

BIODIVERSIDADE E BIOMECÂNICA DA AMAZÔNIA

Paulo Henrique Rocha Aride¹, Gyovanni Augusto Aguiar Ribeiro²,
Jaime Cavalcante Alves³, Rodrigo Fonseca⁴, Carlos Tiago Garantizado⁵,
André Wilson Archer Pinto Salgado⁶ e Adriano Teixeira de Oliveira⁷

RESUMO

A biodiversidade da Amazônia é descrita como a maior do planeta, em relação a todos os biomas existentes. A Amazônia brasileira corresponde a 46% do território nacional. Estima-se que a região faunística englobe cerca de 10% de todas as espécies já descritas no planeta. Algumas teorias fazem a ligação da elevada biodiversidade da região, com a diversidade de habitats que existem na floresta tropical húmida. Além disto, a sazonalidade existente no sistema hídrico da região Amazônica, favorece a diversidade de ambientes, que propicia diferentes cenários de condições, para o contínuo processo de adaptação de seus diferentes organismos (vegetais, insetos, mamíferos, reptéis, aves, anfíbios, peixes e microrganismos). Esta riqueza natural sempre foi cobiçada por cientistas e conservacionistas de todo o planeta, e vem sofrendo uma pressão de uso de seus recursos, de maneira mais acentuada nas últimas décadas. Assim, se faz necessária uma ampla discussão acerca dos limites desta floresta, já estabelecidos e descritos em diversos estudos científicos. Esta discussão deve ser ampla, visando um processo de conservação necessário, visto que já existem indícios de limites máximos (ponto de não retorno) para alguns recursos existentes neste ecossistema tão rico e diversificado. Diversos estudos têm mostrado organismos testes e bioindicadores de qualidade do ambiente amazônico.

Palavras-chave: Biodiversidade. Biomecânica. Amazônia. Pulso de inundação.

¹ Doutor em Biologia Tropical e Recursos Naturais, IFAM, aride@ifam.edu.br

² Doutor em Ciências de Florestas Tropicais, IFAM, gyovanni.ribeiro@ifam.edu.br

³ Mestre em Agronomia, IFAM, jaime@ifam.edu.br

⁴ Mestrando em Design, PPGD UFAM, rodrigo.fonseca@ifam.edu.br

⁵ Mestrando em Propriedade Intelectual, IFAM, tiago@ifam.edu.br

⁶ Doutor em Publicidade e Relações públicas U.A.B, IFAM, andre.salgado@ifam.edu.br

⁷ Doutor em Biodiversidade, IFAM, adriano.oliveira@ifam.edu.br

BIODIVERSITY AND BIOMECHANICS OF THE AMAZON

ABSTRACT

The biodiversity of the Amazon is described as the greatest on the planet, in relation to all existing biomes. The Brazilian Amazon corresponds to 46% of the national territory. It is estimated that the faunal region encompasses around 10% of all species ever described on the planet. Some theories link the region's high biodiversity with the diversity of habitats that exist in the humid tropical forest. Furthermore, the seasonality existing in the water system of the Amazon region favors the diversity of environments, which provides different scenarios of conditions, for the continuous process of adaptation of its different organisms (vegetables, insects, mammals, reptiles, birds, amphibians, fish and microorganisms). This natural wealth has always been coveted by scientists and conservationists from all over the planet, and has been experiencing pressure in the use of its resources, more accentuated in recent decades. Therefore, a broad discussion is necessary about the limits of this forest, already established and described in several scientific studies. This discussion must be broad, aiming at a necessary conservation process, since there are already signs of maximum limits (point of no return) for some resources existing in this rich and diverse ecosystem. Several studies have shown test organisms and bioindicators of the quality of the Amazon environment.

Keywords: Biodiversity. Biomechanics. Amazon. Flood pulse.

1 INTRODUÇÃO

A região Amazônica possui territórios faunísticos distribuída em nove países do continente americano (Brasil, Peru, Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname e Guiana Francesa). Estados ou departamentos de quatro nações vizinhas do Brasil têm o nome de *Amazonas* por isto. A Amazônia representa mais da metade das florestas tropicais remanescentes no planeta e compreende a maior biodiversidade em uma floresta tropical no mundo. É um dos seis grandes biomas brasileiros possui importância global na manutenção do clima (regime de chuvas e ventos), o que tem gerado diversos estudos visando o conhecimento de sua biodiversidade, e do funcionamento de seus sistemas de serviços ambientais (bacia hidrográfica e suas inter-relações com as áreas de terra firme).

