



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

MARIA LUARA RODRIGUES DA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DA ASSEMBLÉIA DE ESPÉCIES
CONSUMIDAS POR PEIXES E QUELÔNIOS DA VOLTA GRANDE DO XINGU**

ALTAMIRA

2023



MARIA LUARA RODRIGUES DA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DA ASSEMBLÉIA DE ESPÉCIES
CONSUMIDAS POR PEIXES E QUELÔNIOS DA VOLTA GRANDE DO XINGU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Miranda Leão

Coorientador: Prof. Dr. Graciliano Galdino Alves dos Santos

ALTAMIRA

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C837c Costa, Maria Luara Rodrigues da.
Caracterização fenológica da assembléia de espécies
consumidas por peixes e quelônios da Volta Grande do Xingu /
Maria Luara Rodrigues da Costa. — 2023.
46 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Fabio Miranda Leão
Coorientador(a): Prof. Dr. Graciliano Galdino Alves dos Santos
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2023.

1. Fenologia. 2. Alimentação. 3. Sazonalidade. 4. Belo
Monte. 5. Análise Estatística Circular. I. Título.

CDD 577.0981

MARIA LUARA RODRIGUES DA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DA ASSEMBLÉIA DE ESPÉCIES
CONSUMIDAS POR PEIXES E QUELÔNIOS DA VOLTA GRANDE DO XINGU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Izildinha de Souza Miranda

Examinador externo - UFRA

Prof. Dr. Raphael Lobato Prado Neves

Examinador externo - UEPA

Prof. Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis

Examinador interno - UFPA

Dedico este trabalho para minha mãe

Cristiane Rodrigues da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço à BIOCEV pela parceria e o financiamento do projeto de P&D da ANEEL código PD-07427-0221/2021 dirigido pela FUNDIBIO, com recursos ANEEL e Norte Energia. Um agradecimento ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação pela oportunidade e aos que contribuíram com este projeto dentro do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal. Agradecimento muito especial ao Dr. Leão que aceitou me guiar desde a graduação até este mestrado, por acreditar em mim e no meu potencial, por toda paciência, dedicação, incentivo, ensinamentos repassados e por todo esforço empregado para ajudar a qualquer momento com responsabilidade.

Agradeço à Deus e ao ser sobrenatural que me deu a luz nessa encarnação, minha digníssima Cristiane, que me deu força, apoio emocional, me segurou todas as vezes em que eu pedia colo, sempre me deu do bom e do melhor, dona da melhor comida da região do Xingu, me criou sendo manicure, depiladora, artesã, crocheteira, e fazendo tudo que pode para sempre me oferecer o que eu pudesse ter, o apoio celestial dessa mulher foi extremamente importante para que eu chegasse até aqui e sem ela eu não teria conseguido.

Sou muito grata por ser engenheira florestal, grata aos que colaboraram ao meu crescimento pessoal e profissional, grata por todo o apoio da minha família, a minha bisavó, minha mãe, minha tia Welitemara, meu amigo Yuri Rafael, minha amiga Débora, algumas pessoas que foram presentes no decorrer dessa caminhada. Muitas pessoas vão e vem durante a caminhada, algumas ficam, dentre elas minha gratidão ao Deivid que se tornou meu melhor amigo, à Maysa que é insubstituível, minha psicóloga Priscila que sempre estava pronta para colaborar nesses momentos que foram tão conturbados. A todos os professores que passaram pela minha vida que diziam que eu sou muito inteligente, mas que sempre conversava demais.

RESUMO GERAL

A Amazônia sendo a nova fronteira hidrelétrica do Brasil. As usinas hidrelétricas tem como justificativa de uso de energia limpa e sustentável, porém causando alterações no ambiente, como a extinção de locais de reprodução e alimentação da fauna aquática. No rio Xingu está o maior empreendimento hidrelétrico da Amazonia, com a criação do Trecho de Vazão Reduzida, ocorreu a diminuição da comunicação do rio com as florestas ripárias, acarretando na falta de alimentação para a fauna aquática, devido a modificação do curso natural do rio. Este estudo tem como objetivo investigar a relação entre os principais ambientes da Volta Grande do Xingu com relação ao comportamento fenológico da assembleia de espécies consumidas por peixes e quelônios dessa região e dessa forma apoiar programas de restauração de florestas aluviais. A hipótese propõe que os diferentes ambientes influenciam no padrão fenológico da assembleia de espécies vegetais que habitam a Volta Grande do Xingu. Para tal foram feitas coletas de informações fenológicas, quinzenalmente, no período de setembro de 2021 a agosto de 2022, nos ambientes Beiradão, Ilha e Sarobal. . Para testar os padrões sazonais para cada ambiente, foi realizada uma análise estatística circular com base na frequência de indivíduos nas datas de pico das fenofases, onde foi analisado o teste de Rayleigh para verificar se o padrão é sazonal. Além disso, foi realizado o teste de Watson-Williams para observar se havia sincronia entre o pico de atividade entre os ambientes. Analisamos na Ilha aluvial e Beiradão floresceram no mês de agosto. Enquanto no Sarobal no mês de setembro de 2021. Na frutificação o pico ocorreu no mês de fevereiro de 2022 com a maior quantidade de indivíduos na Ilha aluvial. Seguido de Sarobal e Beiradão. Com isso, observamos que o pico de floração dos três ambientes ocorre no período seco do ano, enquanto a frutificação ocorre no período chuvoso, devido a sua sazonalidade, já na foliação ocorre durante o ano todo. Com a análise estatística comprovou-se que são ambientes sazonais, e que isso influencia na fenologia das espécies vegetais que habitam a Volta Grande do Xingu, concluindo que a disponibilidade de recursos alimentares para peixes e quelônios é maior no período chuvoso, onde ocorre um maior número de indivíduos frutificando.

Palavras-chave: Fenologia. Alimentação. Sazonalidade. Belo Monte. Análise Estatística Circular.

ABSTRACT

The Amazon being Brazil's new hydroelectric frontier. Hydroelectric plants are justified by the use of clean and sustainable energy, but causing changes to the environment, such as the extinction of breeding and feeding sites for aquatic fauna. The Xingu River is the largest hydroelectric project in the Amazon. With the creation of the Reduced Flow Section, there was a reduction in communication between the river and the riverside forests, resulting in a lack of food for aquatic fauna, due to a modification of the natural course of the river. This study aims to investigate the relationship between the main environments of Volta Grande do Xingu with the phenological behavior of the assemblage of species consumed by fish and chelonians in this region, thus supporting alluvial forest restoration programs. The hypothesis proposes that different environments influence the phenological pattern of the assemblage of plant species that inhabit Volta Grande do Xingu. To this end, phenological information was collected every fortnight, from September 2021 to August 2022, in the Beiradão, Ilha and Sarobal environments. To test seasonal patterns for each environment, a circular statistical analysis was performed based on the frequency of individuals in the phenophases peak data, where the Rayleigh test was analyzed to verify whether the pattern is seasonal. Furthermore, the Watson-Williams test was performed to observe whether there was synchrony between the peak of activity between the environments. We analyzed alluvial island and Beiradão flowered in the month of August. While in Sarobal in the month of September 2021. Fruiting peaked in the month of February 2022 with a greater number of individuals on the alluvial Island. Followed by Sarobal and Beiradão. With this, we observed that the peak disturbance of the three environments occurs in the dry period of the year, while fruiting occurs in the rainy period, due to its seasonality, while foliation occurs throughout the year. With statistical analysis it was proven that they are seasonal environments, and that this influences the phenology of the plant species that inhabit the Volta Grande do Xingu, concluding that the availability of food resources for fish and chelonians is greater in the rainy season, where there is a greater number of fruiting individuals.

Keywords: Phenology. Food. Seasonality. Belo Monte. Circular Statistical Analysis.

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	10
OBJETIVO GERAL	11
Objetivos específicos	11
REFERÊNCIAS	12
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1. Área de estudo	17
2.1.1. Beiradão - Floresta ombrófila densa – Floresta de terra firme	18
2.1.2. Ilha - Floresta ombrófila aluvial – Florestas inundáveis de várzea e igapó	19
2.1.3. Sarobal - Formações pioneiras	19
2.2. Coleta de dados	20
2.2.1. Seleção de espécies-alvo	20
2.2.2. Seleção de matrizes	21
2.2.3. Coleta de dados fenológicos	21
2.2.4. Coleta de dados climáticos	21
2.3. Análise de dados	22
3. RESULTADOS.....	24
4.1 Fenologia nos três ambientes	24
4.1.1 Floração	24
4.1.2 Frutificação	26
4.1.3 Mudança foliar.....	27
4.2 Sincronia	30
4.3 Análise estatística	31
4.4 Fenologia da assembleia	32
4.5 Análise estatística da assembleia e histogramas	33
4.6 Teste de comparação dos ambientes	34
4. DISCUSSÃO	34
5. CONCLUSÃO	37
6. APÊNDICE.....	44

INTRODUÇÃO GERAL

A Bacia Amazônica, considerada a maior bacia hidrográfica do país e do mundo, é a nova fonte hidrelétrica do Brasil. Fonte essa, que têm como justificativa o uso de energia limpa e sustentável, contribuindo para a redução de energias de fonte termelétricas a combustíveis fósseis, como o gás natural, derivados de petróleo e carvão, que também são colaboradores das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Porém, durante a construção de usinas hidrelétricas, acaba tendo efeitos colaterais, como o barramento dos rios com o desvio de seu percurso natural, a inundação de áreas com florestas nativas provocando a extinção local de espécies animais e vegetais e a alteração no período de cheias do rio (Junk, et al., 1990; Dos Santos, et al., 2008) .

No ano de 2011, iniciou-se a construção do maior empreendimento hidrelétrico da Amazônia: a Usina Hidrelétrica Belo Monte, no Xingu, estado do Pará, com potência para gerar mais de 11000 MW/hora. Envolvendo dois reservatórios, duas barragens, um canal de derivação e o Trecho de Vazão Reduzida (TVR) que corresponde a 100 dos 130 quilômetros da Volta Grande do Xingu, nesta região de excepcional diversidade socioambiental, com o intuito de gerar menor impacto ao meio ambiente submetida a uma redução de até 80% da vazão de água, desviada para operar as turbinas da casa de força principal. Essa redução, determinada pelo que se definiu como hidrograma de consenso (HC) (Zuanon et al., 2021).

