagens hidrológicas comparativas, por exemplo, estudando conjuntamente a dinâmica das planícies de inundação na Amazônia central, no Congo e nas áreas

úmidas de Brahmaputra com SAR (H. C. Jung et al., 2010) e GRACE (Lee et al., 2011), destacando as características únicas de cada um desses sistemas fluviais. A bacia Amazônica, com suas extensas planícies de inundação, contrasta amplamente com a *Cuvette Centrale* do Congo, dominada principalmente por áreas úmidas interfluviais, com menor interação entre o rio e as áreas úmidas (H. C. Jung et al., 2010). Após estudos usando observações de SAR para mapear a extensão de inundações e áreas úmidas e distinguir tipos de vegetação na Amazônia (capítulo 5), a dinâmica de inundações sazonais, variações do nível da água, armazenamento de água e tipos de vegetação sobre a bacia do Congo foram geradas pelo JERS-1 (Rosenqvist e Birkett, 2002), ALOS/PALSAR SAR e dados de altimetria do Envisat (Kim et al., 2017; Lee et al., 2015; Yuan et al., 2015) e GRACE (Yuan et al., 2017).

O desenvolvimento de técnicas de SR com uso de múltiplos satélites em grande escala para monitorar a variabilidade do armazenamento de água superficial, com técnicas e análises iniciais desenvolvidas e avaliadas para a bacia Amazônica (capítulos 5 e 8), foram aplicadas ao rio Orinoco na América do Sul (Frappart et al., 2015), ao estudo de secas no rio Ganges-Brahmaputra (Papa et al., 2015) e à quantificação da contribuição relativa das variações das águas superficiais e subterrâneas nos rios Mekong (Pham-Duc et al., 2019), Chad (Pham-Duc et al., 2020) e Congo (Becker et al., 2018; Yuan et al., 2017).

Dada a relevância global em termos de clima e ecossistemas, e a presença de grandes planícies de inundação e dimensões que estão de acordo com a resolução adotada em modelos de escala grosseira, muitos avanços e desenvolvimentos de modelos hidrológicos foram avaliados pela primeira vez na bacia Amazônica (capítulo 10), levando, mais tarde, ao desenvolvimento de modelos em escala global (Yamazaki et al., 2011; Bates et al., 2018). Exemplos incluem a introdução de esquemas de inundação em escala de bacia que foram posteriormente introduzidos em outras bacias hidrográficas (Andriambelison et al., 2020; Paris et al., 2020), em escala continental (Siqueira et al., 2018) e global (Alkama et al., 2010; Decharme et al., 2012; Yamazaki et al., 2011). Avanços recentes no transporte de sedimentos em larga escala usando observações e modelagem de SR seguiram um caminho semelhante, com trabalhos pioneiros na Amazônia (capítulo 7) sendo seguidos por avanços para toda a América do Sul (Fagundes et al., 2021).



133

Enfrentando *as lacunas de conhecimento atuais* com futuras missões de satélite

Esta revisão mostrou as enormes conquistas feitas durante mais de três décadas de avanço científico na hidrologia e no ciclo hidrológico da bacia Amazônica com a ajuda do SR. Ela também ajuda a identificar as várias lacunas de conhecimento que restam para promover uma

compreensão abrangente da hidrologia amazônica. Aqui, resumimos estas lacunas de conhecimento (Tabela 7 e Tabela 8) e discutimos as oportunidades de pesquisa com as futuras missões de observação da Terra.

Em relação à precipitação baseada em SR, os desafios atuais do algoritmo envolvem a definição de limiares dinâmicos de brilho de temperatura nos sensores infravermelho e o processamento de dados de micro-ondas para evitar confundir o cume dos picos nevados dos Andes com nuvens frias (Dinku et al., 2011; Toté et al., 2015). São necessários melhores algoritmos de detecção de precipitação sólida para uma melhor compreensão dos processos locais nas cabeceiras da bacia Amazônica, na cordilheira dos Andes (Hurley et al., 2015; Levizzani et al., 2011; Peng et al., 2014). As observações *in situ* são fundamentais para a calibração de sensores remotos. Portanto, uma rede estratégica de estações convencionais e radares terrestres em pontos-chave da Amazônia deve necessariamente fazer parte de uma agenda futura. Finalmente, novas tecnologias de baixo custo, como os nanosatélites, provaram ser viáveis, mantendo os requisitos científicos, e devem continuar a ser incentivados em futuras missões (Peral et al., 2019).

Os modelos SR podem estimar razoavelmente as taxas médias de *ET* na bacia Amazônica, mas representar corretamente a sazonalidade de *ET* ainda é um desafio, bem como compreender as diferenças entre os componentes individuais da *ET* como evaporação do solo, transpiração e interceptação vegetal. Mais estudos são necessários para separar os controles de *ET* através da bacia (limitação de água e energia, e fenologia da vegetação), uma vez que múltiplos fatores operam simultaneamente (Maeda et al., 2017). Além disso, uma grande lacuna de conhecimento é a diferença entre *ET* em terras altas e úmidas da Amazônia, e o efeito da evaporação das águas abertas sobre o clima regional. Os modelos atuais baseados em satélite precisam minimizar o uso da parametrização (ou melhor, restringi-la), enquanto a acurácia dos dados de entrada deve ser melhorada. Uma grande limitação dos modelos SEB é sua exigência de condições de céu limpo, que podem ser melhoradas com o uso de dados de micro-ondas (Holmes et al., 2018) e a combinação com outros tipos de modelos de *ET* como aqueles baseados em índices de vegetação. As medições *in situ* são fundamentais para alcançar esse objetivo, mas hoje existem apenas oito torres de fluxo com dados disponíveis publicamente na bacia Amazônica. Para modelos baseados em índices de vegetação (por exemplo, MOD16, GLEAM), também é necessário melhorar o entendimento do controle do déficit hídrico do solo com a *ET* em toda a bacia, dada a alta dependência desses produtos ao teor de umidade do solo.

Algumas missões em andamento e futuras proporcionarão uma nova compreensão da dinâmica da *ET* na bacia Amazônica. O ECOSTRESS aborda a resposta da vegetação ao déficit de água com detalhes sem precedentes, enquanto o VIIRS coleta imagens visíveis e infravermelhas, estendendo a série temporal de seu predecessor MODIS e melhorando suas estimativas. A missão FLEX irá mapear a fluorescência da vegetação, um *proxy* da atividade fotossintética e do estresse e saúde da vegetação. A continuidade das missões Landsat garantirá o desenvolvimento de *ET* a longo prazo em alta escala espacial, enquanto a missão GRACE-FO fornecerá novos dados para abordagens de balanço hídrico para estimar a *ET*. Isso nos permitirá finalmente modelar a *ET* em alta resolução espacial (< 30 metros) e por longos períodos (> 40 anos).

O mapeamento de corpos de água superficiais e ecossistemas aquáticos da Amazônia ainda é um desafio para as atuais observações de SR disponíveis. Apesar do progresso substancial nas últimas décadas, ainda há limitações. Atualmente, há um *trade-off* na bacia Amazônica entre resoluções espaciais e temporais em observações por satélite, geralmente com alta amostragem temporal associada a uma menor resolução espacial e vice-versa. Portanto, é necessária uma resolução espaço-temporal mais fina para monitorar adequadamente a extensão, nível e declividade das águas superficiais e inundação de áreas úmidas. Há também a necessidade de melhorar a acurácia dessas estimativas para compreender mais fenômenos locais, tais como as trocas e dinâmicas entre rio e planícies ou os complexos processos de inundação de extensas áreas interfluviais. Da mesma forma, apenas alguns lagos e reservatórios na Amazônia são monitorados rotineiramente a partir do espaço, usando altimetria. Com a vegetação densa e a cobertura de nuvens, o contexto da bacia Amazônica ainda torna difícil monitorar águas superficiais como florestas permanentes ou sazonalmente inundadas e plantas herbáceas flutuantes.

A futura missão SAR de banda L da NASA/ISRO, com sua combinação de comprimentos de onda de radar e polarizações e passagens orbitais de 12 dias, ajudará a medir com precisão pequenas mudanças de extensão de águas superficiais na bacia Amazônica, incluindo áreas com floresta. Além disso, com sua tecnologia baseada na altimetria do tipo *swath* (bandas largas) do KaRIn, cobertura quase global e observação conjunta da elevação da superfície da água, extensão, largura do rio e declividade, a missão SWOT, a ser lançada no final de 2022, permitirá um monitoramento sem precedentes das águas superficiais da Amazônia e dos rios com resolução de 100 m. A precisão centimétrica do nível da água e declividade (Desai,

2018) ajudará a caracterizar melhor os fluxos de água doce na bacia Amazônica. As atuais missões de altimetria por satélite, especialmente do programa Copernicus, estão marcando a era do monitoramento operacional do espaço em larga escala para as próximas décadas, com claros benefícios para grandes bacias transfronteiriças tropicais, como a bacia Amazônica. Com quase duas mil estações virtuais distribuídas pela bacia, potencialmente centenas mais, disponíveis gratuitamente em vários locais, a altimetria convencional por satélite pode complementar favoravelmente a tradicional e necessária rede *in situ*. Como a principal limitação para o uso mais amplo da altimetria de satélite atual continua sendo sua amostragem temporal relativamente baixa, futuras missões em desenvolvimento, como SMASH (Blumstein et al., 2019), lançado juntamente com a constelação atual, deve ajudar a resolver esse problema. No entanto, mais desenvolvimentos em observações por satélite são necessários para caracterizar completamente a extensão e elevação da superfície das águas da Amazônia. Eles devem combinar, no futuro, os benefícios das medições globais SWOT com uma alta amostragem temporal de constelações do tipo SMASH em uma constelação de satélites do tipo SWOT, fornecendo observações globais e diárias.

Além dos conceitos inovadores envolvidos nestas novas missões de observação da Terra, vale a pena notar que esta disponibilidade sem precedentes de informações sobre a extensão e elevação da superfície da água da Amazônia desafiará as atuais capacidades de análise. Novos desenvolvimentos de ferramentas de análise ou técnicas de fusão com inteligência artificial para combinar várias observações de SR (visível, IV, MW, GNSS-R) serão necessários. Da mesma forma, novas técnicas de fusão com modelagem local para regional e assimilação de dados também devem aumentar drasticamente nossa capacidade de modelar a bacia Amazônica e as variações de seu ciclo hidrológico.

A topografia e batimetria da planície de inundação e do canal fluvial ainda não foram totalmente caracterizadas na bacia Amazônica, apesar dos esforços recentes com estimativas locais e regionais, impedindo um melhor entendimento dos habitats relacionados ao pulso de inundação e limitando a precisão dos modelos hidráulicos. Além disso, a associação entre a concentração de sedimentos nos rios e a migração dos canais ainda é pouco compreendida (Constantine et al., 2014). É necessário o desenvolvimento de novas técnicas e dados de SR para mapeamento topográfico. O principal desafio é a remoção da vegetação, pois muitas bandas e sensores não conseguem penetrar na vegetação. Dados LiDAR e altimétricos, como o ICESat-2

(lançado em 2018), que permitem o mapeamento do terreno abaixo do dossel, ainda têm sido pouco explorados na bacia Amazônica para essa tarefa.

Os dados de interferometria e altimetria foram utilizados na bacia do Congo para estimar a topografia da planície de inundação (Yuan et al., 2019), apesar de não ser capaz de fornecer a topografia em toda a área. Além disso, os satélites NISAR e SWOT abrirão oportunidades com estimativas mais precisas da extensão de água superficial e da distribuição de NA sobre os corpos de água. Assim, novas metodologias para mapeamentos topográficos, tais como o método da linha da água (Salameh et al., 2019) e o Flood2Topo (Fassoni-Andrade et al., 2020a), podem ser aplicados. Entretanto, a observação da batimetria de rios e planícies de inundação a partir do espaço continuará sendo um desafio contínuo, uma vez que ainda faltam soluções adequadas para sua medição direta, mesmo que futuras observações altimétricas pareçam abrir um novo caminho para o futuro.

Os rios de água branca, preta e clara da bacia Amazônica têm características particulares com grandes variações dos COAs (sedimentos, clorofila e CDOM). Apesar do desenvolvimento de muitos algoritmos para estimar esses componentes, poucos têm sido utilizados para de fato responder questões científicas, como Topp et al. (2020) relataram em todo o mundo. Além disso, a caracterização de processos naturais, como a variação espaço-temporal do fitoplâncton em lagos, não foi amplamente explorada. As estimativas de concentração de sedimentos poderiam ser melhor exploradas para avaliar os efeitos de barragens, mineração e mudanças no uso da terra na bacia Amazônica. Por outro lado, ainda existem desafios técnicos para essas estimativas usando dados de SR, como a alta cobertura de nuvens na bacia. O principal desafio é a discretização dos espectros dos COAs, que pode ser parcialmente superado com novos sensores com alta resolução radiométrica e espectral.

O recente lançamento da missão GRACE *Follow-on* oferece uma oportunidade de estender o monitoramento das mudanças de TWS e GWS por mais de duas décadas, nos permitindo analisar o impacto de eventos climáticos plurianuais, como o ENSO, na terra e no armazenamento de águas subterrâneas em todo a bacia Amazônica. As principais desvantagens desses dados continuam sendo suas baixas resoluções espaciais e temporais (200-300 km e 1 mês), que não são suficientes para estudar a dinâmica de eventos hidrológicos mais locais e rápidos. Para superar essas desvantagens, os sensores a bordo da missão GRACE *Follow-on* contêm

versões avançadas dos sensores usados na missão GRACE, permitindo uma melhor precisão, aperfeiçoando a qualidade e a resolução espacial do TWSA estimado. A combinação de novas abordagens metodológicas baseadas em filtro de Kalman deve aumentar a resolução temporal do TWSA para quase diária, sem degradar a resolução espacial (Ramillien et al., 2020, 2015). Com a futura disponibilidade de observações SWOT, estimativas sem precedentes e mais finas de armazenamento de água superficial em grandes áreas irão melhorar a determinação de anomalias GWS. Elas nos permitirão compreender melhor as interações entre a dinâmica das cheias e a recarga de aquíferos na bacia Amazônica. A troca de águas subterrâneas na bacia, que permanece pouco caracterizada com os satélites, também deve se beneficiar da integração dessas novas observações e poderia ser mais bem estimada para melhor restringir o balanço hídrico na superfície. Um conjunto abrangente de observações dedicadas à hidrologia, com a continuidade das missões atuais dos satélites, é obrigatório para melhorar nossa compreensão dos padrões de hidrologia por meio de análises mais precisas do balanço hídrico e para avaliar as tendências de longo prazo.

Dadas as incertezas tanto nos modelos hidrológicos quanto nas estimativas de SR, as técnicas de calibração de modelos e assimilação de dados foram recentemente desenvolvidas incorporando principalmente dados de nível da água (altimetria por satélite) e, em menor grau, TWS da missão GRACE. Outras variáveis a serem melhor assimiladas são a extensão e armazenamento de águas superficiais, a umidade do solo e a evapotranspiração. Enquanto a maioria das aplicações de modelos hidrológicos e hidráulicos tem sido usada para estimar variáveis como *ET*, armazenamento da água do solo, vazão, nível da água e extensão da água superficial, novos estudos devem investigar outras variáveis, como velocidade do de água e armazenamento de águas superficiais. Há também uma falta de convergência entre as partições de armazenamento total de água (por exemplo, estimativas divergentes da fração de água superficial), que deve ser abordada por meio de modelos mais restritivos com dados de satélites e mediante a realização de projetos de intercomparação de modelos. Por outro lado, enquanto as áreas úmidas da Amazônia foram estudadas principalmente para as planícies de inundação da Amazônia central, outros tipos de áreas úmidas existem, como as interfluviais em grandes áreas dos Llanos de Moxos, Pacaya-Samiria, e bacia do rio Negro. Elas merecem mais esforços da comunidade de hidrologia, especialmente considerando sua dinâmica particular de inundação, mais dependente das chuvas locais.

Além disso, a modelagem bidimensional de alta resolução dos campos de velocidade de água em toda a Amazônia e as complexas interações entre rios e planícies de inundação ainda não foram exploradas. As porções mais de jusante da bacia Amazônica permanecem relativamente inexplorada em termos de modelagem hidrodinâmica e de SR, por exemplo, os papéis relativos da forçante hidrológica a montante e a influência oceânica na dinâmica do *continuum* rio-estuário-oceano. Além de uma melhor representação dos processos hidrológicos, ou seja, a dinâmica das águas subterrâneas mal representada nos modelos orientados para hidrologia de superfície, o futuro dos modelos hidrológico-hidrodinâmicos depende da crescente disponibilidade de novas bases de dados de observação da Terra por satélites. Esses dados incluem níveis e vazões derivadas de SWOT, larguras de água de canal, topografia de planície de inundação, umidade do solo (por exemplo, SMOS, SMAP), precipitação (por exemplo, SM2RAIN), gravimetria (GRACE *Follow-On*), e técnicas para estimativa de armazenamento de águas subterrâneas (por exemplo Frappart et al., 2019). Eles promoverão a base para estimativas de modelagem em alta resolução temporal e espacial, visando, em última instância, a fornecer estimativas hidrológicas localmente relevantes em todos os ambientes (Bierkens et al., 2015; Wood et al., 2011).

Embora a maioria dos principais componentes do ciclo da água tenha sido relativamente bem abordada na literatura científica, como mostrado nessa revisão, a umidade do solo destaca-se como o componente com menos confiança nas estimativas. Essa baixa confiabilidade está relacionada à dificuldade de estimar esta variável sob áreas densamente cobertas por vegetação (Prigent et al., 2005). O desempenho relativamente ruim dos atuais conjuntos de dados de umidade do solo (por exemplo, SMAP, AMSR-E e SMOS) nesses ambientes é bem conhecido, mesmo quando os produtos são combinados (Liu et al., 2011) ou mesclados (Aires et al., 2005; Kolassa et al., 2016). A maioria dos estudos sobre umidade do solo foi realizada com modelos hidrológicos e dados *in situ* em algumas áreas de cabeceiras. Além disso, há uma ambiguidade inerente nas observações por micro-ondas passivo entre os solos saturados de água e as águas superficiais. Consequentemente, a grande extensão de água superficial na bacia Amazônica afeta a estimativa da umidade do solo por meio desse tipo de observação. Essa ambiguidade nas observações por satélite levou ao desenvolvimento do *SMOS-based surface water product* (Parrens et al., 2017). Há uma necessidade urgente de melhor monitorar a umidade do solo em diferentes resoluções espaço-temporais na bacia Amazônica, especialmente considerando seu papel principal no controle da dinâmica e fenologia da floresta Amazônica, da *ET*

e do ciclo da água em geral. Essa observação apoia o desenvolvimento do SMOS-HR, a missão com alta resolução espacial que sucederá o satélite SMOS, que está atualmente em estudo de viabilidade pela Agência Espacial Francesa (CNES) e cujo objetivo é assegurar a continuidade das medições da banda L enquanto aumenta a resolução espacial para ~10 km, sem degradar a sensibilidade radiométrica e mantendo inalterado o tempo de revisita de 3 dias.

Da mesma forma, a vazão dos rios, historicamente uma das primeiras variáveis hidrológicas que foram observadas *in situ*, ainda não é medida adequadamente a partir do espaço. Esta revisão enfatiza a necessidade de estimar com precisão a vazão usando o SR na Amazônia com fina resolução espacial e temporal. As vazões dos rios já foram estimadas indiretamente com dados de SR (e.g., Brakenridge et al., 2007; LeFavour e Alsdorf, 2005; Tarpanelli et al., 2013; Zakharova et al., 2006), mas ainda é incapaz de complementar satisfatoriamente a atual rede *in situ* da bacia Amazônica. Futuras missões, como SWOT, em combinação com as atuais missões, em breve nos ajudarão a avançar em direção a um monitoramento mais abrangente das vazões ao longo da bacia Amazônica.

As alterações ambientais na bacia Amazônica, tanto as atuais quanto as futuras, exigem a compreensão da hidrologia da bacia sob a perspectiva de um sistema em mudança. Os efeitos a longo prazo dos múltiplos impactos humanos (mudanças no uso da terra, mudanças climáticas, represas, mineração, queimadas) sobre a Amazônia devem ser mais compreendidos. As mudanças na interação terra-atmosfera devido ao desmatamento afetarão o ciclo da água na Amazônia, mas a magnitude dessa mudança ainda está em debate. Há relativamente pouca compreensão de como elas interagem, especialmente em termos de como o impacto das mudanças no uso da terra no clima local pode ser diferente sob condições meteorológicas em larga escala, que estão mudando com o clima global (por exemplo, Leite-Filho et al., 2020), e como isso afetaria os ecossistemas terrestres e aquáticos da bacia. Além disso, as técnicas para mapear a degradação da floresta e discernir as vegetações primária e secundária ainda são relativamente novas. Os impactos dessas mudanças mais sutis, mas generalizadas no uso da terra, na hidrologia amazônica ainda não são bem compreendidos. Finalmente, embora a influência da Floresta Amazônica sobre o clima e os recursos hídricos fora da Amazônia tenha sido cada vez mais documentada, as consequências de seu desmatamento e degradação fora da bacia ainda não foram compreendidas.

Além disso, a proliferação de barragens em bacias tropicais como a Amazônica, a do Congo e a do Mekong requerem ferramentas de planejamento e análise em escala de bacia para promover benefícios mútuos na compreensão dessas mudanças (por exemplo, Biswas et al., 2021; Latrubesse et al., 2017; Schmitt et al., 2019; Winemiller et al., 2016). Dados de SR se destacam como poderosas ferramentas para monitorar os impactos em larga escala dos reservatórios existentes construídos pelo homem (por exemplo, Resende et al., 2019), e inferir suas características, tais como o nível da água e as relações entre cota-área-volume (Fassoni-Andrade et al., 2020a; Gao et al., 2012; Hoek et al., 2019). Melhores dados e conhecimento desses impactos também são a base para melhores modelos hidrogeomorfológicos, que poderiam quantificar os impactos esperados dos reservatórios planejados e, portanto, ajudar na criação de projetos que minimizassem os impactos ambientais.



134

Como usar os avanços científicos baseados em SR para *promover a gestão eficiente dos recursos hídricos na bacia Amazônica?*

Enquanto a bacia Amazônica tem servido como um importante laboratório natural para o desenvolvimento do SR, produzindo avanços científicos significativos relacionados aos seus processos hidrológicos nas últimas décadas (Tabela 7 e Tabela 8), a Amazônia está atualmente sofrendo intensas pressões antropogênicas (capítulo 12). Isto exige, urgentemente, um melhor planejamento dos recursos hídricos em escala de bacia e novas ferramentas de monitoramento ambiental. O SR tem o potencial de democratizar informações essenciais para os tomadores de decisão, por exemplo, para monitorar regiões desprovidas de dados *in situ*, onde as informações não estão disponíveis publicamente (Gleason e Durand, 2020). Embora o SR seja agora uma realidade e o conhecimento documentado sobre a bacia Amazônica seja muito melhor do que décadas atrás, ainda há um longo caminho a ser percorrido, levando esses avanços em direção a aplicações eficazes para as tomadas de decisão e gestão de recursos hídricos.

O desmatamento e o monitoramento de incêndios podem ser os exemplos mais avançados e promissores no contexto da gestão ambiental da Amazônia. Desde 1988, os sistemas de monitoramento por satélite usando imagens MODIS, Landsat e CBERS como o DETER (Diniz et al., 2015, <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/>), PRODES (<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>), Imazon (<https://imazon.org.br/categorias/boletim-do-desmatamento/>) e Queimadas (<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>) têm apoiado sistematicamente os governos locais e múltiplas organizações no monitoramento e controle do desmatamento e dos incêndios. Os avanços técnicos tornaram possível monitorar o desmatamento em tempo quase real, na escala de dias, semanas ou meses. Entretanto, o fortalecimento institucional e o engajamento da sociedade civil ainda são necessários para promover ações efetivas dentro de estruturas governamentais complexas e fazer a ponte entre tecnologia e política para a redução do desmatamento (Finer et al., 2018).

Os países da Amazônia possuem agências de recursos hídricos, geologia e serviços hidrometeorológicos consolidados como a ANA, os Serviços Nacionais de Meteorologia e Hidrologia do Peru e da Bolívia (SENAMHIs), e o Serviço Geológico Brasileiro (CPRM). Essas instituições têm dedicado esforços à desafiadora tarefa de monitorar sistematicamente o vasto território e os rios da Amazônia, bem como incentivar o livre acesso a dados hidrológicos. Neste sentido, o SR está começando a ser incorporado ao monitoramento operacional (por exemplo, SIPAM <http://hidro.sipam.gov.br/>, Hidrosat, Carvalho et al., 2015; simulações de inundações quase em

tempo real em escala subdiária, Llauca et al., 2021). Em particular, a precipitação tem sido amplamente monitorada por meio do uso de dados de SR por várias agências meteorológicas, enquanto outras variáveis do ciclo da água têm recebido menos atenção. Essas organizações têm desenvolvido relatórios técnicos sobre a situação nacional e planejamento de recursos hídricos, incluindo a bacia Amazônica (por exemplo, Relatório da Situação dos Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas, 2019a; Plano Nacional de Segurança da Água, Agência Nacional de Águas, 2019b; previsões de fluxo em nível nacional e em escala horária e diária pelo SENAMHI Peru, disponível em: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-caudales>). Atualmente, estas instituições são apoiadas principalmente pelas redes hidrometeorológicas nacionais que ainda são escassas e poderiam ser muito melhoradas com os dados e conhecimentos produzidos pelo SR. Alguns destes países também possuem leis e regulamentações avançadas sobre recursos hídricos, como a Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil, criada pela Lei 9433/1997 (Brasil, 1997), mas a maioria dos esforços no desenvolvimento e implementação de tal regulamentação é dedicada a bacias hidrográficas em regiões mais densamente povoadas e não no contexto da complexidade da maior bacia hidrográfica do mundo, com seu contexto internacional e transfronteiriço. Além disso, ainda que a bacia Amazônica esteja no epicentro da discussão científica internacional, parece não ser o foco principal dos desenvolvimentos técnicos e científicos no campo dos recursos hídricos nos países amazônicos, como revela a recente síntese dos avanços da comunidade hidrológica brasileira (Paiva, 2020).

A maioria dos estudos sobre inundações na Amazônia tem visado compreender os serviços ecossistêmicos e o sistema natural (capítulos 5 e 10). Ainda assim, muitos centros urbanos amazônicos estão sob risco de inundação (por exemplo, rio Amazonas em Iquitos, rio Madeira em Porto Velho, rio Acre em Rio Branco, rio Juruá em Cruzeiro do Sul), e sofrem anualmente com o transbordamento de rios (Fleischmann et al., 2020). Enquanto esse documento estava sendo redigido, o estado brasileiro do Acre estava se recuperando de uma crise humanitária causada pelas inundações no rio Acre em Rio Branco, no rio Juruá em Cruzeiro do Sul, e no rio Negro em Manaus, reforçada pela pandemia da COVID-19. Assim, as diversas ferramentas de monitoramento de inundação desenvolvidas poderiam ser traduzidas em um mapeamento eficaz de risco de inundação e monitoramento em tempo real para o gerenciamento de desastres. Iniciativas internacionais como o *Copernicus Emergency Management Service* (<https://emergency.copernicus.eu/>) e a iniciativa *International Charter "Space and Major Disasters"* (<https://disasterscharter.org/>) têm o

potencial de fornecer importantes dados de observação da Terra por satélite para o gerenciamento de desastres em tempo real. Além disso, o caráter transfronteiriço de muitas sub-bacias amazônicas (por exemplo, o rio Madeira, com inundações em Porto Velho no Brasil sendo parcialmente geradas em trechos a montante da Bolívia), faz dos dados de observação da Terra por satélite uma ferramenta fundamental para preencher a disparidade na disponibilidade de dados entre os países. Por outro lado, em muitas áreas da Amazônia, as secas têm um impacto social maior do que as inundações, dada a interrupção do fornecimento de mercadorias e do transporte em geral através dos rios durante períodos extremamente secos (Zeng et al., 2008). Esforços técnicos recentes incluem a avaliação de previsões hidrológicas a partir de modelos hidrológicos de base física apoiados pelo SR, desenvolvimento de previsões estatísticas específicas e sistemas de monitoramento em tempo real (por exemplo, sistema SACE/CPRM de <http://www.cprm.gov.br/sace/>; sistemas disponíveis para o Madeira, Acre, Xingu, Branco e alguns trechos do rio Amazonas), protótipos de sistemas de monitoramento baseados em modelos hidrológicos (por exemplo, *South America River Discharge Monitor - SARDIM* <https://sardim.herokuapp.com/>; Reis et al., 2020), sistemas globais de previsão de inundações (por exemplo, GLOFAS, Alfieri et al., 2013) e esforços de monitoramento e alertas de perigos naturais por centros como o CEMADEN (Centro Nacional de Alerta e Monitoramento de Desastres Naturais) do Brasil. Sistemas de monitoramento de secas baseados em observações *in situ* e SR, com apoio da comunidade local (por exemplo, ANA Monitor de Secas <http://monitordesecas.ana.gov.br/>), estão evoluindo, mas ainda não há sistemas operacionais de previsão hidrológica na bacia Amazônica, em escala nacional ou continental (Fan et al., 2016).

Os impactos das atividades humanas podem se propagar através dos rios amazônicos ao longo dos múltiplos países que compõem a bacia, uma vez que o desenvolvimento contínuo de projetos hidrelétricos e a expansão agrícola alteram as dinâmicas hidrológica, sedimentar e ecossistêmica (Anderson de Castro et al., 2018; Forsberg et al., 2017). Pesquisas recentes exploraram o planejamento integrado em busca de melhores soluções para a expansão da energia hidrelétrica (Almeida et al., 2020; Winemiller et al., 2016), enquanto organizações como a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) visam a promover o desenvolvimento sustentável na bacia Amazônica com a participação de todos os países amazônicos. Entretanto, as políticas e regulamentações atuais em escala nacional não promovem um planejamento de recursos hídricos totalmente integrado, uma vez que novos projetos são geralmente avaliados individualmente. O uso do SR pode incentivar a

busca a um entendimento comum e transparente das questões relacionadas à água na Amazônia.