No Brasil, por efeitos de governo e da economia, a Amazônia é delimitada por uma área chamada "Amazônia Legal" definida a partir da criação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), em 1966. É chamado também de Amazônia o bioma que, no Brasil, ocupa 49,29% do território e abrange três das cinco divisões regionais do país (Norte, Nordeste e Centro-Oeste), sendo o maior bioma terrestre do país, e também o que apresenta maior percentual de preservação.

O interesse global pela preservação da Amazônia, acentuado pela necessidade de mitigar os efeitos do problema climático atual (mudança climática), não tem desenvolvido nas populações e comunidades da região, uma significativa repercussão. Não se nota nenhum tipo de mobilização efetiva por parte das populações residentes na região Amazônia. Sabemos que a região é reconhecidamente um repositório para serviços ambientais, e isto requer ações para a sua conservação.

Ao longo dos séculos de busca de desenvolvimento e subsistência, as

atividades econômicas predominantes na Amazônia sempre estiveram atreladas a exploração cíclica de algum tipo de recurso natural. O processo de extrativismo sempre está associado a baixa densidade tecnológica e forte antropização dos ambientes, que ocorre pelo uso de métodos rudimentares de produção e alocação intensiva de mão de obra pouco qualificada, mal remunerada e fortemente exposta a acidentes, doenças ocupacionais e aos patógenos presentes no ambiente (Fearnside, 2003; Fearnside, 2019). Este modelo de extrativismo desenvolvido a muito tempo na região, se mostra eficiente na promoção de um processo de integração subalternizada aos interesses e necessidades da economia global. Este processo resulta em alternância entre períodos de intensificação e desaceleração da economia regional. Podemos destacar que este processo ocorre atrelado a demanda do mercado pelo produto em questão. Outro fator relevante no caso do uso intensivo de recursos naturais de extrativismo, é a capacidade de suporte da região para o produto alvo. Seja qual for o caminho percorrido, processos de exploração da biodiversidade sem estudos prévios, ou controle para avaliação do tempo de regeneração necessários, conduzem ao esgotamento do recurso.

Como área florística, a floresta Amazônica apresenta uma vegetação tropical localizada na América do Sul. Ela está situada, entre outros países, e em parte significativa do Brasil. Esta formação vegetal tem um clima equatorial, um solo arenoso e uma hidrografia densa, formando a bacia hidrográfica, que apresenta importante papel na economia e na vida da população, onde os rios se caracterizam como as estradas de deslocamento de produtos e insumos para a região. Esta região apresenta a maior biodiversidade de espécies animais e vegetal do planeta.

Com relação à fauna, a região amazônica apresenta mais de 40 mil espécies, dentre mamíferos, aves, répteis, peixes, anfíbios e insetos.

Podemos destacar alguns que são símbolos da região, tais como o a onça pintada (maior felino das Américas), o Lobo-guará, o boto cor de rosa, o peixe boi da Amazônia, o macaco prego, as araras Canindé, as antas, dentre outros destaques.

Esta riqueza animal e vegetal imensurável desperta a cobiça internacional. Isto se deve não apenas pelas possibilidades de uso de sua biodiversidade e produtos nos mais diversificados ramos, mas também pelo papel de manutenção do clima no sistema terrestre, que sua floresta proporciona por meio de serviços ambientais.

