

NOTA TÉCNICA No. 05/2024

Assunto: Projeto de Pesquisa em Tecnologia - Composição de espécies e respostas biológicas ao logo do tempo: monitorando a fauna de peixes no Lago Catalão para entender o impacto de eventos hidrológicos extremos

Período da pesquisa: de 15/07/2020 a 24/10/2022:

Financiador (es): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM

1. INTRODUÇÃO

Esta Nota Técnica tem como objetivo apresentar uma análise detalhada e fundamentada sobre o projeto de pesquisa em tecnologia intitulado “**Composição de espécies e respostas biológicas ao logo do tempo: monitorando a fauna de peixes no Lago Catalão para entender o impacto de eventos hidrológicos extremos**”. O projeto foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e tem como foco principal a análise das mudanças temporais na fauna de peixes, repostas biológicas e suas possíveis relações com os eventos de seca extremos e possível efeito aditivo da pesca. Este estudo se beneficiou de uma série temporal de dados para a assembleia de peixes do lago Catalão iniciada em 1999 pelos pesquisadores do INPA, que obteve informações padronizadas sobre a composição de espécies e parâmetros biológicos individuais reprodutivos e de condição corpórea.

A Amazônia é considerada especialmente vulnerável aos impactos ecológicos decorrentes das mudanças climáticas em curso no planeta (Pacifi et al., 2015; Sorribas et al., 2016). Segundo as previsões do IPCC, a região Amazônica irá sofrer alterações nos regimes de vazão dos rios e igarapés promovidas por mudanças na precipitação e evapotranspiração regionais (Haylock et al., 2006; Brodie et al., 2012). Entre todas as alterações hidrológicas possíveis as secas severas e extremas tem o maior potencial degradador. Esses eventos afetarão diretamente a composição dos organismos aquáticos, uma vez que as comunidades de peixes amazônicos são estruturadas pela dinâmica do regime hidrológico (Junk et al., 1989; Souza et al., 2008; Röpke et al., 2017), com potencial de comprometer relações ecológicas complexas (por exemplo, dispersão de sementes pelos peixes e conversão da energia produzida pela floresta ripária em biomassa animal), reduzir o potencial reprodutivo das populações (Röpke et al., 2022), reduzir o recrutamento populacional e pesqueiro (Baylei et al., 2018; Castello et al., 2019), colocando em risco a segurança alimentar das populações humanas no bioma (Castello et al., 2013).



Outro ponto do conhecimento relevante para se considerar neste cenário de ameaças é que embora existam impactos generalizados (em nível de comunidade) de eventos climáticos atípicos e extremos sobre a ictiofauna como um todo, é esperado que determinadas espécies sejam mais afetadas do que outras, o que depende de seus atributos biológicos (He et al., 2020). Por exemplo, espécies de pequeno porte conseguem recuperar alta mortalidade populacional de modo mais rápido, pela forte seleção para menores tamanhos de primeira maturação e tais espécies podem ser mais resilientes aos efeitos dos eventos climáticos extremos (He et al., 2020). Além disso, espécies que podem sofrer impacto por ações antrópicas diferentes combinadas como alta taxas de mortalidade por pesca podem ter menor capacidade de resiliência (Pershing et al., 2015). Os estudos realizados por Freitas et al. (2013) e por Röpke et al. (2017) indicam que a influência de eventos climáticos extremos, que alteram o padrão de intensidade e duração das fases hidrométricas e o regime de chuvas, afetam as assembleias de peixes em lagos de planície de inundação, por impactarem de modo diferenciado as diferentes espécies. Como consequência, é esperado que tais mudanças afetem também a disponibilidade de peixes explorados pela pesca, tanto em quantidade quanto em qualidade (Pereira et al., 2023), com reflexos nas relações de compra e venda de pescado e, em casos extremos, na oferta de proteína animal para a alimentação humana.

O monitoramento da região do Lago Catalão ao longo dos últimos 19 anos permitiu verificar que eventos extremos de secas e cheias afetam vários níveis de organização ecológica. Ao nível de comunidades, determinando a composição de espécies nos lagos; ao nível populacional, alterando a estrutura de tamanho por remover as classes de maior tamanho corpóreo; ao nível de indivíduos, ao afetar o investimento das fêmeas em reprodução. No entanto, há uma crescente intensificação da frequência dos eventos extremos, e o impacto da repetição de tais eventos é, tipicamente, muito maior do que o impacto de eventos isolados, o que requer monitoramento constante.