A comunidade científica de SR tem agora o desafio de promover o conhecimento, os conjuntos de dados e aplicações sobre mudanças hídricas e ambientais, visando a uma melhor gestão e planejamento dos recursos hídricos. Os caminhos em potencial incluem: (i) treinamento de tomadores de decisão e múltiplos interessados na linguagem de SR (por exemplo, Programa de Treinamento de Sensoriamento Remoto Aplicado - ARSET <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset/>); (ii) incentivo ao engajamento local, fazendo a ponte entre a ciência baseada em SR e o conhecimento in situ e tradicional (Runde et al., 2020); (iii) iniciativas de divulgação científica e ciência cidadã (Buytaert et al., 2014; por exemplo www.amazoniacienciaciudadana.org/, <https://conexoesamazonicas.org/>, <https://ipam.org.br/biblioteca/?biblioteca=artigos-cientificos>, <https://amazon.org.br/categorias/outros/>, <https://infoamazonia.org/>) (iv) desenvolvimento de conjuntos de dados de acesso aberto com foco em aplicações específicas (por exemplo, conservação de ecossistemas aquáticos, Venticinque et al., 2016); (v) desenvolvimento de sistemas de monitoramento com foco em mudanças ambientais e desastres relacionados à água; (vi) desenvolvimento de repositórios hidrológicos de livre acesso (por exemplo, HYBAM, <https://hybam.obs-mip.fr/>, SERVIR-Amazônia, <https://servir.ciat.cgiar.org/>); (vii) desenvolvimento de uma agenda de pesquisa em escala de bacia com foco no apoio direto às tomadas de decisão sobre recursos hídricos (por exemplo, cenários de expansão hidrelétrica; Almeida et al., 2020).



135 **Recomendações**

Com base nas lacunas de conhecimento e nas perspectivas apresentadas nas seções anteriores, apresentamos as seguintes recomendações para futuros estudos sobre a hidrologia da Amazônia a partir do espaço.

Recomendação 1:

Observações

As limitações atuais de dados de satélite para a bacia Amazônica estão frequentemente relacionadas à resolução espaço-temporal (por exemplo, para variáveis como nível e declividade da água, extensão de água superficial, *ET*), ao intervalo de tempo (por exemplo, extensão de águas superficiais, *TWS*, *GWS*, *ET*, topografia), e à acurácia (por exemplo, extensão de águas superficiais, *GWSA*). As maiores limitações no monitoramento da hidrologia da Amazônia a partir do espaço referem-se à umidade do solo e à vazão de rios, que têm sido pouco abordadas devido à interferência da vegetação nos sensores ou pela natureza da variável, respectivamente, o que dificulta suas estimativas com *SR*. Da mesma forma, a batimetria de canais de rios e planícies de inundação fornece grandes desafios, que podem ser resolvidos com a assimilação de dados de altimetria em modelos matemáticos. A crescente disponibilidade de bases de dados de *SR* de longo prazo deve ser assegurada pelas agências espaciais nacionais e agências de água, em complemento às redes de monitoramento *in situ* existentes, que são fundamentais também para calibrar e validar corretamente as estimativas de *SR*. O tempo de latência da distribuição de dados de *SR* (por exemplo, precipitação e nível da água) deveria ser reduzido para algumas horas para ser usado pelo gerenciamento de desastres em tempo real. Garantir que as observações por satélite sejam arquivadas em bases de dados climáticos pode promover a compreensão dos impactos das mudanças climáticas e das atividades humanas na bacia.



Recomendação 2:

Modelos, algoritmos e integração

As limitações técnicas estão relacionadas ao desenvolvimento de algoritmos (por exemplo, para estimativa de chuvas orográficas, CDOM e clorofila, fechamento de balanço hídrico, modelos hidrodinâmicos) e fusão de dados (por exemplo, *ET*, nível e extensão de águas superficiais). O reconhecimento de incertezas em múltiplos dados de SR e o custo-benefício entre resolução temporal e espacial apontam para a necessidade de abordagens mais integrativas, por exemplo, para mapear padrões de inundação e evapotranspiração de longo prazo em altas resoluções espaço-temporais - a inteligência artificial desempenhará um papel importante nisso. O melhor acoplamento das bases de dados de observações da Terra com modelos hidrológico-hidráulicos e modelos de superfície terrestre (por exemplo, assimilação de dados, interpolação espaço-temporal) também é um passo necessário na modelagem do Sistema Terrestre, considerando o aspecto dinâmico da hidrologia amazônica.



Recomendação 3:

Caracterização de processos hidrológicos em uma Amazônia sob mudança

O desenvolvimento de bases de dados de longo prazo tem sido fundamental para compreender os processos hidrológicos da Amazônia no decorrer de várias décadas. Enquanto os dados de SR atualmente se concentram em um conjunto de poucas variáveis hidrológicas, existem muitas outras que requerem mais atenção da comunidade de hidrologia, como vazão de rios e velocidade da água, armazenamento de águas superficiais e subterrâneas, umidade do solo, CDOM e Clorofila-a. A maioria dos estudos na bacia Amazônica também se concentra em algumas áreas (por exemplo, os ambientes de várzea das planícies de inundação da Amazônia central), e muitos outros sistemas complexos fluviais, de áreas úmidas e mesmo de igarapés e pequenos rios, especialmente na região andina, também requerem atenção. As futuras observações por satélite trarão novas oportunidades para a bacia Amazônica com relação à caracterização dos processos naturais, incluindo fitoplâncton nas águas, topografia das planícies de inundação, ecossistemas aquáticos, dinâmica das águas subterrâneas e o monitoramento das mudanças ambientais antropogênicas.

Recomendação 4:

Utilizando SR para promover o desenvolvimento sustentável da bacia Amazônica

A bacia Amazônica abriga uma biodiversidade incrivelmente grande e ainda pouco conhecida, que fornece serviços ecossistêmicos fundamentais para o globo e alguns dos sistemas fluviais e de áreas úmidas mais complexos e intrigantes do mundo. Enquanto as observações da Terra por satélite proporcionaram avanços científicos revolucionários para a compreensão do ciclo da água da Amazônia nas últimas décadas, os próximos anos com as novas missões orientadas à hidrologia proporcionarão um novo marco no monitoramento das águas da Amazônia a partir do espaço. O conhecimento avançado do SR deve ser traduzido em informações e indicadores valiosos para apoiar a governança ambiental e a ciência sustentável na bacia Amazônica. O SR tem o potencial de democratizar informações essenciais para os tomadores de decisão, caminhando para um futuro mais sustentável para a maior bacia do mundo.





Referências

Abe, C.A., Lobo, F.L., Novo, E.M.L. de M., Costa, M., Dibike, Y., 2019. Modeling the effects of land cover change on sediment concentrations in a gold-mined Amazonian basin. *Reg. Environ. Chang.* 19, 1801–1813. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01513-8>

Abril, G., Martinez, J.M., Artigas, L.F., Moreira-Turcq, P., Benedetti, M.F., Vidal, L., Meziane, T., Kim, J.H., Bernardes, M.C., Savoye, N., Deborde, J., Souza, E.L., Albéric, P., Landim De Souza, M.F., Roland, F., 2014. Amazon River carbon dioxide outgassing fuelled by wetlands. *Nature* 505, 395–398. <https://doi.org/10.1038/nature12797>

Acetuno, P., 1988. On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. *Mon. Weather Rev.* 116, 505–524. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1988\)116<0505:OTFOTS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1988)116<0505:OTFOTS>2.0.CO;2)

Adderio, L.P.D., Puca, S., Vulpiani, G., Petracca, M., San, P., Dietrich, S., 2020. RAINBOW : An Operational Oriented Combined IR-Algorithm 1–21.

Adler, R.F., Huffman, G.J., Keehn, P.R., 1994. Global tropical rain estimates from microwave-adjusted geosynchronous IR data. *Remote Sens. Rev.* <https://doi.org/10.1080/02757259409532262>

Ahmed, J., Constantine, J.A., Dunne, T., 2019. The role of sediment supply in the adjustment of channel sinuosity across the Amazon Basin. *Geology* 47, 807–810. <https://doi.org/10.1130/G46319.1>

Aires, F., 2014. Combining Datasets of Satellite-Retrieved Products. Part I: Methodology and Water Budget Closure. *J. Hydrometeorol.* 15, 1677–1691. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-0148.1>

Aires, F., Miolane, L., Prigent, C., Pham, B., Fluet-Chouinard, E., Lehner, B., Papa, F., 2017. A global dynamic long-term inundation extent dataset at high spatial resolution derived through downscaling of satellite observations. *J. Hydrometeorol.* 18, 1305–1325. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0155.1>

Aires, F., Papa, F., Prigent, C., 2013. A long-term, high-resolution wetland dataset over the amazon basin, downscaled from a multiwavelength retrieval using SAR data. *J. Hydrometeorol.* 14, 594–607. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-093.1>

Aires, F., Prigent, C., Fluet-Chouinard, E., Yamazaki, D., Papa, F., Lehner, B., 2018. Comparison of visible and multi-satellite global inundation datasets at high-spatial resolution. *Remote Sens. Environ.* 216, 427–441. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.015>

Aires, F., Prigent, C., Rossow, W.B., 2005. Sensitivity of satellite microwave and infrared observations to soil moisture at a global scale: 2. Global statistical relationships. *J. Geophys. Res. Atmos.* 110. <https://doi.org/10.1029/2004JD005094>

Alcântara, E., Barbosa, C., Stech, J., Novo, E., Shimabukuro, Y., 2009. Improving the spectral unmixing algorithm to map water turbidity Distributions. *Environ. Model. Softw.* 24, 1051–1061. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.02.013>

Alfieri, L., Burek, P., Dutra, E., Krzeminski, B., Muraro, D., Thielen, J., Pappenberger, F., 2013. GloFAS - global ensemble streamflow forecasting and flood early warning. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 1161–1175. <https://doi.org/10.5194/hess-17-1161-2013>

Alkama, R., Decharme, B., Douville, H., Becker, M., Cazenave, A., Sheffield, J., Voldoire, A., Tyteca, S., Le Moigne, P., 2010. Global evaluation of the ISBA-TRIP continental hydrological system. Part I: Comparison to GRACE terrestrial water storage estimates and in situ river discharges. *J. Hydrometeorol.* <https://doi.org/10.1175/2010JHM1211.1>

Allen, G.H., Pavelsky, T., 2018. Global extent of rivers and streams. *Science (80-.)*. 361, 585–588. <https://doi.org/10.1126/science.aat063>

Allen, R.G., Irmak, A., Trezza, R., Hendrickx, J.M.H., Bastiaanssen, W., Kjaersgaard, J., 2011. Satellite-based ET estimation in agriculture using SEBAL and METRIC. *Hydrol. Process.* 25, 4011–4027. <https://doi.org/10.1002/hyp.8408>

Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., 2007. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)—Model. *J. Irrig. Drain. Eng.* 133, 380–394. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(2007\)133:4\(380\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(2007)133:4(380))

Almeida, R.M., Hamilton, S.K., Rosi, E.J., Barros, N., Doria, C.R.C., Flecker, A.S., Fleischmann, A.S., Reisinger, A.J., Roland, F., 2020. Hydropeaking Operations of Two Run-of-River Mega-Dams Alter Downstream Hydrology of the Largest Amazon Tributary. *Front. Environ. Sci.* 8, 120. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00120>

Almeida, R.M., Tranvik, L., Huszar, V.L.M., Sobek, S., Mendonça, R., Barros, N., Boemer, G., Arantes, J.D., Roland, F., 2015. Phosphorus transport by the largest Amazon tributary (Madeira River, Brazil)

and its sensitivity to precipitation and damming. *Inl. Waters* 5, 275–282. <https://doi.org/10.5268/IW-5.3.815>

Alsdorf, D., 2003. Water Storage of the Central Amazon Floodplain Measured with GIS and Remote Sensing Imagery. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 93, 55–66. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93105>

Alsdorf, D., Bates, P., Melack, J., Wilson, M., Dunne, T., 2007. Spatial and temporal complexity of the Amazon flood measured from space. *Geophys. Res. Lett.* 34, 1–5. <https://doi.org/10.1029/2007GL029447>
Alsdorf, D., Beighley, E., Laraque, A., Lee, H., Tshimanga, R., O'Loughlin, F., Mahé, G., Dinga, B., Moukandi, G., Spencer, R.G.M., 2016. Opportunities for hydrologic research in the Congo Basin. *Rev. Geophys.* 54, 378–409. <https://doi.org/10.1002/2016RG000517>

Alsdorf, D., Birkett, C., Dunne, T., Melack, J., Hess, L., 2001a. Water level changes in a large Amazon lake measured with spaceborne radar interferometry and altimetry. *Geophys. Res. Lett.* 28, 2671–2674. <https://doi.org/10.1029/2001GL012962>

Alsdorf, D., Dunne, T., Melack, J., Smith, L., Hess, L., 2005. Diffusion modeling of recessional flow on central Amazonian floodplains. *Geophys. Res. Lett.* 32, 1–4. <https://doi.org/10.1029/2005GL024412>

Alsdorf, D., Han, S.C., Bates, P., Melack, J., 2010. Seasonal water storage on the Amazon floodplain measured from satellites. *Remote Sens. Environ.* 114, 2448–2456. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.05.020>

Alsdorf, D., Melack, J.M., Dunne, T., Mertes, L.A.K., Hess, L.L., Smith, L.C., 2000. Interferometric radar measurements of water level changes on the Amazon flood plain. *Nature* 404, 174–177. <https://doi.org/10.1038/35004560>

Alsdorf, D., Smith, L.C., Melack, J.M., 2001b. Amazon floodplain water level changes measured with interferometric SIR-C radar. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 39, 423–431. <https://doi.org/10.1109/36.905250>

Alsdorf, D., Tshimanga, R.M., Moukandi, G.D. (Eds.), 2021. *Congo Basin Hydrology, Climate, and Biogeochemistry: A Foundation for the Future*. Wiley-AGU.

Amaral, J.H.F., Melack, J.M., Barbosa, P.M., MacIntyre, S., Kasper, D., Cortés, A., Silva, T.S.F., Nunes de Sousa, R., Forsberg, B.R., 2020. Carbon Dioxide Fluxes to the Atmosphere From Waters Within Flooded Forests in the Amazon Basin. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 125. <https://doi.org/10.1029/2019JG005293>

Anderson, A.B., May, P.H., Balick, M.J., 1991. The subsidy from nature: palm forests, peasantry, and development on an Amazon frontier, in: *The subsidy from nature: palm forests, peasantry, and development on an Amazon frontier*. Columbia University Press. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90157-7](https://doi.org/10.1016/0169-5347(92)90157-7)

Anderson de Castro, A., Cuartas, L.A., Coe, M.T., Von Randow, C., Castanho, A., Ovando, A., Nobre, A.D., Koumrouyan, A., Sampaio, G., Costa, M.H., 2018. Coupling the terrestrial hydrology model with biogeochemistry to the integrated LAND surface model: Amazon Basin applications. *Hydrol. Sci. J.* 63, 1954–1966. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1538592>

Anderson, M.C., Norman, J.M., Diak, G.R., Kustas, W.P., Mecikalski, J.R., 1997. A two-source time-integrated model for estimating surface fluxes using thermal infrared remote sensing. *Remote Sens.*

Environ. 60, 195–216. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00215-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00215-5)

Andriambelason, J.A., Paris, A., Calmant, S., Rakotondraompiana, S., 2020. Re-initiating depth-discharge monitoring in small-sized ungauged watersheds by combining remote sensing and hydrological modelling: a case study in Madagascar. *Hydrol. Sci. J.* 65, 2709–2728. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1833013>

Angelis, C.F., McGregor, G.R., Kidd, C., 2004. Diurnal cycle of rainfall over the Brazilian Amazon. *Clim. Res.* 26, 139–149. <https://doi.org/10.3354/cr026139>

Aragão, L.E.O., Malhi, Y., Barbier, N., Lima, A., Shimabukuro, Y., Anderson, L., Saatchi, S., 2008. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. p. 1779–1785. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0026>

Arantes, C.C., Winemiller, K.O., Petreire, M., Castello, L., Hess, L.L., Freitas, C.E.C., 2018. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. *J. Appl. Ecol.* 55, 386–395. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12967>

Arias, M.E., Farinosi, F., Lee, E., Livino, A., Briscoe, J., Moorcroft, P.R., 2020. Impacts of climate change and deforestation on hydropower planning in the Brazilian Amazon. *Nat. Sustain.* 3, 430–436. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0492-y>

Arias, M.E., Lee, E., Farinosi, F., Pereira, F.F., Moorcroft, P.R., 2018. Decoupling the effects of deforestation and climate variability in the Tapajós river basin in the Brazilian Amazon. *Hydrol. Process.* 32, 1648–1663. <https://doi.org/10.1002/hyp.11517>

Arias, P.A., Fu, R., Vera, C., Rojas, M., 2015. A correlated shortening of the North and South American monsoon seasons in the past few decades. *Clim. Dyn.* 45, 3183–3203. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2533-1>

Arias, P.A., Garreaud, R., Poveda, G., Espinoza, J.C., Molina-Carpio, J., Masiokas, M., Viale, M., Scaff, L., van Oevelen, P.J., 2021. Hydroclimate of the Andes Part II: Hydroclimate Variability and Sub-Continental Patterns. *Front. Earth Sci.* 8, 666. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.505467>

Armijos, E., Crave, A., Espinoza, J.C., Filizola, N., Espinoza-Villar, R., Ayes, I., Fonseca, P., Fraizy, P., Gutierrez, O., Vauchel, P., Camenen, B., Martinez, J.M., Dos Santos, A., Santini, W., Cochonneau, G., Guyot, J.L., 2020. Rainfall control on amazon sediment flux: Synthesis from 20 years of monitoring. *Environ. Res. Commun.* 2, 051008. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab9003>

Arnesen, A.S., Silva, T.S.F.F., Hess, L.L., Novo, E.M.L.M.L.M., Rudorff, C.M., Chapman, B.D., McDonald, K.C., 2013. Monitoring flood extent in the lower Amazon River floodplain using ALOS/PALSAR ScanSAR images. *Remote Sens. Environ.* 130, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.035>

Arvor, D., Funatsu, B.M., Michot, V., Dubreui, V., 2017. Monitoring rainfall patterns in the southern amazon with PERSIANN-CDR data: Long-term characteristics and trends. *Remote Sens.* 9. <https://doi.org/10.3390/rs9090889>

Ashouri, H., Hsu, K.L., Sorooshian, S., Braithwaite, D.K., Knapp, K.R., Cecil, L.D., Nelson, B.R., Prat,

O.P., 2015. PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 96, 69–83. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00068.1>

Asner, G.P., 2001. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. *Int. J. Remote Sens.* 22, 3855–3862. <https://doi.org/10.1080/01431160010006926>

Avila-Diaz, A., Benezoli, V., Justino, F., Torres, R., Wilson, A., 2020. Assessing current and future trends of climate extremes across Brazil based on reanalyses and earth system model projections. *Clim. Dyn.* <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05333-z>

Azarderakhsh, M., Rossow, W.B., Papa, F., Norouzi, H., Khanbilvardi, R., 2011. Diagnosing water variations within the Amazon basin using satellite data. *J. Geophys. Res.* 116, n/a–n/a. <https://doi.org/10.1029/2011JD015997>

Baguis, P., Roulin, E., 2017. Soil moisture data assimilation in a hydrological model: A case study in Belgium using large-scale satellite data. *Remote Sens.* 9, 1–26. <https://doi.org/10.3390/rs9080820>

Baker, J., Garcia-Carreras, L., Gloor, M., Marsham, J.H., Buermann, W., da Rocha, H.R., Nobre, A.D., de Araujo, A.C., Spracklen, D. V., 2021. Evapotranspiration in the Amazon: spatial patterns, seasonality, and recent trends in observations, reanalysis, and climate models. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 25, 2279–2300. <https://doi.org/10.5194/hess-25-2279-2021>

Baker, J., Spracklen, D. V., 2019. Climate Benefits of Intact Amazon Forests and the Biophysical Consequences of Disturbance. *Front. For. Glob. Chang.* 2, 1–13. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00047>

Balsamo, G., Albergel, C., Beljaars, A., Boussetta, S., Brun, E., Cloke, H., Dec, D., Dutra, E., Muñoz-Sabater, J., Pappenberger, F., De Rosnay, P., Stockdale, T., Vitart, F., 2015. ERA-Interim/Land: A global land surface reanalysis data set. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19, 389–407. <https://doi.org/10.5194/hess-19-389-2015>

Barahona, D., Molod, A., Kalesse, H., 2017. Direct estimation of the global distribution of vertical velocity within cirrus clouds. *Sci. Rep.* 7, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07038-6>

Barbosa, C.C.F., 2005. Sensoriamento Remoto da dinâmica da circulação da água do sistema planície de Curuai/Rio Amazonas. *Dissertação* 255.

Barbosa, C.C.F., de Moraes Novo, E.M.L., Melack, J.M., Gastil-Buhl, M., Filho, W.P., 2009. Geospatial analysis of spatiotemporal patterns of pH, total suspended sediment and chlorophyll-a on the Amazon floodplain. *Limnology* 11, 155–166. <https://doi.org/10.1007/s10201-009-0305-5>

Barbosa, C.C.F., Novo, E., Ferreira, R., Carvalho, L., Cairo, C., Lopes, F., Stech, J., Alcantara, E., 2015. Brazilian inland water bio-optical dataset to support carbon budget studies in reservoirs as well as anthropogenic impacts in Amazon floodplain lakes: Preliminary results. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.* 40, 1439–1446. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-1439-2015>

Barbosa, C.C.F., Novo, E.M.L. de M., Melack, J.M., Freitas, R.M. de, Pereira, W., 2006. A methodology for analysis of volume and flooded area dynamics: Lago Grande de Curuai várzea as an example. *Rev. Bras. Cartogr.* 58, 201–210.

Barbosa, P.M., Melack, J.M., Amaral, J.H.F., MacIntyre, S., Kasper, D., Cortés, A., Farjalla, V.F., Forsberg, B.R., 2020. Dissolved methane concentrations and fluxes to the atmosphere from a tropical floodplain lake. *Biogeochemistry* 148, 129–151. <https://doi.org/10.1007/s10533-020-00650-1>

Barichivich, J., Gloor, E., Peylin, P., Brienen, R.J.W., Schöngart, J., Espinoza, J.C., Pattayak, K.C., 2018. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Sci. Adv.* 4. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat8785>

Bastiaanssen, W.G.M., 1995. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: a remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates. Dr. thesis, Wageningen Agric. Univ. Wageningen Netherlands.

Bates, P.D., Neal, J., Sampson, C., Smith, A., Trigg, M., 2018. Chapter 9 - Progress Toward Hyperresolution Models of Global Flood Hazard, in: Michel, G.B.T.-R.M. for H. and D. (Org.), . Elsevier, p. 211–232. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804071-3.00009-4>

Bates, P.D., Quinn, N., Sampson, C., Smith, A., Wing, O., Sosa, J., Savage, J., Olcese, G., Neal, J., Schumann, G., Giustarini, L., Coxon, G., Porter, J.R., Amodeo, M.F., Chu, Z., Lewis-Gruss, S., Freeman, N.B., Houser, T., Delgado, M., Hamidi, A., Bolliger, I., E. McCusker, K., Emanuel, K., Ferreira, C.M., Khalid, A., Haigh, I.D., Couasnon, A., E. Kopp, R., Hsiang, S., Krajewski, W.F., 2021. Combined Modeling of US Fluvial, Pluvial, and Coastal Flood Hazard Under Current and Future Climates. *Water Resour. Res.* 57, e2020WR028673. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2020WR028673>

Baugh, C.A., Bates, P.D., Schumann, G., Trigg, M.A., 2013. SRTM vegetation removal and hydrodynamic modeling accuracy. *Water Resour. Res.* 49, 5276–5289. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20412>

Bailey, P.B., Moreira, J.C., 1978. Preliminary interpretations of aquatic resources in the central Amazon Basin using Landsat multispectral imagery, in: Parada, N. de J. (Org.), Anais... Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, p. 854–865.

Beck, H.E., Pan, M., Roy, T., Weedon, G.P., Pappenberger, F., van Dijk, A.I.J.M., Huffman, G.J., Adler, R.F., Wood, E.F., 2018. Daily evaluation of 26 precipitation datasets using Stage-IV gauge-radar data for the CONUS. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 1–23. <https://doi.org/10.5194/hess-2018-481>

Beck, H.E., Van Dijk, A.I.J.M., Levizzani, V., Schellekens, J., Miralles, D.G., Martens, B., De Roo, A., 2017a. MSWEP: 3-hourly 0.25° global gridded precipitation (1979–2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 589–615. <https://doi.org/10.5194/hess-21-589-2017>

Beck, H.E., Vergopolan, N., Pan, M., Levizzani, V., van Dijk, A.I.J.M., Weedon, G.P., Brocca, L., Pappenberger, F., Huffman, G.J., Wood, E.F., 2017b. Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 6201–6217. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6201-2017>

Beck, H.E., Wood, E.F., Pan, M., Fisher, C.K., Miralles, D.G., Van Dijk, A.I.J.M., McVicar, T.R., Adler, R.F., 2019. MSWep v2 Global 3-hourly 0.1° precipitation: Methodology and quantitative assessment. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 100, 473–500. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0138.1>

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., Ziese, M., 2013. A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present. *Earth Syst.*

Sci. Data 5, 71–99. <https://doi.org/10.5194/essd-5-71-2013>

Becker, M., Papa, F., Frappart, F., Alsdorf, D., Calmant, S., da Silva, J.S., Prigent, C., Seyler, F., 2018. Satellite-based estimates of surface water dynamics in the Congo River Basin. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 66, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.11.015>

Behnamian, A., Banks, S., White, L., Brisco, B., Milard, K., Pasher, J., Chen, Z., Duffe, J., Bourgeau-Chavez, L., Battaglia, M., 2017. Semi-automated surfacewater detection with synthetic aperture radar data: A wetland case study. *Remote Sens.* 9, 1209. <https://doi.org/10.3390/rs9121209>

Bleighley, R.E., Eggert, K.G., Dunne, T., He, Y., Gummadi, V., Verdin, K.L., 2009. Simulating hydrologic and hydraulic processes throughout the Amazon River Basin. *Hydrol. Process.* 23, 1221–1235. <https://doi.org/10.1002/hyp>

Belger, L., Forsberg, B.R., Melack, J.M., 2011. Carbon dioxide and methane emissions from interfluvial wetlands in the upper Negro River basin, Brazil. *Biogeochemistry* 105, 171–183. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9536-0>

Bercher, N., Dinardo, S., Lucas, B., Fleury, S., Calmant, S., Femenias, P., Boy, F., Picot, N., Benveniste, J., 2013. A review of Cryosat-2/SIRAL applications for the monitoring of river water levels. *ESA Living Planet Symp.* 1, 1–30.

Bernini, H., Borges, H.D., Martinez, J., 2019. Quasi-Analytical Algorithm Calibration for Retrieval of Inherent Optical Properties from Extremely Turbid Waters: The Case of Madeira River Basin, in: *IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. p. 6150–6153. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2019.8897766>

Berry, P.A.M., Garlick, J.D., Freeman, J.A., Mathers, E.L., 2005. Global inland water monitoring from multi-mission altimetry. *Geophys. Res. Lett.* 32. <https://doi.org/10.1029/2005GL022814>

Biancamaria, S., Lettenmaier, D.P., Pavelsky, T.M., 2016. The SWOT Mission and Its Capabilities for Land Hydrology. *Surv. Geophys.* 37, 307–337. <https://doi.org/10.1007/s10712-015-9346-y>

Bierkens, M.F.P., Bell, V.A., Burek, P., Chaney, N., Condon, L.E., David, C.H., de Roo, A., Döll, P., Drost, N., Famiglietti, J.S., Flörke, M., Gochis, D.J., Houser, P., Hut, R., Keune, J., Kollet, S., Maxwell, R.M., Reager, J.T., Samaniego, L., Sudicky, E., Sutanudjaja, E.H., van de Giesen, N., Winsemius, H., Wood, E.F., 2015. Hyper-resolution global hydrological modelling: What is next?: “Everywhere and locally relevant” M. F. P. Bierkens et al. Invited Commentary. *Hydrol. Process.* 29, 310–320. <https://doi.org/10.1002/hyp.10391>

Birkett, C.M., Mertes, L.A.K., Dunne, T., Costa, M.H., Jasinski, M.J., 2002. Surface water dynamics in the Amazon Basin: Application of satellite radar altimetry. *J. Geophys. Res. D Atmos.* 107. <https://doi.org/10.1029/2001JD000609>

Birkett, C.M., Ricko, M., Beckley, B.D., Yang, X., Tetrault, R.L., 2017. G-REALM: A lake/reservoir monitoring tool for drought monitoring and water resources management, in: *AGU Fall Meeting Abstracts*. p. H23P-02.

Biswas, N.K., Hossain, F., Bonnema, M., Lee, H., Chishtie, F., 2021. Towards a global Reservoir Assessment Tool for predicting hydrologic impacts and operating patterns of existing and planned reservoirs. *Environ.*

Model. Softw. 140, 105043. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>

Blumstein, D., Biancamaria, S., Guérin, A., Maisongrande, P., 2019. A potential constellation of small altimetry satellites dedicated to continental surface waters (SMASH mission), in: AGU Fall Meeting Abstracts. p. H43N-2257.