No centro da área florística da Amazônia brasileira, na confluência entre os rios Negro e Solimões, na margem direita, está localizada a cidade de Manaus. Uma cidade plana, que mescla áreas planejadas com áreas invadidas, montando um mosaico urbano peculiar. Na cidade está instalado o maior polo industrial do país. Localizado em uma área estratégica, a região central da Amazônia, o Polo Industrial de Manaus (PIM), se caracteriza como um dos mais modernos aglomerados industriais e tecnológicos da América Latina. Possui mais de 500 indústrias cadastradas na SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus), com destaque para os segmentos eletroeletrônicos, duas rodas, mecânico, naval, metalúrgico e termoplástico (Site SUFRAMA). No desenvolvimento da região, a criação do PIM buscou estabelecer uma base econômica que pudesse desenvolver a região, sem expor a riscos, os recursos naturais que eram explorados pela população residente, para a geração de renda. O PIM se caracteriza como um polo de montagem, o que confere a este, uma característica de menor impacto ambiental. Diferente de plantas industriais de transformação, ou de petroquímicos, que utilizam insumos de alta toxicidade e de elevado tempo de permanência no ambiente.

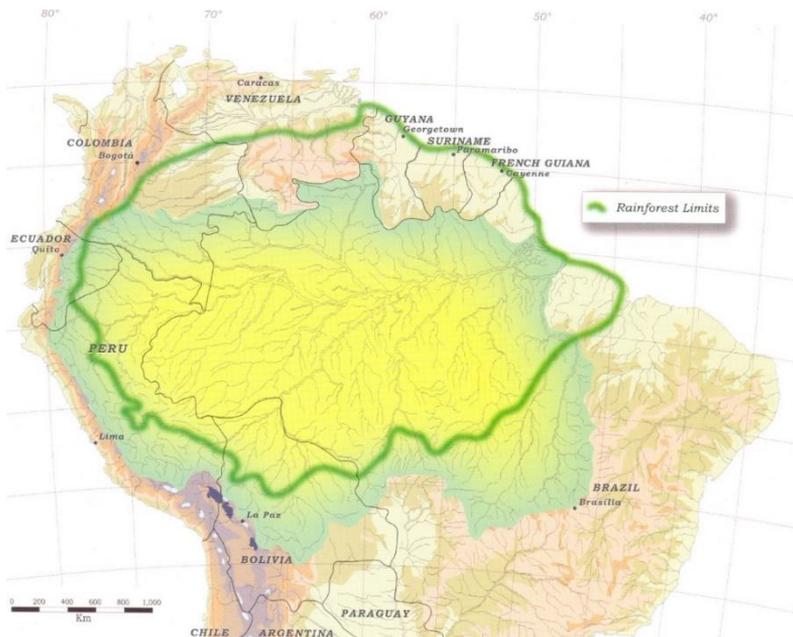
Ao longo dos séculos de busca de desenvolvimento e subsistência, as

atividades econômicas predominantes na Amazônia sempre estiveram atreladas a exploração cíclica de algum tipo de recurso natural, ou alguns, de forma concomitante. Esta realidade não é exclusiva da região amazônica. Porém, a enorme área e riqueza orgânica, características da região, sempre forneceram ampla possibilidade de geração de renda por meio deste modelo de exploração.

Este processo resulta em alternância entre períodos de intensificação e desaceleração da economia regional. Podemos destacar que este processo ocorre atrelado a demanda do mercado pelo produto em questão. Outro fator relevante no caso do uso intensivo de recursos naturais de extrativismo, é a capacidade de suporte da região para o produto alvo. Seja qual for o caminho percorrido, processos de exploração da biodiversidade sem estudos prévios, ou controle para avaliação do tempo de regeneração necessários, conduzem ao esgotamento do recurso. Estes processos de exploração ocorrem não apenas em áreas de terra firme e várzea, mas também nas águas da bacia hidrográfica (Rios, igarapés, lagos e paranas).

No sistema hídrico da região amazônica, podemos destacar a sazonalidade de suas águas. O pulso de inundação é o principal fator que influencia o ciclo de águas da Amazônia Central, caracterizadas por grande variação no nível da água e alterações em parâmetros ecológicos e físico-químicos, como pH, transparência, oxigênio dissolvido, foto período e níveis de íons (Aride et al. 2007). Na Amazônia podemos encontrar condições extremamente diferentes entre seus três principais tipos de águas: águas brancas (pH 6,2-7,2), águas negras (pH 3,8-4,9) e águas claras (pH 4,5-7,8) segundo classificação de Sioli (1984).

Figura 2 – Limites do Bioma Amazônico (Rainforest).