O Hidrograma de Consenso previa que a Vazão da Volta Grande do Xingu seria drasticamente reduzida e que os volumes máximos de água durante os picos da cheia seriam modificados de um ano para o outro, numa sequência que alternaria anos de secas drásticas com secas severas. Essas vazões máximas não seriam capazes de fornecer alimentação suficientes para a fauna aquática, devido a curta duração do período de cheia e da desconexão do rio com a floresta ripária no período de seca, não permitindo que os peixes e quelônios, sincronizem seus ciclos biológicos com ciclo fenológico da floresta (Zuanon et al., 2021)

Considerando os efeitos do barramento do rio na Volta Grande do Xingu e no acesso dos peixes e quelônios às áreas de alimentação, a escassez de informações detalhadas sobre a ecologia alimentar da fauna aquática, compromete a implementação de medidas mitigadoras. Sendo assim, é importante ter o conhecimento ecológico, principalmente da fenologia das florestas localizadas às margens dos rios, para garantir a conservação da biodiversidade nesses ecossistemas (Sirqueira, 2018)

Diante disso, a intervenção de grandes empreendimentos, como hidrelétricas podem afetar consideravelmente os ecossistemas aquáticos e terrestres ao ponto de degradá-los de forma irreversível. Para a recuperação desses ecossistemas, se faz necessário o levantamento florístico, fenológico, estruturais, edáficos, faunísticos e de adequações silviculturais das espécies nativas do local, para nortear a recuperação do ecossistema. A utilização de espécies nativas é vantajosa para este procedimento porque contribui para a conservação da biodiversidade da região, protege, expande as fontes naturais de diversidade genética da flora em questão e da fauna associada, podendo ter vantagens técnicas e econômicas, e facilitando a perpetuação de espécies. (Oliveira-Filho, 1994).

Devido a construção da usina hidrelétrica de Belo Monte, a região da Volta Grande do Xingu foi alterada, transformando a dinâmica do rio Xingu. Com essa mudança, as espécies frutíferas que habitavam essa região onde antes eram alagadas em determinada época do ano, agora estão completamente em terra firme. A consequência é a falta de alimentação para várias espécies de peixes e quelônios da região, que se alimentavam dos frutos que caíam na água. (Oliveira, 2017; Fearnside, 2016; Adams, 2016; Carraro, 2019).

As florestas ripárias exibem uma ampla variedade de padrões fenológicos (MORELLATO et al., 2000), portanto, saber a época adequada é importante não somente para a otimizar as coletas de frutos e sementes, visando a recuperação de áreas degradadas, como também para adquirir conhecimento sobre a distribuição temporal de recursos dentro das comunidades de peixes e quelônios (Talora; Morellato, 2000; Pinto et al., 2005). Desta forma, torna-se fundamental compreender a caracterização fenológica da assembleia de espécies consumidas por peixes e quelônios da Volta Grande do Xingu, em três ambientes da região, que são eles: Beiradão, Ilha Aluvial e Sarobal.

OBJETIVO GERAL

Identificar se os diferentes ambientes influenciam o comportamento fenológico das espécies consumidas por peixes e quelônios da Volta Grande do Xingu com o intuito de apoiar programas de restauração de florestas aluviais.

Objetivos específicos

- Comparar o comportamento fenológico das assembleias de árvores entre três ambientes na região da Volta Grande do Xingu: Beiradão, Ilha e Sarobal;

- Comparar o comportamento fenológico das diferentes espécies entre o período seco e chuvoso nos três ambientes estudados na região da Volta Grande do Xingu.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Cristina et al. Situação ambiental no trecho do Rio Xingú afetado pela UHE Belo Monte, a montante da Barragem Pimental. **A Expulsão de ribeirinhos em Belo Monte**, p. ca 4-150, 2017.

CARRARO, Fábila Gabriela Pflugrath et al. Análise da cobertura do solo usando NDVI, na região da hidrelétrica de Belo Monte, estado do Pará-Brasil. 2019.

DOS SANTOS, Marco Aurélio et al. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 1, p. 12, 2008.

FEARNSIDE, Philip M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams in tropical forests. **Alternative energy and shale gas encyclopedia**, p. 426-436, 2016.

JUNK, Wolfgang J.; MELLO, José Alberto S. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos avançados**, v. 4, p. 126-143, 1990.

MORELLATO, L. Patricia C. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, AT de. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 64-72, 1994.

OLIVEIRA, Rita Denize de. Dinâmica de inundação das planícies fluviais do Rio Xingu, na região do complexo hidrelétrico de Belo Monte-Altamira-PA. 2017.

PINTO, Antonio Moçambique et al. Fenologia de Simarouba amara Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 347-352, 2005.

SIRQUEIRA, Enio Grazianni Gonçalves. Avaliação dos efeitos da construção das usinas hidrelétricas sobre a riqueza vegetal relacionada à perda das matas ripárias no Tocantins. 2018.

TALORA, Daniela Custodio; MORELLATO, Patricia C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 23, p. 13-26, 2000.

ZUANON, Jansen et al. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**, v. 28, n. 2, 2021.

Este capítulo está formatado nas normas da revista “Forest Ecology and Management”,
disponível em:

https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/503310?generatepdf=true

CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DA ASSEMBLÉIA DE ESPÉCIES CONSUMIDAS POR PEIXES E QUELÔNIOS DA VOLTA GRANDE DO XINGU

Maria Luara Rodrigues da Costa ¹, Fabio Miranda Leão², Graciliano Galdino Alves dos Santos² .

¹ Universidade federal do Pará – Campus Altamira (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação; maria.luara@gmail.com; fabioleao@ufpa.br

² Universidade federal do Pará – (UFPA), Programa de Pós-Graduação BIONORTE; ggaldino@gmail.com

RESUMO

A Amazônia sendo a nova fronteira hidrelétrica do Brasil. As usinas hidrelétricas tem como justificativa de uso de energia limpa e sustentável, porém causando alterações no ambiente, como a extinção de locais de reprodução e alimentação da fauna aquática. No rio Xingu está o maior empreendimento hidrelétrico da Amazonia, com a criação do Trecho de Vazão Reduzida, ocorreu a diminuição da comunicação do rio com as florestas ripárias, acarretando na falta de alimentação para a fauna aquática, devido a modificação do curso natural do rio. Este estudo tem como objetivo investigar a relação entre os principais ambientes da Volta Grande do Xingu com relação ao comportamento fenológico da assembleia de espécies consumidas por peixes e quelônios dessa região e dessa forma apoiar programas de restauração de florestas aluviais. A hipótese propõe que os diferentes ambientes influenciam no padrão fenológico da assembleia de espécies vegetais que habitam a Volta Grande do Xingu. Para tal foram feitas coletas de informações fenológicas, quinzenalmente, no período de setembro de 2021 a agosto de 2022, nos ambientes Beiradão, Ilha e Sarobal. . Para testar os padrões sazonais para cada ambiente, foi realizada uma análise estatística circular com base na frequência de indivíduos nas datas de pico das fenofases, onde foi analisado o teste de Rayleigh para verificar se o padrão é sazonal. Além disso, foi realizado o teste de Watson-Williams para observar se havia sincronia entre o pico de atividade entre os ambientes. Analisamos na Ilha aluvial e Beiradão floresceram no mês de agosto. Enquanto no Sarobal no mês de setembro de 2021. Na frutificação o pico ocorreu no mês de fevereiro de 2022 com a maior quantidade de indivíduos na Ilha aluvial. Seguindo de Sarobal e Beiradão. Com isso, observamos que o pico de floração dos três ambientes ocorre no período seco do ano, enquanto a frutificação ocorre no período chuvoso, devido a sua sazonalidade, já na foliação ocorre durante o ano todo. Com a análise estatística comprovou-se que são ambientes sazonais, e que isso influencia na fenologia das espécies vegetais que habitam a Volta Grande do Xingu, concluindo que a disponibilidade de recursos alimentares para peixes e quelônios é maior no período chuvoso, onde ocorre um maior número de indivíduos frutificando.

Palavras-chave: Fenologia. Alimentação. Sazonalidade. Belo Monte. Análise Estatística Circular.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é a nova fronteira hidrelétrica do Brasil. Das cinco maiores usinas em operação no país, quatro estão na região amazônica: Belo Monte, com 11.233 MW de potência, Tucuruí, com 8.535 MW, Jirau, com 3.750 MW e Santo Antônio, com 3.568 MW. Estudos da Empresa Brasileira de Energia Elétrica mostram que a Bacia do Amazonas concentra 42,2% do potencial hidrelétrico do país, dos quais 70% já foram inventariados (Castilho, 2019). As Usinas Hidrelétricas no Brasil têm como justificativa plausível o uso de energia limpa e sustentável, porém ainda pode causar efeitos ao ambiente, como a extinção de locais de reprodução e alimentação da fauna aquática existente (De Francesco et al., 2015; Oliveira, 2019) (Ana de Francesco et al., 2015; Oliveira, 2019).

No rio Xingu está o maior empreendimento hidrelétrico da Amazônia: a UHE de Belo Monte. Para poder operar, envolve dois reservatórios, duas barragens, um canal de derivação e foi criado o Trecho de Vazão Reduzida (TVR) que corresponde a 100 dos 130 quilômetros da Volta Grande do Xingu, nesta região de excepcional diversidade socioambiental, com o intuito de gerar menor impacto ao meio ambiente submetida a uma redução de até 80% da vazão de água, desviada para operar as turbinas da casa de força principal. Essa redução, determinada pelo que se definiu como hidrograma de consenso (HC) (Zuanon et al., 2019). (Zuanon et al., 2019)

Quando considerado o represamento à montante, por exemplo, pode-se observar um menor fluxo de água na região à jusante da UHE, este fluxo é tido como um dos principais agentes na manutenção destes ecossistemas (Agostinho et al., 2008) (Agostinho et al., 2008). E no trecho à jusante do barramento Belo Monte a quantidade de água é semelhante à original, entretanto, ocorre restrição de sedimentos, o que amplia a capacidade de erosão e transporte rio abaixo. (Zuanon et al., 2019) (Zuanon et al., 2019). No entanto, a diminuição da comunicação do rio com as florestas ripárias restringiu a variabilidade e abundância dos recursos alimentares que estão presentes no ambiente (Hahn; Fugi, 2007; Oliveira, 2019) (Hahn and Fugi, 2007; Oliveira, 2019), acarretando a falta de alimentação para a fauna aquática, devido a modificação do curso e/ou vazão natural do rio.