Bogning, S., Frappart, F., Blarel, F., Niño, F., Mahé, G., Bricquet, J.-P., Seyler, F., Onguéné, R., Etamé, J., Paiz, M.-C., Braun, J.-J., 2018. Monitoring Water Levels and Discharges Using Radar Altimetry in an Ungauged River Basin: The Case of the Ogooué. *Remote Sens.* 10. <https://doi.org/10.3390/rs10020350>

Bogning, S., Frappart, F., Paris, A., Blarel, F., Niño, F., Saux Picart, S., Lanet, P., Seyler, F., Mahé, G., Onguene, R., Bricquet, J.-P., Etame, J., Paiz, M.-C., Braun, J.-J., 2020. Hydro-climatology study of the Ogooué River basin using hydrological modeling and satellite altimetry. *Adv. Sp. Res.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.03.045>

Bonnet, M.P., Barroux, G., Martinez, J.M., Seyler, F., Moreira-Turcq, P., Cochonneau, G., Melack, J.M., Boaventura, G., Maurice-Bourgoin, L., León, J.G., Roux, E., Calmant, S., Kosuth, P., Guyot, J.L., Seyler, P., 2008. Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuaí). *J. Hydrol.* 349, 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.10.055>

Bonnet, M.P., Pinel, S., Garnier, J., Bois, J., Resende Boaventura, G., Seyler, P., Motta Marques, D., 2017. Amazonian floodplain water balance based on modelling and analyses of hydrologic and electrical conductivity data. *Hydrol. Process.* 31, 1702–1718. <https://doi.org/10.1002/hyp.11138>

Bookhagen, B., Strecker, M.R., 2008. Orographic barriers, high-resolution TRMM rainfall, and relief variations along the eastern Andes. *Geophys. Res. Lett.* 35, L06403. <https://doi.org/10.1029/2007GL032011>

Borma, L.S., Da Rocha, H.R., Cabral, O.M., Von Randow, C., Collicchio, E., Kurzatkowski, D., Brugger, P.J., Freitas, H., Tannus, R., Oliveira, L., Rennó, C.D., Artaxo, P., 2009. Atmosphere and hydrological controls of the evapotranspiration over a floodplain forest in the Bananal Island region, Amazonia. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 114. <https://doi.org/10.1029/2007JG000641>

Bosilovich, M.G., Chern, J.D., 2006. Simulation of water sources and precipitation recycling for the MacKenzie, Mississippi, and Amazon River basins. *J. Hydrometeorol.* 7, 312–329. <https://doi.org/10.1175/JHM501.1>

Bouchez, J., Lupker, M., Maurice, L., Perez, M., Gaillardet, J., 2011. Prediction of depth integrated fluxes of suspended sediment in the Amazon River: particle aggregation as a complicating factor. *Hydrol. Process.* 794, 778–794. <https://doi.org/10.1002/hyp.7868>

Bourgoin, L.M., Bonnet, M.P., Martinez, J.M., Kosuth, P., Cochonneau, G., Moreira-Turcq, P., Guyot, J.L., Vauchel, P., Filizola, N., Seyler, P., 2007. Temporal dynamics of water and sediment exchanges between the Curuaí floodplain and the Amazon River, Brazil. *J. Hydrol.* 335, 140–156. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.11.023>

Bourrel, L., Phillips, L., Moreau, S., 2009. The dynamics of floods in the Bolivian Amazon Basin. *Hydrol. Process.* 23, 3161–3167. <https://doi.org/10.1002/hyp.7384>

Bradley, J., 1980. Remote sensing of suspended sediment in Amazonian rivers using satellite multispectral

imagery. Royal Holloway, University of London.

Brakenridge, G.R., Nghiem, S. V., Anderson, E., Mic, R., 2007. Orbital microwave measurement of river discharge and ice status. *Water Resour. Res.* 43. <https://doi.org/10.1029/2006WR005238>

Brasil, 1997. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1o da Lei no 8.001, de 13. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.

Brêda, J.P.L.F., Paiva, R.C.D., Bravo, J.M., Passaia, O.A., Moreira, D.M., 2019. Assimilation of Satellite Altimetry Data for Effective River Bathymetry. *Water Resour. Res.* 55, 7441–7463. <https://doi.org/10.1029/2018wr024010>

Brocca, L., Ciabatta, L., Massari, C., Moramarco, T., Hahn, S., Hasenauer, S., Kidd, R., Dorigo, W., Wagner, W., Levizzani, V., 2014. Soil as a natural rain gauge: Estimating global rainfall from satellite soil moisture data. *J. Geophys. Res. Atmos.* 119, 5128–5141. <https://doi.org/10.1002/2014JD021489>

Brocca, L., Filippucci, P., Hahn, S., Ciabatta, L., Massari, C., Camici, S., Schüller, L., Bojkov, B., Wagner, W., 2019. SM2RAIN-ASCAT (2007-2018): Global daily satellite rainfall data from ASCAT soil moisture observations. *Earth Syst. Sci. Data* 11, 1583–1601. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1583-2019>

Brocca, L., Moramarco, T., Melone, F., Wagner, W., 2013. A new method for rainfall estimation through soil moisture observations. *Geophys. Res. Lett.* 40, 853–858. <https://doi.org/10.1002/grl.50173>

Builes-Jaramillo, A., Poveda, G., 2018. Conjoint Analysis of Surface and Atmospheric Water Balances in the Andes-Amazon System. *Water Resour. Res.* 54, 3472–3489. <https://doi.org/10.1029/2017WR021338>

Butt, N., De Oliveira, P.A., Costa, M.H., 2011. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. *J. Geophys. Res. Atmos.* 116, 2–9. <https://doi.org/10.1029/2010JD015174>

Buayaert, W., Zulkaffi, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, T.C., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, D.M., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T., Tilahun, S., Van Hecken, G., Zhumanova, M., 2014. Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Front. Earth Sci.* 2, 26. <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00026>

Callède, J., Cochonneau, G., Alves, F.V., Guyot, J.-L., Guimarães, V.S., De Oliveira, E., 2010. The River Amazon water contribution to the Atlantic Ocean. *Rev. des Sci. l'Eau* 23, 247–273.

Callède, J., Guyot, J.L., Ronchail, J., L'Hôte, Y., Niel, H., De Oliveira, E., 2004. Evolution of the River Amazon's discharge at Óbidos from 1903 to 1999. *Hydrol. Sci. J.* 49, 85–98. <https://doi.org/10.1623/hysj.49.1.85.53992>

Callède, J., Moreira, D.M., Calmant, S., 2013. Détermination de l'altitude du zéro des stations hydrométriques en amazonie brésilienne. Application aux lignes d'eau des Rios Negro, Solimões et Amazone. *Rev. des Sci. l'Eau* 26, 153–171. <https://doi.org/10.7202/1016065ar>

Calmant, S., Crétaux, J.F., Rémy, F., 2016. Principles of Radar Satellite Altimetry for Application on

Inland Waters. *Microw. Remote Sens. L. Surfaces Tech. Methods* 175–218. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-159-8.50004-9>

Calmant, S., Da Silva, J.S., Moreira, D.M., Seyler, F., Shum, C.K., Crétaux, J.F., Gabalda, G., 2013. Detection of Envisat RA2/ICE-1 retracked radar altimetry bias over the Amazon basin rivers using GPS. *Adv. Sp. Res.* 51, 1551–1564. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.07.033>

Calmant, S., Seyler, F., 2006. Continental surface waters from satellite altimetry. *Comptes Rendus - Geosci.* 338, 1113–1122. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2006.05.012>

Campos-Silva, J.V., Hawes, J.E., Freitas, C.T., Andrade, P.C.M., Peres, C.A., 2020. Community-Based Management of Amazonian Biodiversity Assets, in: Baldauf, C. (Org.), *Participatory Biodiversity Conservation: Concepts, Experiences, and Perspectives*. Springer International Publishing, Cham, p. 99–111. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41686-7_7

Cao, N., Lee, H., Jung, H.C., Yu, H., 2018. Estimation of Water Level Changes of Large-Scale Amazon Wetlands Using ALOS2 ScanSAR Differential Interferometry 10. <https://doi.org/10.3390/rs10060966>

Cardille, J.A., Foley, J.A., Costa, M.H., 2002. Characterizing patterns of agricultural land use in Amazonia by merging satellite classifications and census data. *Global Biogeochem. Cycles* 16, 18–1–18–14. <https://doi.org/10.1029/2000gb001386>

Carvalho, J.C., Cochoneau, G., Piscoya, R. de C.C.C. de, Martinez, J., Souza, E.A. De, Antunes, M.A., Ventura, D.T., Oliveira, E., Lopes, W.T.A., Guimarães, V.S., 2015. HIDROSAT - Sistema Integrado para Gerenciamento, Processamento e Difusão de Dados Hidrológicos Obtidos a Partir de Monitoramento por Satélites, in: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Brasília, DF.

Carvalho, L.M. V., Jones, C., Liebmann, B., 2004. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. *J. Clim.* 17, 88–108. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<0088:TSACZI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<0088:TSACZI>2.0.CO;2)

Castello, L., Hess, L.L., Thapa, R., McGrath, D.G., Arantes, C.C., Renó, V.F., Isaac, V.J., 2018. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish Fish.* 19, 431–440. <https://doi.org/10.1111/faf.12261>

Castello, L., Macedo, M.N., 2016. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 22, 990–1007. <https://doi.org/10.1111/gcb.13173>

Cavalcante, R.B.L., Ferreira, D.B. da S., Pontes, P.R.M., Tedeschi, R.G., da Costa, C.P.W., de Souza, E.B., 2020. Evaluation of extreme rainfall indices from CHIRPS precipitation estimates over the Brazilian Amazonia. *Atmos. Res.* 238, 104879. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104879>

Cavalcante, R.B.L., Pontes, P.R.M., Souza-Filho, P.W.M., de Souza, E.B., 2019. Opposite Effects of Climate and Land Use Changes on the Annual Water Balance in the Amazon Arc of Deforestation. *Water Resour. Res.* 55, 3092–3106. <https://doi.org/10.1029/2019WR025083>

Chapman, B., McDonald, K., Shimada, M., Rosenqvist, A., Schroeder, R., Hess, L., 2015. Mapping Regional Inundation with Spaceborne L-Band SAR. *Remote Sens.* 7, 5440–5470. <https://doi.org/10.3390/rs70505440>

Chaudhari, S., Pokhrel, Y., Moran, E., Miguez-Macho, G., 2019. Multi-decadal hydrologic change and variability in the Amazon River basin: Understanding terrestrial water storage variations and drought characteristics. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 2841–2862. <https://doi.org/10.5194/hess-23-2841-2019>

Chavez, S.P., Takahashi, K., 2017. Orographic rainfall hot spots in the Andes–Amazon transition according to the TRMM precipitation radar and in situ data. *J. Geophys. Res.* <https://doi.org/10.1002/2016JD026282>

Chen, J.L., Wilson, C.R., Tapley, B.D., 2010. The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE. *Water Resour. Res.* 46, 1–10. <https://doi.org/10.1029/2010WR009383>

Chen, J.L., Wilson, C.R., Tapley, B.D., Yang, Z.L., Niu, G.Y., 2009. 2005 drought event in the Amazon River basin as measured by GRACE and estimated by climate models. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 114, 1–9. <https://doi.org/10.1029/2008JB006056>

Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V.B.S., Kousky, V.E., Wayne Higgins, R., Janowiak, J.E., 2008. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *J. Geophys. Res.* 113, D04110. <https://doi.org/10.1029/2007JD009132>

Chew, C., Small, E., 2020. Estimating inundation extent using CYGNSS data: A conceptual modeling study. *Remote Sens. Environ.* 246, 111869. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111869>

Choudhury, B.J., 1991. Passive microwave remote sensing contribution to hydrological variables. *Surv. Geophys.* 12, 63–84. <https://doi.org/10.1007/BF01903412>

Christoffersen, B.O., Restrepo-Coupe, N., Arain, M.A., Baker, I.T., Cestaro, B.P., Ciais, P., Fisher, J.B., Galbraith, D., Guan, X., Gulden, L., van den Hurk, B., Ichii, K., Imbuzeiro, H., Jain, A., Levine, N., Miguez-Macho, G., Poulter, B., Roberti, D.R., Sakaguchi, K., Sahoo, A., Schaefer, K., Shi, M., Verbeeck, H., Yang, Z.L., Araújo, A.C., Kruijt, B., Manzi, A.O., da Rocha, H.R., von Randow, C., Muza, M.N., Borak, J., Costa, M.H., Gonçalves de Gonçalves, L.G., Zeng, X., Saleska, S.R., 2014. Mechanisms of water supply and vegetation demand govern the seasonality and magnitude of evapotranspiration in Amazonia and Cerrado. *Agric. For. Meteorol.* 191, 33–50. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.02.008>

Ciabatta, L., Massari, C., Brocca, L., Gruber, A., Reimer, C., Hahn, S., Paulik, C., Dorigo, W., Kidd, R., Wagner, W., 2018. SM2RAIN-CCI: A new global long-term rainfall data set derived from ESA CCI soil moisture. *Earth Syst. Sci. Data* 10, 267–280. <https://doi.org/10.5194/essd-10-267-2018>

Cintra, R., 2015. Spatial distribution and composition of waterbirds in relation to limnological conditions in the Amazon basin. *Hydrobiologia* 747, 235–252. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2148-2>

Claverie, M., Ju, J., Masek, J.G., Dungan, J.L., Vermote, E.F., Roger, J., Skakun, S.V., Justice, C., 2018. The Harmonized Landsat and Sentinel-2 surface reflectance data set. *Remote Sens. Environ.* 219, 145–161. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.09.002>

Cleugh, H.A., Leuning, R., Mu, Q., Running, S.W., 2007. Regional evaporation estimates from flux tower and MODIS satellite data. *Remote Sens. Environ.* 106, 285–304. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.07.007>

Coe, M.T., Costa, M.H., Botta, A., Birkett, C., 2002. Long-term simulations of discharge and floods in

- the Amazon Basin. *J. Geophys. Res. Atmos.* 107, 1–17. <https://doi.org/10.1029/2001JD000740>
- Coe, M.T., Costa, M.H., Howard, E.A., 2008. Simulating the surface waters of the Amazon River basin: Impacts of new river geomorphic and flow parameterizations. *Hydrol. Process.* 22, 2542–2553. <https://doi.org/10.1002/hyp.6850>
- Coe, M.T., Costa, M.H., Soares-Filho, B.S., 2009. The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River - Land surface processes and atmospheric feedbacks. *J. Hydrol.* <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.02.043>
- Coe, M.T., Latrubesse, E.M., Ferreira, M.E., Amsler, M.L., 2011. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. *Biogeochemistry* 105, 119–131. <https://doi.org/10.1007/s10533-011-9582-2>
- Cogley, J.G., 2013. GGHYDRO - Global Hydrographic Data, Release 2.3.1 Trent Technical Note 2003-1.
- Collischonn, B., Collischonn, W., Tucci, C.E.M., 2008. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *J. Hydrol.* 360, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.07.032>
- Condom, T., Martínez, R., Pabón, J.D., Costa, F., Pineda, L., Nieto, J.J., López, F., Villacis, M., 2020. Climatological and Hydrological Observations for the South American Andes: In situ Stations, Satellite, and Reanalysis Data Sets. *Front. Earth Sci.* 8, 1–20. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00092>
- Constantine, J.A., Dunne, T., Ahmed, J., Legleiter, C., Lazarus, E.D., 2014. Sediment supply as a driver of river meandering and floodplain evolution in the Amazon Basin. *Nat. Geosci.* 7, 899–903. <https://doi.org/10.1038/ngeo2282>
- Cooley, S.W., Smith, L.C., Ryan, J.C., Pitcher, L.H., Pavelsky, T.M., 2019. Arctic-Boreal Lake Dynamics Revealed Using CubeSat Imagery. *Geophys. Res. Lett.* 46, 2111–2120. <https://doi.org/10.1029/2018GL081584>
- Correa, S.W., Paiva, R.C.D. de, Espinoza, J.C., Collischonn, W., 2017. Multi-decadal Hydrological Retrospective: Case study of Amazon floods and droughts. *J. Hydrol.* 549, 667–684. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.019>
- Coss, S., Durand, M., Yi, Y., Jia, Y., Guo, Q., Tuozzolo, S., Shum, C.K., Allen, G.H., Calmant, S., Pavelsky, T., 2020. Global River Radar Altimetry Time Series (GRRATS): New river elevation earth science data records for the hydrologic community. *Earth Syst. Sci. Data* 12, 137–150. <https://doi.org/10.5194/essd-12-137-2020>
- Costa, M., 2005. Estimate of net primary productivity of aquatic vegetation of the Amazon floodplain using Radarsat and JERS-1. *Int. J. Remote Sens.* 26, 4527–4536. <https://doi.org/10.1080/01431160500213433>
- Costa, M.H., 2020. When more trees mean more power. *Nat. Sustain.* 3, 410–411. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0511-z>
- Costa, M.H., 2005. Large-scale hydrological impacts of tropical forest conversion, in: Bonell, M., Bruijnzeel, L.A.S. (Orgs.), *Forests, Water and People in the Humid Tropics*. Cambridge University Press, p. 590–597. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511535666>

Costa, M.H., Biajoli, M.C., Sanches, L., Malhado, A.C.M., Hutyra, L.R., da Rocha, H.R., Aguiar, R.G., de Araújo, A.C., 2010. Atmospheric versus vegetation controls of Amazonian tropical rain forest evapotranspiration: Are the wet and seasonally dry rain forests any different? *J. Geophys. Res.* 115, G04021. <https://doi.org/10.1029/2009JG001179>

Costa, M.H., Botta, A., Cardille, J.A., 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *J. Hydrol.* 283, 206–217. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00267-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00267-1)

Costa, M.H., Foley, J.A., 1997. Water balance of the Amazon Basin: Dependence on vegetation cover and canopy conductance. *J. Geophys. Res. Atmos.* 102, 23973–23989. <https://doi.org/10.1029/97JD01865>

Costa, M.H., Pires, G.F., 2010. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. *Int. J. Climatol.* 30, 1970–1979. <https://doi.org/10.1002/joc.2048>

Costa, M.P.F., Novo, E.M.L.M., Telmer, K.H., 2013. Spatial and temporal variability of light attenuation in large rivers of the Amazon. *Hydrobiologia* 702, 171–190. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1319-2>

Crétaux, J.F., Birkett, C., 2006. Lake studies from satellite radar altimetry. *Comptes Rendus - Geosci.* 338, 1098–1112. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2006.08.002>

Crétaux, J.F., Jelinski, W., Calmant, S., Kouraev, A., Vuglinski, V., Bergé-Nguyen, M., Gennero, M.C., Nino, F., Abarca Del Rio, R., Cazenave, A., Maisongrande, P., 2011. SOLS: A lake database to monitor in the Near Real Time water level and storage variations from remote sensing data. *Adv. Sp. Res.* 47, 1497–1507. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2011.01.004>

Crowley, J.W., Mitrovica, J.X., Bailey, R.C., Tamisiea, M.E., Davis, J.L., 2008. Annual variations in water storage and precipitation in the Amazon Basin: Bounding sink terms in the terrestrial hydrological balance using GRACE satellite gravity data. *J. Geod.* 82, 9–13. <https://doi.org/10.1007/s00190-007-0153-1>

Cuartas, L.A., Tomasella, J., Nobre, A.D., Nobre, C.A., Hodnett, M.G., Waterloo, M.J., Oliveira, S.M. de, Randow, R. de C. von, Trancoso, R., Ferreira, M., 2012. Distributed hydrological modeling of a micro-scale rainforest watershed in Amazonia: Model evaluation and advances in calibration using the new HAND terrain model. *J. Hydrol.* 462–463, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.12.047>

da Silva, E.F.F., Novo, E.M.L. de M., Lobo, F. de L., Barbosa, C.C.F., Noernberg, M.A., Rotta, L.H. da S., Cairo, C.T., Maciel, D.A., Flores Júnior, R., 2020. Optical water types found in Brazilian waters. *Limnology*. <https://doi.org/10.1007/s10201-020-00633-z>

Davidson, E.A., Artaxo, P., 2004. Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: Results of the large-scale Biosphere-Atmosphere Experiment. *Glob. Chang. Biol.* 10, 519–529. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00779.x>

Davidson, E.A., De Araújo, A.C., Artaxo, P., Balch, J.K., Brown, I.F., Mercedes, M.M., Coe, M.T., Defries, R.S., Keller, M., Longo, M., Munger, J.W., Schroeder, W., Soares-Filho, B.S., Souza, C.M., Wofsy, S.C., 2012. The Amazon basin in transition. *Nature* 481, 312–328. <https://doi.org/10.1038/nature10717>

de Carvalho, L.A.S., Faria Barbosa, C.C., Leão de Moraes Novo, E.M., de Moraes Rudorff, C., 2015. Implications of scatter corrections for absorption measurements on optical closure of Amazon floodplain lakes using the Spectral Absorption and Attenuation Meter (AC-S-WETLabs). *Remote Sens. Environ.* 157, 123–137. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.06.018>

de Oliveira Campos, I., Mercier, F., Maheu, C., Cochonneau, G., Kosuth, P., Blitzkow, D., Cazenave, A., 2001. Temporal variations of river basin waters from Topex/Poseidon satellite altimetry. Application to the Amazon basin. *Comptes Rendus l'Académie des Sci. IIA-Earth Planet. Sci.* 333, 633–643.

de Oliveira, G., Brunsell, N.A., Moraes, E.C., Shimabukuro, Y.E., dos Santos, T. V., von Randow, C., de Aguiar, R.G., Aragao, L.E.O.C., 2019. Effects of land-cover changes on the partitioning of surface energy and water fluxes in Amazonia using high-resolution satellite imagery. *Ecohydrology* 12. <https://doi.org/10.1002/ecco.2126>

De Souza, E.B., Ambrizzi, T., 2006. Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden-Julian oscillation. *Int. J. Climatol.* 26, 1759–1776. <https://doi.org/10.1002/joc.1331>

Debortoli, N.S., Dubreuil, V., Funatsu, B., Delahaye, F., de Oliveira, C.H., Rodrigues-Filho, S., Saito, C.H., Fetter, R., 2015. Rainfall patterns in the Southern Amazon: a chronological perspective (1971–2010). *Clim. Change* 132, 251–264. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1415-1>

Decharme, B., Alkama, R., Papa, F., Faroux, S., Douville, H., Prigent, C., 2012. Global off-line evaluation of the ISBA-TRIP flood model. *Clim. Dyn.* 38, 1389–1412. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1054-9>

Decharme, B., Douville, H., Prigent, C., Papa, F., Aires, F., 2008. A new river flooding scheme for global climate applications: Off-line evaluation over South America. *J. Geophys. Res. Atmos.* 113. <https://doi.org/10.1029/2007JD009376>

Dekker, A.G., 1993. Detection of optical water quality parameters for eutrophic waters by high resolution remote sensing, *Management*.

Delahaye, F., Kirstetter, P.E., Dubreuil, V., Machado, L.A.T., Vila, D.A., Clark, R., 2015. A consistent gauge database for daily rainfall analysis over the Legal Brazilian Amazon. *J. Hydrol.* 527, 292–304. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.012>

Desai, S., 2018. Surface Water and Ocean Topography Mission Project - Science Requirements Document. JPL documentD-61923., Jet Propulsion Laboratory.

Dias, C.M., Pastore, D.H., Borma, L.S., Bevilacqua, L., 2011. Modelling and numerical simulation of the velocity field in the Parque Estadual do Cantão (TO), Brazil. *Math. Comput. Model.* 53, 1575–1581. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.06.021>

Dias, L.C.P., Pimenta, F.M., Santos, A.B., Costa, M.H., Ladle, R.J., 2016. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. *Glob. Chang. Biol.* 22, 2887–2903. <https://doi.org/10.1111/gcb.13314>

Diniz, C.G., d. A. Souza, A.A., Santos, D.C., Dias, M.C., d. Luz, N.C., d. Moraes, D.R. V, Maia, J.S., Gomes, A.R., d. S. Narvaes, I., Valeriano, D.M., Maurano, L.E.P., Adami, M., 2015. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs.*

Remote Sens. 8, 3619–3628. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2015.2437075>

Dinku, T., Ceccato, P., Connor, S.J., 2011. Challenges of satellite rainfall estimation over mountainous and arid parts of east africa. *Int. J. Remote Sens.* 32, 5965–5979. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.499381>

dos Santos, E.S., Lopes, P.P.P., Pereira, H.H. da S., Nascimento, O. de O., Rennie, C.D., Sternberg, L. da S.L.O., Cunha, A.C. da, 2018. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. *Sci. Total Environ.* 624, 887–899. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.211>

Drusch, M., Moreno, J., Del Bello, U., Franco, R., Goulas, Y., Huth, A., Kraft, S., Middleton, E.M., Miglietta, F., Mohammed, G., Nedbal, L., Rascher, U., Schuttemeyer, D., Verhoef, W., 2017. The FLuorescence EXplorer Mission Concept-ESA's Earth Explorer 8. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 55, 1273–1284. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2621820>

Durieux, L., Toledo Machado, L.A., Laurent, H., 2003. The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation. *Remote Sens. Environ.* 86, 132–140. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00095-6)

Duvel, J.F., Kandel, R.S., 1985. Regional-Scale Diurnal Variations of Outgoing Infrared Radiation Observed by METEOSAT. *J. Clim. Appl. Meteorol.* 24, 335–349. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1985\)024<0335:RSDVOO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1985)024<0335:RSDVOO>2.0.CO;2)

Eltahir, E.A.B., Bras, R.L., 1994. Precipitation recycling in the Amazon basin. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 120, 861–880. <https://doi.org/10.1002/qj.49712051806>

Emery, C.M., Biancamaria, S., Boone, A., Ricci, S., Rochoux, M., Pedinotti, V., David, C., 2020. Assimilation of wide-swath altimetry observations to correct large-scale river routing model parameters. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 24, 2207–2233. <https://doi.org/10.5194/hess-2019-242-RC3>

Emery, C.M., Paris, A., Biancamaria, S., Boone, A., Calmant, S., Garambois, P.A., Da Silva, J.S., 2018. Large-scale hydrological model river storage and discharge correction using a satellite altimetry-based discharge product. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* <https://doi.org/10.5194/hess-22-2135-2018>

Endo, W., Peres, C.A., Haugaasen, T., 2016. Flood pulse dynamics affects exploitation of both aquatic and terrestrial prey by Amazonian floodplain settlements. *Biol. Conserv.* 201, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.006>

Engle, D.L., Melack, J.M., Doyle, R.D., Fisher, T.R., 2008. High rates of net primary production and turnover of floating grasses on the Amazon floodplain: Implications for aquatic respiration and regional CO₂ flux. *Glob. Chang. Biol.* 14, 369–381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01481.x>

Ershadi, A., McCabe, M.F., Evans, J.P., Wood, E.F., 2015. Impact of model structure and parameterization on Penman-Monteith type evaporation models. *J. Hydrol.* 525, 521–535. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.008>

Espinoza-Villar, R., Martinez, J.M., Armijos, E., Espinoza, J.C., Filizola, N., Dos Santos, A., Willems, B., Fraizy, P., Santini, W., Vauchel, P., Dos, A., Willems, B., Fraizy, P., Santini, W., Vauchel, P., 2018. Spatio-temporal monitoring of suspended sediments in the Solimões River (2000–2014). *Comptes*

Espinoza, J.C., Chavez, S., Ronchai, J., Junquas, C., Takahashi, K., Lavado, W., 2015. Rainfall hotspots over the southern tropical Andes: Spatial distribution, rainfall intensity, and relations with large-scale atmospheric circulation. *Water Resour. Res.* 1–27. <https://doi.org/10.1002/2015WR017096>. Received

Espinoza, J.C., Marengo, J.A., Ronchail, J., Carpio, J.M., Flores, L.N., Guyot, J.L., 2014. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: The role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. *Environ. Res. Lett.* 9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124007>

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Frappart, F., Lavado, W., Santini, W., Guyot, J.L., 2013. The Major Floods in the Amazonas River and Tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970–2012 Period: A Focus on the 2012 Flood. *J. Hydrometeorol.* 14, 1000–1008. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0100.1>

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W., De Oliveira, E., Pombosa, R., Vauchel, P., 2009. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *Int. J. Climatol.* 29, 1574–1594. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Junquas, C., Drapeau, G., Martinez, J.M., Santini, W., Vauchel, P., Lavado, W., Ordoñez, J., Espinoza, R., 2012. From drought to flooding: Understanding the abrupt 2010–11 hydrological annual cycle in the Amazonas River and tributaries. *Environ. Res. Lett.* 7. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024008>

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Marengo, J.A., Segura, H., 2019a. Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). *Clim. Dyn.* 52, 5413–5430. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4462-2>

Espinoza, J.C., Segura, H., Ronchail, J., Drapeau, G., Gutierrez-Cori, O., 2016. Evolution of wet-day and dry-day frequency in the western Amazon basin: Relationship with atmospheric circulation and impacts on vegetation. *Water Resour. Res.* 52, 8546–8560. <https://doi.org/10.1002/2016WR019305>

Espinoza, J.C., Sörensson, A.A., Ronchail, J., Molina-Carpio, J., Segura, H., Gutierrez-Cori, O., Ruscica, R., Condom, T., Wongchuiig-Correa, S., 2019b. Regional hydro-climatic changes in the Southern Amazon Basin (Upper Madeira Basin) during the 1982–2017 period. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 26, 100637. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100637>

Espinoza Villar, J.C., Guyot, J.L., Ronchail, J., Cochonneau, G., Filizola, N., Fraizy, P., Labat, D., de Oliveira, E., Ordoñez, J.J., Vauchel, P., 2009a. Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004). *J. Hydrol.* 375, 297–311. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.03.004>

Espinoza Villar, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W., Oliveira, E., de Pombosa, R., Vauchel, P., 2009b. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *Int. J. Climatol.* 29, 1574–1594. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>

Espinoza Villar, R., Martinez, J.M., Guyot, J.L., Fraizy, P., Armijos, E., Crave, A., Bazán, H., Vauchel, P., Lavado, W., 2012. The integration of field measurements and satellite observations to determine river solid loads in poorly monitored basins. *J. Hydrol.* 444–445, 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.024>

Fagundes, H.O., Fan, F.M., Paiva, R.C.D., Siqueira, V.A., Buarque, D.C., Kornowski, L.W., Laipelt, L., Collischonn, W., 2021. Sediment Flows in South America Supported by Daily Hydrologic-Hydrodynamic Modeling. *Water Resour. Res.* 57. <https://doi.org/10.1029/2020wr027884>

Fan, F.M., Paiva, R.C.D., Collischonn, W., 2016. Chapter 2 - Hydrological Forecasting Practices in Brazil, in: Adams, T.E., Pagano, T.C.B.T.-F.F. (Orgs.), *Flood Forecasting A Global Perspective*. Academic Press, Boston, p. 41–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801884-2.00002-5>

Fang, Y., Leung, L.R., Duan, Z., Wigmosta, M.S., Maxwell, R.M., Chambers, J.Q., Tomasella, J., 2017. Influence of landscape heterogeneity on water available to tropical forests in an Amazonian catchment and implications for modeling drought response. *J. Geophys. Res. Atmos.* 122, 8410–8426. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/2017JD027066>

Farr, T., Rosen, P., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D., 2007. The shuttle radar topography mission. *Rev. Geophys.* 45, 1–33. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>

Fassoni-Andrade, A.C., 2020. Mapping and characterization of the central Amazon river-floodplain system by remote sensing and hydraulic modeling. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*.