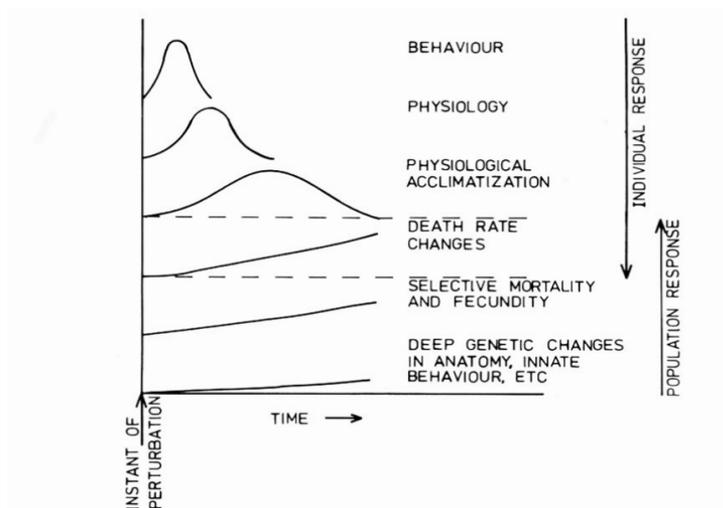


Fonte: Goulding *et. al.* (2003).

No sistema hídrico do Amazonas (bacia Amazônica) já encontramos alguns problemas relacionados ao processo de deposição de poluentes persistentes, por conta de processos antropogênicos de exploração. Dentre eles o plástico, micro plástico, metais, óleos lubrificantes dentre outros agentes nocivos. Os metais são introduzidos no sistema aquático por lixiviação de rochas e solo e por erupções vulcânicas, mas principalmente por atividades humanas, como mineração e processos industriais (Gutenmann et al. 1988; Oliveira et.al., 2016, Oliveira et.al., 2017; Oliveira et.al., 2023). Recentemente, o uso de fertilizantes também contribuiu para este processo (Adeyeye et al. 1996). O ferro tem sido amplamente utilizado em muitos países para reduzir o fósforo disponível em águas doces. Normalmente, o ferro é adicionado aos reservatórios na forma de licor ácido de sulfato férrico que contém outros metais, incluindo titânio, manganês, zinco e níquel (Dalzell e Macfarlane 1999; Duis e Oberemm 2000).

Estes fatores apresentam efeitos diretamente relacionados a distribuição da biodiversidade, uma vez que os organismos são expostos a fatores estressantes, estes apresentam como resposta primária, a fuga, que é busca de um novo local, com condições para a manutenção de sua homeostase. Caso não haja a possibilidade de deslocamento (migração), caso dos vegetais fixos ao solo, ou a organismos confinados, como peixes em lagos isolados (lagos de terra firme), estes são forçados a desenvolver ajustes fisiológicos, visando sua sobrevivência. Estes ajustes apresentam diferentes níveis e períodos, dependendo de cada tipo de organismo, e suas características fisiológicas. Tais ajustes apresentam um custo energético, que deve ser mantido, para que não se quebre a estabilidade de resistência destes organismos (Aride et.al., 2017). Vale ressaltar que estes ajustes fisiológicos nem sempre podem ser suficientes, podendo assim levar os organismos a morte (figura 2).

Figura 2 – Representação simplificada da sequência de eventos que se seguem nos organismos, após fator de perturbação ambiental