As matas ciliares são florestas localizadas às margens dos rios e possuem diversas funções, como conservar e manter a biodiversidade dos ecossistemas terrestres e aquáticos (De

Faria Ferreira et al., 2019) (Cássia et al., 2019). Essas áreas devem receber maior atenção devido seu estado crítico de intervenção sofridas por implantação de grandes empreendimentos na região amazônica, principalmente a construção de hidroelétricas. Isso pode afetar diretamente a dinâmica florestal, alterando os padrões fenológicos das espécies locais, principalmente a floração e frutificação, e por consequência, alterar de forma negativa a alimentação da fauna aquática, principalmente dos peixes e quelônios. (Zuanon et al., 2021) (Zuanon et al., 2021)

A fenologia é o estudo no tempo de eventos biológicos recorrentes, as causas de seu tempo em relação às forças bióticas e abióticas e a interrelação entre as fases de uma mesma espécie ou de diferentes espécies (Lieth, 1974) (Lieth, 1974). Assim, o padrão fenológico de espécies tropicais é definido pela época de ocorrência, duração e frequência de floração (Newstrom et al., 1994; Bawa et al., 2003). O padrão fenológico na Amazônia, principalmente em áreas com matas ciliares, é associado a sazonalidade das inundações, onde a causa principal é o estresse hídrico sofrido pelas árvores causado pelas áreas que são sazonalmente alagadas (Adis et al., 1979; Ayres, 1993; Fonseca et al., 2019). (Fonseca et al., 2019)

Para a flora, os eventos fenológicos e suas fases (fenofases) compreendem todas as transições em seus ciclos de vida. Isso inclui a floração (botão floral, floração iniciando e floração finalizando), frutificação (frutos novos, frutos maduro e dispersão de propágulos) e mudança foliar (folha nova e folha madura; queda de folhas) conforme Fournier e Charpantier (1975). Assim, o calendário fenológico é construído com as principais espécies da região após vários anos de observações, podendo variar segundo a sua localização geográfica e condições climáticas, é um instrumento importante para auxiliar em outras atividades florestais futuramente (Pascale; Damario, 2004). Algumas espécies florescem e frutificam em momentos distintos na Amazônia (assíncronas), porém, no período seco ocorre o florescimento da maioria das espécies e maturação dos frutos acontece no período chuvoso e a maior abundância de frutos ocorre na estação seca. (Cavalcante, 1979; Shanley; Rosa, 2005)(Cavalcante, 1979; Shanley and Rosa, 2005)

Observações dos eventos de floração e frutificação *in loco* são importantes, visto que contribuem com informações sobre as épocas reprodutivas das espécies, que podem ser utilizadas em projetos de restauração ambiental que visam amenizar a situação de degradação ambiental. Para isso, é necessário conhecer a fenologia da assembleia de árvores do ambiente, permitindo o planejamento de uma possível colheita de sementes futuramente, ou uma

restauração florestal. Embora o conhecimento empírico de quando as frutas estão maduras esteja frequentemente disponível em ecossistemas temperados, essa informação é menos comum nas comunidades sazonais. (Cascaes et al., 2013; Buisson, 2017) (Buisson et al., 2017; Cascaes et al., 2013)

Na tentativa de diminuir alguns efeitos que a intervenção sofrida por implantação de grandes empreendimentos, principalmente a construção de hidrelétricas, a recuperação da floresta ripária é um grande passo. No Brasil, algumas pesquisas indicam técnicas de restauração que passam a considerar espécies nativas da região. Também deve ser considerado outras formas de vida, para atrair a fauna e os recursos sejam disponibilizados ao longo do ano, outro aspecto fundamental é a biologia reprodutiva das espécies como a fenologia, dispersão de sementes e a habilidade de propagação vegetativa. (Albuquerque et al., 2010; Ferreira, 2022; Martínez-Garza and Howe, 2003; Simões and Marques, 2007)

Compreender os efeitos da UHE Belo Monte sobre as características fenológicas das espécies na região da Volta Grande do Xingu é muito importante, pois esta influencia a alimentação dos peixes e quelônios. Diante disso, o objetivo deste trabalho é identificar se os diferentes ambientes influenciam o comportamento fenológico das espécies consumidas por peixes e quelônios da Volta Grande do Xingu com o intuito de apoiar programas de restauração de florestas ripárias. Também formulamos a seguinte hipótese científica: os diferentes ambientes influenciam no padrão fenológico da assembleia de espécies vegetais que habitam a Volta Grande do Xingu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no estado do Pará, na região da Volta Grande do Xingu onde está situada a Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte, localizada no Rio Xingu, um dos afluentes da Bacia Amazônica (Conejo and Maranhão, 2013). Segundo a classificação de Köppen, o clima da bacia é do tipo Tropical de Monção (Am), sendo quente, úmido, com a amplitude térmica anual sendo baixa. As condições climáticas e geomorfológicas da bacia do rio Xingu apresentam são diferentes de norte a sul. A precipitação média anual é de 1.800 mm, aumentando no sentido de nascente (1.500 mm) para jusante (2.600 mm) (Eletrobrás, 2009)

O trabalho foi desenvolvido em três ambientes: Beiradão, Ilha e Sarobal (Figura 1). A descrição desses ambientes é retirada do livro Plantas dos povos da Volta Grande do Xingu - terras indígenas Paquiçamba, Arara da VGX e área indígena Juruna do km 17 (Sartorelli et al., 2018), no qual são descritos a partir de uma classificação indígena, onde os Arara e os Juruna desenvolveram um complexo sistema de classificação dos distintos tipos de ambientes e vegetação que utilizam ao longo dos períodos do ano.

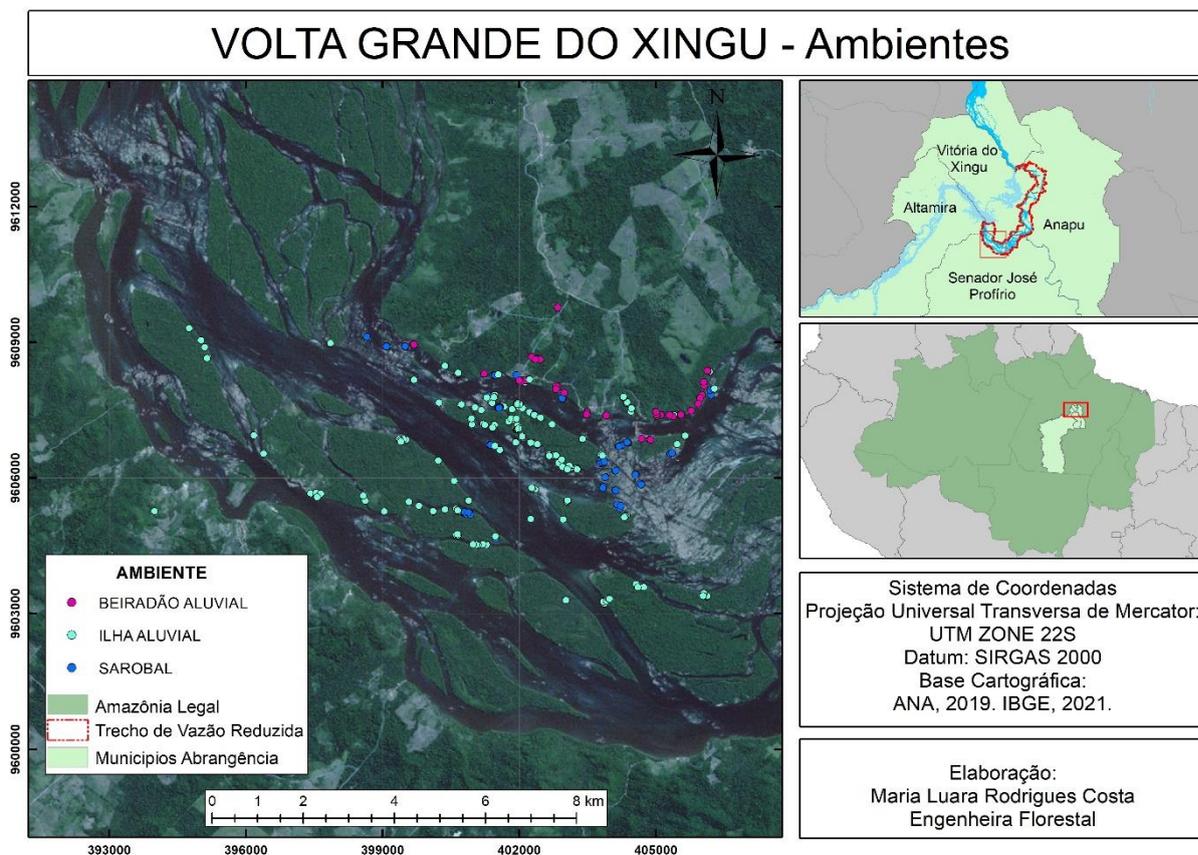


Figura 1 - Localização da Volta Grande do Xingu

2.1.1. Beiradão - Floresta ombrófila densa – Floresta de terra firme

Vegetação florestal, geralmente densa e com cipós, onde a floresta se debruça sobre o rio. Tem muita fruta na beira, como figo, goiaba e bananinha, sendo um bom ambiente para a pesca. Quando não há frutas disponíveis, a pesca é feita com o uso do caniço. São lugares bons para pescar tucunaré e curimatá. À noite é bom para caçar paca e tatu, usando lanterna. Nas ilhas, esses ambientes são chamados de beiradão de ilha (Sartorelli, 2018). De acordo com Vieira et al. (2009), corresponde a uma forma da Floresta Ombrófila Densa Aluvial.

Florestas densas abragem cerca de dois milhões de km² na Amazônia, esse tipo de vegetação é predominante na Amazônia. É o tipo de vegetação que mais representa a região de Belo Monte, está situado na margem direita do rio Xingu, município de Vitória do Xingu. A exuberância das florestas densas amazônicas, em termos paisagísticos, é produto da elevada disponibilidade de energia solar, água e solos profundos com boa capacidade de retenção hídrica. Florestas são sempre verdes, latifoliadas e sem estacionalidade marcante. O dossel é denso, fechado e compacto, situado entre 30 e 35 m de altura. Nestas condições, o dossel bloqueia parte da energia solar, passando uma pequena fração, que chega ao chão da floresta.

2.1.2. Ilha - Floresta ombrófila aluvial – Florestas inundáveis de várzea e igapó

Porção de terra com mata mais alta, sendo rodeada de água no verão. No inverno, algumas ilhas podem ter o solo totalmente coberto pela água, ficando acima da superfície apenas a vegetação mais alta. As ilhas altas com serra são usadas para caçar e as baixas, que inundam, são usadas no inverno para pescar. As ilhas altas são boas para caçar paca, veado, caititu, tatu e mutum. Nas ilhas baixas, no verão, há muitas frutas, como sapucaia, sapucainha, abiu, golosa e seringa, usadas para a caça de espera, enquanto ainda não foram inundadas. (Sartorelli, 2018)

São florestas que passam pelo período de inundação parte do ano. Nas margens do rio Xingu, sendo mais comuns na zona do baixo curso. Esse tipo de dossel é menos compacto e fechado do que na tipologia densa, localizada à uma altura de aproximadamente 20 m. O sub-bosque desta floresta é limpo e com pouca regeneração das espécies do dossel, devido a mortalidade produzida pela inundação seleccione poucas mudas, o numero de indivíduos jovens é reduzido drasticamente.

2.1.3. Sarobal - Formações pioneiras

Vegetação de árvores baixas e arbustos com muitas fruteiras (como o sarão) localizada nas ilhas e que sempre inunda totalmente no inverno. De acordo com Vieira et al. (2009), corresponde a uma das formas da Floresta Ombrófila Densa Aluvial. No inverno, usam para pescar e no verão, para tirar ovos de tracajá nas suas partes arenosas.

As vegetações pioneiras geralmente estão em regiões de baixa altitude, por isso alagáveis e que de acordo com a sazonalidade que ocorrem de diferentes formas no período seco e chuvoso na região do Rio Xingu, e cada período a região é marcado por suas peculiaridades. O Rio Xingu que é em alguma das vezes está alocado em áreas rochosas com

falhas e fraturas em que se acumulam sedimentos formando assim pequenas regiões arenosas ao redor das ilhas, durante o período chuvoso, momento este que o Rio Xingu tem maior inundação e alagações das ilhas, algumas plantas chegam a ficar parcialmente submersas e dependendo do nível Rio chegam a ficar totalmente coberta pela água e no período de seca, quando a vazão do Rio diminui de maneira considerável, momento em que as falhas geológicas e fraturas reaparecem, a flora por si cria um canal controlador para a drenagem da água e por ali a água do rio escoar, atingindo e afetando de uma maneira menor o solo da ilha devido o afloramento que antes estavam cobertas pelas inundações (IBAMA, 2007)

2.2. Coleta de dados

2.2.1. Seleção de espécies-alvo

A partir de uma revisão dos estudos da flora realizados no TVR, foram selecionadas as espécies alvo do projeto de restauração da mata ciliar que servem de alimento para a fauna aquática. Foram estabelecidos dois critérios para a seleção das espécies do projeto:

- 1) Espécies que sejam importantes na dieta de quelônios e;
- 2) Espécies que sejam importantes na dieta de peixes.