Fassoni-Andrade, A.C., Durand, F., Moreira, D., Azevedo, A., Santos, V., Funi, C., Laraque, A., 2021a. Comprehensive bathymetry and intertidal topography of the Amazon estuary. *Earth Syst. Sci. Data* 13, 2275–2291. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2275-2021>

Fassoni-Andrade, A.C., Fleischmann, A.S., Papa, F., Paiva, R.C.D. de, Wongchuig, S., Melack, J.M., Moreira, A.A., Paris, A., Ruhoff, A., Barbosa, C., Maciel, D.A., Novo, E., Durand, F., Frappart, F., Aires, F., Abrahão, G.M., Ferreira-Ferreira, J., Espinoza, J.C., Laipelt, L., Costa, M.H., Espinoza-Villar, R., Calmant, S., Pellet, V., 2021b. Amazon Hydrology From Space: Scientific Advances and Future Challenges. *Rev. Geophys.* 59, 1–97. <https://doi.org/10.1029/2020RG000728>

Fassoni-Andrade, A.C., Paiva, R.C.D. de, 2019. Mapping spatial-temporal sediment dynamics of river-floodplains in the Amazon. *Remote Sens. Environ.* 221, 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.038>

Fassoni-Andrade, A.C., Paiva, R.C.D., Fleischmann, A.S., 2020a. Lake topography and active storage from satellite observations of flood frequency. *Water Resour. Res.* 56. <https://doi.org/10.1029/2019wr026362>

Fassoni-Andrade, A.C., Paiva, R.C.D., Rudorff, C.M., Barbosa, C.C.F., Novo, E.M.L. de M., 2020b. High-resolution mapping of floodplain topography from space: A case study in the Amazon. *Remote Sens. Environ.* 251, 112065. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112065>

Fekete, B.M., Looser, U., Pietroniro, A., Robarts, R.D., 2012. Rationale for monitoring discharge on the ground. *J. Hydrometeorol.* 13, 1977–1986. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-0126.1>

Ferreira-Ferreira, J., Silva, T.S.F., Streher, A.S., Affonso, A.G., De Almeida Furtado, L.F., Forsberg, B.R., Valsecchi, J., Queiroz, H.L., De Moraes Novo, E.M.L., 2015. Combining ALOS/PALSAR derived vegetation structure and inundation patterns to characterize major vegetation types in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Central Amazon floodplain, Brazil. *Wetl. Ecol. Manag.* 23, 41–59. <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9359-1>

Ferreira, R.D., Barbosa, C.C.F., Novo, E.M.L. de M., 2013. Assessment of in vivo fluorescence method for chlorophyll-a estimation in optically complex waters (Curuai floodplain, Pará - Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 24, 373–386. <https://doi.org/10.1590/s2179-975x2013005000011>

Ferreira, V.G., Montecino, H.C., Ndehedehe, C.E., Heck, B., Gong, Z., de Freitas, S.R.C., Westerhaus, M., 2018. Space-based observations of crustal deflections for drought characterization in Brazil. *Sci. Total Environ.* 644, 256–273. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.277>

Figueroa, S.N., Nobre, C.A., 1990. Precipitation Distribution over Central and Western Tropical South America. *Climanalise* 6, 36–40.

Filizola, N., Guyot, J., 2009. Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. *Hydrol. Process.* 23, 3207–3215. <https://doi.org/10.1002/hyp.7394>

Finer, M., Novoa, S., Weisse, M.J., Petersen, R., Mascaro, J., Souto, T., Stearns, F., Martinez, R.G., 2018. Combating deforestation: From satellite to intervention. *Science (80-.)*. 360, 1303–1305. <https://doi.org/10.1126/science.aat1203>

Fisher, J.B., Malhi, Y., Bonal, D., Da Rocha, H.R., De Araújo, A.C., Gamo, M., Goulden, M.L., Rano, T.H., Huete, A.R., Kondo, H., Kumagai, T., Loescher, H.W., Miller, S., Nobre, A.D., Nouvellon, Y., Oberbauer, S.F., Panuthai, S., Rouspard, O., Saleska, S., Tanaka, K., Tanaka, N., Tu, K.P., Von Randow, C., 2009. The land-atmosphere water flux in the tropics. *Glob. Chang. Biol.* 15, 2694–2714. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01813.x>

Fisher, J.B., Melton, F., Middleton, E., Hain, C., Anderson, M., Allen, R., McCabe, M.F., Hook, S., Baldocchi, D., Townsend, P.A., Kilic, A., Tu, K., Miralles, D.D., Perret, J., Lagouarde, J.P., Waliser, D., Purdy, A.J., French, A., Schimel, D., Famiglietti, J.S., Stephens, G., Wood, E.F., 2017. The future of evapotranspiration: Global requirements for ecosystem functioning, carbon and climate feedbacks, agricultural management, and water resources. *Water Resour. Res.* <https://doi.org/10.1002/2016WR020175>

Fisher, J.B., Tu, K.P., Baldocchi, D.D., 2008. Global estimates of the land-atmosphere water flux based on monthly AVHRR and ISLSCP-II data, validated at 16 FLUXNET sites. *Remote Sens. Environ.* 112, 901–919. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.06.025>

Fitzjarrald, D.R., Sakai, R.K., Moraes, O.L.L., Cosme de Oliveira, R., Acevedo, O.C., Czikowsky, M.J., Beldini, T., 2008. Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 113, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2007JG000596>

Fleischmann, A.S., Paiva, R., Collischonn, W., 2019. Can regional to continental river hydrodynamic models be locally relevant? A cross-scale comparison. *J. Hydrol. X* 3, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2019.100027>

Fleischmann, A.S., Paiva, R.C.D., Collischonn, W., Siqueira, V.A., Paris, A., Moreira, D.M., Papa, F., Bitar, A.A., Parrens, M., Aires, F., Garambois, P.A., 2020. Trade-Offs Between 1-D and 2-D Regional River Hydrodynamic Models. *Water Resour. Res.* 56. <https://doi.org/10.1029/2019WR026812>

Fleischmann, A.S., Paiva, R.C.D., Collischonn, W., Sorribas, M. V., Pontes, P.R.M., 2016. On river-floodplain interaction and hydrograph skewness. *Water Resour. Res.* 52, 7615–7630. <https://doi.org/10.1002/2016WR019233>

Fleischmann, A.S., Siqueira, V., Paris, A., Collischonn, W., Paiva, R., Pontes, P., Crétaux, J.F., Bergé-Nguyen, M., Biancamaria, S., Gosset, M., Calmant, S., Tanimoun, B., 2018. Modelling hydrologic and hydrodynamic processes in basins with large semi-arid wetlands. *J. Hydrol.* 561, 943–959. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.041>

Flores Júnior, R., 2019. Parametrização de algoritmos empíricos e algoritmo quasi-analítico QAA para estimativa de clorofila-a em lagos da várzea do rio Amazonas. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Fluet-Chouinard, E., Lehner, B., Rebelo, L.M., Papa, F., Hamilton, S.K., 2015. Development of a global inundation map at high spatial resolution from topographic downscaling of coarse-scale remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 158, 348–361. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.015>

Forsberg, B.R., Melack, J.M., Dunne, T., Barthem, R.B., Goulding, M., Paiva, R.C.D., Sorribas, M. V., Silva, U.L., Weisser, S., 2017. The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLoS One* 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182254>

Frappart, F., Calmant, S., Cauhopé, M., Seyler, F., Cazenave, A., 2006. Preliminary results of ENVISAT RA-2-derived water levels validation over the Amazon basin. *Remote Sens. Environ.* 100, 252–264. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.10.027>

Frappart, F., Legrésy, B., Niño, F., Blarel, F., Fuller, N., Fleury, S., Birol, F., Calmant, S., 2016. An ERS-2 altimetry reprocessing compatible with ENVISAT for long-term land and ice sheets studies. *Remote Sens. Environ.* 184, 558–581. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.037>

Frappart, F., Papa, F., Famiglietti, J.S., Prigent, C., Rossow, W.B., Seyler, F., 2008. Interannual variations of river water storage from a multiple satellite approach: A case study for the Rio Negro River basin. *J. Geophys. Res. Atmos.* 113. <https://doi.org/10.1029/2007JD009438>

Frappart, F., Papa, F., Güntner, A., Tomasella, J., Pfeffer, J., Ramillien, G., Emilio, T., Schiatti, J., Seoane, L., da Silva Carvalho, J., Medeiros Moreira, D., Bonnet, M.P., Seyler, F., 2019. The spatio-temporal variability of groundwater storage in the Amazon River Basin. *Adv. Water Resour.* 124, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.12.005>

Frappart, F., Papa, F., Güntner, A., Werth, S., Santos da Silva, J., Tomasella, J., Seyler, F., Prigent, C., Rossow, W.B., Calmant, S., Bonnet, M.P., 2011. Satellite-based estimates of groundwater storage variations in large drainage basins with extensive floodplains. *Remote Sens. Environ.* 115, 1588–1594. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.003>

Frappart, F., Papa, F., Malbeteau, Y., León, J.G., Ramillien, G., Prigent, C., Seoane, L., Seyler, F., Calmant, S., 2015. Surface Freshwater Storage Variations in the Orinoco Floodplains Using Multi-Satellite Observations. *Remote Sens.* 7, 89–110. <https://doi.org/10.3390/rs70100089>

Frappart, F., Papa, F., Santos Da Silva, J., Ramillien, G., Prigent, C., Seyler, F., Calmant, S., 2012. Surface freshwater storage and dynamics in the Amazon basin during the 2005 exceptional drought. *Environ. Res. Lett.* 7. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044010>

Frappart, F., Ramillien, G., 2018. Monitoring groundwater storage changes using the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite mission: A review. *Remote Sens.* <https://doi.org/10.3390/rs10060829>

- Frappart, F., Ramillien, G., Ronchail, J., 2013a. Changes in terrestrial water storage versus rainfall and discharges in the Amazon basin. *Int. J. Climatol.* 33, 3029–3046. <https://doi.org/10.1002/joc.3647>
- Frappart, F., Seoane, L., Ramillien, G., 2013b. Validation of GRACE-derived terrestrial water storage from a regional approach over South America. *Remote Sens. Environ.* 137, 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.06.008>
- Frappart, F., Seyler, F., Martinez, J.M., León, J.G., Cazenave, A., 2005. Floodplain water storage in the Negro River basin estimated from microwave remote sensing of inundation area and water levels. *Remote Sens. Environ.* 99, 387–399. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.016>
- Fricke, A.T., Nittrouer, C.A., Ogston, A.S., Nowacki, D.J., Asp, N.E., Souza Filho, P.W.M., 2019. Morphology and dynamics of the intertidal floodplain along the Amazon tidal river. *Earth Surf. Process. Landforms* 44, 204–218. <https://doi.org/10.1002/esp.4545>
- Fu, R., Yin, L., Li, W., Arias, P.A., Dickinson, R.E., Huang, L., Chakraborty, S., Fernandes, K., Liebmann, B., Fisher, R., Myneni, R.B., 2013. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 18110–18115. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302584110>
- Fu, R., Zhu, B., Dickinson, R.E., 1999. How Do Atmosphere and Land Surface Influence Seasonal Changes of Convection in the Tropical Amazon? *J. Clim.* 12, 1306–1321. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1306:HDAALS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1306:HDAALS>2.0.CO;2)
- Funatsu, B.M., Dubreuil, V., Claud, C., Arvor, D., Gan, M.A., 2012. Convective activity in Mato Grosso state (Brazil) from microwave satellite observations: Comparisons between AMSU and TRMM data sets. *J. Geophys. Res. Atmos.* 117, 1–16. <https://doi.org/10.1029/2011JD017259>
- Funatsu, B.M., Le Roux, R., Arvor, D., Espinoza, J.C., Claud, C., Ronchail, J., Michot, V., Dubreuil, V., 2021. Assessing precipitation extremes (1981–2018) and deep convective activity (2002–2018) in the Amazon region with CHIRPS and AMSU data. *Clim. Dyn.* <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05742-8>
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Sci. Data* 2, 1–21. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gabioux, M., Vinzon, S.B., Paiva, A.M., 2005. Tidal propagation over fluid mud layers on the Amazon shelf. *Cont. Shelf Res.* 25, 113–125. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.09.001>
- Gallo, M.N., Vinzon, S.B., 2005. Generation of overtides and compound tides in Amazon estuary. *Ocean Dyn.* 55, 441–448. <https://doi.org/10.1007/s10236-005-0003-8>
- Gao, H., Birkett, C., Lettenmaier, D.P., 2012. Global monitoring of large reservoir storage from satellite remote sensing. *Water Resour. Res.* 48, 1–12. <https://doi.org/10.1029/2012WR012063>
- Garambois, P.-A., Larnier, K., Monnier, J., Finaud-Guyot, P., Verley, J., Montazem, A.-S., Calmant, S., 2020. Variational estimation of effective channel and ungauged anabranching river discharge from multi-satellite water heights of different spatial sparsity. *J. Hydrol.* 581, 124409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124409>

Garambois, P.A., Calmant, S., Roux, H., Paris, A., Monnier, J., Finaud-Guyot, P., Samine Montazem, A., Santos da Silva, J., 2017. Hydraulic visibility: Using satellite altimetry to parameterize a hydraulic model of an ungauged reach of a braided river. *Hydrol. Process.* 31, 756–767. <https://doi.org/10.1002/hyp.11033>

Garousi-Nejad, I., Tarboton, D.G., Aboutalebi, M., Torres-Rua, A.F., 2019. Terrain Analysis Enhancements to the Height Above Nearest Drainage Flood Inundation Mapping Method, *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2019WR024837>

Garreaud, R.D., Wallace, J.M., 1997. The diurnal march of convective cloudiness over the Americas. *Mon. Weather Rev.* 125, 3157–3171. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1997\)125<3157:TDMOCC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<3157:TDMOCC>2.0.CO;2)

Garstang, M., Massie Jr., H.L., Halverson, J., Greco, S., Scala, J., 1994. Amazon Coastal Squall Lines. Part I: Structure and Kinematics. *Mon. Weather Rev.* 122, 608–622. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1994\)122<0608:ACSLPI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1994)122<0608:ACSLPI>2.0.CO;2)

Gash, J., Keller, M., Bustamante, M., Dias, P.S., 2013. Amazonia and Global Change, *Amazonia and Global Change*. <https://doi.org/10.1029/GM186>

Gatti, L. V., Basso, L.S., Miller, J.B., Gloor, M., Gatti Domingues, L., Cassol, H.L.G., Tejada, G., Aragão, L.E.O.C., Nobre, C., Peters, W., Marani, L., Arai, E., Sanches, A.H., Corrêa, S.M., Anderson, L., Von Randow, C., Correia, C.S.C., Crispim, S.P., Neves, R.A.L., 2021. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 595, 388–393. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>

Gelaro, R., McCarty, W., Suárez, M.J., Todling, R., Molod, A., Takacs, L., Randles, C.A., Darmenov, A., Bosilovich, M.G., Reichle, R., Wargan, K., Coy, L., Cullather, R., Draper, C., Akella, S., Buchard, V., Conaty, A., da Silva, A.M., Gu, W., Kim, G.K., Koster, R., Lucchesi, R., Merkova, D., Nielsen, J.E., Partyka, G., Pawson, S., Putman, W., Rienecker, M., Schubert, S.D., Sienkiewicz, M., Zhao, B., 2017. The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). *J. Clim.* 30, 5419–5454. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1>

Genasc, E., Martinez, J.M., Vantrepotte, V., Anthony, E.J., 2016. Seasonal and inter-annual dynamics of suspended sediment at the mouth of the Amazon river: The role of continental and oceanic forcing, and implications for coastal geomorphology and mud bank formation. *Cont. Shelf Res.* 118, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2016.02.009>

Getirana, A.C.V., Boone, A., Yamazaki, D., Decharme, B., Papa, F., Mognard, N., 2012. The Hydrological Modeling and Analysis Platform (HyMAP): Evaluation in the Amazon Basin. *J. Hydrometeorol.* 13, 1641–1665. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-021.1>

Getirana, A.C.V., Boone, A., Yamazaki, D., Mognard, N., 2013. Automatic parameterization of a flow routing scheme driven by radar altimetry data : Evaluation in the Amazon basin. *Water Resour. Res.* 49, 614–629. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20077>

Getirana, A.C.V., Dutra, E., Guimberteau, M., Kam, J., Li, H.-Y., Decharme, B., Zhang, Z., Ducharne, A., Boone, A., Balsamo, G., Rodell, M., Toure, A.M., Xue, Y., Peters-Lidard, C.D., Kumar, S. V., Arsenault, K., Drapeau, G., Ruby Leung, L., Ronchail, J., Sheffield, J., 2014. Water Balance in the Amazon Basin from a Land Surface Model Ensemble. *J. Hydrometeorol.* 15, 2586–2614. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0068.1>

Getirana, A.C.V., Espinoza, J.C.V., Ronchail, J., Rotunno Filho, O.C., 2011. Assessment of different precipitation datasets and their impacts on the water balance of the Negro River basin. *J. Hydrol.* 404, 304–322. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.04.037>

Getirana, A.C.V., Kumar, S., Giroto, M., Rodell, M., 2017a. Rivers and Floodplains as Key Components of Global Terrestrial Water Storage Variability. *Geophys. Res. Lett.* 44, 10,359–10,368. <https://doi.org/10.1002/2017GL074684>

Getirana, A.C.V., Peters-Lidard, C., Rodell, M., Bates, P.D., 2017b. Trade-off between cost and accuracy in large-scale surface water dynamic modeling. *Water Resour. Res.* 53, 4942–4955. <https://doi.org/10.1002/2017WR020519>

Gholizadeh, M.H., Melesse, A.M., Reddi, L., 2016. A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors (Switzerland)* 16. <https://doi.org/10.3390/s16081298>

Ghosh, S., Thakur, P.K., Sharma, R., Nandy, S., Garg, V., Amarnath, G., Bhattacharyya, S., 2017. The Potential Applications of Satellite Altimetry with SARAL/AltiKa for Indian Inland Waters. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. A Phys. Sci.* 87, 661–677. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0463-5>

Giardino, C., Bresciani, M., Braga, F., Fabretto, A., Ghirardi, N., Pepe, M., Gianninetto, M., Colombo, R., 2020. First evaluation of PRISMA Level 1 data for water applications. *Sensors (SUBMITTED)*. <https://doi.org/10.3390/s20164553>

Giddings, L., Choudhury, B.J., 1989. Observation of hydrological features with Nimbus-7 37 GHz data, applied to South America. *Int. J. Remote Sens.* 10, 1673–1686. <https://doi.org/10.1080/01431168908903998>

Giovannetone, J.P., Barros, A.P., 2009. Probing regional orographic controls of precipitation and cloudiness in the Central Andes using satellite data. *J. Hydrometeorol.* 10, 167–182. <https://doi.org/10.1175/2008JHM973.1>

Gleason, C.J., Durand, M.T., 2020. Remote sensing of river discharge: A review and a framing for the discipline. *Remote Sens.* 12, 1–28. <https://doi.org/10.3390/rs12071107>

Gloor, M., Brienen, R.J.W., Galbraith, D., Feldpausch, T.R., Schöngart, J., Guyot, J.-L., Espinoza, J.C., Lloyd, J., Phillips, O.L., 2013. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. *Geophys. Res. Lett.* 40, 1729–1733. <https://doi.org/10.1002/grl.50377>

Gomis-Cebolla, J., Jimenez, J.C., Sobrino, J.A., Corbari, C., Mancini, M., 2019. Intercomparison of remote-sensing based evapotranspiration algorithms over amazonian forests. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 80, 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.04.009>

Gonçalves, L.G., Borak, J.S., Costa, M.H., Saleska, S.R., Baker, I., Restrepo-Coupe, N., Muza, M.N., Poulter, B., Verbeeck, H., Fisher, J.B., Arain, M.A., Arkin, P., Cestaro, B.P., Christoffersen, B., Galbraith, D., Guan, X., van den Hurk, B.J.J.M., Ichii, K., Imbuzeiro, H.M.A., Jain, A.K., Levine, N., Lu, C., Miguez-Macho, G., Roberti, D.R., Sahoo, A., Sakaguchi, K., Schaefer, K., Shi, M., Shuttleworth, W.J., Tian, H., Yang, Z.L., Zeng, X., 2013. Overview of the large-scale biosphere-atmosphere experiment in amazonia data model intercomparison project (LBA-DMIP). *Agric. For. Meteorol.* 182–183, 111–127. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.030>

Gosset, M., Kunstmann, H., Zougmore, F., Cazenave, F., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., Chwala, C., Keis, F., Doumounia, A., Boubacar, B., Kacou, M., Alpert, P., Messer, H., Rieckermann, J., Hoedjes, J., 2016. Improving rainfall measurement in gauge poor regions thanks to mobile telecommunication networks. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 97, ES49–ES51. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00164.1>

Gruber, A., Krueger, A.F., 1984. The status of the NOAA outgoing longwave radiation data set. *Bull. - Am. Meteorol. Soc.* 65, 958–962. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1984\)065<0958:TSOTNO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1984)065<0958:TSOTNO>2.0.CO;2)

Guilhen, J., Al Bitar, A., Sauvage, S., Parrens, M., Martinez, J.-M., Abril, G., Moreira-Turcq, P., Sánchez-Pérez, J.-M., 2020. Denitrification and associated nitrous oxide and carbon dioxide emissions from the Amazonian wetlands. *Biogeosciences* 17, 4297–4311. <https://doi.org/10.5194/bg-17-4297-2020>

Guimberteau, M., Ciais, P., Ducharne, A., Boisier, J.P., Dutra Aguiar, A.P., Biemans, H., De Deurwaerder, H., Galbraith, D., Kruijt, B., Langerwisch, F., Poveda, G., Rammig, A., Rodriguez, D.A., Tejada, G., Thonicke, K., Von Randow, C., Von Randow, R.C.S., Zhang, K., Verbeek, H., 2017. Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: a multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 1455–1475. <https://doi.org/10.5194/hess-21-1455-2017>

Guimberteau, M., Drapeau, G., Ronchail, J., Sultan, B., Polcher, J., Martinez, J.M., Prigent, C., Guyot, J.L., Cochonneau, G., Espinoza, J.C., Filizola, N., Fraizy, P., Lavado, W., De Oliveira, E., Pombosa, R., Noriega, L., Vauchel, P., 2012. Discharge simulation in the sub-basins of the Amazon using ORCHIDEE forced by new datasets. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16, 911–935. <https://doi.org/10.5194/hess-16-911-2012>

Guimberteau, M., Ducharne, A., Ciais, P., Boisier, J.P., Peng, S., De Weirtd, M., Verbeek, H., 2014. Testing conceptual and physically based soil hydrology schemes against observations for the Amazon Basin. *Geosci. Model Dev.* 7, 1115–1136. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1115-2014>

Gutierrez-Cori, O., Espinoza, J.C., Li, L.Z.X., Wongchuig, S., Arias, P.A., Ronchail, J., Segura, H., 2021. On the Hydroclimate-Vegetation Relationship in the Southwestern Amazon During the 2000–2019 Period. *Front. Water* 3, 1–20. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.648499>

Guzkowska, M.A.J., Rapley, C.G., Ridley, J.K., Cudlip, W., Birkett, C.M., Scott, R.F., 1990. Developments in inland water and land altimetry: University College of London, Mullard Space Science Laboratory, European Space Agency final contract report 7839/88/F/Fl.

Haghtalab, N., Moore, N., Heerspink, B.P., Hyndman, D.W., 2020. Evaluating spatial patterns in precipitation trends across the Amazon basin driven by land cover and global scale forcings. *Theor. Appl. Climatol.* <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03085-3>

Hall, A.C., Schumann, G.J., Bamber, J.L., Bates, P.D., Trigg, M.A., 2012. Geodetic corrections to Amazon River water level gauges using ICESat altimetry 48. <https://doi.org/10.1029/2011WR010895>

Hall, A.C., Schumann, G.J.P., Bamber, J.L., Bates, P.D., 2011. Tracking water level changes of the Amazon Basin with space-borne remote sensing and integration with large scale hydrodynamic modelling: A review. *Phys. Chem. Earth* 36, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.12.010>

Hamilton, S.K., Kellendorfer, J., Lehner, B., Tobler, M., 2007. Remote sensing of floodplain geomorphology as a surrogate for biodiversity in a tropical river system (Madre de Dios, Peru). *Geomorphology* 89,

Hamilton, S.K., Sippel, S.J., Melack, J.M., 2004. Seasonal inundation patterns in two large savanna floodplains of South America: The Llanos de Moxos (Bolivia) and the Llanos del Orinoco (Venezuela and Colombia). *Hydrol. Process.* 18, 2103–2116. <https://doi.org/10.1002/hyp.5559>

Hamilton, S.K., Sippel, S.J., Melack, J.M., 2002. Comparison of inundation patterns among major South American floodplains. *J. Geophys. Res. Atmos.* 107, 1–14. <https://doi.org/10.1029/2000JD000306>

Hansen, M.C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* (80-.). 342, 850–854. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>

Hastie, A., Lauerwald, R., Ciais, P., Regnier, P., 2019. Aquatic carbon fluxes dampen the overall variation of net ecosystem productivity in the Amazon basin: An analysis of the interannual variability in the boundless carbon cycle. *Glob. Chang. Biol.* 25, 2094–2111. <https://doi.org/10.1111/gcb.14620>

Heerspink, B.P., Kendall, A.D., Coe, M.T., Hyndman, D.W., 2020. Trends in streamflow, evapotranspiration, and groundwater storage across the Amazon Basin linked to changing precipitation and land cover. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 32, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100755>

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., De Chiara, G., Dahlgren, P., Dee, D., Diamantakis, M., Dragani, R., Flemming, J., Forbes, R., Fuentes, M., Geer, A., Haimberger, L., Healy, S., Hogan, R.J., Hólm, E., Janisková, M., Keeley, S., Laloyaux, P., Lopez, P., Lupu, C., Radnoti, G., de Rosnay, P., Rozum, I., Vamborg, F., Villaume, S., Thépaut, J.N., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 1–51. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

Hersbach, H., Rosnay, P. de, Bell, B., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Alonso-Balmaseda, M., Balsamo, G., Bechtold, P., Berrisford, P., Bidlot, J.-R., de Boissésón, E., Bonavita, M., Browne, P., Buizza, R., Dahlgren, P., Dee, D., Dragani, R., Diamantakis, M., Flemming, J., Forbes, R., Geer, A.J., Haiden, T., Hólm, E., Haimberger, L., Hogan, R., Horányi, A., Janiskova, M., Laloyaux, P., Lopez, P., Munoz-Sabater, J., Peubey, C., Radu, R., Richardson, D., Thépaut, J.-N., Vitart, F., Yang, X., Zsótér, E., Zuo, H., 2018. Operational global reanalysis: progress, future directions and synergies with NWP, ERA Report Series, ERA Report.

Hess, L.L., Melack, J.M., Affonso, A.G., Barbosa, C., Gastil-Buhl, M., Novo, E.M.L.M., 2015. Wetlands of the Lowland Amazon Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Area as Mapped with JERS-1 Synthetic Aperture Radar. *Wetlands* 35, 745–756. <https://doi.org/10.1007/s13157-015-0666-y>

Hess, L.L., Melack, J.M., Melack, J.M., Filoso, S., Wang, Y., Wang, Y., 1995. Delineation of Inundated Area and Vegetation Along the Amazon Floodplain with the SIR-C Synthetic Aperture Radar. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 33, 896–904. <https://doi.org/10.1109/36.406675>

Hess, L.L., Melack, J.M., Novo, E.M.L.M.L.M., Barbosa, C.C.F.F., Gastil, M., 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote Sens. Environ.* 87, 404–428. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.001>

Hess, L.L., Melack, J.M., Simonett, D.S., 1990. Radar detection of flooding beneath the forest canopy: A review. *Int. J. Remote Sens.* 11, 1313–1325. <https://doi.org/10.1080/01431169008955095>

Hoch, J.M., Haag, A. V., van Dam, A., Winsemius, H.C., van Beek, L.P.H., Bierkens, M.F.P., 2016. Assessing the impact of hydrodynamics on large-scale flood wave propagation - a case study for the Amazon Basin. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 1–25. <https://doi.org/10.5194/hess-2016-442>

Hodnett, M.G., Vendrame, I., De O. Marques Filho, A., Oyama, M.D., Tomasella, J., 1997. Soil water storage and groundwater behaviour in a catenary sequence beneath forest in central Amazonia: I. Comparisons between plateau, slope and valley floor. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 1, 265–277. <https://doi.org/10.5194/hess-1-265-1997>

Hoek, J. Van Den, Getirana, A., Jung, H.C., Okeowo, M.A., Lee, H., 2019. Monitoring reservoir drought dynamics with landsat and radar/lidar altimetry time series in persistently cloudy eastern Brazil. *Remote Sens.* 11. <https://doi.org/10.3390/rs11070827>

Holmes, T.R.H., Hain, C.R., Crow, W.T., Anderson, M.C., Kustas, W.P., 2018. Microwave implementation of two-source energy balance approach for estimating evapotranspiration. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 1351–1369. <https://doi.org/10.5194/hess-22-1351-2018>

Horel, J.D., Hahmann, A.N., Geisler, J.E., 1989. An investigation of the Annual Cycle of Convective Activity over the Tropical Americas. *J. Clim.* 2, 1388–1403. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1989\)002<1388:AIOTAC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1989)002<1388:AIOTAC>2.0.CO;2)

Hu, K., Awange, J.L., Khandu, Forootan, E., Goncalves, R.M., Fleming, K., 2017. Hydrogeological characterisation of groundwater over Brazil using remotely sensed and model products. *Sci. Total Environ.* 599–600, 372–386. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.188>

Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., Wu, J., 2018. Detecting, Extracting, and Monitoring Surface Water From Space Using Optical Sensors: A Review. *Rev. Geophys.* 56, 333–360. <https://doi.org/10.1029/2018RG000598>

Huffman, G.J., Adler, R.F., Arkin, P., Chang, A., Ferraro, R., Gruber, A., Janowiak, J., McNab, A., Rudolf, B., Schneider, U., 1997. The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 78, 5–20. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0005:TGP CPG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0005:TGP CPG>2.0.CO;2)

Huffman, G.J., Adler, R.F., Bolvin, D.T., Gu, G., Nelkin, E.J., Bowman, K.P., Hong, Y., Stocker, E.F., Wolff, D.B., 2007. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *J. Hydrometeorol.* 8, 38–55. <https://doi.org/10.1175/JHM560.1>

Huffman, G.J., Adler, R.F., Bolvin, D.T., Nelkin, E.J., 2010. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA). Chapter 1 in *Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology*. Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2915-7>

Huffman, G.J., Adler, R.F., Morrissey, M.M., Bolvin, D.T., Curtis, S., Joyce, R., McGavock, B., Susskind, J., 2001. Global precipitation at one-degree daily resolution from multisatellite observations. *J. Hydrometeorol.* 2, 36–50. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2001\)002<0036:GPAODD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2001)002<0036:GPAODD>2.0.CO;2)

Huffman, G.J., Adler, R.F., Rudolf, B., Schneider, U., Keehn, P.R., 1995. Global Precipitation Estimates Based on a Technique for Combining Satellite-Based Estimates, Rain Gauge Analysis, and NWP Model Precipitation Information. *J. Clim.* 8, 1284–1295. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1995\)008<1284:GPEBOA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<1284:GPEBOA>2.0.CO;2)

Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Adler, R.F., 2016. GPCP Version 1.2 One-Degree Daily Precipitation Data Set. <https://doi.org/10.5065/D6D50K46>

Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., Xie, P., 2015a. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 4.5. NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG).

Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Nelkin, E.J., 2015b. Integrated MultisatellitE Retrievals for GPM (IMERG) technical documentation.

Hurley, J. V., Vuille, M., Hardy, D.R., Burns, S.J., Thompson, L.G., 2015. Cold air incursions, $\delta^{18}O$ variability, and monsoon dynamics associated with snow days at Quelccaya Ice Cap, Peru. *J. Geophys. Res. Atmos.* 120, 7467–7487. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/2015JD023323>

Jardine, T.D., Bond, N.R., Burford, M.A., Kennard, M.J., Ward, D.P., Bayliss, P., Davies, P.M., Douglas, M.M., Hamilton, S.K., Melack, J.M., Naiman, R.J., Pettit, N.E., Pusey, B.J., Warfe, D.M., Bunn, S.E., 2015. Does flood rhythm drive ecosystem responses in tropical riverscapes? *Ecology* 96, 684–692. <https://doi.org/10.1890/14-0991.1>

Jensen, K., McDonald, K., Podest, E., Rodriguez-Alvarez, N., Horna, V., Steiner, N., 2018. Assessing L-Band GNSS-reflectometry and imaging radar for detecting sub-canopy inundation dynamics in a tropical wetlands complex. *Remote Sens.* 10, 1431. <https://doi.org/10.3390/rs10091431>

Ji, X., Lesack, L.F.W., Melack, J.M., Wang, S., Riley, W.J., Shen, C., 2019. Seasonal and inter-annual patterns and controls of hydrological fluxes in an Amazon floodplain lake with a surface-subsurface processes model. *Water Resour. Res.* 55, 3056–3075. <https://doi.org/10.1029/2018WR023897>

Jiang, L., Schneider, R., Andersen, O.B., Bauer-Gottwein, P., 2017. CryoSat-2 altimetry applications over rivers and lakes. *Water* 9, 211. <https://doi.org/10.3390/w9030211>

Jiang, S., Ren, L., Hong, Y., Yong, B., Yang, X., Yuan, F., Ma, M., 2012. Comprehensive evaluation of multi-satellite precipitation products with a dense rain gauge network and optimally merging their simulated hydrological flows using the Bayesian model averaging method. *J. Hydrol.* 452–453, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.055>

Jiménez-Muñoz, J.C., Sobrino, J.A., Mattar, C., Malhi, Y., 2013. Spatial and temporal patterns of the recent warming of the Amazon forest. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 5204–5215. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50456>

Jimenez, J.C., Marengo, J.A., Alves, L.M., Sulca, J.C., Takahashi, K., Ferrett, S., Collins, M., 2019. The role of ENSO flavours and TNA on recent droughts over Amazon forests and the Northeast Brazil region. *Int. J. Climatol.* 1–20. <https://doi.org/10.1002/joc.6453>

Jorge, D.S.F., Barbosa, C.C.F., de Carvalho, L.A.S., Affonso, A.G., Lobo, F.D.L., Novo, E.M.L.D.M., 2017. SNR (Signal-To-Noise Ratio) Impact on Water Constituent Retrieval from Simulated Images of Optically Complex Amazon Lakes. *Remote Sens.* 9, 644. <https://doi.org/10.3390/rs9070644>

Jorge, D.S.F., Loisel, H., Jamet, C., Dessailly, D., Demaria, J., Bricaud, A., Maritorena, S., Zhang, X., Antoine, D., Kutser, T., Bélanger, S., Brando, V.O., Werdell, J., Kwiatkowska, E., Mangin, A., D'Andon, O.F., 2021. A three-step semi analytical algorithm (3SAA) for estimating inherent optical properties over oceanic, coastal, and inland waters from remote sensing reflectance. *Remote Sens. Environ.* 263. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112537>

Josse, C., Navarro, G., Encarnación, F., Tovar, A., Comer, P., Ferreira, W., Rodríguez, F., Saito, J., Sanjurjo, J., Dyson, J., Celis, E.R. de, Zárate, R., Chang, J., Ahuite, M., Vargas, C., Paredes, F., Castro, W., Maco, J., Reátegui, F., 2007. Ecological Systems of the Amazon Basin of Peru and Bolivia: Classification and Mapping. NatureServe, Virginia.

Joyce, R.J., Janowiak, J.E., Arkin, P.A., Xie, P., 2004. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *J. Hydrometeorol.* 5, 487–503. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2004\)005<0487:CAMTPG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2004)005<0487:CAMTPG>2.0.CO;2)

Joyce, R.J., Xie, P., 2011. Kalman filter-based CMORPH. *J. Hydrometeorol.* 12, 1547–1563. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-022.1>

Jung, H.C., Hamski, J., Durand, M., Alsdorf, D., Hossain, F., Lee, H., Azad Hossain, A.K.M.M., Hasan, K., Khan, A.S., Zeaul Hoque, A.K.M.M., 2010. Characterization of complex fluvial systems using remote sensing of spatial and temporal water level variations in the Amazon, Congo, and Brahmaputra rivers. *Earth Surf. Process. Landforms* 35, 294–304. <https://doi.org/10.1002/esp.1914>

Jung, M., Reichstein, M., Ciais, P., Seneviratne, S.I., Sheffield, J., Goulden, M.L., Bonan, G., Cescatti, A., Chen, J., De Jeu, R., Dolman, A.J., Eugster, W., Gerten, D., Gianelle, D., Gobron, N., Heinke, J., Kimball, J., Law, B.E., Montagnani, L., Mu, Q., Mueller, B., Oleson, K., Papale, D., Richardson, A.D., Rouspard, O., Running, S., Tomelleri, E., Viovy, N., Weber, U., Williams, C., Wood, E., Zaehle, S., Zhang, K., 2010. Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. *Nature* 467, 951–954. <https://doi.org/10.1038/nature09396>

Júnior, J.L.S., Tomasella, J., Rodríguez, D.A., 2015. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira River basin. *Clim. Change* 129, 117–129. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1338-x>

Junk, W.J., 1997. The Central Amazon Floodplain: ecology of a pulsing system., *Ecological Studies*. Springer-Verlag, Berlin.

Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain-systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 106, 110–127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028909>

Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J.M., Wittmann, F., 2011. A classification of major naturally-occurring amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31, 623–640. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>

Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin, P., 2010. Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, ecology, biodiversity and sustainable management, *Ecological Studies*. Springer, Berlin, Germany. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6>

Junk, W.J., Wittmann, F., Schöngart, J., Piedade, M.T.F., 2015. A classification of the major habitats of

Amazonian black-water river floodplains and a comparison with their white-water counterparts. *Wetl. Ecol. Manag.* 23, 677–693. <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9412-8>

Junquas, C., Takahashi, K., Condom, T., Espinoza, J.C., Chavez, S., Sicart, J.E., Lebel, T., 2018. Understanding the influence of orography on the precipitation diurnal cycle and the associated atmospheric processes in the central Andes. *Clim. Dyn.* 50, 3995–4017. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3858-8>

Kandus, P., Minotti, P.G., Morandeira, N.S., Grimson, R., Trilla, G.G., González, E.B., Martín, L.S., Gayol, M.P., 2018. Remote sensing of wetlands in South America: Status and challenges. *Int. J. Remote Sens.* 39, 993–1016. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1395971>

Kasischke, E.S., Melack, J.M., Dobson, M.C., 1997. The use of imaging radars for ecological applications - A review. *Remote Sens. Environ.* 59, 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00148-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00148-4)

Khaki, M., Forootan, E., Kuhn, M., Awange, J., Longuevergne, L., Wada, Y., 2018. Efficient basin scale filtering of GRACE satellite products. *Remote Sens. Environ.* 204, 76–93. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.040>

Khaki, M., Hoteit, I., Kuhn, M., Forootan, E., Awange, J., 2019. Assessing data assimilation frameworks for using multi-mission satellite products in a hydrological context. *Sci. Total Environ.* 647, 1031–1043. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.032>

Khand, K., Numata, I., Kjaersgaard, J., Vourlitis, G.L., 2017. Dry season evapotranspiration dynamics over human-impacted landscapes in the southern Amazon using the landsat-based METRIC model. *Remote Sens.* 9. <https://doi.org/10.3390/rs9070706>

Khanna, J., Medvigy, D., Fueglistaler, S., Walko, R., 2017. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. *Nat. Clim. Chang.* 7, 200–204. <https://doi.org/10.1038/nclimate3226>

Kidd, C., 2001. Satellite rainfall climatology: A review. *Int. J. Climatol.* 21, 1041–1066. <https://doi.org/10.1002/joc.635>

Kidd, C., Becker, A., Huffman, G.J., Muller, C.L., Joe, P., Skofronick-Jackson, G., Kirschbaum, D.B., 2017. So, How Much of the Earth's Surface Is Covered by Rain Gauges? *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 98, 69–78. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00283.1>

Kidd, C., Huffman, G., 2011. Global precipitation measurement. *Meteorol. Appl.* 18, 334–353. <https://doi.org/10.1002/met.284>

Kidd, C., Kniveton, D.R., Todd, M.C., Bellerby, T.J., 2003. Satellite Rainfall Estimation Using Combined Passive Microwave and Infrared Algorithms. *J. Hydrometeorol.* 4, 1088–1104. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2003\)004<1088:SREUCP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2003)004<1088:SREUCP>2.0.CO;2)

Kidd, C., Levizzani, V., 2011. Status of satellite precipitation retrievals. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 1109–1116. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1109-2011>

Kiladis, G.N., Mo, K.C., 1998. Interannual and Intraseasonal Variability in the Southern Hemisphere, in: Karoly, D.J., Vincent, D.G. (Eds.), *Meteorology of the Southern Hemisphere*. American Meteorological

Society, Boston, MA, p. 307–336. https://doi.org/10.1007/978-1-935704-10-2_11

Kilham, N.E., Roberts, D., 2011. Amazon river time series of surface sediment concentration from MODIS. *Int. J. Remote Sens.* 32, 2659–2679. <https://doi.org/10.1080/01431161003713044>

Killeen, T.J., Douglas, M., Consiglio, T., Jørgensen, P.M., Mejia, J., 2007. Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *J. Biogeogr.* 34, 1357–1373. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01682.x>

Kim, D., Lee, H., Beighley, E., Tshimanga, R.M., 2021. Estimating discharges for poorly gauged river basin using ensemble learning regression with satellite altimetry data and a hydrologic model. *Adv. Sp. Res.* 68, 607–618. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.08.018>

Kim, D., Lee, H., Laraque, A., Tshimanga, R.M., Yuan, T., Jung, H.C., Beighley, E., Chang, C.-H., 2017. Mapping spatio-temporal water level variations over the central Congo River using PALSAR ScanSAR and Envisat altimetry data. *Int. J. Remote Sens.* 38, 7021–7040. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1371867>

Kim, D., Yu, H., Lee, H., Beighley, E., Durand, M., Alsdorf, D.E., Hwang, E., 2019. Ensemble learning regression for estimating river discharges using satellite altimetry data: Central Congo River as a Test-bed. *Remote Sens. Environ.* 221, 741–755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.010>

Kirschke, S., Bousquet, P., Ciais, P., Saunois, M., Canadell, J.G., Dlugokencky, E.J., Bergamaschi, P., Bergmann, D., Blake, D.R., Bruhwiler, L., Cameron-Smith, P., Castaldi, S., Chevallier, F., Feng, L., Fraser, A., Heimann, M., Hodson, E.L., Houweling, S., Josse, B., Fraser, P.J., Krummel, P.B., Lamarque, J.F., Langenfelds, R.L., Le Quéré, C., Naik, V., O’Doherty, S., Palmer, P.I., Pison, I., Plummer, D., Poulter, B., Prinn, R.G., Rigby, M., Ringeval, B., Santini, M., Schmidt, M., Shindell, D.T., Simpson, I.J., Spahni, R., Steele, L.P., Strode, S.A., Sudo, K., Szopa, S., Van Der Werf, G.R., Voulgarakis, A., Van Weele, M., Weiss, R.F., Williams, J.E., Zeng, G., 2013. Three decades of global methane sources and sinks. *Nat. Geosci.* 6, 813–823. <https://doi.org/10.1038/ngeo1955>

Klein, I., Dietz, A., Gessner, U., Dech, S., Kuenzer, C., 2015. Results of the Global WaterPack: A novel product to assess inland water body dynamics on a daily basis. *Remote Sens. Lett.* 6. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.1002945>

Knapp, K.R., Ansari, S., Bain, C.L., Bourassa, M.A., Dickinson, M.J., Funk, C., Helms, C.N., Hennon, C.C., Holmes, C.D., Huffman, G.J., Kossin, J.P., Lee, H.T., Loew, A., Magnusdottir, G., 2011. Globally Gridded Satellite observations for climate studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 92, 893–907. <https://doi.org/10.1175/2011BAMS3039.1>

Koblinsky, C.J., Clarke, R.T., Brenner, A.C., Frey, H., 1993. Measurement of river level variations with satellite altimetry. *Water Resour. Res.* 29, 1839–1848. <https://doi.org/10.1029/93WR00542>

Kolassa, J., Gentine, P., Prigent, C., Aires, F., 2016. Soil moisture retrieval from AMSR-E and ASCAT microwave observation synergy. Part 1: Satellite data analysis. *Remote Sens. Environ.* 173, 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.011>

Koren, I., Martins, J. V., Remer, L.A., Afargan, H., 2008. Smoke Invigoration Versus Inhibition of Clouds over the Amazon. *Science (80-)*. 321, 946–949. <https://doi.org/10.1126/science.1159185>

Kosuth, P., Calleda, J., Laraque, A., Filizola, N., Guyot, J.L., Seyler, P., Fritsch, J.M., Guimaraes, V., 2009.

Sea-tide effects on flows in the lower reaches of the Amazon River. *Hydrol. Process.* 23, 3141–3150. <https://doi.org/10.1002/hyp.7387>

Kumar, S., Del Castillo-Velarde, C., Prado, J.M.V., Rojas, J.L.F., Gutierrez, S.M.C., Alvarez, A.S.M., Martine-Castro, D., Silva, Y., 2020. Rainfall characteristics in the mantaro basin over tropical andes from a vertically pointed profile rain radar and in-situ field campaign. *Atmosphere (Basel)*. 11. <https://doi.org/10.3390/atmos11030248>

Kustas, W.P., Norman, J.M., 1999. Evaluation of soil and vegetation heat flux predictions using a simple two-source model with radiometric temperatures for partial canopy cover, *Agricultural and Forest Meteorology*.

Kutser, T., Pascual, G.C., Barbosa, C., Paavel, B., 2016. Mapping inland water carbon content with Landsat 8 data. *Int. J. Remote Sens.* ISSN. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1186852>

Kvist, L.P., Nebel, G., 2001. A review of Peruvian flood plain forests: Ecosystems, inhabitants and resource use. *For. Ecol. Manage.* 150, 3–26. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00679-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00679-4)

Laipelet, L., Ruhoff, A.L., Fleischmann, A.S., Bloedow Kayser, R.H., Kich, E. de M., Rocha, H.R. da, Usher Neale, C.M., 2020. Assessment of an automated calibration of the SEBAL Algorithm to estimate dry-season surface-energy partitioning in a Forest-Savanna Transition in Brazil. *Remote Sens.* 12. <https://doi.org/10.3390/rs12071108>

Landerer, F.W., Flechtner, F.M., Save, H., Webb, F.H., Bandikova, T., Bertiger, W.I., Bettadpur, S. V., Byun, S.H., Dahle, C., Dobslaw, H., Fahnestock, E., Harvey, N., Kang, Z., Kruizinga, G.L.H., Loomis, B.D., McCullough, C., Murböck, M., Nagel, P., Paik, M., Pie, N., Poole, S., Strelakov, D., Tamisiea, M.E., Wang, F., Watkins, M.M., Wen, H.Y., Wiese, D.N., Yuan, D.N., 2020. Extending the Global Mass Change Data Record: GRACE Follow-On Instrument and Science Data Performance. *Geophys. Res. Lett.* 47. <https://doi.org/10.1029/2020GL088306>

Laranjeiras, T.O., Naka, L.N., Leite, G.A., Cohn-Haft, M., 2021. Effects of a major Amazonian river confluence on the distribution of floodplain forest avifauna. *J. Biogeogr.* 1–14. <https://doi.org/10.1111/jbi.14042>

Latrubesse, E.M., 2012. Amazon lakes, in: Bengtsson, L., Herschy, R.W., Fairbridge, R.W. (Eds.), *Encyclopedia of Lakes and Reservoirs*. Springer Verlag, p. 13–26. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6>

Latrubesse, E.M., Arima, E.Y., Dunne, T., Park, E., Baker, V.R., D’Horta, F.M., Wight, C., Wittmann, F., Zuanon, J., Baker, P.A., Ribas, C.C., Norgaard, R.B., Filizola, N., Ansar, A., Flyvbjerg, B., Stevaux, J.C., 2017. Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature22333>

Latrubesse, E.M., Franzinelli, E., 2002. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology* 44, 241–257. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00177-5)

Lauerwald, R., Regnier, P., Guenet, B., Friedlingstein, P., Ciais, P., 2020. How Simulations of the Land Carbon Sink Are Biased by Ignoring Fluvial Carbon Transfers: A Case Study for the Amazon Basin. *One Earth* 3, 226–236. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.009>

Laurance, W.F., Bruce Williamson, G., 2001. Positive feedbacks among forest fragmentation, drought, and climate change in the Amazon. *Conserv. Biol.* 15, 1529–1535. <https://doi.org/10.1046/j.1523->

Lawrence, D., Vandecar, K., 2015. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nat. Clim. Chang.* 5, 27–36. <https://doi.org/10.1038/nclimate2430>

Lee, H., Beighley, R.E., Alsdorf, D., Jung, H.C., Shum, C.K., Duan, J., Guo, J., Yamazaki, D., Andreadis, K., 2011. Characterization of terrestrial water dynamics in the Congo Basin using GRACE and satellite radar altimetry. *Remote Sens. Environ.* 115, 3530–3538. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.015>

Lee, H., Yuan, T., Jung, H.C., Beighley, E., 2015. Mapping wetland water depths over the central Congo Basin using PALSAR ScanSAR, Envisat altimetry, and MODIS VCF data. *Remote Sens. Environ.* 159, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.11.030>

Lee, H., Yuan, T., Yu, H., Jung, H.C., 2020. Interferometric SAR for Wetland Hydrology: An Overview of Methods, Challenges, and Trends. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 8, 120–135. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2019.2958653>

Lee, Z.-P., Shang, S., Lin, G., Chen, J., Doxaran, D., 2016. On the modeling of hyperspectral remote-sensing reflectance of high-sediment-load waters in the visible to shortwave-infrared domain. *Appl. Opt.* 55, 1738–1750. <https://doi.org/10.1364/AO.55.001738>

LeFavour, G., Alsdorf, D., 2005. Water slope and discharge in the Amazon River estimated using the shuttle radar topography mission digital elevation model. *Geophys. Res. Lett.* 32, 1–5. <https://doi.org/10.1029/2005GL023836>

Legresy, B., Papa, F., Remy, F., Vinay, G., Van Den Bosch, M., Zanife, O.Z., 2005. ENVISAT radar altimeter measurements over continental surfaces and ice caps using the ICE-2 retracking algorithm. *Remote Sens. Environ.* 95, 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.018>

Leite-Filho, A.T., Costa, M.H., Fu, R., 2020. The southern Amazon rainy season: The role of deforestation and its interactions with large-scale mechanisms. *Int. J. Climatol.* 40, 2328–2341. <https://doi.org/10.1002/joc.6335>

Leite-Filho, A.T., Pontes, V.Y. de S., Costa, M.H., 2019. Effects of Deforestation on the Onset of the Rainy Season and the Duration of Dry Spells in Southern Amazonia. *J. Geophys. Res. Atmos.* 124, 5268–5281. <https://doi.org/10.1029/2018JD029537>

Leite-Filho, A.T., Soares-Filho, B.S., Davis, J.L., Abrahão, G.M., Börner, J., 2021. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. *Nat. Commun.* 12, 2591. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7>

Leite, C.C., Costa, M.H., de Lima, C.A., Ribeiro, C.A.A.S., Sedyama, G.C., 2011. Historical reconstruction of land use in the Brazilian Amazon (1940–1995). *J. Land Use Sci.* 6, 33–52. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2010.501157>

Leite, C.C., Costa, M.H., Soares-Filho, B.S., De Barros Viana Hissa, L., 2012. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995. *Global Biogeochem. Cycles* 26. <https://doi.org/10.1029/2011GB004133>

- Lenters, J.D., Cook, K.H., 1997. On the origin of the Bolivian high and related circulation features of the South American climate. *J. Atmos. Sci.* 54, 656–677. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1997\)054<0656:ootootb>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1997)054<0656:ootootb>2.0.co;2)
- Leon, J.G., Calmant, S., Seyler, F., Bonnet, M.P., Cauhopé, M., Frappart, F., Filizola, N., Fraizy, P., 2006. Rating curves and estimation of average water depth at the upper Negro River based on satellite altimeter data and modeled discharges. *J. Hydrol.* 328, 481–496. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.12.006>
- Lesack, F.W., Melack, J.M., 1995. Flooding hydrology and mixture dynamics of lakewater derived from multiple sources in an Amazon floodplain lake. *Water Resour. Res.* 31, 329–345.
- Leuning, R., Zhang, Y.Q., Rajaud, A., Cleugh, H., Tu, K., 2008. A simple surface conductance model to estimate regional evaporation using MODIS leaf area index and the Penman-Monteith equation. *Water Resour. Res.* 44. <https://doi.org/10.1029/2007WR006562>
- Levizzani, V., Cattani, E., 2019. Satellite remote sensing of precipitation and the terrestrial water cycle in a changing climate. *Remote Sens.* <https://doi.org/10.3390/rs11192301>
- Levizzani, V., Laviola, S., Cattani, E., 2011. Detection and measurement of snowfall from space. *Remote Sens.* 3, 145–166. <https://doi.org/10.3390/rs3010145>
- Levizzani, V., Porcú, F., Marzano, F.S., Mugnai, A., Smith, E.A., Prodi, F., 2007. Investigating a SSM/I microwave algorithm to calibrate Meteosat infrared instantaneous rainrate estimates. *Meteorol. Appl.* 3, 5–17. <https://doi.org/10.1002/met.5060030102>
- Levy, M.C., Lopes, A. V., Cohn, A., Larsen, L.G., Thompson, S.E., 2018. Land use change increases streamflow across the arc of deforestation in Brazil. *Geophys. Res. Lett.* 3520–3530. <https://doi.org/10.1002/2017GL076526>
- Lewin, J., Ashworth, P.J., Strick, R.J.P., 2017. Spillage sedimentation on large river floodplains. *Earth Surf. Process. Landforms* 42, 290–305. <https://doi.org/10.1002/esp.3996>
- Lewis, S.L., Brando, P.M., Phillips, O.L., Van Der Heijden, G.M.F., Nepstad, D., 2011. The 2010 Amazon drought. *Science* (80-.). 331, 554. <https://doi.org/10.1126/science.1200807>
- Li, T., Wang, S., Liu, Y., Fu, B., Gao, D., 2020. Reversal of the sediment load increase in the Amazon basin influenced by divergent trends of sediment transport from the Solimões and Madeira Rivers. *Catena* 195, 104804. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104804>
- Liang, Y.C., Lo, M.H., Lan, C.W., Seo, H., Ummenhofer, C.C., Yeager, S., Wu, R.J., Steffen, J.D., 2020. Amplified seasonal cycle in hydroclimate over the Amazon river basin and its plume region. *Nat. Commun.* 11, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18187-0>
- Libonati, R., Pereira, J.M.C., Da Camara, C.C., Peres, L.F., Oom, D., Rodrigues, J.A., Santos, F.L.M., Trigo, R.M., Gouveia, C.M.P., Machado-Silva, F., Enrich-Prast, A., Silva, J.M.N., 2021. Twenty-first century droughts have not increasingly exacerbated fire season severity in the Brazilian Amazon. *Sci. Rep.* 11, 4400. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82158-8>
- Liebmann, B., Smith, C.A., 1996. Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*

- Lima, Leticia S., Coe, M.T., Soares Filho, B.S., Cuadra, S. V., Dias, L.C.P., Costa, M.H., Lima, Leandro S., Rodrigues, H.O., 2014. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the Southwestern Amazon: Implications for the provision of ecosystem services. *Landsc. Ecol.* 29, 261–274. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9962-1>
- Lin, J.C., Matsui, T., Pielke, R.A., Kummerow, C., 2006. Effects of biomass-burning-derived aerosols on precipitation and clouds in the Amazon Basin: a satellite-based empirical study. *J. Geophys. Res.* 111, D19204. <https://doi.org/10.1029/2005JD006884>
- Liu, X., Yang, T., Hsu, K., Liu, C., Sorooshian, S., 2017. Evaluating the streamflow simulation capability of PERSIANN-CDR daily rainfall products in two river basins on the Tibetan Plateau. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 169–181. <https://doi.org/10.5194/hess-21-169-2017>
- Liu, Y.Y., Parinussa, R.M., Dorigo, W.A., De Jeu, R.A.M., Wagner, W., van Dijk, A.I.J.M., McCabe, M.F., Evans, J.P., 2011. Developing an improved soil moisture dataset by blending passive and active microwave satellite-based retrievals. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 425–436. <https://doi.org/10.5194/hess-15-425-2011>
- Llaura, H., Lavado-Casimiro, W., León, K., Jimenez, J., Traverso, K., Rau, P., 2021. Assessing Near Real-Time Satellite Precipitation Products for Flood Simulations at Sub-Daily Scales in a Sparsely Gauged Watershed in Peruvian Andes. *Remote Sens.* 13, 826. <https://doi.org/10.3390/rs13040826>
- Lobo, F., Costa, M., Novo, E., Telmer, K., 2016. Distribution of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the Past 40 Years and Relationship with Water Siltation. *Remote Sens.* 8, 579. <https://doi.org/10.3390/rs8070579>
- Lobo, F., Costa, M.P.F., Novo, E.M.L.M., 2015. Time-series analysis of Landsat-MSS/TM/OLI images over Amazonian waters impacted by gold mining activities. *Remote Sens. Environ.* 157, 170–184. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.030>
- Lobo, F., Novo, E.M.L. de M., Barbosa, C.C.F., Galvão, L.S., 2012. Reference spectra to classify Amazon water types. *Int. J. Remote Sens.* 33, 3422–3442. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.627391>
- Lobo, F., Souza-Filho, P.W.M., Novo, E.M.L. de M., Carlos, F.M., Barbosa, C.C.F., 2018. Mapping mining areas in the Brazilian amazon using MSI/Sentinel-2 imagery (2017). *Remote Sens.* 10. <https://doi.org/10.3390/rs10081178>
- Lobón-Cervía, J., Hess, L.L., Melack, J.M., Araujo-Lima, C.A.R.M., 2015. The importance of forest cover for fish richness and abundance on the Amazon floodplain. *Hydrobiologia* 750, 245–255. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2040-0>
- Lopes, A. V., Chiang, J.C.H., Thompson, S.A., Dracup, J.A., 2016. Trend and uncertainty in spatial-temporal patterns of hydrological droughts in the Amazon basin. *Geophys. Res. Lett.* 43, 3307–3316. <https://doi.org/10.1002/2016GL067738>
- Lopez, T., Al Bitar, A., Biancamaria, S., Güntner, A., Jäggi, A., 2020. On the Use of Satellite Remote Sensing to Detect Floods and Droughts at Large Scales. *Surv. Geophys.* <https://doi.org/10.1007/s10712-020-09618-0>
- Luo, X., Li, H.Y., Ruby Leung, L., Tesfa, T.K., Getirana, A., Papa, F., Hess, L.L., 2017. Modeling surface

water dynamics in the Amazon Basin using MOSART-Inundation v1.0: Impacts of geomorphological parameters and river flow representation. *Geosci. Model Dev.* 10, 1233–1259. <https://doi.org/10.5194/gmd-10-1233-2017>

Luz-Agostinho, K.D.G., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Júlio-Jr., H.F., Fugi, R., 2009. Effects of flooding regime on the feeding activity and body condition of piscivorous fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian J. Biol.* 69, 481–490. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842009000300004>

Maciel, D.A., Barbosa, C.C.F., Novo, E.M.L. de M., Cherukuru, N., Martins, V.S., Flores Júnior, R., Jorge, D.S., Sander de Carvalho, L.A., Carlos, F.M., 2020a. Mapping of diffuse attenuation coefficient in optically complex waters of amazon floodplain lakes. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 170, 72–87. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.10.009>

Maciel, D.A., Novo, E., Sander de Carvalho, L., Barbosa, C., Flores Júnior, R., de Lucia Lobo, F., de Carvalho, L.S., Barbosa, C., Júnior, R.F., Lobo, F.L., 2019. Retrieving Total and Inorganic Suspended Sediments in Amazon Floodplain Lakes: A Multisensor Approach. *Remote Sens.* 11, 1744. <https://doi.org/10.3390/rs11151744>

Maciel, D.A., Novo, E.M.L. de M., Barbosa, C.C.F.C.F.C., Martins, V.S., Flores Júnior, R., Oliveira, A.H., Sander de Carvalho, L.A., Lobo, F. de L., de Carvalho, L., Lobo, F. de L., Márcia, E., Moraes, L. De, Barbosa, C.C.F.C.F.C., Martins, V.S., Júnior, R.F., Oliveira, H., Augusto, L., Carvalho, S. De, Lobo, F. de L., Novo, E.M.L. de M., Barbosa, C.C.F.C.F.C., Martins, V.S., Júnior, R.F., Oliveira, A.H., Sander de Carvalho, L.A., Lobo, F. de L., 2020b. Evaluating the potential of CubeSats for remote sensing reflectance retrieval over inland waters. *Int. J. Remote Sens.* 41, 2807–2817. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2019.1697003>

Madden, R.A., Julian, P.R., 1994. Observations of the 40–50-Day Tropical Oscillation—A Review. *Mon. Weather Rev.* 122, 814–837. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1994\)122<0814:OOTDTP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1994)122<0814:OOTDTP>2.0.CO;2)

Maeda, E.E., Kim, H., Aragão, L.E.O.C., Famiglietti, J.S., Oki, T., 2015. Disruption of hydroecological equilibrium in southwest Amazon mediated by drought. *Geophys. Res. Lett.* 42, 7546–7553. <https://doi.org/10.1002/2015GL065252>

Maeda, E.E., Ma, X., Wagner, F.H., Kim, H., Oki, T., Eamus, D., Huete, A., 2017. Evapotranspiration seasonality across the Amazon Basin. *Earth Syst. Dyn.* 8, 439–454. <https://doi.org/10.5194/esd-8-439-2017>

Manz, B., Páez-Bimos, S., Horna, N., Buytaert, W., Ochoa-Tocachi, B., Lavado-Casimiro, W., Willems, B., 2017. Comparative ground validation of IMERG and TMPA at variable spatiotemporal scales in the tropical Andes. *J. Hydrometeorol.* 18, 2469–2489. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0277.1>

Marengo, J.A., 2005. Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon river basin water budget. *Clim. Dyn.* 24, 11–22. <https://doi.org/10.1007/s00382-004-0461-6>

Marengo, J.A., Espinoza, J.C., 2016. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *Int. J. Climatol.* 36, 1033–1050. <https://doi.org/10.1002/joc.4420>

Marengo, J.A., Nobre, C.A., Tomasella, J., Cardoso, M.F., Oyama, M.D., 2008. Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 363, 1773–1778. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0015>

Marengo, J.A., Souza, C.M., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R.A., Alves, L.M., Soares, W.R., 2018. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Front. Earth Sci.* <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>

Marengo, J.A., Tomasella, J., Alves, L.M., Soares, W.R., Rodriguez, D.A., 2011. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophys. Res. Lett.* 38, 1–5. <https://doi.org/10.1029/2011GL047436>

Marinho, R.R., Filizola Junior, N.P., Cremon, É.H., 2020. Analysis of Suspended Sediment in the Anavilhanas Archipelago, Rio Negro, Amazon Basin. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w12041073>

Marinho, R.R., Harmel, T., Martinez, J.M., Junior, N.P.F., 2021. Spatiotemporal dynamics of suspended sediments in the negro river, amazon basin, from in situ and sentinel-2 remote sensing data. *ISPRS Int. J. Geo-Information* 10. <https://doi.org/10.3390/ijgi10020086>

Marinho, T., Filizola, N., Martinez, J.M., Armijos, E., Nascimento, A., 2018. Suspended sediment variability at the Solimões and negro confluence between May 2013 and February 2014. *Geosci.* 8. <https://doi.org/10.3390/geosciences8070265>

Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., Van Der Schalie, R., De Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A., Verhoest, N.E.C., 2017. GLEAM v3: Satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture. *Geosci. Model Dev.* 10, 1903–1925. <https://doi.org/10.5194/gmd-10-1903-2017>

Martinez, J., Espinoza-villar, R., Armijos, E., Moreira, L.S., 2015. The optical properties of river and floodplain waters in the Amazon River Basin: Implications for satellite-based measurements of suspended particulate matter - Supplementary material. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 1, 1–11. <https://doi.org/10.1002/2014JF003404>. Received

Martinez, J.A., Dominguez, F., 2014. Sources of Atmospheric Moisture for the La Plata River Basin*. *J. Clim.* 27, 6737–6753. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00022.s1>

Martinez, J.M., Guyot, J.L., Filizola, N., Sondag, F., 2009. Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. *Catena* 79, 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.011>

Marzano, F.S., Member, S., Palmacci, M., Cimini, D., Giuliani, G., Turk, F.J., 2004. Multivariate Statistical Integration of Satellite Infrared and Microwave Radiometric Measurements for Rainfall Retrieval at the Geostationary Scale 42, 1018–1032.