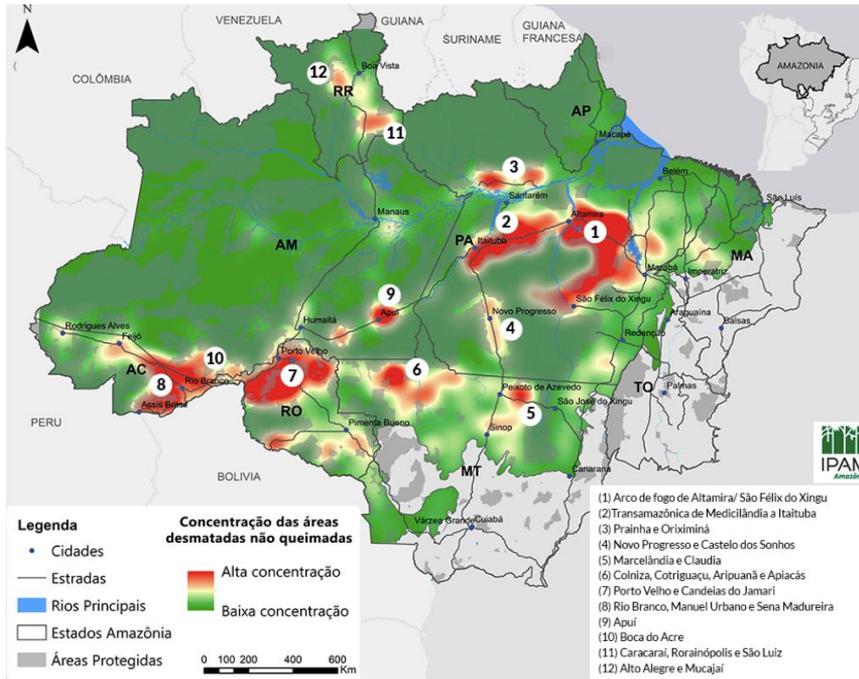
Fonte: Slobodikin & Rapoport (1974).

Em ambientes chamados de “terra firme”, onde as águas não alcançam em períodos de cheia, também notamos problemas relacionados a manutenção de sua integridade. O processo de desflorestamento ocorre de maneira contínua na região amazônica, alternando períodos de maior ou menor intensidade.

Apesar dos esforços de monitoramento e fiscalização, o acesso ao recurso natural as vezes é o único meio de subsistência de algumas populações e comunidades da floresta. Neste contexto, os alertas fornecidos pelo sistema de monitoramento DETER (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE) têm sido uma parte importante do sistema de controle do desmatamento do Brasil. Este sistema fornece dados de localização das atividades de desmatamento em tempo real, o que possibilita uma ação imediata das autoridades ambientais. Apesar da tecnologia e dos esforços dos órgãos ambientais em suas diversas esferas, o processo de desmatamento se desenvolve de forma contínua, como já citado (Figura 3).

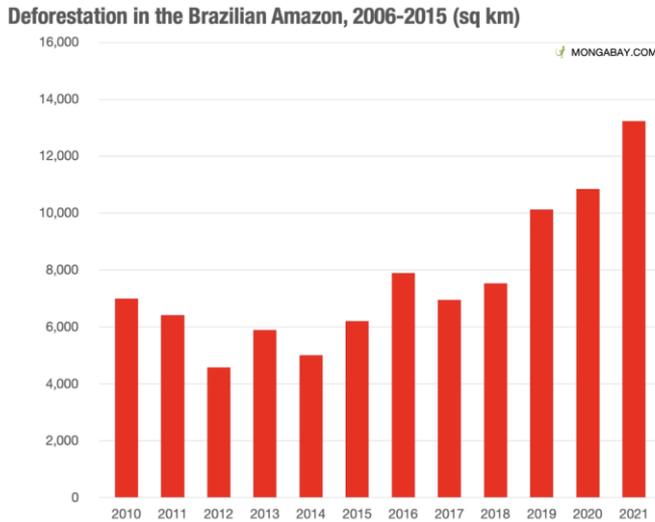
O termo conhecido como arco de desmatamento, compreende a região onde encontram-se os maiores índices e desmatamento da Amazônia. Este território abrange desde o Oeste do Maranhão e Sul do Pará em direção a Oeste, passando por Mato Grosso, Rondônia e Acre. Se caracteriza pela retirada da cobertura vegetal nativa, para o avanço da fronteira agrícola. A questão da produção animal (agropecuária) também é citada como fator efetivo do processo de desflorestamento nesta região.

Figura 3 – Mapa do IPAM mostrando as áreas desmatadas não queimadas



Fonte: Site IPAM Amazônia (ipam.org.br).

Figura 4 – Mapa do IPAM mostrando as áreas desmatadas não queimadas



Fonte: Site IPAM Amazônia (ipam.org.br).

Outro fator que ocorre todo ano na região amazônica, mas que não

possui causa natural neste bioma, são as queimadas. Pouca gente sabe, mas o fogo no Bioma Amazônico apresenta causa humana. Alguns fatores favorecem o processo, tais como o período de seca (verão amazônico, entre meio e outubro/novembro), e abundância de matéria orgânica combustível, com vegetação seca (folhas, galhos e árvores derrubadas).