2. OBJETIVO

O projeto de pesquisa visa avaliar o impacto de eventos hidrológicos extremos sobre a assembleia de peixes e processos biológicos, com base em uma longa série temporal de dados na confluência dos rios Negro e Solimões. Especificamente, o projeto busca:

- Complementar a série de dados já existente com informações mensais de composição de espécies e informações biológicas individuais da fauna de peixes;



- Avaliar o papel das variabilidade hidrológica sobre a dominância de espécies entre cheias e secas;
- Verificar o efeito da variabilidade hidrológica sobre a reprodução e estrutura populacional de espécies de peixes;

3. JUSTIFICATIVA PARA A EMISSÃO DA NOTA TÉCNICA

A justificativa para a realização deste projeto baseia-se na necessidade de melhor entendimento do impacto de eventos severos e extremos de secas sobre a ictiofauna para a proposição de ações que visem a conservação e mitigação dos eventos adversos sobre a fauna de peixes. A pesquisa é particularmente importante porque embora um impacto negativo de secas extremas seja esperado, a duração desse efeito, os múltiplos processos biológicos que são afetados e o possível efeito de outras ações como a pesca (fortemente presente na várzea) ainda é pouco conhecido. Desta forma, este estudo tem relevância científica por aprofundar o conhecimento científico para um problema atual e crescente. Além da relevância científica as informações geradas tem potencial de direcionar ações conservacionista que sejam mais efetivas na conservação de grupos particularmente sensíveis ao efeito das secas e pesca. Uma vez que esse conhecimento gerado pode contribuir para ações que visem garantir a sustentabilidade de estoques pesqueiros esta pesquisa também possui relevância socio-econômica.

4. METODOLOGIA

O projeto foi conduzido utilizando a seguinte abordagem metodológica:

•Etapas da Pesquisa:

•Etapas 1: Amostragem da fauna de peixes e triagem em laboratório

A presente proposta será conduzida no lago Catalão, uma lago de águas mistas em uma região de várzea da Amazônia Central, localizada entre os rios Negro e Solimões (entre as coordenadas de 03°1' - 3°04' S e 59°53' - 59°58' W) e abrange uma área de aproximadamente 20 km². A área é submetida à inundações sazonais, com menor aporte de água preta do rio Negro e maior contribuição das águas brancas do rio Solimões, sendo considerado, portanto, um sistema de lagos de águas mistas. Essa inundação sazonal influencia a conectividade do sistema lacustre, tornando-o completamente conectado com ambos os rios durante a época das cheias e podendo ser quase totalmente isolado durante a seca (Brito et al., 2014). A sazonalidade da conectividade com o rio Amazonas e o isolamento durante a estação seca também influenciam as concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos (Aprile & Darwich, 2013) e a produtividade local (Almeida & Melo, 2011).

A variabilidade hidrológica interanual será avaliada a partir das cotas do nível da água do Rio Negro coletados no Porto de Manaus pela Companhia de Pesquisas de Recursos



Minerais - CPRM e representativos para a Amazônia Central, no período entre 1998 e 2022. Essas informações foram utilizadas para a avaliação de atipicidade e quantificação dos eventos hidrológicos.

A amostragem são realizadas de modo padronizado e o mesmo protocolo será seguido. Para a captura dos peixes, é utilizada uma bateria de malhadeiras composta por nove redes de espera com malhagens variando de 24 a 110 mm entre nós opostos, com 10 m de comprimento cada e altura entre 1,5 a 3,5 m; as redes permaneceram imersas por 24 horas consecutivas com despescas a cada 6 horas, sendo que o período de atividade de campo incluindo deslocamento se dá em 2 a 3 dias, dependendo do período sazonal e se o material for trabalhado localmente. Todos os exemplares coletados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados com informações sobre o local e data de captura, e mantidos resfriados com gelo em recipientes isotérmicos até sua triagem no caso de deslocamento do material até o Laboratório de Dinâmica de Populações de Peixes do INPA.