No total, foram identificados 367 indivíduos, pertencentes a 42 espécies e 23 famílias diferentes para a marcação de matrizes. As famílias com maior número de espécie foram a Fabaceae (6 espécies) e Arecaceae (4 espécies). Deste total somente duas (2) espécies são potencialmente utilizadas como alimento por quelônios, 22 por peixes e 18 são usadas para alimentação de ambos (Figura 2, Apêndice 1).

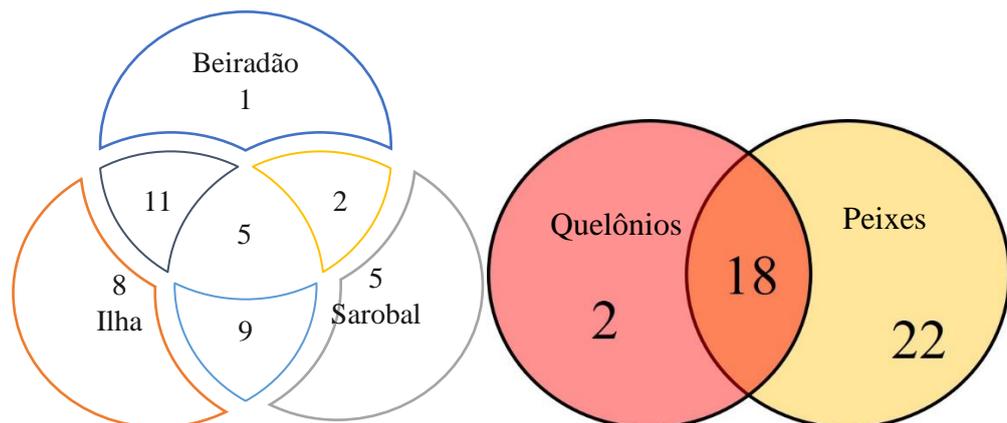


Figura 2 Quantidade de espécies para os ambientes e para os peixes e que

Ao todo, podendo coexistir entre os ambientes, 19 espécies são encontradas no Beiradão, 21 encontradas em Sarobais, e 32 nas Ilhas Aluviais.

2.2.2. Seleção de matrizes

A seleção de matrizes ocorreu entre os meses de agosto a outubro de 2021, pois é uma atividade necessária para a atividade subsequente (avaliação fenológica). A identificação dos indivíduos selecionados como matrizes, foi realizada por um parabolânico. Os indivíduos selecionados foram marcados com plaquetas metálicas com numeração única. No momento de sua marcação, além da identificação da espécie e seu nome popular, foram registradas a altura (m) e diâmetro a altura do peito (DAP) de cada indivíduo. Também foram incluídas as informações sobre o ambiente (Beiradão, Sarobal, Ilha Aluvial etc.), nome da ilha ou localidade, e com o auxílio de um GPS anotadas as coordenadas geográficas de cada indivíduo, em UTM Datum SIRGAS 2000.

As árvores selecionadas apresentavam indícios de atividade reprodutiva, sadias e vigorosas, evitando-se plantas que ainda não tenham atingido a maturidade. A marcação das matrizes das diferentes espécies foi planejada em áreas delimitadas de forma a maximizar o esforço de campo na avaliação fenológica. Foi marcado o maior número possível de matrizes das 42 espécies alvo. De acordo com Fournier (1975), é necessário um mínimo de 5 (se for uma espécie mais rara e pouco abundante) e máximo de 10-12 indivíduos por espécie (espécies frequentes e abundantes). No presente estudo o número e mínimo foi de 210 (5x42) e máximo de 420 indivíduos (10x42).

2.2.3. Coleta de dados fenológicos

Para realizar o estudo fenológico foram realizadas campanhas mensais entre setembro de 2021 e agosto de 2022, totalizando 12 meses de coleta. Para cada indivíduo marcado foi anotado mensalmente a sua intensidade de fenofase em termos de cobertura da copa (0 – zero; 1 - 1 a 25% da copa; 2 - entre 26 e 50%; 3 - entre 51 e 75%; 4 - maior ou igual que 76%) para cada fenofase (flores - botão floral, floração iniciando e floração finalizando; frutos - frutos novos, frutos maduro e dispersão de propágulos; mudança foliar - folhas novas, folhas maduras e queda de folhas) (Fournier, 1974).

2.2.4. Coleta de dados climáticos

Os dados climáticos foram coletados do site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, através do website (<https://portal.inmet.gov.br/>), no banco de dados meteorológicos, que desempenha a função de coleta e monitoramento, análise e previsão de tempo e de clima, que se fundamentam em pesquisa aplicada, trabalho em parceria e compartilhamento do

conhecimento, com ênfase em resultados práticos e confiáveis. Em relação aos dados climáticos da área estudada, a temperatura média anual variou entre 25,2 °C e 27,4 °C, apresentando uma temperatura média de 26,1 °C. Com relação a pluviosidade mensal, o período mais chuvoso ocorreu entre os meses de dezembro de 2021 a maio de 2022, conseqüentemente o período mais seco variou entre os meses de setembro a novembro de 2021 e junho a agosto de 2022 (Figura 3).

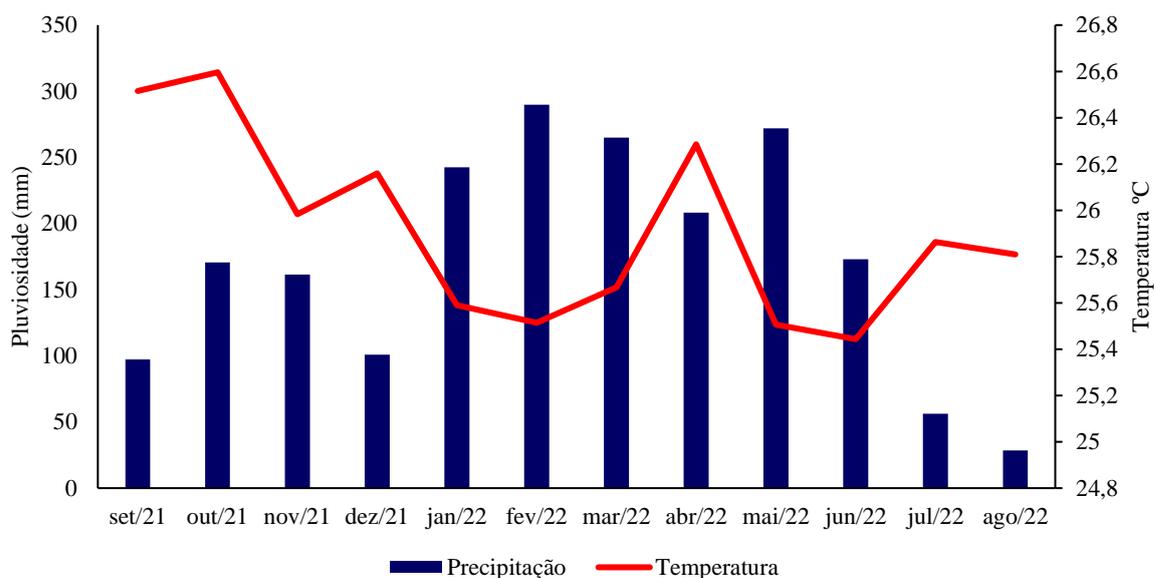


Figura 3 Temperatura média (linha) e precipitação mensal (barras) de setembro de 2021 a agosto de 2022 no TVR na região da Volta Grande do Xingu.

2.3. Análise de dados

Para análise do comportamento fenológico, foi utilizado o índice de atividade das espécies e o número de indivíduos manifestando em cada uma das fenofases, mais indicado para estudos de comunidade (Bencke and Morellato, 2002). A intensidade das fenofases foi estimada através do percentual de intensidade de Founier.

- Porcentual de intensidade de Founier: Neste método, os dados obtidos em campo utilizando-se uma escala intervalar semiquantitativa de cinco categorias (0 a 4). Assim foi permitido obter a porcentagem de intensidade de cada fenofase, sendo considerado o melhor método para descrever fenofases e representação gráfica.

- Índice de atividade - porcentagem de indivíduos: é um método de análise simples, que leva consideração a presença ou a ausência de fenofase. Em nível populacional, tem caráter quantitativo, indicando a porcentagem de indivíduos da população que estão manifestando determinado evento fenológico. Este método também foi utilizado para estimar a sincronia entre os indivíduos de uma população, levando em consideração que quanto maior o número de indivíduos manifestando a fenofase ao mesmo tempo, maior é a sincronia desta população.

Testamos os padrões sazonais para cada ambiente aplicando a análise estatística circular proposta por (Morellato et al., 2010, 2000), com base na frequência de indivíduos na data de pico de floração ou frutificação. As datas de pico (variável i) para cada indivíduo de todas as espécies foram transformadas em ângulos (janeiro = 15° a dezembro = 345° , com intervalos de 30°). Somamos a frequência das datas de pico em cada ângulo ou mês no ano de observações para calcular a média anual do ângulo ou data do pico de floração e frutificação para cada espécie e estimamos o valor de r (Zar, 1999). O vetor r varia de 0 a 1 e indica a concentração de frequência em torno do ângulo médio, podendo ser considerado como um índice de sazonalidade se o ângulo médio for significativo (Morellato et al., 2000, 2010).

Para testar a significância do ângulo médio aplicamos o teste de Rayleigh (Z), que verifica se os dados estão distribuídos uniformemente ao redor do círculo (hipótese nula) ou não (Zar, 1999); se o ângulo for significativo (rejeitar hipótese nula) consideramos o padrão sazonal (Morellato et al., 2000). Avaliamos a distribuição das frequências ao redor do círculo para cada fenofase e testamos a significância do ângulo médio apenas para distribuições unimodais (Morellato et al., 2010). Além disso, analisamos os padrões de floração e frutificação da comunidade. Para cada mês, calculamos a porcentagem de indivíduos floridos e frutíferos na comunidade.

A análise circular foi empregada através do teste de Watson-Williams, dessa vez para observar se havia sincronia entre o pico de atividade das fenofases entre os ambientes. Neste caso, para pico de atividade da fenofase foi considerado o ângulo médio obtido no teste de Rayleigh. No teste de Watson-Williams a hipótese nula (H_0), afirma que as áreas têm comportamento fenológicos semelhante entre elas. Para esta análise foi utilizado o R com pacote “circular”.

Para as análises gráficas, foi utilizado o R com os pacotes “openxlsx” e “ggplot2” para a produção de gráficos para número de indivíduos manifestando a fenofases por mês, e o Excel para a produção de gráficos para a média de Fournier por mês para cada fenofases.