Massari, C., 2020. GPM+SM2RAIN (2007-2018): quasi-global 25km/daily rainfall product from the integration of GPM and SM2RAIN-based rainfall products. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3854817>

Massari, C., Brocca, L., Tarpanelli, A., Moramarco, T., 2015. Data assimilation of satellite soil moisture into rainfall-runoffmodelling: A complex recipe?, *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs70911403>

Matthews, E., Fung, I., 1987. Methane emission from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources. *Global Biogeochem. Cycles* 1, 61–86. <https://doi.org/10.1029/GB001i001p00061>

Matthews, M.W., 2011. A current review of empirical procedures of remote sensing in Inland and near-coastal transitional waters. *Int. J. Remote Sens.* 32, 6855–6899. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.512947>

Mayta, V.C., Ambrizzi, T., Espinoza, J.C., Silva Dias, P.L., 2019. The role of the Madden–Julian oscillation on the Amazon Basin intraseasonal rainfall variability. *Int. J. Climatol.* 39, 343–360. <https://doi.org/10.1002/joc.5810>

McCabe, M.F., Rodell, M., Alsdorf, D.E., Miralles, D.G., Uijlenhoet, R., Wagner, W., Lucieer, A., Houborg, R., Verhoest, N.E.C., Franz, T.E., Shi, J., Gao, H., Wood, E.F., 2017. The future of Earth observation in hydrology. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 3879–3914. <https://doi.org/10.5194/hess-21-3879-2017>

McCorkel, J., Montanaro, M., Efremova, B., Pearlman, A., Wenny, B., Lunsford, A., Simon, A., Hair, J., Reuter, D., 2018. Landsat 9 Thermal Infrared Sensor 2 Characterization Plan Overview, in: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE, Valencia, Spain*, p. 8845–8848.

Meade, R.H., 1994. Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco rivers. *Quat. Int.* 21, 29–39. [https://doi.org/10.1016/1040-6182\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/1040-6182(94)90019-1)

Melack, J.M., 2016. Aquatic ecosystems, in: Nagy, L., Artaxo, P., Forsberg, B.R. (Orgs.), *Interactions Between Biosphere, Atmosphere, and Human Land Use in the Amazon Basin*. Springer, p. 117–145. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49902-3_1

Melack, J.M., Amaral, J.H.F., Kasper, D., Barbosa, P.M., Forsberg, B.R., 2021. Limnological perspectives on conservation of aquatic ecosystems in the Amazon basin. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 30. <https://doi.org/10.1002/aqc.3556>

Melack, J.M., Coe, M., 2021. Amazon floodplain hydrology and implications for aquatic conservation. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 31, 1029–1040.

Melack, J.M., Forsberg, B.R., 2001. The Biogeochemistry of the Amazon Floodplain Lakes and Associated Wetlands. *Biogeochem. Amaz. Basin its Role a Chang. World.*

Melack, J.M., Hess, L.L., 2010. Remote sensing of the distribution and extend of wetlands in the Amazon Basin, in: W., J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin, P. (Orgs.), *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, ecology, biodiversity and sustainable management. Ecological Studies*. Springer, Dordrecht, p. 43–59. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_3

Melack, J.M., Hess, L.L., Gastil, M., Forsberg, B.R., Hamilton, S.K., Lima, I.B.T., Novo, E.M.L.M., 2004. Regionalization of methane emissions in the Amazon Basin with microwave remote sensing. *Glob. Chang. Biol.* 10, 530–544. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00763.x>

Melack, J.M., Novo, E.M.L.M., Forsberg, B.R., Piedade, M.T.F.F., Maurice, L., 2009. Floodplain Ecosystem Processes. *Amaz. Glob. Chang.* 525–541. <https://doi.org/10.1029/2008GM000727>

Menenti, M., Choudhury, B.J., 1993. Parameterization of land surface evaporation by means of location dependent potential evaporation and surface temperature range, in: *Exchange Processes at the Land Surface for a Range of Space and Time Scales. IAHS Publ, Yokohama, Japan*, p. 561–568.

Mertes, L.A.K., 1997. Documentation and significance of the perirheic zone on inundated floodplains. *Water Resour. Res.* 33, 1749–1762. <https://doi.org/10.1029/97WR00658>

Mertes, L.A.K., Daniel, D.L., Melack, J.M., Nelson, B., Martinelli, L.A., Forsberg, B.R., 1995. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon river in Brazil from a remote sensing perspective. *Geomorphology* 13, 215–232. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00038-7](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00038-7)

Mertes, L.A.K., Dunne, T., Martinelli, L.A., 1996. Channel-floodplain geomorphology along the Solimoes-Amazon River, Brazil. *Bull. Geol. Soc. Am.* 108, 1089–1107. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1996\)108<1089:CFGATS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1996)108<1089:CFGATS>2.3.CO;2)

Mertes, L.A.K., Smith, M.O., Adams, J.B., 1993. Estimating suspended sediment concentrations in surface waters of the amazon river wetlands from landsat images. *Remote Sens. Environ.* 43, 281–301. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(93\)90071-5](https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90071-5)

Michel, D., Jiménez, C., Miralles, D.G., Jung, M., Hirschi, M., Ershadi, A., Martens, B., McCabe, M.F., Fisher, J.B., Mu, Q., Seneviratne, S.I., Wood, E.F., Fernández-Prieto, D., 2016. The WACMOS-ET project - Part 1: Tower-scale evaluation of four remote-sensing-based evapotranspiration algorithms. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20, 803–822. <https://doi.org/10.5194/hess-20-803-2016>

Miguez-Macho, G., Fan, Y., 2012. The role of groundwater in the Amazon water cycle: 1. Influence on seasonal streamflow, flooding and wetlands. *J. Geophys. Res. Atmos.* 117, 1–30. <https://doi.org/10.1029/2012JD017539>

Minnis, P., Harrison, E.F., 1984. Diurnal Variability of Regional Cloud and Clear-Sky Radiative Parameters Derived from GOES Data. Part II: November 1978 Cloud Distributions. *J. Clim. Appl. Meteorol.* 23, 1012–1031. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1984\)023<1012:DVORCA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023<1012:DVORCA>2.0.CO;2)

Miralles, D.G., Holmes, T.R.H., De Jeu, R.A.M., Gash, J.H., Meesters, A.G.C.A., Dolman, A.J., 2011. Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 453–469. <https://doi.org/10.5194/hess-15-453-2011>

Miralles, D.G., Jiménez, C., Jung, M., Michel, D., Ershadi, A., McCabe, M.F., Hirschi, M., Martens, B., Dolman, A.J., Fisher, J.B., Mu, Q., Seneviratne, S.I., Wood, E.F., Fernández-Prieto, D., 2016. The WACMOS-ET project - Part 2: Evaluation of global terrestrial evaporation data sets. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20, 823–842. <https://doi.org/10.5194/hess-20-823-2016>

Mobley, C.D., 1994. *Light and water: radiative transfer in natural waters*. Academic press.

Mohammadimanesh, F., Salehi, B., Mahdianpari, M., Brisco, B., Motagh, M., 2018. Wetland Water Level Monitoring Using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR): A Review. *Can. J. Remote Sens.* 0, 1–16. <https://doi.org/10.1080/07038992.2018.1477680>

Mohor, G.S., Rodriguez, D.A., Tomasella, J., Siqueira Júnior, J.L., 2015. Exploratory analyses for the assessment of climate change impacts on the energy production in an Amazon run-of-river hydropower plant. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 4, 41–59. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.04.003>

Molina-Carpio, J., Espinoza, J.C., Vauchel, P., Ronchail, J., Gutierrez Caloir, B., Guyot, J.L., Noriega, L., 2017. Hydroclimatology of the Upper Madeira River basin: spatio-temporal variability and trends.

Hydrol. Sci. J. 62, 911–927. <https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1267861>

Molinas, E., Carneiro, J.C., Vinzon, S., 2020. Internal tides as a major process in Amazon continental shelf fine sediment transport. *Mar. Geol.* 430. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106360>

Montanher, O.C., Novo, E.M.L. de M., Barbosa, C.C.F.F., Rennó, C.D., Silva, T.S.F.F., 2014. Empirical models for estimating the suspended sediment concentration in Amazonian white water rivers using Landsat 5/TM. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 29, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.01.001>

Montanher, O.C., Novo, E.M.L. de M., Filho, E.D.S., 2018. Temporal trend of the suspended sediment transport of the Amazon River (1984 – 2016). *Hydrol. Sci. J.* 63, 1901–1912. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1546387>

Montazem, A., Garambois, P., Calmant, S., Finaud-Guyot, P., Monnier, J., Medeiros Moreira, D., Minear, J.T., Biancamaria, S., 2019. Wavelet-based river segmentation using hydraulic control-preserving water surface elevation profile properties. *Geophys. Res. Lett.* 2019GL082986. <https://doi.org/10.1029/2019GL082986>

Monteith, J., 1965. Evaporation and the Environment in the State and Movement of Water in Living Organisms, in: *Proceedings of the Society for Experimental Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 205–234.

Monteith, J., Unsworth, M., 2013. *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere*, Fourth. ed, *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere: Fourth Edition*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66393-0>

Moreira, A.A., Ruhoff, A.L., Roberti, D.R., Souza, V. de A., da Rocha, H.R., de Paiva, R.C.D., 2019. Assessment of terrestrial water balance using remote sensing data in South America. *J. Hydrol.* 575, 131–147. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.021>

Mu, Q., Heinsch, F.A., Zhao, M., Running, S.W., 2007. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sens. Environ.* 111, 519–536. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.04.015>

Mu, Q., Zhao, M., Running, S.W., 2011. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sens. Environ.* 115, 1781–1800. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.019>

Mueller, J.L., Morel, A., Frouin, R., Davis, C.O., Arnone, R. a., Carder, K.L., Lee, Z.-P., Steward, R.G., Hooker, S.B., Mobley, C.D., McLean, S., Holben, B.N., Miller, M., Pietras, C., Knobelspiesse, K.D., Fargion, G.S., Porter, J., Voss, K.J., 2003. Vol 3: Radiometric Measurements and Data Analysis Protocols. *Ocean Opt. Protoc. Satell. Ocean Color Sens. Validation, Revis. 4 III*, 78.

Munier, S., Aires, F., 2018. A new global method of satellite dataset merging and quality characterization constrained by the terrestrial water budget. *Remote Sens. Environ.* 205, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.008>

Nagel, G.W., Novo, E.M.L. de M., Kampel, M., 2020. Nanosatellites applied to optical Earth observation: a review. *Rev. Ambient. e Agua* 9, 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

Nagy, L., Artaxo, P., Forsberg, B.R., 2016. *Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin*, 1o ed. Springer, Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3->

- Ndehedehe, C.E., Ferreira, V.G., 2020. Assessing land water storage dynamics over South America. *J. Hydrol.* 580. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124339>
- Neal, J.C., Odoni, N.A., Trigg, M.A., Freer, J.E., Garcia-Pintado, J., Mason, D.C., Wood, M., Bates, P.D., 2015. Efficient incorporation of channel cross-section geometry uncertainty into regional and global scale flood inundation models. *J. Hydrol.* 529, 169–183. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.07.026>
- Negri, A.J., Adler, R.F., Nelkin, E.J., Huffman, G.J., 1994. Regional Rainfall Climatologies Derived from Special Sensor Microwave Imager (SSM/I) Data. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 75, 1165–1182. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1994\)075<1165:RRCDFS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1994)075<1165:RRCDFS>2.0.CO;2)
- Negri, A.J., Anagnostou, E.N., Adler, R.F., 2000. A 10-yr climatology of amazonian rainfall derived from passive microwave satellite observations. *J. Appl. Meteorol.* 39, 42–56. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2000\)039<0042:AYCOAR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<0042:AYCOAR>2.0.CO;2)
- Nguyen, P., Shearer, E.J., Tran, H., Ombadi, M., Hayatbini, N., Palacios, T., Huynh, P., Braithwaite, D., Updegraff, G., Hsu, K., Kuligowski, B., Logan, W.S., Sorooshian, S., 2019. The CHRS data portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data. *Sci. Data* 6, 1–10. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.296>
- Niroumand-Jadidi, M., Bovolo, F., Bruzzone, L., 2020. Water quality retrieval from PRISMA hyperspectral images: First experience in a turbid lake and comparison with sentinel-2. *Remote Sens.* 12, 1–21. <https://doi.org/10.3390/rs12233984>
- Niu, J., Shen, C., Chambers, J.Q., Melack, J.M., Riley, W.J., 2017. Interannual Variation in Hydrologic Budgets in an Amazonian Watershed with a Coupled Subsurface–Land Surface Process Model. *J. Hydrometeorol.* 18, 2597–2617. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0108.1>
- Nobrega, I.W. da, 2002. Análise espectral de sistemas aquáticos da Amazônia para a identificação de componentes opticamente ativos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.
- Nóbrega, R.L.B., Guzha, A.C., Torres, G.N., Kovacs, K., Lamparter, G., Amorim, R.S.S., Couto, E., Gerold, G., 2017. Effects of conversion of native cerrado vegetation to pasture on soil hydro-physical properties, evapotranspiration and streamflow on the Amazonian agricultural frontier. *PLoS One* 15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179414>
- Norman, J.M., Kustas, W.P., Humes, K.S., 1995. Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature, *Agricultural and Forest Meteorology*.
- Normandin, C., Frappart, F., Diepkil, A.T., Marieu, V., Mougou, E., Blarel, F., Lubac, B., Braquet, N., Ba, A., 2018. Evolution of the Performances of Radar Altimetry Missions from ERS-2 to Sentinel-3A over the Inner Niger Delta. *Remote Sens.* 10, 833. <https://doi.org/10.3390/rs10060833>
- Novo, E.M.L. de M., de Farias Barbosa, C.C., Freitas, R.M., Shimabukuro, Y.E., Melack, J.M., Filho, W.P., 2006. Seasonal changes in chlorophyll distributions in Amazon floodplain lakes derived from MODIS images. *Limnology* 7, 153–161. <https://doi.org/10.1007/s10201-006-0179-8>

Novo, E.M.L. de M., Shimabukuro, Y.E., 1997. Identification and mapping of the Amazon habitats using a mixing model. *Int. J. Remote Sens.* 18, 663–670. <https://doi.org/10.1080/014311697218999>

Novoa, S., Doxaran, D., Ody, A., Vanhellemont, Q., Lafon, V., Lubac, B., Gernez, P., 2017. Atmospheric corrections and multi-conditional algorithm for multi-sensor remote sensing of suspended particulate matter in low-to-high turbidity levels coastal waters. *Remote Sens.* 9. <https://doi.org/10.3390/rs9010061>

Numata, I., Khand, K., Kjaersgaard, J., Cochrane, M.A., Silva, S.S., 2017. Evaluation of Landsat-Based METRIC Modeling to Provide High-Spatial Resolution Evapotranspiration Estimates for Amazonian Forests. *Remote Sens.* . <https://doi.org/10.3390/rs9010046>

O'Loughlin, F.E., Paiva, R.C.D., Durand, M., Alsdorf, D.E., Bates, P.D., 2016. A multi-sensor approach towards a global vegetation corrected SRTM DEM product. *Remote Sens. Environ.* 182, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.018>

Odermatt, D., Gitelson, A., Brando, V.E., Schaepman, M., 2012. Review of constituent retrieval in optically deep and complex waters from satellite imagery. *Remote Sens. Environ.* 118, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.013>

Oliveira, A.M., Fleischmann, A.S., Paiva, R.C.D., 2021. On the contribution of remote sensing-based calibration to model hydrological and hydraulic processes in tropical regions. *J. Hydrol.* 126184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126184>

Oliveira, P.T.S., Nearing, M.A., Moran, M.S., Goodrich, D.C., Wendland, E., Gupta, H. V., 2014. Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado. *Water Resour. Res.* 50, 7100–7114. <https://doi.org/10.1002/2013WR015202>

Oliveira, R., Maggioni, V., Vila, D., Morales, C., 2016. Characteristics and diurnal cycle of GPM rainfall estimates over the Central Amazon region. *Remote Sens.* 8. <https://doi.org/10.3390/rs8070544>

Overando, A., Martinez, J.M., Tomasella, J., Rodriguez, D.A., von Randow, C., 2018. Multi-temporal flood mapping and satellite altimetry used to evaluate the flood dynamics of the Bolivian Amazon wetlands. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 69, 27–40. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.02.013>

Overando, A., Tomasella, J., Rodriguez, D.A., Martinez, J.M., Siqueira-Junior, J.L., Pinto, G.L.N., Passy, P., Vauchel, P., Noriega, L., von Randow, C., 2016. Extreme flood events in the Bolivian Amazon wetlands. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 5, 293–308. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.004>

Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2016. Two and a half years of country-wide rainfall maps using radio links from commercial cellular telecommunication networks. *Water Resour. Res.* 52, 8039–8065. <https://doi.org/10.1002/2016WR019412>

Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2013. Country-wide rainfall maps from cellular communication networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 2741–2745. <https://doi.org/10.1073/pnas.1217961110>

Paca, V.H. da M., Espinoza-Dávalos, G., Moreira, D., Comair, G., 2020. Variability of Trends in Precipitation across the Amazon River Basin Determined from the CHIRPS Precipitation Product and from Station Records. *Water* 12, 1244. <https://doi.org/10.3390/w12051244>

Paca, V.H. da M., Espinoza-Dávalos, G.E., Hessels, T.M., Moreira, D.M., Comair, G.F., Bastiaansen, W.G.M., 2019. The spatial variability of actual evapotranspiration across the Amazon River Basin based

on remote sensing products validated with flux towers. *Ecol. Process.* 8. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0158-8>

Paccini, L., Espinoza, J.C., Ronchail, J., Segura, H., 2018. Intra-seasonal rainfall variability in the Amazon basin related to large-scale circulation patterns: a focus on western Amazon-Andes transition region. *Int. J. Climatol.* 38, 2386–2399. <https://doi.org/10.1002/joc.5341>

Paiva, R.C.D. de, 2020. Advances and challenges in the water sciences in Brazil: a community synthesis of the XXIII Brazilian Water Resources Symposium. *Rev. Bras. Recur. Hídricos* 5. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200136>

Paiva, R.C.D. de, Buarque, D.C., Clarke, R.T., Collischonn, W., Allasia, D.G., 2011a. Reduced precipitation over large water bodies in the Brazilian Amazon shown from TRMM data. *Geophys. Res. Lett.* 38. <https://doi.org/10.1029/2010GL045277>

Paiva, R.C.D. de, Buarque, D.C., Collischonn, W., Bonnet, M.P., Frappart, F., Calmant, S., Bulhões Mendes, C.A., 2013a. Large-scale hydrologic and hydrodynamic modeling of the Amazon River basin. *Water Resour. Res.* 49, 1226–1243. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20067>

Paiva, R.C.D. de, Collischonn, W., Bonnet, M.P., De Gonçalves, L.G.G., Calmant, S., Getirana, A., Santos Da Silva, J., 2013b. Assimilating in situ and radar altimetry data into a large-scale hydrologic-hydrodynamic model for streamflow forecast in the Amazon. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 2929–2946. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2929-2013>

Paiva, R.C.D. de, Collischonn, W., Buarque, D.C., 2013c. Validation of a full hydrodynamic model for large-scale hydrologic modelling in the Amazon. *Hydrol. Process.* 27, 333–346. <https://doi.org/10.1002/hyp.8425>

Paiva, R.C.D. de, Collischonn, W., Tucci, C.E.M., 2011b. Large scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach. *J. Hydrol.* 406, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.06.007>

Pan, M., Sahoo, A.K., Troy, T.J., Vinukollu, R.K., Sheffield, J., Wood, A.E.F., 2012. Multisource estimation of long-term terrestrial water budget for major global river basins. *J. Clim.* 25, 3191–3206. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00300.1>

Pan, M., Wood, E.F., 2006. Data Assimilation for Estimating the Terrestrial Water Budget Using a Constrained Ensemble Kalman Filter. *J. Hydrometeorol.* 7, 534–547. <https://doi.org/10.1175/JHM495.1>

Panday, P.K., Coe, M.T., Macedo, M.N., Lefebvre, P., Castanho, A.D. de A., 2015. Deforestation offsets water balance changes due to climate variability in the Xingu River in eastern Amazonia. *J. Hydrol.* 523, 822–829. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.018>

Pangala, S.R., Enrich-Prast, A., Basso, L.S., Peixoto, R.B., Bastviken, D., Hornibrook, E.R.C., Gatti, L. V., Marotta, H., Calazans, L.S.B., Sakuragui, C.M., Bastos, W.R., Malm, O., Gloor, E., Miller, J.B., Gauci, V., 2017. Large emissions from floodplain trees close the Amazon methane budget. *Nature* 552, 230–234. <https://doi.org/10.1038/nature24639>

Panosso, R.D.F., Muehe, D., Esteves, F.D.A., 1995. Morphological characteristics of an Amazon floodplain lake (Lake Batata, Para State, Brazil). *Amazonia* 13, 245–258.

- Paola, F. Di, Casella, D., Dietrich, S., Mugnai, A., Ricciardelli, E., Romano, F., San, P., Paola, F. Di, 2012. Combined MW-IR Precipitation Evolving Technique (PET) of convective rain fields 3557–3570. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-3557-2012>
- Papa, F., Frappart, F., Güntner, A., Prigent, C., Aires, F., Getirana, A.C. V, Maurer, R., 2013. Surface freshwater storage and variability in the Amazon basin from multi-satellite observations, 1993–2007. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 11951–11965. <https://doi.org/10.1002/2013JD020500>
- Papa, F., Frappart, F., Malbeteau, Y., Shamsudduha, M., Vuruputur, V., Sekhar, M., Ramillien, G., Prigent, C., Aires, F., Pandey, R.K., Bala, S., Calmant, S., 2015. Satellite-derived surface and sub-surface water storage in the Ganges–Brahmaputra River Basin. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 4, 15–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.03.004>
- Papa, F., Günther, A., Frappart, F., Prigent, C., Rossow, W.B.B., Güntner, A., Frappart, F., Prigent, C., Rossow, W.B.B., 2008. Variations of surface water extent and water storage in large river basins: A comparison of different global data sources. *Geophys. Res. Lett.* 35, L11401. <https://doi.org/10.1029/2008GL033857>
- Papa, F., Prigent, C., Aires, F., Jimenez, C., Rossow, W.B., Matthews, E., 2010. Interannual variability of surface water extent at the global scale, 1993–2004. *J. Geophys. Res. Atmos.* 115. <https://doi.org/10.1029/2009JD012674>
- Paredes Trejo, F.J., Barbosa, H.A., Peñaloza-Murillo, M.A., Alejandra Moreno, M., Fariás, A., 2016. Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with CHIRPS gridded product and rain gauge data over Venezuela. *Atmosfera* 29, 323–342. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.04.04>
- Paris, A., Calmant, S., Gosset, M., Fleischmann, A., Conchy, T., Bricquet, J.-P., Garambois, P.-A., Papa, F., Tshimanga, R., Gulemvuga Guzanga, G., et al., 2020. Monitoring hydrological variables from remote sensing and modelling in the Congo River basin. *Earth Sp. Sci. Open Arch.* 53. <https://doi.org/10.1002/essoar.10505518.1>
- Paris, A., Paiva, R.D. de, Silva, J.S. da, Moreira, D.M., Calmant, S., Garambois, P.-A., Collischonn, W., Bonnet, M.-P., Seyler, F., 2016. Stage-discharge rating curves based on satellite altimetry and modeled discharge in the Amazon basin. *Water Resour. Res.* 52, 3787–3814. <https://doi.org/10.1002/2014WR016618>.Received
- Park, E., 2020. Characterizing channel-floodplain connectivity using satellite altimetry: Mechanism, hydrogeomorphic control, and sediment budget. *Remote Sens. Environ.* 243, 111783. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111783>
- Park, E., Emadzadeh, A., Alcântara, E., Yang, X., Ho, H.L., 2020. Inferring floodplain bathymetry using inundation frequency. *J. Environ. Manage.* 273. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111138>
- Park, E., Latrubesse, E.M., 2019. A geomorphological assessment of wash-load sediment fluxes and floodplain sediment sinks along the lower Amazon River. <https://doi.org/10.1130/G45769.1>
- Park, E., Latrubesse, E.M., 2017. The hydro-geomorphologic complexity of the lower Amazon River floodplain and hydrological connectivity assessed by remote sensing and field control. *Remote Sens. Environ.* 198, 321–332. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.021>
- Park, E., Latrubesse, E.M., 2014. Modeling suspended sediment distribution patterns of the

Amazon River using MODIS data. *Remote Sens. Environ.* 147, 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.013>

Parrens, M., Bitar, A. Al, Frappart, F., Paiva, R., Wongchuig, S., Papa, F., Yamasaki, D., Kerr, Y., 2019. High resolution mapping of inundation area in the Amazon basin from a combination of L-band passive microwave, optical and radar datasets. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 81, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.04.011>

Parrens, M., Bitar, A. Al, Frappart, F., Papa, F., Calmant, S., Crétaux, J.F., Wigneron, J.P., Kerr, Y., 2017. Mapping dynamic water fraction under the tropical rain forests of the Amazonian basin from SMOS brightness temperatures. *Water* 9, 350. <https://doi.org/10.3390/w9050350>

Pearce, F., 2020. Weather makers. *Science* (80-.). 368, 1302–1305. <https://doi.org/10.1126/science.368.6497.1302>

Peixoto, J.M.A., Nelson, B.W., Wittmann, F., 2009. Spatial and temporal dynamics of river channel migration and vegetation in central Amazonian white-water floodplains by remote-sensing techniques. *Remote Sens. Environ.* 113, 2258–2266. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.06.015>

Pekel, J.F., Cottam, A., Gorelick, N., Belward, A.S., 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540, 418–422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>

Pellet, V., Aires, F., Yamazaki, D., 2021. Coherent Satellite Monitoring of the Water Cycle Over the Amazon. Part 2: Total Water Storage Change and River Discharge Estimation. *Water Resour. Res.* 57. <https://doi.org/10.1029/2020WR028648>

Peng, B., Shi, J., Ni-Meister, W., Zhao, T., Ji, D., 2014. Evaluation of TRMM multisatellite precipitation analysis (tmpa) products and their potential hydrological application at an arid and semiarid basin in china. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 7, 3915–3930. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2014.2320756>

Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. Lond. A. Math. Phys. Sci.* 194, 120–146. <https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037>

Peral, E., Tanelli, S., Statham, S., Joshi, S., Imken, T., Price, D., Sauder, J., Chahat, N., Williams, A., 2019. RainCube: the first ever radar measurements from a CubeSat in space. *J. Appl. Remote Sens.* 13, 1. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.13.032504>

Pfeffer, J., Seyler, F., Bonnet, M.-P., Calmant, S., Frappart, F., Papa, F., Paiva, R.C.D., Satgé, F., Silva, J.S. Da, 2014. Low-water maps of the groundwater table in the central Amazon by satellite altimetry. *Geophys. Res. Lett.* 41, 1981–1987. <https://doi.org/10.1002/2013GL059134>

Pham-Duc, B., Papa, F., Prigent, C., Aires, F., Biancamaria, S., Frappart, F., 2019. Variations of Surface and Subsurface Water Storage in the Lower Mekong Basin (Vietnam and Cambodia) from Multisatellite Observations. *Water* 11. <https://doi.org/10.3390/w11010075>

Pham-Duc, B., Sylvestre, F., Papa, F., Frappart, F., Bouchez, C., Crétaux, J.F., 2020. The Lake Chad hydrology under current climate change. *Sci. Rep.* 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62417-w>

Phillips, O.L., Aragão, L.E.O.C., Lewis, S.L., Fisher, J.B., Lloyd, J., López-González, G., Malhi, Y.,

Monteagudo, A., Peacock, J., Quesada, C.A., Van Der Heijden, G., Almeida, S., Amaral, I., Arroyo, L., Aymard, G., Baker, T.R., Bánki, O., Blanc, L., Bonal, D., Brando, P., Chave, J., De Oliveira, Á.C.A., Cardozo, N.D., Czimczik, C.I., Feldpausch, T.R., Freitas, M.A., Gloor, E., Higuchi, N., Jiménez, E., Lloyd, G., Meir, P., Mendoza, C., Morel, A., Neill, D.A., Nepstad, D., Patiño, S., Peñuela, M.C., Prieto, A., Ramírez, F., Schwarz, M., Silva, J., Silveira, M., Thomas, A.S., Steege, H. Ter, Stropp, J., Vásquez, R., Zelazowski, P., Dávila, E.A., Andelman, S., Andrade, A., Chao, K.J., Erwin, T., Di Fiore, A., Honorio, E.C., Keeling, H., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Cruz, A.P., Pitman, N.C.A., Vargas, P.N., Ramírez-Angulo, H., Rudas, A., Salamão, R., Silva, N., Terborgh, J., Torres-Lezama, A., 2009. Drought sensitivity of the amazon rainforest. *Science* (80-.). 323, 1344–1347. <https://doi.org/10.1126/science.1164033>

Pilotto, I.L., Rodríguez, D.A., Tomasella, J., Sampaio, G., Chou, S.C., 2015. Comparisons of the Noah-MP land surface model simulations with measurements of forest and crop sites in Amazonia. *Meteorol. Atmos. Phys.* 127, 711–723. <https://doi.org/10.1007/s00703-015-0399-8>

Pinel, S., Bonnet, M.-P., Santos Da Silva, J., Moreira, D., Calmant, S., Satgé, F., Seyler, F., 2015. Correction of Interferometric and Vegetation Biases in the SRTMGL1 Spaceborne DEM with Hydrological Conditioning towards Improved Hydrodynamics Modeling in the Amazon Basin. *Remote Sens.* 7, 16108–16130. <https://doi.org/10.3390/rs71215822>

Pinel, S., Bonnet, M., Silva, J.S. Da, Sampaio, T.C., Garnier, J., Fragoso, C.R.J., Moreira, D., Motta Marques, D.M.L., Seyler, F., 2019. Flooding dynamics within a Amazonian floodplain: Water circulation patterns and inundation duration. *Water Resour. Res.* 1–23.