No laboratório, para cada exemplar identificado, são obtidas informações biométricas e reprodutivas que permitem identificar as características descritoras da história de vida de modo direto ou por meio de análises. As informações obtidas são:

- Comprimento padrão (mm) considerando-se a extremidade do focinho até a última vértebra, localizada na base da nadadeira caudal;
- Peso total (gr);
- Peso eviscerado (gr) obtido após a retirada do trato digestivo, gordura cavitária e gônadas;- Presença ou ausência de alimento no trato digestivo;
- Grau de gordura cavitária (GGC). Segundo Santos (1980), que define quatro categorias de valores entre 0 e 100% de acordo com a quantidade de gordura armazenada na cavidade abdominal: 0 (ausência de gordura), 1 (até 25% da capacidade), 2 (25% a 75% da capacidade), 3 (75% a 100% da capacidade);
- Determinação do sexo e estágio de desenvolvimento gonadal. Segundo Núñez & Duponchelle (2009) com adaptação para este trabalho. A escala geral utilizada é constituída por seis estádios de desenvolvimento para fêmeas: imaturo (F1), maturação (F2), maduro (F3), em reprodução (F4), esvaziado (F5) e regeneração (F6). A identificação macroscópica dos estádios de maturação dos ovários é realizada considerando-se aspectos como volume ocupado na cavidade, transparência, coloração, consistência, vascularização superficial, além da presença, cor e tamanho dos ovócitos. Ovários maduros (F3), serão imersos em solução de Gilson (Simpson, 1951), permanecendo nessa solução até o desprendimento completo dos ovócitos das membranas ovarianas. Posteriormente os ovócitos são lavados em água corrente para a remoção de tecido digerido e preservados em álcool 70%.



• Etapa 2: Atividade reprodutiva, estrutura da população e estrutura de comunidades e dominância de espécies

Entre os objetivos proposto no projeto aqui optou-se por focar nos dois atributos que refletem a composição de espécies e a dinâmica populacional.

- Para cada ano na série histórica de dados desde outubro de 1999 foi contabilizado o número de fêmeas maduras ou desovando (reprodutivamente ativas) entre outubro e fevereiro de cada ano para 16 espécies de peixes. A proporção de fêmeas reprodutivamente ativas em relação ao total de peixes capturados nesse mesmo período foi modelado em função das condições hidrológicas por meio de modelo generalizado misto. O efeito das secas e pesca no tamanho das fêmeas reprodutivamente ativas em cada ano foi avaliado modelando-se o tamanho médio das fêmeas das espécies em relação ao tempo (maior frequência de eventos de secas ocorreram nos anos mais recentes e então resultaria em redução linear do tamanho) e em relação à pesca (classificando as espécies em categorias de intensidade de pesca), a interação entre esses fatores foi considerada como um efeito combinado da alteração hidrológica e da pesca.

- Análise de Diversidade e dominância. A partir das amostragens foram estimados os índices e medidas descritivas da assembleia: índice de dominância, índices de diversidade de Shannon e Simpson, e abundância absoluta e relativa das espécies dominantes.

5. RESULTADOS OBTIDOS

• Transferência de conhecimento

Entre os resultados obtidos até o momento pelo projeto executado alguns indicam possível efeito aditivo da pesca ao impacto antrópico recente. Em termos populacionais as análises realizadas para as 16 espécies mais abundantes e com maior atividade reprodutiva na região indicou que houve o declínio do tamanho médio das fêmeas adultas e no tamanho de maturidade sexual ao longo de cerca de 20 anos para a maior parte das espécies, porém a queda foi significativamente mais acentuada no grupo de espécies com maior busca pela pesca comercial e subsistência (LMM coeficientes da interação, $F = 3.91$, $p < 0.05$). Os resultados completos encontram-se em Röpke et al. (2022). A redução de tamanho dos adultos é um processo esperado frente maior frequência de secas severas seja pelo aumento da mortalidade natural dos indivíduos de maior porte seja pelo efeito da temperatura mudando as taxa de crescimento. A redução observada indepedente da pressão por pesca sugere efeito das alterações ambiental porém, a maior magnitude de efeito da mudança em espécies fortemente pescadas sugere efeito aditivo desses processos.