3. RESULTADOS

4.1 Fenologia nos três ambientes

4.1.1 Floração

Com relação a floração (botão floral, floração iniciando e floração finalizando) observa-se na figura 4, a maior quantidade de indivíduos que floresceram foi na ilha aluvial no mês de agosto de 2022, com 54 indivíduos. Enquanto no Beiradão foram 24 indivíduos, também em agosto de 2022, e no sarobal foram 48 no mês de setembro de 2021, nos três ambientes no período seco.

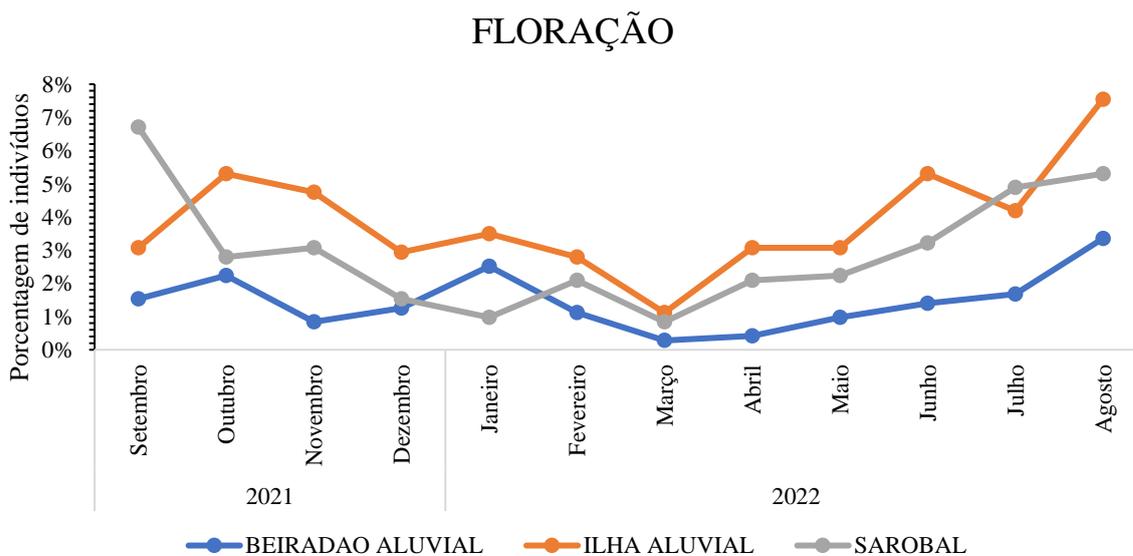


Figura 4 Fenologia da floração das espécies na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu

Os picos de intensidade de floração nos três ambientes variaram entre si, sendo que o pico do botão floral no Beiradão e Ilha Aluvial foram no mês de agosto de 2022, e do Sarobal foi no mês de julho de 2022, no início do período seco, nos três ambientes estudados. Os picos de floração iniciando do Beiradão e Sarobal foram em agosto de 2022, e da Ilha foi no mês de outubro de 2021, também ocorreu no ano todo, sendo maior entre os meses menos chuvosos. Os picos de floração finalizando do Beiradão e Sarobal foram no mês de setembro, e da Ilha foi no mês de outubro de 2021. Ambos no período seco. (Figura 5).

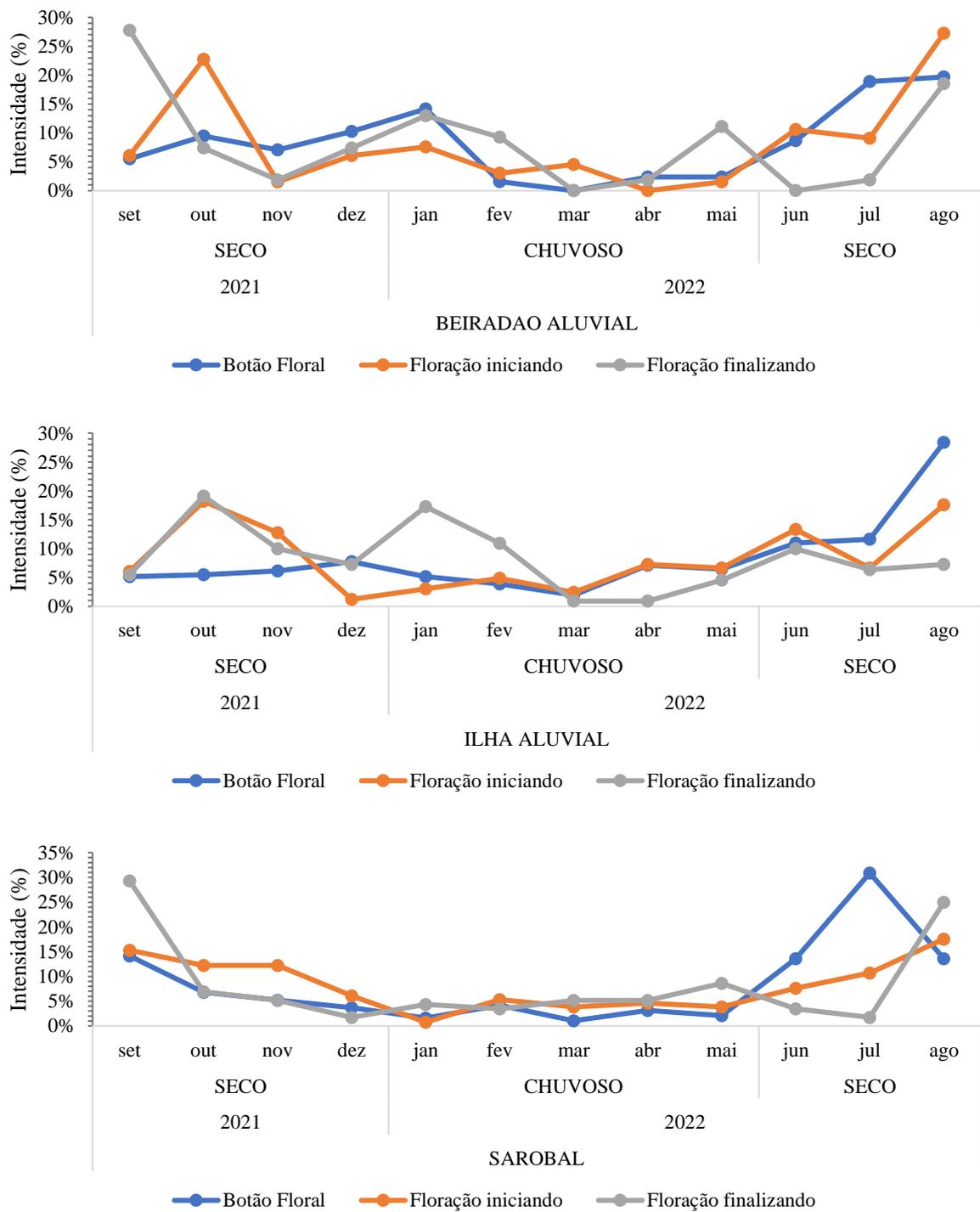


Figura 5 Fenologia da floração (botão floral, floração iniciando e floração finalizando) das espécies na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu, em percentual da intensidade de Fournier

4.1.2 Frutificação

Na frutificação (frutos novos, frutos maduro e dispersão de propágulos), observa-se na figura 6, a maior quantidade de indivíduos que frutificaram foi na ilha aluvial, com 83 indivíduos. Seguido do Sarobal com 49 indivíduos, e Beiradão com 25 indivíduos. Nos três ambientes no mês de fevereiro de 2022 no período chuvoso. (Figura 6)

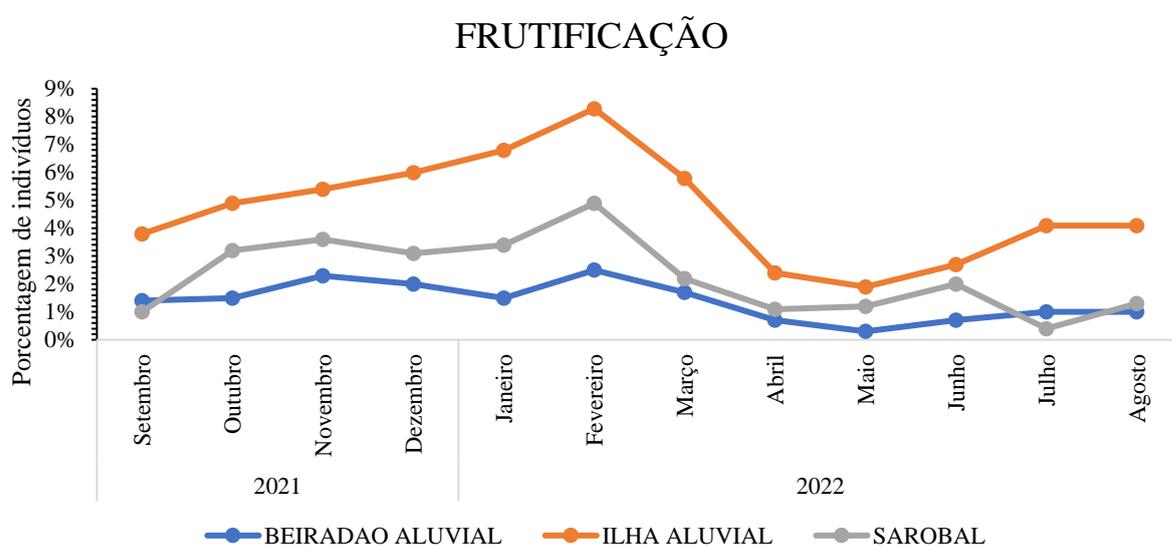


Figura 6 Fenologia da frutificação das espécies na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu

Quanto ao Índice de Fournier para frutificação, os maiores valores para os frutos novos no Beiradão, e Ilha Aluvial foram no mês de fevereiro, e do Sarobal foi no mês de janeiro de 2022, ou seja, entre o final do período seco e o início do período chuvoso. Quanto à fenofase de fruto maduro, observa-se que os valores do índice de Fournier no beiradão e na ilha, não passaram de 25% e 30%, respectivamente, ocorreram no mês de março. No Sarobal, com 27% ocorrendo no mês de fevereiro. Para a dispersão de propágulos no Beiradão foram no mês de novembro de 2021, da Ilha no mês de março e no Sarobal foi no mês de fevereiro de 2022, no entanto, esses picos caíram drasticamente logo após, o que corresponde a meados do período chuvoso até meados do período seco. (Figura 7)