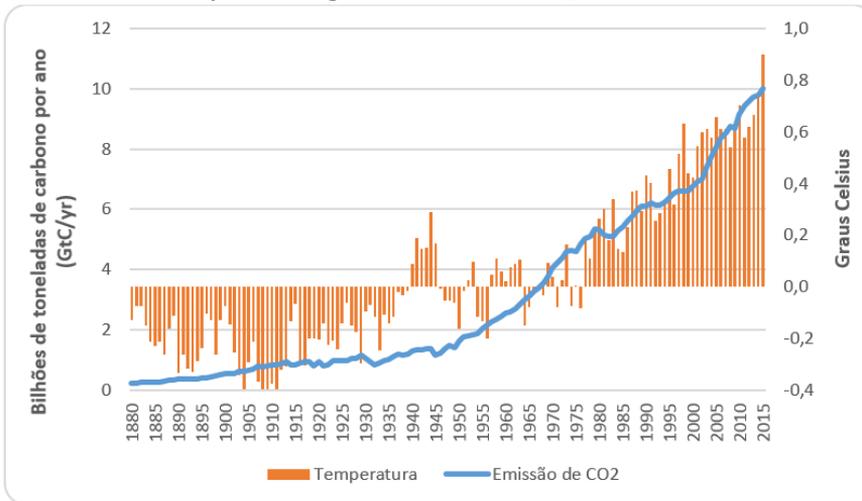
As queimadas produzem uma intensa liberação de fumaça e cinzas, e emissão de gases de efeito estufa, depositando na atmosfera significativa quantidade de carbono. Estudos mostram a relação direta que existe entre as quantidades de carbono na atmosfera terrestre, e a temperatura.

Para termos uma ideia do que está acontecendo na região amazônica, podemos citar que dados do ano de 2019, mostram que ocorreu um aumento de 81% nos focos de queimadas (até om mês de agosto), quando comparado com o mesmo período, entre os anos de 2011 e 2018. Estes dados podem estar relacionados com o aumento do desmatamento nos meses anteriores. Já os dados do primeiro semestre de 2020, registram 23% menos focos de calor no bioma Amazônia quando comparado ao primeiro semestre do ano passado (INPE).

De forma geral, com exceção de anos extremamente secos e quentes (como aqueles com El Niño), o fogo costuma seguir o rastro do desmatamento: quanto maior a derrubada, mais queimadas são registradas. Como a floresta amazônica apresenta relevância no clima terrestre e seu equilíbrio, as consequências deste processo regional, já estão sendo identificadas em escala global (Figura 5).

Figura 5 – Emissões de CO₂ no período de 1880 até 2015, e projeção de emissões para até o ano de 2100.

Aquecimento global e emissões de CO₂: 1880-2015



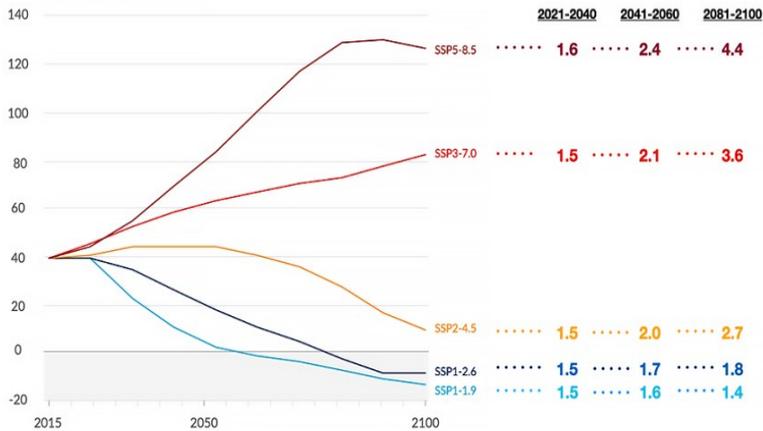
Fonte: Global Carbon Project <http://cdiac.ornl.gov/GCP/> e NOAA <http://www.ncdc.noaa.gov/>

Quantidade de CO₂ emitida por ano até 2100

(em bilhões de toneladas/ano)