Pinet, S.Y.P., Artínez, J.E.A.N.I.M., Uillon, S.Y.O., Runo, B., Artiges, L., Illar, R.A.U.L.E.S. V, 2017. Variability of apparent and inherent optical properties of sediment-laden waters in large river basins – lessons from in situ measurements and bio-optical modeling. *Opt. Express* 25, 283–310.

Pison, I., Ringeval, B., Bousquet, P., Prigent, C., Papa, F., 2013. Stable atmospheric methane in the 2000s: Key-role of emissions from natural wetlands. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 11609–11623. <https://doi.org/10.5194/acp-13-11609-2013>

Pokhrel, Y.N., Fan, Y., Miguez-Macho, G., 2014. Potential hydrologic changes in the Amazon by the end of the 21st century and the groundwater buffer. *Environ. Res. Lett.* 9, 084004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/8/084004>

Pokhrel, Y.N., Fan, Y., Miguez-Macho, G., Yeh, P.J.F., Han, S.C., 2013. The role of groundwater in the Amazon water cycle: 3. Influence on terrestrial water storage computations and comparison with GRACE. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 3233–3244. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50335>

Pontes, P.R.M., Cavalcante, R.B.L., Sahoo, P.K., Silva Júnior, R.O. d., da Silva, M.S., Dall'Agnol, R., Siqueira, J.O., 2019. The role of protected and deforested areas in the hydrological processes of Itacaiúnas River Basin, eastern Amazonia. *J. Environ. Manage.* 235, 489–499. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.090>

Potter, C., Melack, J.M., Engle, D., 2014. Modeling methane emissions from amazon floodplain ecosystems. *Wetlands* 34, 501–511. <https://doi.org/10.1007/s13157-014-0516-3>

Prabhakara, C., Short, D.A., Wiscombe, W., Fraser, R.S., Vollmer, B.E., 1986. Rainfall over Oceans Inferred from Nimbus 7 SMMR: Application to 1982–83 El Niño. *J. Clim. Appl. Meteorol.* 25, 1464–1474.

Priestley, C.H.B., Taylor, R.J., 1972. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Mon. Weather Rev.* 100, 81–92. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1972\)100<0081:otaosh>2.3.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1972)100<0081:otaosh>2.3.co;2)

Prigent, C., 2010. Precipitation retrieval from space: An overview. *Comptes Rendus - Geosci.* 342, 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2010.01.004>

Prigent, C., Aires, F., Rossow, W.B., Robock, A., 2005. Sensitivity of satellite microwave and infrared observations to soil moisture at a global scale: Relationship of satellite observations to in situ soil moisture measurements. *J. Geophys. Res. Atmos.* 110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2004JD005087>

Prigent, C., Jimenez, C., Bousquet, P., 2020. Satellite-Derived Global Surface Water Extent and Dynamics Over the Last 25 Years (GIEMS-2). *J. Geophys. Res. Atmos.* 125. <https://doi.org/10.1029/2019JD030711>

Prigent, C., Lettenmaier, D.P., Aires, F., Papa, F., 2016. Toward a High-Resolution Monitoring of Continental Surface Water Extent and Dynamics, at Global Scale: from GIEMS (Global Inundation Extent from Multi-Satellites) to SWOT (Surface Water Ocean Topography). *Surv. Geophys.* 37, 339–355. <https://doi.org/10.1007/s10712-015-9339-x>

Prigent, C., Papa, F., Aires, F., Jimenez, C., Rossow, W.B., Matthews, E., 2012. Changes in land surface water dynamics since the 1990s and relation to population pressure. *Geophys. Res. Lett.* 39. <https://doi.org/10.1029/2012GL051276>

Prigent, C., Papa, F., Aires, F., Rossow, W.B., Matthews, E., 2007. Global inundation dynamics inferred from multiple satellite observations, 1993–2000. *J. Geophys. Res. Atmos.* 112. <https://doi.org/10.1029/2006JD007847>

Pujol, L., Garambois, P.-A., Finaud-Guyot, P., Monnier, J., Larnier, K., Mosé, R., Biancamaria, S., Yesou, H., Moreira, D., Paris, A., Calmant, S., 2020. Estimation of Multiple Inflows and Effective Channel by Assimilation of Multi-satellite Hydraulic Signatures: The Ungauged Anabranching Negro River. *J. Hydrol.* <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125331>

Ramillien, G., Frappart, F., Gratton, S., Vasseur, X., 2015. Sequential estimation of surface water mass changes from daily satellite gravimetry data. *J. Geod.* 89, 259–282. <https://doi.org/10.1007/s00190-014-0772-2>

Ramillien, G., Seoane, L., Schumacher, M., Forootan, E., Frappart, F., Darrozes, J., 2020. Recovery of rapid water mass changes (RWMC) by Kalman filtering of GRACE observations. *Remote Sens.* 12, 1299. <https://doi.org/10.3390/RS12081299>

Raney, R.K., 1998. The delay/Doppler radar altimeter. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 36, 1578–1588. <https://doi.org/10.1109/36.718861>

Raymond, P.A., Hartmann, J., Lauerwald, R., Sobek, S., McDonald, C., Hoover, M., Butman, D., Striegl, R., Mayorga, E., Humborg, C., Kortelainen, P., Dürr, H., Meybeck, M., Ciais, P., Guth, P., 2013. Global carbon dioxide emissions from inland waters. *Nature* 503, 355–359. <https://doi.org/10.1038/nature12760>

Reichle, R.H., Liu, Q., Koster, R.D., Draper, C.S., Mahanama, S.P.P., Partyka, G.S., 2017. Land Surface Precipitation in MERRA-2. *J. Clim.* 30, 1643–1664. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0570.1>

Reis, G.G. dos, Paiva, R.C.D. de, Brêda, J.P.L.F., Medeiros, M.S., 2020. SARDIM - UMA PLATAFORMA PARA ACOMPANHAMENTO HIDROLÓGICO EM TEMPO REAL DOS RIOS DA AMÉRICA DO SUL, in: II END - Encontro Nacional de Desastres da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre.

Reis, V., Hermoso, V., Hamilton, S.K., Bunn, S.E., Fluet-Chouinard, E., Venables, B., Linke, S., 2019. Characterizing seasonal dynamics of Amazonian wetlands for conservation and decision making. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 29, 1073–1082. <https://doi.org/10.1002/aqc.3051>

Resende, A.F. de, Schöngart, J., Streher, A.S., Ferreira-Ferreira, J., Piedade, M.T.F., Silva, T.S.F., 2019. Massive tree mortality from flood pulse disturbances in Amazonian floodplain forests: The collateral effects of hydropower production. *Sci. Total Environ.* 659, 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.208>

Richey, J.E., Melack, J.M., Aufdenkampe, A.K., Ballester, V.M., Hess, L.L., 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature* 416, 617–620. <https://doi.org/10.1038/416617a>

Richey, J.E., Mertes, L.K., Dunne, T., Victoria, R.L., Forsberg, B.R., Tancredi, A.C.N.S., Oliveira, E. de, 1989. Sources and routing of the Amazon River flood wave 3, 191–204.

Rocha, H.R., Manzi, A.O., Cabral, O.M., Miller, S.D., Goulden, M.L., Saleska, S.R., Coupe, N.R., Wofsy, S.C., Borma, L.S., Artaxo, R., Vourlitis, G., Nogueira, J.S., Cardoso, F.L., Nobre, A.D., Kruijt, B., Freitas, H.C., Von Randow, C., Aguiar, R.G., Maia, J.F., 2009. Patterns of water and heat flux across a biome gradient from tropical forest to savanna in Brazil. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 114, 1–8. <https://doi.org/10.1029/2007JG000640>

Rodell, M., Houser, P.R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C.J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J.K., Walker, J.P., Lohmann, D., Toll, D., 2004. The Global Land Data Assimilation System. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 85, 381–394. <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381>

Rodell, M., McWilliams, E.B., Famiglietti, J.S., Beaudoing, H.K., Nigro, J., 2011. Estimating evapotranspiration using an observation based terrestrial water budget. *Hydrol. Process.* 25, 4082–4092. <https://doi.org/10.1002/hyp.8369>

Rodríguez-Alvarez, N., Podest, E., Jensen, K., McDonald, K.C., 2019. Classifying inundation in a tropical wetlands complex with GNSS-R. *Remote Sens.* 11, 1053. <https://doi.org/10.3390/rs11091053>

Rodríguez, E., Morris, C.S., Belz, J.E., 2006. A Global Assessment of the SRTM Performance. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 72, 249–260. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.3.249>

Roerink, G.J., Su, Z., Menenti, M., 2000. S-SEBI: A Simple Remote Sensing Algorithm to Estimate the Surface Energy Balance, *P&S. Chem. Earth (B)*.

Ronchail, J., Cochonneau, G., Molinier, M., Guyot, J.L., De Miranda Chaves, A.G., Guimarães, V., De Oliveira, E., 2002. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic Oceans. *Int. J. Climatol.* 22, 1663–1686. <https://doi.org/10.1002/joc.815>

Röpke, C.P., Amadio, S., Zuanon, J., Ferreira, E.J.G., De Deus, C.P., Pires, T.H.S., Winemiller, K.O., 2017. Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Sci. Rep.* 7, 40170. <https://doi.org/10.1038/srep40170>

Rosenqvist, Å., Birkett, C.M., 2002. Evaluation of JERS-1 SAR mosaics for hydrological applications in the Congo river basin. *Int. J. Remote Sens.* 23, 1283–1302. <https://doi.org/10.1080/01431160110092902>

Rosenqvist, J., Rosenqvist, A., Jensen, K., McDonald, K., 2020. Mapping of maximum and minimum inundation extents in the amazon basin 2014–2017 with ALOS-2 PALSAR-2 scan SAR time-series data. *Remote Sens.* 12. <https://doi.org/10.3390/RS12081326>

Rossetti, D.F., Gribel, R., Rennó, C.D., Cohen, M.C.L., Moulatlet, G.M., Cordeiro, C.L. de O., Rodrigues, E. do S.F., 2017. Late Holocene tectonic influence on hydrology and vegetation patterns in a northern Amazonian megafan. *Catena* 158, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.022>

Roza, M.G., Nogueira, A.C.R., Truckenbrodt, W., 2012. The anastomosing pattern and the extensively distributed scroll bars in the middle Amazon River. *Earth Surf. Process. Landforms* 37, 1471–1488. <https://doi.org/10.1002/esp.3249>

Rudorff, C.M., 2006. Estudo da composição das águas da planície amazônica por meio de dados de reflectância do sensor hyperion/EO-1 e de espectrômetro de campo visando a compreensão da variação temporal dos seus constituintes opticamente ativos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

Rudorff, C.M., Dunne, T., Melack, J.M., 2018. Recent increase of river-floodplain suspended sediment exchange in a reach of the lower Amazon River. *Earth Surf. Process. Landforms* 43, 322–332. <https://doi.org/10.1002/esp.4247>

Rudorff, C.M., Melack, J.M., Bates, P.D., 2014a. Flooding dynamics on the lower Amazon floodplain: 2. Seasonal and interannual hydrological variability. *Water Resour. Res.* 50, 635–649. <https://doi.org/10.1002/2013WR014714>

Rudorff, C.M., Melack, J.M., Bates, P.D., 2014b. Flooding dynamics on the lower Amazon floodplain: 1. Hydraulic controls on water elevation, inundation extent, and river-floodplain discharge. *Water Resour. Res.* 50, 619–634. <https://doi.org/10.1002/2013WR014091>

Rudorff, C.M., Novo, E.M.L.M., Galvão, L.S., 2006. Spectral Mixture Analysis of Inland Tropical Amazon Floodplain Waters Using EO-1 Hyperion, in: *IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing*. Denver, p. 128–133. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2006.38>

Rudorff, C.M., Novo, E.M.L.M., Galvão, L.S., Pereira Filho, W., 2007. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. *Acta Amaz.* 37, 269–280. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200014>

Runde, A., Hallwass, G., Silvano, R.A.M., 2020. Fishers' Knowledge Indicates Extensive Socioecological Impacts Downstream of Proposed Dams in a Tropical River. *One Earth* 2, 255–268. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.012>

Ryu, Y., Baldocchi, D.D., Kobayashi, H., van Ingen, C., Li, J., Black, T.A., Beringer, J., van Gorsel, E., Knohl, A., Law, B.E., Rouspard, O., 2011. Integration of MODIS land and atmosphere products with

a coupled-process model to estimate gross primary productivity and evapotranspiration from 1 km to global scales. *Global Biogeochem. Cycles* 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2011GB004053>
Saad, S.I., Da Rocha, H.R., Silva Dias, M.A.F., Rosolem, R., 2010. Can the deforestation breeze change the rainfall in Amazonia? A case study for the BR-163 highway region. *Earth Interact.* 14. <https://doi.org/10.1175/2010EI351.1>

Saavedra, M., Junquas, C., Espinoza, J.C., Silva, Y., 2020. Impacts of topography and land use changes on the air surface temperature and precipitation over the central Peruvian Andes. *Atmos. Res.* 234, 104711. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104711>

Sahagian, D., Melack, J., 1998. *Global Wetland Distribution and Functional Characterization: Trace Gases and the Hydrologic Cycle*, Royal Swedish Academy of Sciences. Stockholm, Sweden.

Sahoo, A.K., Pan, M., Troy, T.J., Vinukollu, R.K., Sheffield, J., Wood, E.F., 2011. Reconciling the global terrestrial water budget using satellite remote sensing. *Remote Sens. Environ.* 115, 1850–1865. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.03.009>

Salameh, E., Frappart, F., Almar, R., Baptista, P., Heygster, G., Lubac, B., Raucoules, D., Almeida, L.P., Bergsma, E.W.J., Capo, S., De Michele, M.D., Idier, D., Li, Z., Marieu, V., Poupardin, A., Silva, P.A., Turki, I., Laignel, B., 2019. Monitoring Beach Topography and Nearshore Bathymetry Using Spaceborne Remote Sensing: A Review. *Remote Sens.* 11. <https://doi.org/10.3390/rs11192212>

Salati, E., Dall'Olio, A., Matsui, E., Gat, J.R., 1979. Recycling of water in the Amazon Basin: An isotopic study. *Water Resour. Res.* 15.

Salati, E., Nobre, C.A., 1991. Possible climatic impacts of tropical deforestation. *Clim. Change* 19, 177–196. <https://doi.org/10.1007/BF00142225>

Salati, E., Vose, P.B., 1984. Amazon Basin: A system in equilibrium. *Science* (80-). 225, 129–138. <https://doi.org/10.1126/science.225.4658.129>

Saleska, S.R., da Rocha, H.R., Huete, A.R., Nobre, A.D., Artaxo, P.E., Shimabukuro, Y.E., 2013. LBA-ECO CD-32 Flux Tower Network Data Compilation, Brazilian Amazon: 1999-2006. Oak Ridge, Tennessee, USA. <https://doi.org/doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1174>

Santos, M.J., Medvigy, D., Silva Dias, M.A.F., Freitas, E.D., Kim, H., 2019. Seasonal Flooding Causes Intensification of the River Breeze in the Central Amazon. *J. Geophys. Res. Atmos.* 124, 5178–5197. <https://doi.org/10.1029/2018JD029439>

Satgé, F., Bonnet, M.P., Gosset, M., Molina, J., Hernan Yuque Lima, W., Pillco Zolá, R., Timouk, F., Garnier, J., 2016. Assessment of satellite rainfall products over the Andean plateau. *Atmos. Res.* 167, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.07.012>

Satgé, F., Xavier, A., Zolá, R.P., Hussain, Y., Timouk, F., Garnier, J., Bonnet, M.P., 2017. Comparative assessments of the latest GPM mission's spatially enhanced satellite rainfall products over the main bolivian watersheds. *Remote Sens.* 9, 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs9040369>

Satyamurty, P., da Costa, C.P.W., Manzi, A.O., 2013a. Moisture source for the Amazon Basin: A study of contrasting years. *Theor. Appl. Climatol.* 111, 195–209. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0637-7>

Satyamurty, P., da Costa, C.P.W., Manzi, A.O., Candido, L.A., 2013b. A quick look at the 2012 record

flood in the Amazon Basin. *Geophys. Res. Lett.* 40, 1396–1401. <https://doi.org/10.1002/grl.50245>

Schmitt, R.J.P., Bizzi, S., Castelletti, A., Opperman, J.J., Kondolf, G.M., 2019. Planning dam portfolios for low sediment trapping shows limits for sustainable hydropower in the Mekong. *Sci. Adv.* 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2175>

Schöngart, J., Wittmann, F., Resende, A.F. de, Assahira, C., Lobo, G. de S., Neves, J.R.D., Rocha, M., Mori, G.B., Quaresma, A.C., Demarchi, L.O., Albuquerque, B.W., Feitosa, Y.O., Costa, G. da S., Feitoza, G.V., Durgante, F.M., Lopes, A., Trumbore, S.E., Silva, T.S.F., Steege, H. ter, Val, A.L., Steege, H. ter, Junk, W.J., Piedade, M.T.F., 2021. The shadow of the Balbina dam : A synthesis of over 35 years of downstream impacts on floodplain forests in Central Amazonia. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 1–19. <https://doi.org/10.1002/aqc.3526>

Schroeder, R., McDonald, K.C., Chapman, B.D., Jensen, K., Podest, E., Tessler, Z.D., Bohn, T.J., Zimmermann, R., 2015. Development and evaluation of a multi-year fractional surface water data set derived from active/passive microwave remote sensing data. *Remote Sens.* 7, 16688–16732. <https://doi.org/10.3390/rs71215843>

Schumann, G., Bates, P.D., Horritt, M.S., Matgen, P., Pappenberger, F., 2009. Progress in Integration of Remote Sensing-Derived Flood Extent and Stage Data and Hydraulic Models. *Rev. Geophys.* 47, 1–20. <https://doi.org/10.1029/2008rg000274>

Schwatke, C., Dettmering, D., Bosch, W., Seitz, F., 2015. DAHITI - An innovative approach for estimating water level time series over inland waters using multi-mission satellite altimetry. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19, 4345–4364. <https://doi.org/10.5194/hess-19-4345-2015>

Sena, J.A., de Deus, L.A.B., Freitas, M.A. V., Costa, L., 2012. Extreme Events of Droughts and Floods in Amazonia: 2005 and 2009. *Water Resour. Manag.* 26, 1665–1676. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-9978-3>

Senay, G.B., Bohms, S., Singh, R.K., Gowda, P.H., Velpuri, N.M., Alemu, H., Verdin, J.P., 2013. Operational Evapotranspiration Mapping Using Remote Sensing and Weather Datasets: A New Parameterization for the SSEB Approach. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* 49, 577–591. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jawr.12057>

Senay, G.B., Kagone, S., Velpuri, N.M., 2020. Operational Global Actual Evapotranspiration: Development, Evaluation, and Dissemination. *Sensors* . <https://doi.org/10.3390/s20071915>

Seyler, F., Calmant, S., Silva, J.S. Da, Moreira, D.M., Mercier, F., Shum, C.K., 2013. From TOPEX/Poseidon to Jason-2/OSTM in the amazon basin. *Adv. Sp. Res.* 51, 1542–1550. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.11.002>

Sheffield, J., Wood, E.F., Pan, M., Beck, H., Coccia, G., Serrat-Capdevila, A., Verbist, K., 2018. Satellite Remote Sensing for Water Resources Management: Potential for Supporting Sustainable Development in Data-Poor Regions. *Water Resour. Res.* <https://doi.org/10.1029/2017WR022437>

Shi, J., Dong, X., Zhao, T., Du, Y., Liu, H., Wang, Z., Zhu, D., Ji, D., Xiong, C., Jiang, L., 2016. The water cycle observation mission (WCOM): Overview, in: *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., p. 3430–3433. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7729886>

Shuttleworth, W.J., 2012. Terrestrial Hydrometeorology, Terrestrial Hydrometeorology. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119951933>

Silva, H.J.F.da, Gonçalves, W.A., Bezerra, B.G., 2019. Comparative analyzes and use of evapotranspiration obtained through remote sensing to identify deforested areas in the Amazon. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 78, 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.01.015>

Silva, J.S. Da, Calmant, S., Seyler, F., Moreira, D.M., Oliveira, D., Monteiro, A., 2014. Radar altimetry aids managing gauge networks. *Water Resour. Manag.* 28, 587–603. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0484-z>

Silva, J.S. Da, Calmant, S., Seyler, F., Rotunno Filho, O.C., Cochonneau, G., Mansur, W.J., 2010. Water levels in the Amazon basin derived from the ERS 2 and ENVISAT radar altimetry missions. *Remote Sens. Environ.* 114, 2160–2181. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.04.020>

Silva, J.S. Da, Seyler, F., Calmant, S., Filho, O.C.R., Roux, E., Araújo, A.A.M., Guyot, J.L., 2012. Water level dynamics of Amazon wetlands at the watershed scale by satellite altimetry. *Int. J. Remote Sens.* 33, 3323–3353. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.531914>

Silva, M.P. da, Sander de Carvalho, L., Novo, E., Jorge, D., Barbosa, C., 2019. Use of absorption optical indices to assess seasonal variability of dissolved organic matter in amazon floodplain lakes. *Biogeosciences Discuss.* 1–20. <https://doi.org/10.5194/bg-2019-324>

Silva Dias, M.A.F., Silva Dias, P.L., Longo, M., Fitzjarrald, D.R., Denning, A.S., 2004. River breeze circulation in eastern Amazonia: Observations and modelling results. *Theor. Appl. Climatol.* 78, 111–121. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0047-6>

Silva Junior, C.H.L., Almeida, C.T., Santos, J.R.N., Anderson, L.O., Aragão, L.E.O.C., Silva, F.B., 2018. Spatiotemporal rainfall trends in the Brazilian legal Amazon between the years 1998 and 2015. *Water* 10, 1220. <https://doi.org/10.3390/w10091220>

Silva, M.V., Paris, A., Calmant, S., Cândido, L.A., Silva, J.S., 2019. Associação do regime hidrológico do rio xingu com oceanos adjacentes em eventos extremos utilizando dados altimétricos. *Brazilian J. Dev.* 5. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-339>

Silva, T.S.F., Costa, M.P.F., Melack, J.M., 2010. Spatial and temporal variability of macrophyte cover and productivity in the eastern Amazon floodplain: A remote sensing approach. *Remote Sens. Environ.* 114, 1998–2010. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.04.007>

Silva, T.S.F., Melack, J.M., Novo, E.M.L.M.L.M., 2013. Responses of aquatic macrophyte cover and productivity to flooding variability on the Amazon floodplain. *Glob. Chang. Biol.* 19, 3379–3389. <https://doi.org/10.1111/gcb.12308>

Silvério, D. V., Brando, P.M., Macedo, M.N., Beck, P.S.A., Bustamante, M., Coe, M.T., 2015. Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: The overlooked non-GHG forcing. *Environ. Res. Lett.* 10. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/10/104015>

Sioli, H., 1956. Über natur und mensch im brasilianischen Amazonasgebiet. *Erdkunde* 89–109. <https://doi.org/http://www.jstor.org/stable/23218158>

Sippel, S.J., Hamilton, S.K., Melack, J., 1992. Inundation area and morphometry of lakes on the Amazon

River floodplain, Brazil. *Arch. für Hydrobiol.* 123, 385–400.