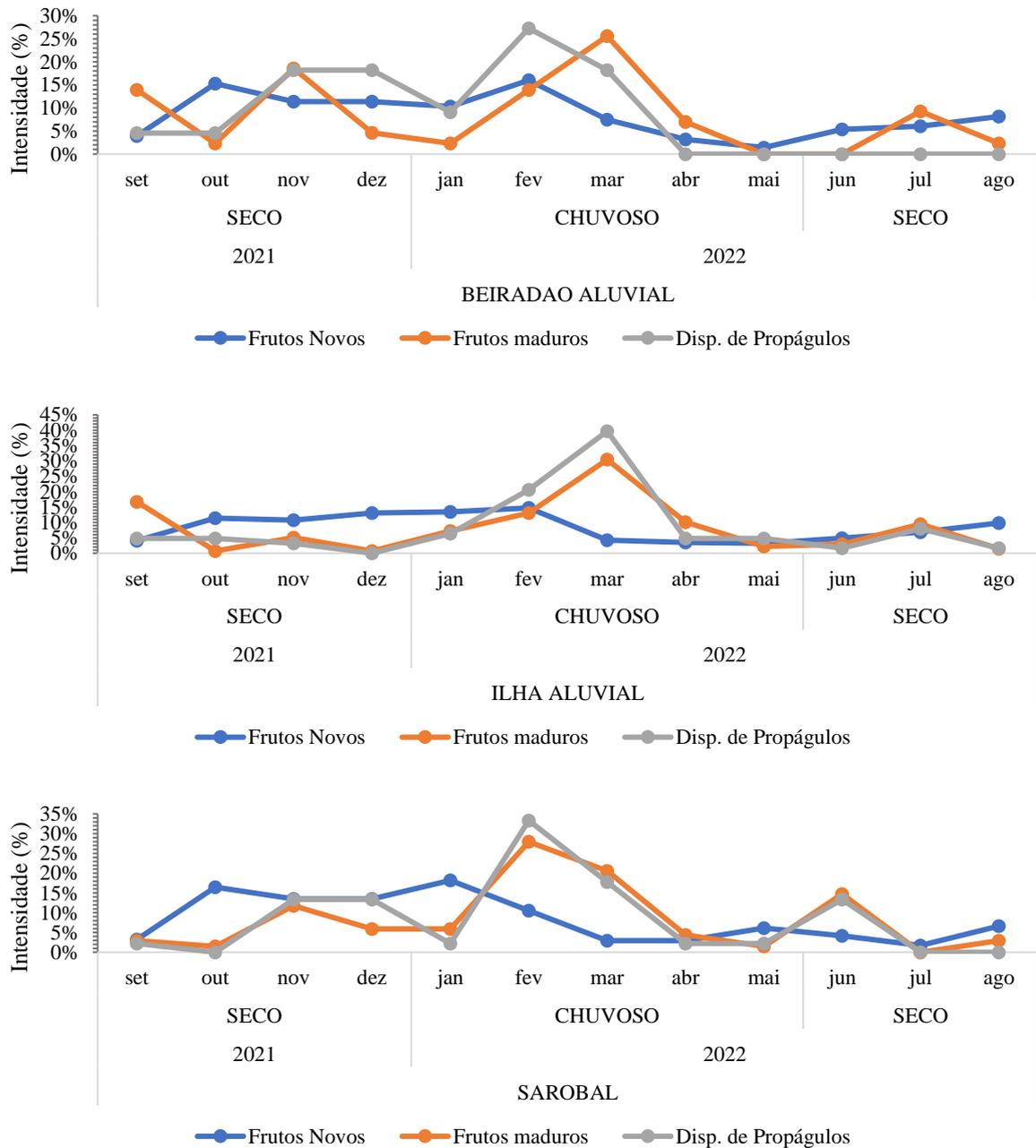


Figura 7 Fenologia da frutificação (frutos novos, frutos maduros e dispersão de propágulos) das espécies na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu, em percentual da intensidade de Fournier

4.1.3 Mudança foliar

Na mudança foliar (folhas novas, folhas maduras e queda de folhas), observa-se na figura 8, a maior quantidade de indivíduos que manifestou a fenofase foi na ilha aluvial, com

91 indivíduos. Seguido do Sarobal com 90 indivíduos, ambos no mês de maio de 2022, e Beiradão com 34 indivíduos nos meses de março e junho de 2022. Nos três ambientes ocorrendo no período chuvoso. (Figura 8)

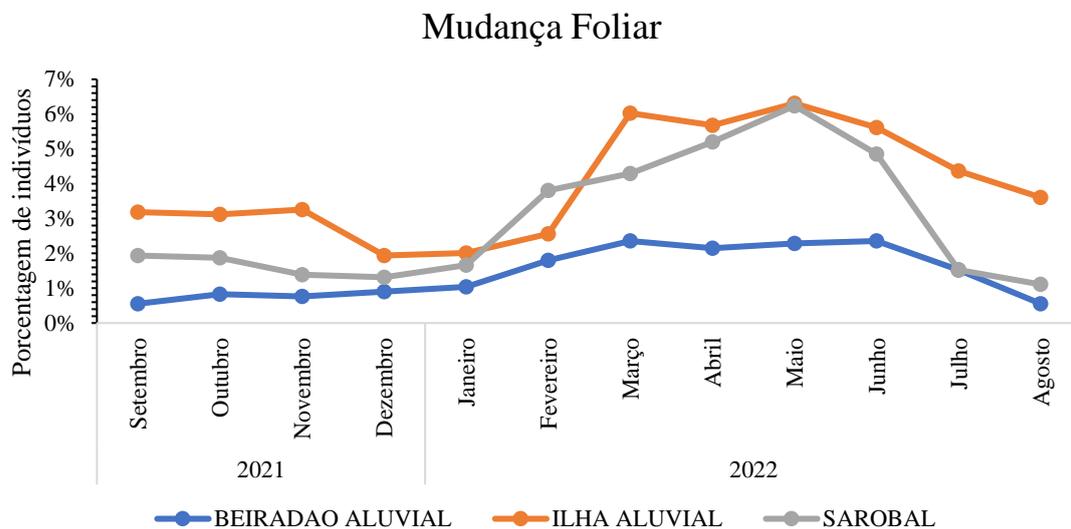


Figura 8 Fenologia da mudança foliar das espécies na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu

A queda de folhas apresentou grande variação durante o ano de estudo com relação a quantidades de indivíduos analisados nos três ambientes citados, sendo que o pico da fenofase no Beiradão foi no mês de fevereiro e Ilha Aluvial foram no mês de abril, e do Sarobal foi no mês de março de 2022. O semelhante ocorreu com as folhas novas, diferenciando somente no pico da fenofase, que ocorreu no final do período chuvoso e início do período seco no mês de junho em ambos os ambientes. E nas folhas maduras ocorreram em período contínuo, com alta no período chuvoso e início do período seco para todos os ambientes. (Figura 9)

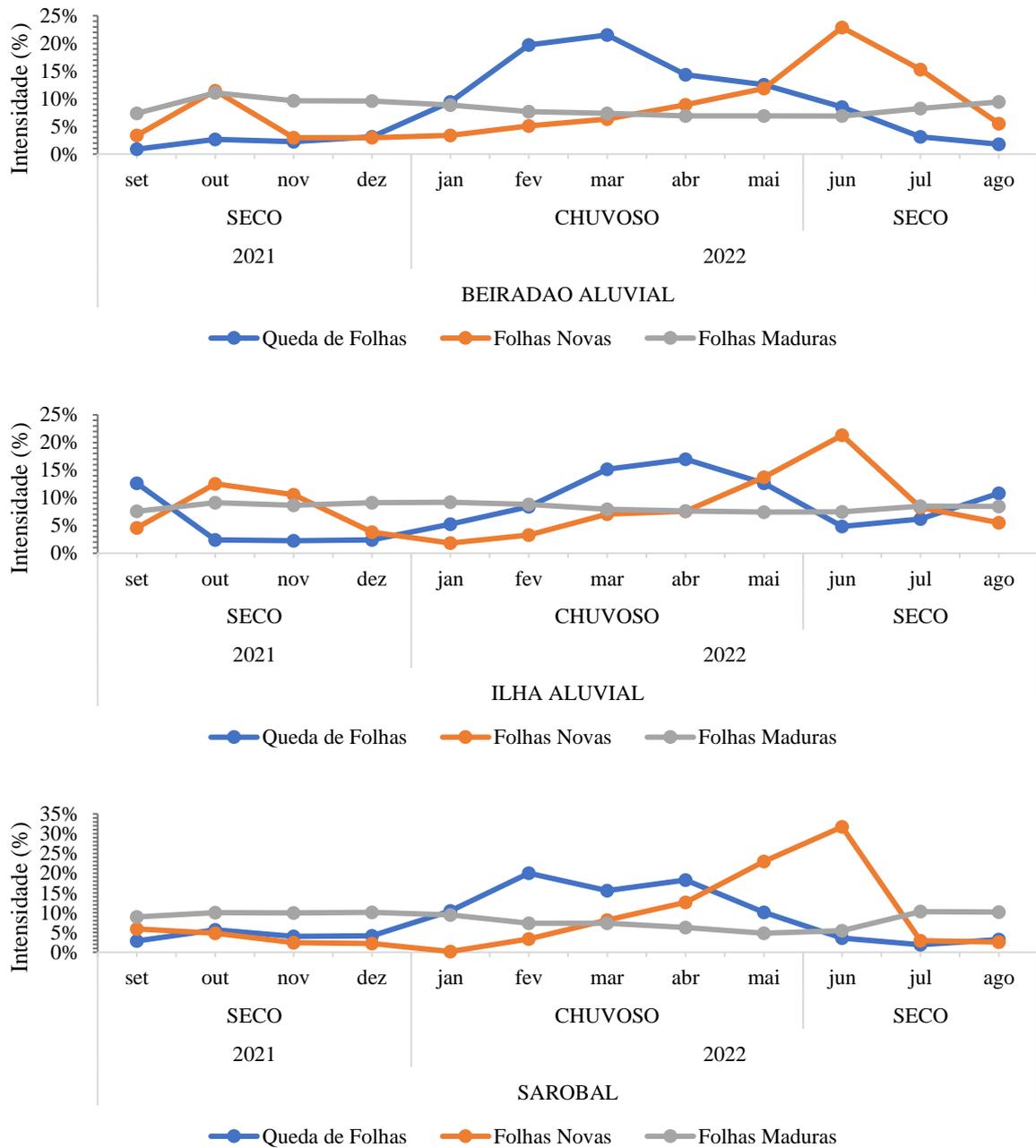


Figura 9 Fenologia da mudança foliar (queda de folhas, folhas novas e folhas maduras) das espécies na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu, em percentual da intensidade de Fournier

4.2 Sincronia

Constata-se que nos três ambientes a sincronia de floração é maior no período seco, diminuindo no período chuvoso. Já a sincronia da frutificação foi no fim do período seco e início do período chuvoso no Beiradão e Sarobal, porém, houve frutificação em todo o ano na Ilha. A mudança foliar foi de forma contínua nos três ambientes, com a sincronia maior entre os meses de março a junho. (Figura 10)