O efeito da pesca é corroborado por estudo deste projeto em colaboração com



pesquisadores da UFAM utilizando dados para o lago Sacambú na ilha da Paciência (Conceição et al., em preparação, dissertação defendida em 2024), por meio da avaliação comparada das séries temporais disponíveis para os sítios da ponta do Catalão e Ilha da Paciência (2011-2022). Foram utilizados dados obtidos a partir de 2011 de vazante e cheia para o Lago do Padre na ponta do Catalão onde o acesso à pesca é livre e Lago Sacambú na Ilha da Paciência onde o acesso à pesca é restrito. Os efeitos da pesca e o impacto da seca sobre a diversidade de peixes, abrangendo elementos taxonômicos e funcionais indicam que ao longo do tempo houve um declínio dos índices de diversidade taxonômica e funcional no lago de acesso aberto e aumento no lago de acesso restrito à pesca. Houve aumento mais acentuado dos índices de divergência e redundância e equitabilidade funcional no decorrer dos anos no lago de acesso restrito à pesca (Diversidade taxonômica – GLM coeficiente de interação lago e tempo, $F = 3,465$, $p < 0,001$ entre 2011 e 2022; GLM Diversidade taxonômica no tempo – GLM $F = 3,465$, $p < 0,001$). As diferenças notadas na diversidade e estrutura das assembleias de peixes entre os dois lagos sugere efeito negativo relevante da pesca não regulamentada. Os resultados obtidos indicam um efeito de recuperação com o passar do tempo no lago com restrições à pesca. A maior perda de diversidade ao longo do tempo no lago de acesso completamente livre pode ter efeito aditivo das secas severas cujo impacto já foi reportado, porém nessa análise não foi possível isolar os efeitos relativos a cada possível impacto, sendo preponderante a interpretação para os efeitos da pesca. O lago Catalão tem perdido diversidade de modo contínuo ao longo dos últimos 20 anos. O que provavelmente é reflexo dos efeitos da seca e pesca na mortalidade e processos reprodutivos principalmente para espécie com populações de menor abundância.

Uma vez que esta área da várzea é fracamente protegida pela presença de unidades de conservação a pouco efeito potencialmente positivo por migração e “transbordamento populacional” o que poderia ser particularmente benéfico para espécies sedentárias (Claudete et al. 2010). Para as espécies migradoras as populações podem estar sendo ao menos em parte sustentadas pela devira de larvas de outras menos afetadas pelas secas ou onde as populações estão em melhor estado de preservação (estudos genéticos nesse sentido seriam relevantes). Frente a este cenário, uma medida local que pode amenizar o forte impacto inevitável de uma seca severa ou extrema particularmente prolongada como a entrada entre 2023 e 2024 é reduzir o efeito da mortalidade por pesca. Isso pode ser feito com restrições à pesca e aumento da fiscalização para pesca predatória desde o momento que o nível da água encontra-se expressivamente baixo para a época, por exemplo níveis de água abaixo de 18 metros já em setembro, no caso da régua do porto de Manaus como referência. Outro ponto relevante é incorporação de uma lista maior de



espécies sob restrição à pesca como sugerido em Röpke et al. 2022. Aqui uma sugestão de lista é apresentada (Tabela 1), no entanto estudos específicos são necessários sobre a sustentabilidade atual da pesca sobre diferentes espécies da várzea bem como sua “saúde” por meio de avaliação quanto à estrutura populacional considerando principalmente tamanho de maturidade sexual e representatividade das classes de tamanho entre o L50, L100 e acima destes nos desembarques pesqueiros.

6. PARECER CONCLUSIVO

Este projeto de pesquisa em tecnologia, ao analisar mudanças temporais na fauna de peixes e suas possíveis relações com os eventos extremo, tem potencial para ampliar nosso conhecimento sobre o efeito de mudanças climáticas, além de as informações geradas terem o potencial de direcionar ações conservacionistas que sejam efetivas na conservação de grupos particularmente sensíveis ao efeito das secas e pesca.