Sippel, S.J., Hamilton, S.K., Melack, J.M., Choudhury, B.J., 1994. Determination of inundation area in the Amazon River floodplain using the SMMR 37 GHz polarization difference. *Remote Sens. Environ.* 48, 70–76. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90115-5](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90115-5)

Sippel, S.J., Hamilton, S.K., Melack, J.M., Novo, E.M.M., 1998. Passive microwave observations of inundation area and the area/stage relation in the Amazon River floodplain. *Int. J. Remote Sens.* 19, 3055–3074. <https://doi.org/10.1080/014311698214181>

Siqueira, V.A., Paiva, R.C.D., Fleischmann, A.S., Fan, F.M., Ruhoff, A.L., Pontes, P.R.M., Paris, A., Calmant, S., Collischonn, W., 2018. Toward continental hydrologic-hydrodynamic modeling in South America. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 4815–4842. <https://doi.org/10.5194/hess-22-4815-2018>

Sörensson, A.A., Ruscica, R.C., 2018. Intercomparison and Uncertainty Assessment of Nine Evapotranspiration Estimates Over South America. *Water Resour. Res.* 54, 2891–2908. <https://doi.org/10.1002/2017WR021682>

Sorooshian, S., Gao, X., Hsu, K., Maddox, R.A., Hong, Y., Gupta, H. V., Imam, B., 2002. Diurnal variability of tropical rainfall retrieved from combined GOES and TRMM satellite information. *J. Clim.* 15, 983–1001. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<0983:DVOTRR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<0983:DVOTRR>2.0.CO;2)

Sorooshian, S., Hsu, K.L., Gao, X., Gupta, H. V., Imam, B., Braithwaite, D., 2000. Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 81, 2035–2046. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<2035:EOPSS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<2035:EOPSS>2.3.CO;2)

Sorribas, M.V., de Paiva, R.C.D., Fleischmann, A.S., Collischonn, W., 2020. Hydrological Tracking Model for Amazon Surface Waters, *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2019WR024721>

Sorribas, M.V., Paiva, R.C.D., Melack, J.M., Bravo, J.M., Jones, C., Carvalho, L., Beighley, E., Forsberg, B., Costa, M.H., 2016. Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. *Clim. Change* 136, 555–570. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>

Souza, C.M., Kirchoff, F.T., Oliveira, B.C., Ribeiro, J.G., Sales, M.H., 2019. Long-term annual surface water change in the Brazilian Amazon Biome: Potential links with deforestation, infrastructure development and climate change. *Water (Switzerland)* 11, 566. <https://doi.org/10.3390/w11030566>

Spera, S.A., Cohn, A.S., Vanwey, L.K., Mustard, J.F., Rudorff, B.F., Risso, J., Adami, M., 2014. Recent cropping frequency, expansion, and abandonment in Mato Grosso, Brazil had selective land characteristics. *Environ. Res. Lett.* 9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064010>

Spera, S.A., Galford, G.L., Coe, M.T., Macedo, M.N., Mustard, J.F., 2016. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. *Glob. Chang. Biol.* 22, 3405–3413. <https://doi.org/10.1111/gcb.13298>

Staal, A., Flores, B.M., Aguiar, A.P.D., Bosmans, J.H.C., Fetzer, I., Tuinenburg, O.A., 2020. Feedback between drought and deforestation in the Amazon. *Environ. Res. Lett.* 15. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab738e>

Staal, A., Tuinenburg, O.A., Bosmans, J.H.C., Holmgren, M., Van Nes, E.H., Scheffer, M., Zemp,

D.C., Dekker, S.C., 2018. Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nat. Clim. Chang.* 8, 539–543. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0177-y>

Stammer, D., Cazenave, A., 2017. Satellite altimetry over oceans and land surfaces, *Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315151779>

Stickler, C.M., Coe, M.T., Costa, M.H., Nepstad, D.C., McGrath, D.G., Dias, L.C.P., Rodrigues, H.O., Soares-Filho, B.S., 2013. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 9601–9606. <https://doi.org/10.1073/pnas.1215331110>

Su, Z., Schmugge, T., Kustas, W.P., Massman, W.J., 2001. An evaluation of two models for estimation of the roughness height for heat transfer between the land surface and the atmosphere. *J. Appl. Meteorol.* 40, 1933–1951. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<1933:AEOTMF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1933:AEOTMF>2.0.CO;2)

Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., Hsu, K., 2018. A Review of Global Precipitation Data Sets: Data Sources, Estimation, and Intercomparisons. *Rev. Geophys.* 56, 79–107. <https://doi.org/10.1002/2017RG000574>

Sutanudjaja, E.H., van Beek, R., Wanders, N., Wada, Y., Bosmans, J.H.C., Drost, N., van der Ent, R.J., de Graaf, I.E.M., Hoch, J.M., de Jong, K., Karssenber, D., López López, P., Peßenteiner, S., Schmitz, O., Straatsma, M.W., Vannamettee, E., Wissler, D., Bierkens, M.F.P., 2018. PCR-GLOBWB 2: a 5arcmin global hydrological and water resources model. *Geosci. Model Dev.* 11, 2429–2453. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-2429-2018>

Swann, A.L.S., Koven, C.D., 2017. A Direct Estimate of the Seasonal Cycle of Evapotranspiration over the Amazon Basin. *J. Hydrometeorol.* 18, 2173–2185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0004.1>

Sylvester, Z., Durkin, P., Covault, J.A., 2019. High curvatures drive river meandering. *Geology* 47, 263–266. <https://doi.org/10.1130/G45608.1>

Talsma, C.J., Good, S.P., Jimenez, C., Martens, B., Fisher, J.B., Miralles, D.G., McCabe, M.F., Purdy, A.J., 2018. Partitioning of evapotranspiration in remote sensing-based models. *Agric. For. Meteorol.* 260–261, 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.05.010>

Tan, J., Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Nelkin, E.J., 2019. IMERG V06: Changes to the morphing algorithm. *J. Atmos. Ocean. Technol.* 36, 2471–2482. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-19-0114.1>

Tang, R., Li, Z.L., Jia, Y., Li, C., Chen, K.S., Sun, X., Lou, J., 2013. Evaluating one- and two-source energy balance models in estimating surface evapotranspiration from Landsat-derived surface temperature and field measurements. *Int. J. Remote Sens.* 34, 3299–3313. <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.716529>

Tapiador, F.J., Kidd, C., Levizzani, V., Marzano, F.S., 2004. A neural networks-based fusion technique to estimate half-hourly rainfall estimates at 0.1° resolution from satellite passive microwave and infrared data. *J. Appl. Meteorol.* 43, 576–594. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2004\)043<0576:ANNFTT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2004)043<0576:ANNFTT>2.0.CO;2)

Tapiador, F.J., Navarro, A., Levizzani, V., García-Ortega, E., Huffman, G.J., Kidd, C., Kucera, P.A., Kummerow, C.D., Masunaga, H., Petersen, W.A., Roca, R., Sánchez, J.L., Tao, W.K., Turk, F.J., 2017.

Global precipitation measurements for validating climate models. *Atmos. Res.* 197, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.06.021>

Tapley, B.D., Bettadpur, S., Ries, J.C., Thompson, P.F., Watkins, M.M., 2004. GRACE measurements of mass variability in the Earth system. *Science* (80-.). 305, 503–505. <https://doi.org/10.1126/science.1099192>

Tapley, B.D., Watkins, M.M., Flechtner, F., Reigber, C., Bettadpur, S., Rodell, M., Sasgen, I., Famiglietti, J.S., Landerer, F.W., Chambers, D.P., Reager, J.T., Gardner, A.S., Save, H., Ivins, E.R., Swenson, S.C., Boening, C., Dahle, C., Wiese, D.N., Dobslaw, H., Tamisiea, M.E., Velicogna, I., 2019. Contributions of GRACE to understanding climate change. *Nat. Clim. Chang.* <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0456-2>

Tarpanelli, A., Barbetta, S., Brocca, L., Moramarco, T., 2013. River Discharge Estimation by Using Altimetry Data and Simplified Flood Routing Modeling 4145–4162. <https://doi.org/10.3390/rs5094145>

Taylor, C.M., Prigent, C., Dadson, S.J., 2018. Mesoscale rainfall patterns observed around wetlands in sub-Saharan Africa. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 144, 2118–2132. <https://doi.org/10.1002/qj.3311>

Thiemig, V., Rojas, R., Zambrano-Bigiarini, M., De Roo, A., 2013. Hydrological evaluation of satellite-based rainfall estimates over the Volta and Baro-Akobo Basin. *J. Hydrol.* 499, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.07.012>

Thom, G., Xue, A.T., Sawakuchi, A.O., Ribas, C.C., Hickerson, M.J., Aleixo, A., Miyaki, C., 2020. Quaternary climate changes as speciation drivers in the Amazon floodplains. *Sci. Adv.* 6. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax4718>

Thomaz, S.M., Bini, L.M., Bozelli, R.L., 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0285-y>

Topp, S.N., Pavelsky, T.M., Jensen, D., Simard, M., Ross, M.R.V., 2020. Research trends in the use of remote sensing for inland water quality science: Moving towards multidisciplinary applications. *Water (Switzerland)* 12, 1–34. <https://doi.org/10.3390/w12010169>

Toté, C., Patricio, D., Boogaard, H., van der Wijngaart, R., Tarnavsky, E., Funk, C., 2015. Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique. *Remote Sens.* 7, 1758–1776. <https://doi.org/10.3390/rs70201758>

Tourian, M.J., Reager, J.T., Sneeuw, N., 2018. The Total Drainable Water Storage of the Amazon River Basin: A First Estimate Using GRACE. *Water Resour. Res.* 54, 1–27. <https://doi.org/10.1029/2017WR021674>

Towner, J., Cloke, H.L., Zsoter, E., Flamig, Z., Hoch, J.M., Bazo, J., De Perez, E.C., Stephens, E.M., 2019. Assessing the performance of global hydrological models for capturing peak river flows in the Amazon basin. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* <https://doi.org/10.5194/hess-23-3057-2019>

Trenberth, K.E., 2011. Changes in precipitation with climate change. *Clim. Res.* 47, 123–138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>

Trigg, M.A., Bates, P.D., Wilson, M.D., Schumann, G., Baugh, C., 2012. Floodplain channel morphology and networks of the middle Amazon River. *Water Resour. Res.* 48, 1–17. <https://doi.org/10.1029/2011WR011674>

Trigg, M.A., Wilson, M.D., Bates, P.D., Horritt, M.S., Alsdorf, D.E., Forsberg, B.R., Vega, M.C., 2009. Amazon flood wave hydraulics. *J. Hydrol.* 374, 92–105. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.004>

Turk, F.J., Rohaly, G.D., Jeff, H., Smith, E.A., Marzano, F.S., Mugnai, A., Levizzani, V., 2000. Meteorological applications of precipitation estimation from combined SSM/I, TRMM and infrared geostationary. *Microw. Radiom. Remote Sens. Earth's Surf. Atmos.* 353.

Ushio, T., Sasashige, K., Kubota, T., Shige, S., Okamoto, K., Aonashi, K., Inoue, T., Takahashi, N., Iguchi, T., Kachi, M., Oki, R., Morimoto, T., Kawasaki, Z.I., 2009. A kalman filter approach to the global satellite mapping of precipitation (GSMaP) from combined passive microwave and infrared radiometric data. *J. Meteorol. Soc. Japan* 87 A, 137–151. <https://doi.org/10.2151/jmsj.87A.137>

Valerio, A. de M., Kampel, M., Vantrepotte, V., Ward, N.D., Sawakuchi, H.O., Less, D.F.D.S., Neu, V., Cunha, A., Richey, J., 2018. Using CDOM optical properties for estimating DOC concentrations and pCO₂ in the Lower Amazon River. *Opt. Express* 26, A657. <https://doi.org/10.1364/oe.26.00a657>

Van Der Ent, R.J., Savenije, H.H.G., Schaefli, B., Steele-Dunne, S.C., 2010. Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resour. Res.* 46, 1–12. <https://doi.org/10.1029/2010WR009127>

Van Dijk, A.I.J.M., Renzullo, L.J., 2011. Water resource monitoring systems and the role of satellite observations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 39–55. <https://doi.org/10.5194/hess-15-39-2011>

van het Schip, T.I., Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., Meirink, J.F., van Delden, A.J., 2017. Rainfall measurement using cell phone links: classification of wet and dry periods using geostationary satellites. *Hydrol. Sci. J.* 62, 1343–1353. <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1329588>

Van Huijgevoort, M.H.J., Hazenberg, P., Van Lanen, H.A.J., Teuling, A.J., Clark, D.B., Folwell, S., Gosling, S.N., Hanasaki, N., Heinke, J., Koira, S., Stacke, T., Voss, F., Sheffield, J., Uijlenhoet, R., 2013. Global multimodel analysis of drought in runoff for the second half of the twentieth century. *J. Hydrometeorol.* 14, 1535–1552. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0186.1>

Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R., Petry, P., Hess, L., Mercado, A., Cañas, C., Montoya, M., Durigan, C., Goulding, M., 2016. An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth Syst. Sci. Data* 8, 651–661. <https://doi.org/10.5194/essd-8-651-2016>

Vera, C.S., Alvarez, M.S., Gonzalez, P.L.M., Liebmann, B., Kiladis, G.N., 2018. Seasonal cycle of precipitation variability in South America on intraseasonal timescales. *Clim. Dyn.* 51, 1991–2001. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3994-1>

Viale, M., Bianchi, E., Cara, L., Ruiz, L.E., Villalba, R., Pitte, P., Masiokas, M., Rivera, J., Zalazar, L., 2019. Contrasting climates at both sides of the Andes in Argentina and Chile. *Front. Environ. Sci.* 7, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00069>

Vicente, G.A., Scofield, R.A., Menzel, W.P., 1998. The Operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79, 1883–1893. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<1883:togire>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<1883:togire>2.0.co;2)

Villar, R.E., Martinez, J.M., Armijos, E., Espinoza, J.C., Filizola, N., Dos Santos, A., Willems, B., Fraizy,

P., Santini, W., Vauchel, P., 2018. Spatio-temporal monitoring of suspended sediments in the Solimões River (2000–2014). *Comptes Rendus - Geosci.* 350, 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2017.05.001>

Villar, R.E., Martinez, J.M., Le Texier, M., Guyot, J.L., Fraizy, P., Meneses, P.R., Oliveira, E. de, 2013. A study of sediment transport in the Madeira River, Brazil, using MODIS remote-sensing images. *J. South Am. Earth Sci.* 44, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.11.006>

Virji, H., 1981. A Preliminary Study of Summertime Tropospheric Circulation Patterns over South America Estimated from Cloud Winds. *Mon. Weather Rev.* 109, 599–610. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1981\)109<0599:APSOST>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1981)109<0599:APSOST>2.0.CO;2)

von Randow, C., Manzi, A.O., Kruijt, B., de Oliveira, P.J., Zanchi, F.B., Silva, R.L., Hodnett, M.G., Gash, J.H.C., Elbers, J.A., Waterloo, M.J., Cardoso, F.L., Kabat, P., 2004. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. *Theor. Appl. Climatol.* 78, 5–26. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0041-z>

von Randow, R. de C.S., Tomasella, J., von Randow, C., de Araújo, A.C., Manzi, A.O., Hutjes, R., Kruijt, B., 2020. Evapotranspiration and gross primary productivity of secondary vegetation in Amazonia inferred by eddy covariance. *Agric. For. Meteorol.* 294. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108141>

Vörösmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., Lammers, R.B., 2000. Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science (80-.)*. 289, 284–288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>

Vörösmarty, C.J., Moore, B., Grace, A.L., Gildea, M.P., Melillo, J.M., Peterson, B.J., Rastetter, E.B., Steudler, P.A., 1989. Continental scale models of water balance and fluvial transport: An application to South America. *Global Biogeochem. Cycles* 3, 241–265. <https://doi.org/10.1029/GB003i003p00241>

Walcker, R., Corenblit, D., Julien, F., Martinez, J.M., Steiger, J., 2021. Contribution of meandering rivers to natural carbon fluxes: Evidence from the Ucayali River, Peruvian Amazonia. *Sci. Total Environ.* 776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146056>

Wanders, N., Bierkens, M.F.P., de Jong, S.M., de Roo, A., Karssenberg, D., 2014. The benefits of using remotely sensed soil moisture in parameter identification of large-scale hydrological models. *Water Resour. Res.* 50, 6874–6891. <https://doi.org/10.1002/2013WR014639>

Wang, C., Li, Z., Zhu, J., Yi, H., Xie, Q., 2011. Flooded forest water level changes in Amazon measured with ALOS PALSAR polarimetric interferometric SAR data. *J. Comput. Inf. Syst.* 7, 2922–2930.

Wang, G., Cao, X., Cai, X., Sun, J., Li, X., Wang, H., 2018. A new data assimilation method for high-dimensional models. *PLoS One* 13, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191714>

Wang, X.Y., Li, X., Zhu, J., Tanajura, C.A.S., 2018. The strengthening of Amazonian precipitation during the wet season driven by tropical sea surface temperature forcing. *Environ. Res. Lett.* 13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aadbb9>

Ward, J. V., Tockner, K., Arcott, D.B., Claret, C., 2002. Riverine landscape diversity. *Freshw. Biol.* 47, 517–539. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00893.x>

Werdell, P.J., Behrenfeld, M.J., Bontempi, P.S., Boss, E., Cairns, B., Davis, G.T., Franz, B.A., Gliese, U.B.,

Gorman, E.T., Hasekamp, O., Knobelspiesse, K.D., Mannino, A., Martins, J.V., McClain, C., Meister, G., Remer, L.A., 2019. The plankton, aerosol, cloud, ocean ecosystem mission status, science, advances. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 100, 1775–1794. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0056.1>

Werdell, P.J., McKinna, L.I.W., Boss, E., Ackleson, S.G., Craig, S.E., Gregg, W.W., Lee, Z.-P., Maritorena, S., Roesler, C.S., Rousseaux, C.S., Stramski, D., Sullivan, J.M., Twardowski, M.S., Tzortziou, M., Zhang, X., 2018. An overview of approaches and challenges for retrieving marine inherent optical properties from ocean color remote sensing. *Prog. Oceanogr.* 160, 186–212. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.01.001>

Wilson, M.D., Bates, P., Alsdorf, D., Forsberg, B., Horritt, M., Melack, J., Frappart, F., Famiglietti, J., 2007. Modeling large-scale inundation of Amazonian seasonally flooded wetlands. *Geophys. Res. Lett.* 34, 4–9. <https://doi.org/10.1029/2007GL030156>

Wilson, M.D., Durand, M., Jung, H.C., Alsdorf, D., 2015. Swath-altimetry measurements of the main stem Amazon River : 1943–1959. <https://doi.org/10.5194/hess-19-1943-2015>

Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I.G., Darwall, W., Lujan, N.K., Harrison, I., Stiassny, M.L.J., Silvano, R.A.M., Fitzgerald, D.B., Pelicice, F.M., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Albert, J.S., Baran, E., Petrere, M., Zarfl, C., Mulligan, M., Sullivan, J.P., Arantes, C.C., Sousa, L.M., Koning, A.A., Hoeninghaus, D.J., Sabaj, M., Lundberg, J.G., Armbruster, J., Thieme, M.L., Petry, P., Zuanon, J., Vilara, G.T., Snoeks, J., Ou, C., Rainboth, W., Pavanelli, C.S., Akama, A., Soesbergen, A. van, Sáenz, L., 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* (80-.). 351, 128–129. <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>

Wittmann, F., Anhof, D., Funk, W.J., 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *J. Trop. Ecol.* 18, 805–820. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002523>

Wongchuig, S.C., de Paiva, R.C.D., Siqueira, V., Collischonn, W., 2019. Hydrological reanalysis across the 20th century: A case study of the Amazon Basin. *J. Hydrol.* 570, 755–773. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.025>

Wongchuig, S.C., Paiva, R.C.D. de, Biancamaria, S., Collischonn, W., 2020. Assimilation of future SWOT-based river elevations, surface extent observations and discharge estimations into uncertain global hydrological models. *J. Hydrol.* 590. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125473>

Wood, E.F., Roundy, J.K., Troy, T.J., Van Beek, L.P.H., Bierkens, M.F.P., Blyth, E., De Roo, A., Doll, P., Ek, M., Famiglietti, J., Gochis, D., Van De Giesen, N., Houser, P., Jaffe, P.R., Kollet, S., Lehner, B., Lettenmaier, D.P., Peters-Lidard, C., Sivapalan, M., Sheffield, J., Wade, A., Whitehead, P., 2011. Hyperresolution global land surface modeling: meeting a grand challenge for monitoring Earth's terrestrial water. *Water Resour. Res.* 47, 1–10. <https://doi.org/10.1029/2010WR010090>

Wright, J.S., Fu, R., Worden, J.R., Chakraborty, S., Clinton, N.E., Risi, C., Sun, Y., Yin, L., 2017. Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 114, 8481–8486. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621516114>

Wu, J., Lakshmi, V., Wang, D., Lin, P., Pan, M., Cai, X., Wood, E.F., Zeng, Z., 2020. The reliability of global remote sensing evapotranspiration products over Amazon. *Remote Sens.* 12. <https://doi.org/10.3390/rs12142211>

- Xavier, L., Becker, M., Cazenave, A., Longuevergne, L., Llovel, W., Filho, O.C.R., 2010. Interannual variability in water storage over 2003–2008 in the Amazon Basin from GRACE space gravimetry, in situ river level and precipitation data. *Remote Sens. Environ.* 114, 1629–1637. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.02.005>
- Xie, P., Adler, R.F., Huffman, G.J., Bolvin, D., 2011. Global Precipitation Climatology Project (GPCP) - Pentad, Version 2.2. NOAA Natl. Clim. Data Cent.
- Xie, P., Janowiak, J.E., Arkin, P.A., Adler, R., Gruber, A., Ferraro, R., Huffman, G.J., Curtis, S., 2003. GPCP pentad precipitation analyses: An experimental dataset based on gauge observations and satellite estimates. *J. Clim.* 16, 2197–2214. <https://doi.org/10.1175/2769.1>
- Xie, P., Joyce, R., Wu, S., Yoo, S.H., Yarosh, Y., Sun, F., Lin, R., 2017. Reprocessed, bias-corrected CMORPH global high-resolution precipitation estimates from 1998. *J. Hydrometeorol.* 18, 1617–1641. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0168.1>
- Xu, X., Jia, G., Zhang, X., Riley, W.J., Xue, Y., 2020. Climate regime shift and forest loss amplify fire in Amazonian forests. *Glob. Chang. Biol.* 26, 5874–5885. <https://doi.org/10.1111/gcb.15279>
- Yamazaki, D., Baugh, C.A., Bates, P.D., Kanae, S., Alsdorf, D.E., Oki, T., 2012a. Adjustment of a spaceborne DEM for use in floodplain hydrodynamic modeling. *J. Hydrol.* 436–437, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.02.045>
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Sosa, J., Bates, P.D., Allen, G.H., Pavelsky, T.M., 2019. MERIT Hydro: A High-Resolution Global Hydrography Map Based on Latest Topography Dataset. *Water Resour. Res.* 55, 5053–5073. <https://doi.org/10.1029/2019WR024873>
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Tawatari, R., Yamaguchi, T., O’Loughlin, F., Neal, J.C., Sampson, C.C., Kanae, S., Bates, P.D., 2017. A high-accuracy map of global terrain elevations. *Geophys. Res. Lett.* 44, 5844–5853. <https://doi.org/10.1002/2017GL072874>
- Yamazaki, D., Kanae, S., Kim, H., Oki, T., 2011. A physically based description of floodplain inundation dynamics in a global river routing model. *Water Resour. Res.* 47. <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>
- Yamazaki, D., Lee, H., Alsdorf, D.E., Dutra, E., Kim, H., Kanae, S., Oki, T., 2012b. Analysis of the water level dynamics simulated by a global river model: A case study in the Amazon River. *Water Resour. Res.* 48, 1–15. <https://doi.org/10.1029/2012WR011869>
- Yamazaki, D., O’Loughlin, F., Trigg, M.A., Miller, Z.F., Pavelsky, T.M., Bates, P.D., 2014. Development of the Global Width Database for Large Rivers. *Water Resour. Res.* 50, 3467–3480. <https://doi.org/10.1002/2013WR014664>
- Yamazaki, D., Trigg, M.A., Ikeshima, D., 2015. Development of a global ~90m water body map using multi-temporal Landsat images. *Remote Sens. Environ.* 171, 337–351. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.10.014>
- Yang, Z., Dominguez, F., 2019. Investigating land surface effects on the moisture transport over South America with a moisture tagging model. *J. Clim.* 32, 6627–6644. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0700.1>

Yepez, S., Laraque, A., Martinez, J.M., Sa, J. De, Manuel, J., Castellanos, B., Gally, M., Lopez, J.L., De Sa, J., Carrera, J.M., Castellanos, B., Gally, M., Lopez, J.L., Sa, J. De, Manuel, J., Castellanos, B., Gally, M., Lopez, J.L., De Sa, J., Carrera, J.M., Castellanos, B., Gally, M., Lopez, J.L., 2018. Retrieval of suspended sediment concentrations using Landsat-8 OLI satellite images in the Orinoco River (Venezuela). *Comptes Rendus - Geosci.* 350, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2017.08.004>

Yilmaz, K.K., Hogue, T.S., Hsu, K.L., Sorooshian, S., Gupta, H. V., Wagener, T., 2005. Intercomparison of rain gauge, radar, and satellite-based precipitation estimates with emphasis on hydrologic forecasting. *J. Hydrometeorol.* 6, 497–517. <https://doi.org/10.1175/JHM431.1>

Yuan, T., Lee, H., Jung, H.C., 2015. Toward Estimating Wetland Water Level Changes Based on Hydrological Sensitivity Analysis of PALSAR Backscattering Coefficients over Different Vegetation Fields. *Remote Sens.* . <https://doi.org/10.3390/rs70303153>

Yuan, T., Lee, H., Jung, H.C., Aierken, A., Beighley, E., Alsdorf, D.E., Tshimanga, R.M., Kim, D., 2017. Absolute water storages in the Congo River floodplains from integration of InSAR and satellite radar altimetry. *Remote Sens. Environ.* 201, 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.003>

Yuan, T., Lee, H., Yu, H., Jung, H.C., Madson, A., Sheng, Y., Beighley, E., 2019. Mapping forested floodplain topography using insar and radar altimetry. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 12, 5189–5198. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2956400>

Zakharova, E.A., Kouraev, A. V., Cazenave, A., Seyler, F., 2006. Amazon River discharge estimated from TOPEX/Poseidon altimetry. *Comptes Rendus - Geosci.* 338, 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2005.10.003>

Zemp, D.C., Schleussner, C.F., Barbosa, H.M.J., Hirota, M., Montade, V., Sampaio, G., Staal, A., Wang-Erlandsson, L., Rammig, A., 2017. Self-amplified Amazon forest loss due to vegetation-atmosphere feedbacks. *Nat. Commun.* 8. <https://doi.org/10.1038/ncomms14681>

Zemp, D.C., Schleussner, C.F., Barbosa, H.M.J., Van Der Ent, R.J., Donges, J.F., Heinke, J., Sampaio, G., Rammig, A., 2014. On the importance of cascading moisture recycling in South America. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 13337–13359. <https://doi.org/10.5194/acp-14-13337-2014>

Zeng, N., Yoon, J.H., Marengo, J.A., Subramaniam, A., Nobre, C.A., Mariotti, A., Neelin, J.D., 2008. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. *Environ. Res. Lett.* 3, 014002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/1/014002>


Zhang, K., Kimball, J.S., Running, S.W., 2016. A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. *Wiley Interdiscip. Rev. Water.* <https://doi.org/10.1002/wat2.1168>

Zhang, K., Zhu, G., Ma, J., Yang, Y., Shang, S., Gu, C., 2019. Parameter Analysis and Estimates for the MODIS Evapotranspiration Algorithm and Multiscale Verification. *Water Resour. Res.* 55, 2211–2231. <https://doi.org/10.1029/2018WR023485>

Zhang, M., Lee, H., SHUM, C.K., Alsdorf, D., Schwartz, F., Tseng, K.-H., Yi, Y., Kuo, C.-Y., Tseng, H.-Z., Braun, A., Calmant, S., Filizola, N., Seyler, F., 2010. Application of retracked satellite altimetry for inland hydrologic studies. *Int. J. Remote Sens.* 31, 3913–3929. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.483495>

Zhang, Y., Pan, M., Sheffield, J., Siemann, A.L., Fisher, C.K., Liang, M., Beck, H.E., Wanders, N.,

- MacCracken, R.F., Houser, P.R., Zhou, T., Lettenmaier, D.P., Pinker, R.T., Bytheway, J., Kummerow, C.D., Wood, E.F., 2018. A Climate Data Record (CDR) for the global terrestrial water budget: 1984–2010. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 241–263. <https://doi.org/10.5194/hess-22-241-2018>
- Zheng, G., DiGiacomo, P.M., 2017. Remote sensing of chlorophyll-a in coastal waters based on the light absorption coefficient of phytoplankton. *Remote Sens. Environ.* 201, 331–341. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.008>
- Zhou, J., Lau, K.M., 1998. Does a monsoon climate exist over South America? *J. Clim.* 11, 1020–1040. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011<1020:DAMCEO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011<1020:DAMCEO>2.0.CO;2)
- Zhou, L., Divakarla, M., Liu, X., 2016. An overview of the joint polar satellite system (JPSS) science data product calibration and validation. *Remote Sens.* 8. <https://doi.org/10.3390/rs8020139>
- Zubieta, R., Getirana, A., Espinoza, J.C., Lavado-Casimiro, W., Aragon, L., 2017. Hydrological modeling of the Peruvian-Ecuadorian Amazon Basin using GPM-IMERG satellite-based precipitation dataset. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 3543–3555. <https://doi.org/10.5194/hess-21-3543-2017>
- Zubieta, R., Getirana, A., Espinoza, J.C., Lavado, W., 2015. Impacts of satellite-based precipitation datasets on rainfall-runoff modeling of the Western Amazon basin of Peru and Ecuador. *J. Hydrol.* 528, 599–612. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.064>
- Zubieta, R., Saavedra, M., Espinoza, J.C., Ronchail, J., Sulca, J., Drapeau, G., Martin-Vide, J., 2019. Assessing precipitation concentration in the Amazon basin from different satellite-based data sets. *Int. J. Climatol.* 39, 3171–3187. <https://doi.org/10.1002/joc.6009>
- Zulkafli, Z., Buytaert, W., Manz, B., Rosas, C.V., Willems, P., Lavado-Casimiro, W., Guyot, J.L., Santini, W., 2016. Projected increases in the annual flood pulse of the Western Amazon. *Environ. Res. Lett.* 11. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/1/014013>
- Zulkafli, Z., Buytaert, W., Onof, C., Lavado, W., Guyot, J.L., 2013. A critical assessment of the JULES land surface model hydrology for humid tropical environments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 1113–1132. <https://doi.org/10.5194/hess-17-1113-2013>
- Zulkafli, Z., Buytaert, W., Onof, C., Manz, B., Tarnavsky, E., Lavado, W., Guyot, J.L., 2014. A comparative performance analysis of TRMM 3B42 (TMPA) versions 6 and 7 for hydrological applications over Andean-Amazon river basins. *J. Hydrometeorol.* 15, 581–592. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-094.1>



HIDROLOGIA da AMAZÔNIA
VISTA do ESPAÇO
AVANÇOS CIENTÍFICOS E DESAFIOS FUTUROS

ORGANIZADORES

ALICE Fassoni-Andrade – **AYAN** Fleischmann – **FABRICE** Papa
RODRIGO Paiva – **SLY** Wongchuig – **JOHN** Melack

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Hidrologia da Amazônia vista do espaço [livro eletrônico] : avanços científicos e desafios futuros / organizadores Alice Fassoni-Andrade... [et al.] ; [coordenação] Alice César Fassoni-Andrade ; tradução Hilcéa Ferreira. -- Porto Alegre, RS : ABRHidro, 2023.

PDF

Vários autores.

Outros organizadores: Ayan Fleischmann, Fabrice Papa, Rodrigo Paiva, Sly Wongchuig, John Melack.

Título original: Amazon hydrology from space : scientific advances and future challenges.

Bibliografia.

ISBN 978-85-88686-48-9

1. Amazônia 2. Amazônia - Aspectos ambientais
3. Hidrologia 4. Sensoriamento remoto I.
Fassoni-Andrade, Alice. II. Fleischmann, Ayan. III.
Papa, Fabrice. IV. Paiva, Rodrigo. V. Wongchuig, Sly.
VI. Melack, John.

23-170901

CDD-574.52642

Índices para catálogo sistemático:

1. Hidrologia florestal : Planejamento : Ecologia
574.52642

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

Foto da capa: Parque Nacional de Anavilhanas, Amazonas. A imagem não pode ser reproduzida em nenhuma hipótese. **Crédito:** ©SebastiãoSalgado.

Fotos das páginas 8, 9, 16 e 17: Thiago Laranjeira.

Coordenação: Alice César Fassoni-Andrade.

Tradução: Hilcéa Ferreira.

Revisão: Alice César Fassoni-Andrade, Ayan Santos Fleischmann, Evlyn Novo, Sly Wongchuig, John Melack, Adriana Aparecida Moreira, Adrien Paris, Cláudio Barbosa, Daniel Andrade Maciel, Gabriel Medeiros Abrahão, Jefferson Ferreira-Ferreira, Leonardo Laipelt, Marcos Heil Costa.

Projeto gráfico, capa e diagramação: Rebeca Medeiros de Andrade Eugênio - BRAVA DESIGN.