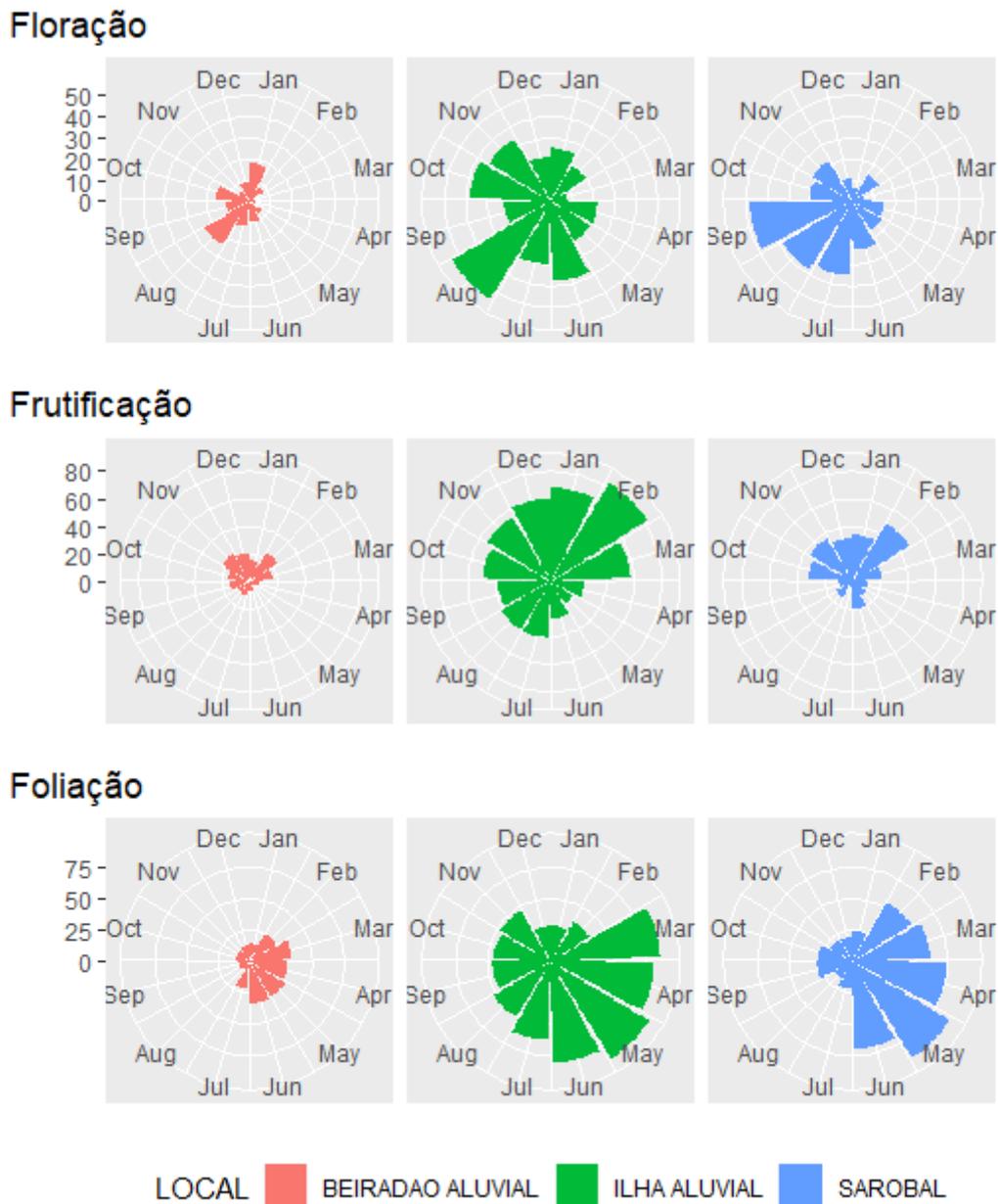


Figura 10 Histogramas circulares das sincronias de floração (em cima) e frutificação (meio) e mudança foliar (embaixo) de três ambientes para a assembleia de espécies que alimentam peixes e quelônios no TVR da Região Volta Grande do Xingu.

4.3 Análise estatística

A data média do pico de floração da Ilha e do Sarobal foi no mês de agosto, durante a estação seca, enquanto no Beiradão foi no mês de setembro (figura 11). Ambas foram significativamente sazonais na metade da estação seca (valor de p da análise) (Figura 11, tabela 1)

O pico de frutificação nos três ambientes foi no mês de dezembro, no fim da estação seca e início da chuvosa, significativamente sazonal. (figura 11, tabela 1) (valor de p da análise). A data média do pico de mudança foliar do Beiradão e Sarobal foram no mês de abril e na Ilha no mês de maio, ambas no final da estação chuvosa, significativamente sazonal (valor de p da análise). (Figura 11, tabela 1)

Tabela 1 Resultados de análises estatísticas circulares para a ocorrência de padrões sazonais de floração, frutificação e mudança foliar para a assembleia de espécies que alimentam peixes e quelônios no TVR da Região Volta Grande do Xingu

	Pico de floração			Pico de frutificação			Pico de mudança foliar		
	Beiradão	Ilha	Sarobal	Beiradão	Ilha	Sarobal	Beiradão	Ilha	Sarobal
Observações (n)	247	585	438	346	1105	520	247	688	508
Ângulo médio	243,42°	223,14°	214,30°	331,93°	344,33°	347,97°	95,42°	126,06°	98,20°
Data média	04/09	15/08	05/08	02/12	15/12	18/12	07/04	08/05	10/04
Desvio padrão angular	96,31°	101,87°	81,80°	91,65°	99,59°	85,20°	85,82°	97,78°	81,44°
Comprimento do vetor médio (r)	0,243	0,206	0,361	0,278	0,221	0,331	0,326	0,233	0,364
Teste de Rayleigh (p)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

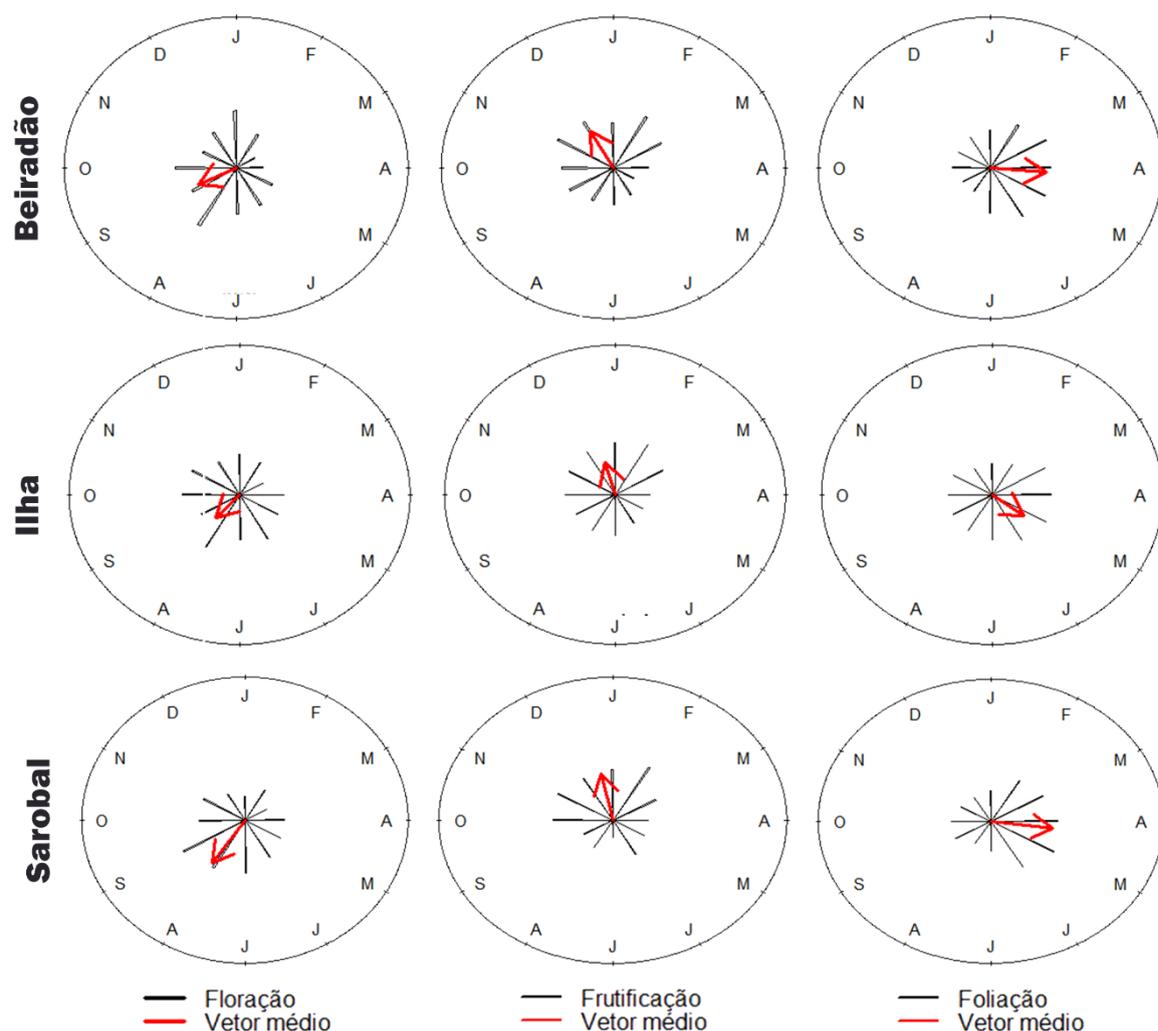


Figura 11 Histogramas circulares das frequências individuais das datas de pico de floração, frutificação e mudança foliar de três ambientes para a assembleia de espécies que alimentam peixes e quelônios no TVR da Região Volta Grande do Xingu. As barras representam a soma das frequências das datas de pico para o ano de observação (setembro de 2021 a agosto de 2022). A seta vermelha aponta para a data média (ângulo médio) e o comprimento da seta corresponde ao valor de r (grau de sazonalidade), variando de 0 a 1.

4.4 Fenologia da assembleia

A frutificação e a floração da assembleia de espécies do TVR foram consideradas contínuas em todo período do estudo, com predominância da floração no período seco e a frutificação no período chuvoso. (Figura 4 e 12)

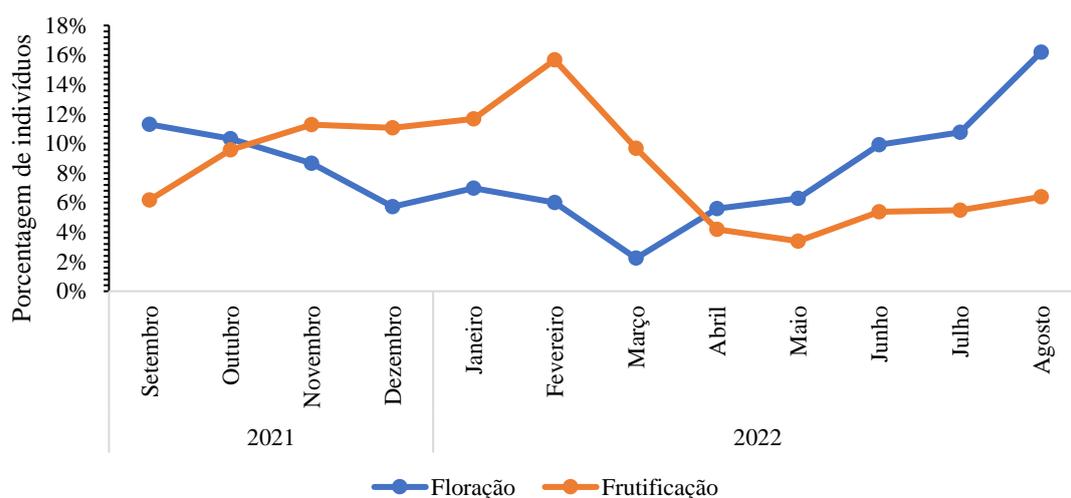


Figura 12 Porcentagem de indivíduos floridos e frutificados na comunidade do TVR da Região Volta Grande do Xingu

4.5 Análise estatística da assembleia e histogramas

Na assembleia das espécies do TVR, a data média do pico de floração ocorreu no mês de agosto, metade da estação seca e foi significativamente sazonal. O pico de frutificação ocorreu no mês de dezembro e o pico da mudança foliar ocorreu no mês de maio, sendo as três fenofases significativamente sazonais, tendo o comprimento do vetor médio quase do mesmo tamanho. (figura 13, tabela 2).