Recomenda-se o apoio a projetos desta natureza, considerando sua relevância e alinhamento com as prioridades estratégicas nas instituições de ensino e pesquisa do Amazonas.

Manaus/AM, 21 de outubro de 2024



Cristhiana Paula Röpke
Bolsista Pós-doutorado
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Universidade Federal de São Paulo



Tabela 1. Lista de espécies com algum nível de proteção com base nas regulamentações atuais e espécies a serem incluídas na lista de defeso em anos de secas severas/extremas. As espécies atualmente sob nenhuma proteção foram sugeridas em Röpke et al. (2022) com base na marcante exploração pela pesca e possuírem atributos funcionais como migradoras de média-longa distância e necessidade de conectividade entre ambientes para completar o ciclo de vida, além disso espécie de Cichliformes, sedentárias de médio a grande porte como o tucunaré (*Cichla* spp.) e acará-açu (*Astronotus* spp.) foram consideradas na lista pela menor capacidade de recuperação a forte depleção populacional. Regulamentações do Ministério do Meio Ambiente (MMA): 34/200 – regulamentação da pesca para os estados do Amapá, Amazonas e Acre; 01/2005 – regulamentação da pesca para o estado do Amazonas; 35/2005 - regulamentação da pesca para a bacia amazônica brasileira; 39/2005 ; 48/2007 – regulamentação da pesca nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Rondônia, Roraima e Pará; Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas (IPAAM): 2020/2021 – regulamentação da pesca no estado do Amazonas para o defeso daquele ano.

Táxons	IN- 01/2005	IN- 34/2004	IN- 35/2005	IBAMA Portaria - 48/2007	IPAAM 2020/ 2021	Sugestão Röpke et al. 2022
Characiformes						
Anostomidae						
<i>Megaleporinus trifasciatus</i> (Steindachner, 1876)						X
<i>Rhytiodus argenteofuscus</i> Kner, 1858						X
<i>Rhytiodus microlepis</i> Kner, 1858						X
<i>Schizodon fasciatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)						X
Bryconidae						
<i>Brycon</i> spp.			X	X	X	
<i>Brycon amazonicus</i> (Spix & Agassiz, 1829)				X	X	
<i>Brycon cephalus</i> (Günther, 1869)				X	X	
<i>Brycon melanopterus</i> (Cope, 1872)				X	X	
Curimatidae						
<i>Potamorhina altamazonica</i> (Cope, 1878)						X
<i>Potamorhina latior</i> (Spix & Agassiz, 1829)						X
Cynodontidae						
<i>Hydrolycus scomberoides</i> (Cuvier, 1819)						X
<i>Rhaphiodon vulpinus</i> (Spix & Agassiz, 1829)						X
Prochilodontidae						





<i>Prochilodus nigricans</i> (Spix & Agassiz, 1829)						X
<i>Semaprochilodus insignis</i> (Jardine, 1841)						X
<i>Semaprochilodus taeniurus</i> (Valenciennes, 1821)						X
Serrasalminidae						
<i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1816)		X			X	
<i>Metynnis</i> spp.						X
<i>Myleus</i> spp.						X
<i>Mylossoma albiscopum</i> (Cuvier, 1818)		X	X		X	
<i>Mylossoma aureum</i> (Spix & Agassiz, 1829)		X	X		X	
<i>Piaractus brachipomus</i> (Cuvier, 1818)			X		X	
Triporthidae						
<i>Triporthus albus</i> (Cope, 1872)			X		X	
<i>Triporthus angulatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)			X		X	
<i>Triporthus auritus</i> (Valenciennes, 1850)			X		X	
Cichliformes						
Cichlidae						
<i>Astronotus crassipinnis</i> (Heckel, 1840)						X
<i>Astronotus ocellatus</i> (Agassiz, 1831)						X
<i>Cichla</i> spp.						X
Osteoglossiformes						
Arapaimidae						
<i>Arapaima gigas</i> (Schinz, 1822)	X	X	X		X	
Osteoglossidae						
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i> (Cuvier, 1829)		X	X	X	X	
Pimelodidae						
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i> (Castelnau, 1855)			X			
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i> (Lichtenstein, 1819)			X			
<i>Hypophthalmus oremaculatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)		X	X		X	
<i>Hypophthalmus fimbriatus</i> (Kner, 1858)		X	X		X	
<i>Hypophthalmus edentatus</i> (Valenciennes, 1840)		X	X		X	
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (Linnaeus, 1766)					X	
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i> (Valenciennes, 1840)		X			X	