Aumento de temperatura projetado

(em °C, relativo a 1850-1900)



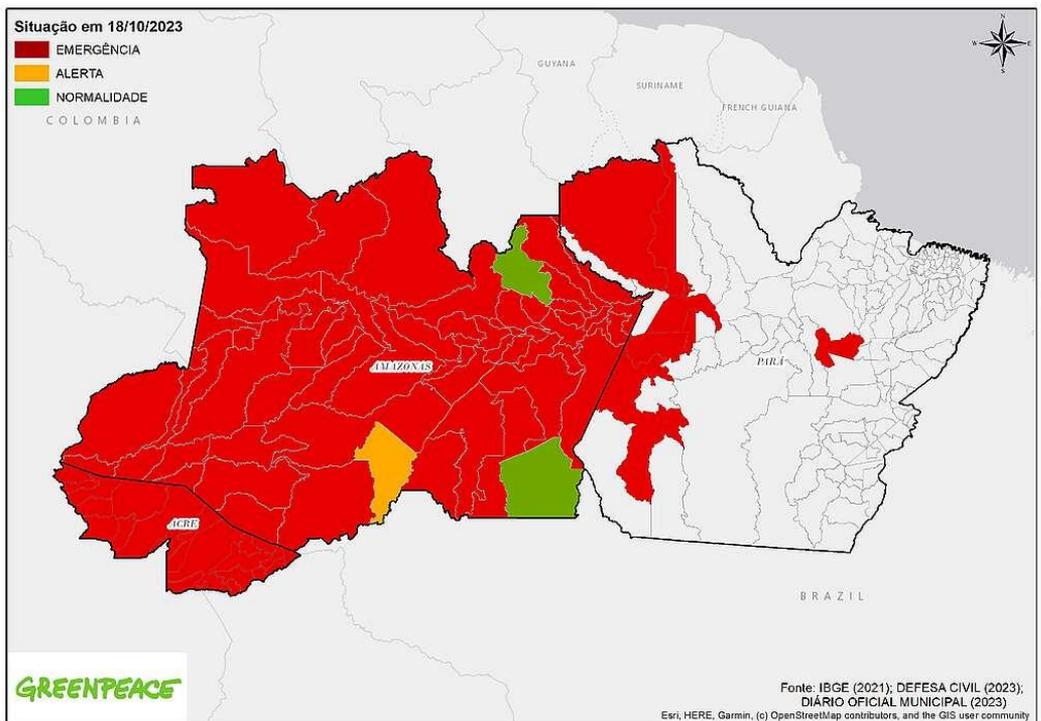
Fonte: IPCC AR6 WGI / Jornal da USP (adaptado da versão original em inglês)

Fonte: Global Carbon Project (<http://cdiac.ornl.gov/GCP/>) e NOAA

(<http://www.ncdc.noaa.gov/>)

Estes processos se repetem ao longo dos anos (sazonalidade), com intensificação de seus efeitos em anos de El Niño. O ano de 2023, o sistema hídrico da região amazônica apresentou sua seca mais proeminente em mais de 120 anos de medição, no Porto de Manaus. O Rio Negro alcançou nesta segunda-feira (16/10) a marca histórica de 13,59 metros, considerada a seca mais severa desde que foram iniciadas suas medições hidrográficas, em 1902, segundo dados divulgados pelo Porto de Manaus. O recorde anterior era de 2010, quando a cota chegou a 13,63 metros. Em 17/10, o Rio Solimões em Manacapuru, na Região Metropolitana de Manaus, atingiu a sua mínima histórica de 3,81 metros, segundo divulgado pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB), (<https://www.portodemanau.com.br/>) (Figura 6).

Figura 6 – Situação das bacias hidrográficas na região Norte do país (2023).



Fonte: Greenpeace

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se a necessidade emergencial de se pensar em processos visando a mitigação dos efeitos associados ao aquecimento global. Não apenas nos seus agentes geradores, mas também nos efeitos relacionados a esta questão. Estudos nas áreas de pesquisa com organismos vivos, demonstram a necessidade imediata de intervenção, visando a manutenção da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

Adeyeye, E. I., N. J. Akinyugha, M. E. Fesobi, and V. O. Tenabe. 1996. Determination of some metals in *Clarias gariepinus* (Cuvier and Valenciennes), *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis niloticus* (L.) fishes in a polyculture fresh water pond and their environments. *Aquaculture* 147: 205–214.