Referências Bibliográficas

- Bayley, P. B., Castello, L., Batista, V. S., & Fabré, N. N. (2018). Response of *Prochilodus nigricans* to flood pulse variation in the central Amazon. *Royal Society Open Science*, 5, 1–15. <https://doi.org/10.1098/rsos.172232>
- Brodie, J., Post, E., & Laurance, W. F. (2012). Climate change and tropical biodiversity: a new focus. *Trends in ecology & evolution*, 27(3), 145-150.
- Castello, L., McGrath, D. G., Hess, L. L., Coe, M. T., Lefevre, P. A., Petry, P., Macedo, M. N., Renó, V. F. & Arantes, C. C. (2013). The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters* 6: 217–229. doi: 10.1111/conl.12008.
- Castello, L., Bayley, P. B., Fabré, N. N., & Batista, V. S. (2019). Flooding effects on abundance of an exploited, long-lived fish population in river-floodplains of the Amazon. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29, 487–500. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09559-x>
- Claudet J, Osenberg CW, Domenici P, Badalamenti F, Milazzo M, Falcón JM, Bertocci I, Benedetti-Cecchi L, García-Charton J, Goñi R, Borg JA, Forcada A, de Lucia GA, Pérez-Ruzafa Á, Afonso P, Brito A, Guala I, Diréach LL, Sanchez-Jerez P, Somerfield PJ, Planes S. Marine reserves: Fish life history and ecological traits matter. *Ecological Applications*. 2010; 20: 830-839. <https://doi.org/10.1890/08-2131.1>
- Freitas, C. E. C., Siqueira-Souza, F. K., Humston, R. & Hurd, L. E. (2013). An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia* 705: 159–171. doi: 10.1007/s10750-012-1394-4.
- He, F., Langhans, S. D., Zarfl, C., Wanke, R., Tockner, K., & Jähnig, S. C. (2021). Combined effects of life-history traits and human impact on extinction risk of freshwater megafauna. *Conservation Biology*, 35(2), 643-653.
- Pacifici, M., Foden, W., Visconti, P. *et al.* Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Clim Change* 5, 215–224 (2015). <https://doi.org/10.1038/nclimate2448>
- Pereira D.V., Mereles M. de A., Matos O.F. de, Lopes G., Conceição K.G. da, Freitas C.E. de C. (2023) Vulnerability to overfishing of fish stocks in the Amazon Basin, *Fisheries Research*, 106740. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106740>.
- Pershing A.J. *et al.* Slow adaptation in the face of rapid warming leads to collapse of the Gulf of Maine cod fishery. *Science* 350,809-812(2015).DOI:[10.1126/science.aac9819](https://doi.org/10.1126/science.aac9819)
- Röpke C, Pires TH, Zuchi N, Zuanon J, Amadio S (2022) Effects of climate-driven hydrological changes in the reproduction of Amazonian floodplain fishes. *J Appl Ecol* 00:1–12. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14126>
- Röpke C, Pires THS, Zuanon J, *et al.* Growth–reproduction trade-off and fecundity regulate population stability in Amazon floodplain fishes. *Freshw Biol.* 2021;00:1–9. <https://doi.org/10.1111/fwb.13702>
- 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. *Climatic Change*, 136(3–4), 555–570. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>

Haylock, M. R.; Peterson, T. C.; Alves, L. M.; Ambrizzi, T.; Anunciacao, Y. M. T.; Baez, J.; Barros, V. R.; Berlato, M. A.; Bidegain, M.; Coronel, G.; Garcia, V. J.; Grimm, A. M.; Karoly, D.; Marengo, J. A.; Marino, M. B.; Moncunill, D. F.; Nechet, D.; Quintana, J.; Rebello, E.; Rusticucci, M.; Santos, J. L.; Trebejo, I.; Vincent, L. A. (2006). Trends in total and extreme South American rainfall 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*.