Araujo-Lima, C.R.M.; Goulding, M. 1997. *So fruitful a fish: Ecology, conservation, and aquaculture of the Amazon's tambaqui* Columbia University Press, New York, NY. USA. 157pp.

Aride, P. H. R.; Roubach ; Val, A. L. . Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER) to water pH. *Aquaculture Research*.

Aride, P. H. R.; Oliveira, A. M. ; Batista, R. B. ; Ferreira, M. S. ; Pantoja-Lima, J. ; Ladislau, D. S. ; Castro, P. D. S. ; Oliveira, A. T. . Changes on physiological parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed with diets supplemented with Amazonian fruit Camu camu (*Myrciaria dubia*). *Brazilian Journal of Biology (ONLINE)*, v. 78, p. 360-367, 2017.

Aride, P. H. R.; Oliveira, A. M. ; Ferreira, M. S. ; Liebl, A. R. S. ; Comasseto, L. E. ; Ladislau, D. S. ; Bassul, L. A. ; Silva, B. R. ; Mattos, D. C. ; Lavander, H. D. ; Souza, A. B. ; Polese, M. F. ; Ribeiro, M.W.S. ; Castro, P. D. S. ; Oliveira, A. T. . Growth and hematological responses of tambaqui, *Colossoma macropomum* fed different levels of rice, *Oryza* spp.. *Brazilian Journal of Biology (ONLINE)*, v. 81, p. 962-968, 2021.

Chellapa, S.; Chellapa, N.T.; Barbosa, F.A.; Huntingford, F.A.; Beveridge, M.C.M. 1995. Growth and production of the Amazonian tambaqui in fixed cages under different feeding regimes. *Aquaculture International*, 3:11-21.

Dalzell, D. J. B. and N. A. A. Macfarlane. 1999. The toxicity of iron to brown trout and effects on the gills: a comparison of two grades of iron sulphate. *Journal of Fish Biology* 55: 301–315.

Duis, K. and A. Oberemm. 2000. Survival and sublethal responses of early life stages of pike exposed to low pH in artificial post-mining lake water. *Journal of Fish Biology* 57: 597–613.

Fearnside PM. A floresta amazônica nas mudanças globais. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; 2003.

Fearnside PM. Exploração mineral na Amazônia brasileira: o custo ambiental. In: Castro E, do Carmo ED, editors. Dossiê desastres e crimes da mineração em Barcarena, Mariana e Brumadinho. Belém: Ed. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos; 2019. p. 35-42.

Gutenmann, W. H., C. A. Bache, J. B. McCahan, and D. J. List. 1988. Heavy metals and chlorinated hydrocarbons in marine fish products. *Nutrition Report International* 38: 1157–1161.

Oliveira, A. T. ; Araujo, M. L. G. ; Lemos, J. R. G. ; Santos, M. Q. C. ; Pantoja-Lima, J. ; Aride, P. H. R. ; Tavares-Dias, M. ; Marcon, J. L. . Ecophysiological interactions and water-related physicochemical parameters among freshwater stingrays. *Brazilian Journal of Biology*, v. 1, p. 1, 2016.

Oliveira, A. T. ; Santos, M. Q. C. ; Pantoja-Lima, J. ; Machado, M. R. F. ; Lemos, J. R. G. ; Tavares-Dias, M. ; Aride, P. H. R. . First record of microfilaria in the blood of black caiman *Melanosuchus niger* (Crocodylia: Alligatoridae) specimens from the Amazon River basin. *BRAZILIAN Brazilian Journal of Biology (ONLINE)*, v. 1, p. 1, 2017.

Oliveira, A. T.; Rodrigues, P. A.; Ramos Filho, A. M.; Gomes, M. F. da S.; Liebl, A. R.da S.; De Pinho, J. V.; Aride, P.H.R.; Conte-Junior, C.A. Levels of Total Mercury and Health Risk Assessment of Consuming Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygoninae) of the Brazilian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, p. 6990, 2023