Tabela 2 Resultados de análises estatísticas circulares para a ocorrência de padrões sazonais de floração, frutificação e mudança foliar para a assembleia de espécies que alimentam peixes e quelônios no TVR da Região Volta Grande do Xingu

Assembleia	Floração	Frutificação	Mudança foliar
Observações (n)	1270	1971	1443
Ângulo médio	222,06°	343,42°	108,10°
Data média	14/08	14/12	20/04
Desvio padrão angular	93,54°	94,15°	90,61°
Comprimento do vetor médio (r)	0,264	0,259	0,286
Teste de Rayleigh (p)	0	0	0

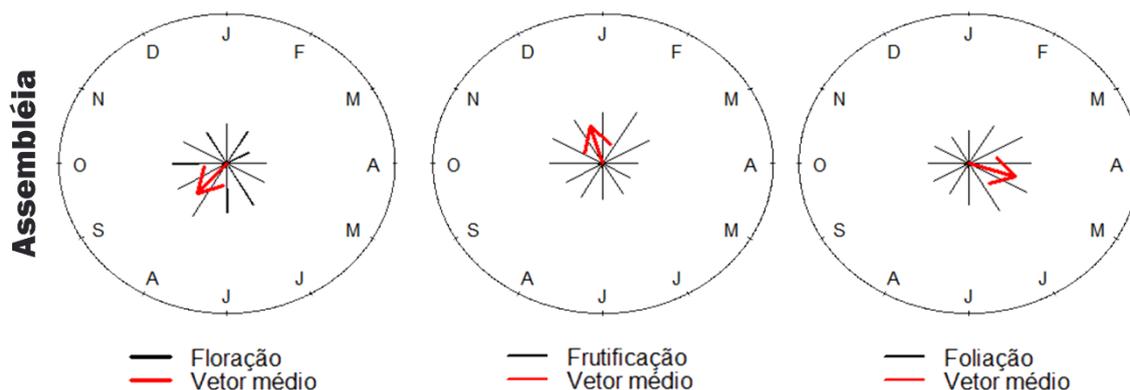


Figura 13 Histogramas circulares das frequências individuais das datas de pico de floração, frutificação e mudança foliar de três ambientes para a assembleia de espécies que alimentam peixes e quelônios no TVR da Região Volta Grande do Xingu. As barras representam a soma das frequências das datas de pico para o ano de observação (setembro de 2021 a agosto de 2022). A seta vermelha aponta para a data média (ângulo médio) e o comprimento da seta corresponde ao valor de r (grau de sazonalidade), variando de 0 a 1.

4.6 Teste de comparação dos ambientes

A análise circular também foi empregada através do teste de Watson-Williams, dessa vez para observar se havia sincronia entre o pico de atividade das fenofases de floração (botão floral, floração iniciando e floração finalizando), frutificação (frutos novos, frutos maduro e dispersão de propágulos) e mudança foliar (folhas novas, folhas maduras e queda de folhas) na assembleia de espécies entre os ambientes de Beiradão, Ilha e Sarobal.

Devido a comparação entre os três ambientes, no teste de Watson-Williams foram significativos ($<0,05$) na floração e mudança foliar, ou seja, as áreas têm comportamento não síncrono estatisticamente. Na frutificação houve comportamento síncrono entre os ambientes, pois não houve diferença significativa.

Tabela 3 Teste de Watson-Williams

Watson	Floração	Frutificação	Mudança foliar
p	0.03244	0.3121 ^{ns}	0.0005184

^{ns}: não significativo, síncrono.

4. DISCUSSÃO

Este estudo mostra que assembleias que estão em ambientes florestais diferentes, porém que são próximos entre si e estão sujeitos às mesmas condições climáticas, tiveram o mesmo o comportamento fenológico, com uma diferença mínima de tempo entre um ambiente e outro. As fenofases reprodutivas foram sazonais acordo com o período seco ou chuvoso e a

fenofase vegetativa ocorreu de forma contínua tanto no beiradão aluvial, quanto no sarobal e nas ilhas aluviais, que são as áreas sazonalmente inundadas, tal característica se repetiu em outras florestas ripárias na região Amazônica de Manaus (Chalco and Maia, 1999; Haugaasen and Peres, 2005; Maia and Piedade, 2002).

Dada a grande variedade de estratégias de plantas, diferentes pontos de partidas podem ser relevantes para diferentes espécies em florestas de terra firme e várzea (Parolin et al., 2010; Schöngart et al., 2021; Wright and Cornejo, 1990) No beiradão, o qual considerado como terra firme, o período de estresse hídrico mais intenso é a estação seca, por outro lado, a ilha, considerada várzea, o maior grau de estresse é no período prolongado de encharcamento e submersão profunda (Parolin, 2009). De fato, o papel do estresse hídrico pode não ser tão importante quanto a sazonalidade da insolação diária, com esse mecanismo de controle do fotoperíodo agora reconhecido como um fator que desencadeia o fluxo foliar e a floração, mesmo em florestas tropicais próximas ao equador (Borchert et al., 2015)

Os picos de florações (botão floral, floração iniciando e floração finalizando) variaram entre si nos três ambientes, mas foram concentrados durante o período de seca em todos os ambientes, contrárias ao período de pluviosidade. De acordo com outros autores em florestas tropicais úmidas, o pico de floração acontece durante a estação seca em todos os tipos de florestas ciliares (Alencar et al., 1979; Araujo, 1970; Haugaasen and Peres, 2005; Peres, 1994; Ter Steege and Persaud, 1991). A cronologia dos eventos fenológicos pode ser determinada devido ao barramento que traz mudanças, como a redução da comunicação do rio com as margens, onde ficam localizadas as matas ciliares (Gandini et al., 2012), e resulta na criação de um novo ecossistema (Baxter, 1977), com estrutura e funcionamento que se tornam particulares (Agostinho et al., 2008)

A estrutura e o funcionamento deste novo ecossistema dependem de eventos alternados de cheias e secas (Junk et al., 1989; Neiff, 1990; Thomaz et al., 2007), tal dinâmica que desaparece com o barramento, pois as barragens geralmente diminuem as vazões máximas (ausência de pulsos de inundação sazonais) e aumentam as vazões mínimas (limitando os períodos de seca). Em consequência disso, a comunicação do rio com as margens é modificada no espaço e no tempo, e afeta as comunidades de outros ambientes que fornecem habitats importantes para a fauna aquática (Agostinho and Zalewski, 1995; Junk et al., 1989). Mudanças ambientais como alterações na vegetação da floresta ripária são esperadas (WCD, 2000) devido

as plantas estão adaptadas a alterações periódicas de cheias e secas e não podem desenvolver em solos com condições as quais são permanentes de umidade ou seca.

Assim como a floração, o evento fenológico de frutificação foi sazonal em todos os ambientes estudados. Houve uma tendência para o pico de frutificação ocorrer na estação chuvosa, tal característica já foi encontrado em outras localidades da região neotropical (Alencar et al., 1979; Haugaasen and Peres, 2005; Janzen, 1967; Peres, 1994; Smythe, 1970; Ter Steege and Persaud, 1991)

Independente dos picos de frutificação, a maioria dos estudos fenológicos apontam que a produção de frutos nas florestas tropicais está sujeita a períodos de altos e baixos, devido a sazonalidade que está correlacionada a precipitação. Foi assim também em todos os ambientes estudados. Os picos de frutificação durante o período chuvoso em áreas de florestas alagadas também estão de acordo com outros autores (Adis et al., 1979, Ayres, 1993).

Em matas ciliares também apontam comportamentos diferentes para a fenologia da frutificação, em que se mostrou algo sazonal (Morellato et al., 2000)(Carmo, Morelatto, 2000) ou com picos bem definidos e concentrados na estação chuvosa (Araujo, 1970; Athayde et al., 2009; Funch et al., 2002; Reys et al., 2005). Entre outros autores que afirmam que a frutificação em florestas tropicais úmidas tem padrões que ocorrem durante o início e meio da estação chuvosa e estão claramente correlacionados com a variação anual de temperatura e precipitação. (Augspurger, 1983; Frankie et al., 1974; Janzen, 1967; Smythe, 1970; Van Schaik et al., 1993)

As florestas tropicais têm a periodicidade da atividade vegetativa sazonal e imposta pelas condições ambientais, nos períodos chuvosos. No período de queda de folhas e folhas novas, floração e frutificação das espécies da assembleia, estão frequentemente relacionados à flutuação do nível do rio. Numa pesquisa feita no Tocantins, o padrão fenológico na Amazônia, é associado a sazonalidade das inundações, a qual a causa principal é o estresse hídrico sofrido pelas árvores causado pelas florestas que são sazonalmente alagadas (Fonseca et al., 2019). E a relação entre os altos níveis de frutificação e precipitação sugere que a disponibilidade sazonal de água pode é um importante determinante da frutificação (Haugaasen and Peres, 2005). Contudo, a distribuição de flores e frutos ao longo do ano expande a presença de recursos alimentares para população existente, disponibilizando por mais tempo aos consumidores de frutos e visitantes como os peixes e quelônios (Alves et al., 2021)

As florestas onde estão localizadas as ilhas e sarobal foram mais decíduas do que as do beiradão aluvial, deixando cair mais folhas no período chuvoso. Este está de acordo com um levantamento mostrando que nas florestas de várzea e igapó, as folhas foram eliminadas principalmente na estação das águas altas, que exibiu os maiores níveis de deciduidade (Haugaasen and Peres, 2005). Ao contrário do que é observado frequentemente em uma variedade de florestas tropicais e úmidas, onde a queda máxima de folhas ocorre durante a estação seca (Bach, 2002; Bullock and Solis-Magallanes, 1990; Frankie et al., 1974; Lieberman, 1982; Lieberman and Lieberman, 1984; Opler et al., 1980).

A emergência de folhas novas ocorreu principalmente durante o período de seca no sarobal, enquanto que no beiradão e na ilha aluvial isto foi mais restrito ao final do período chuvoso. Com isso, nas áreas alagadas o lançamento sazonal máximo de folhas da maioria das espécies ocorre sempre antes do período reprodutivo. Este padrão consiste com outros levantamentos de florestas tropicais localizadas em áreas de alta pluviosidade (Frankie et al., 1974; Haugaasen and Peres, 2005; Koptur et al., 1988; Lieberman, 1982; Ter Steege and Persaud, 1991).

A fenologia foliar nas florestas dos trópicos úmidos é importante, mas ainda não está claro quais fatores climáticos e bióticos fornecem o controle predominante na queda de folhas e no tempo de queda de folhas (Tang and Dubayah, 2017). Houve algumas hipóteses anteriormente, onde autores sugeriram que o início das folhas poderia ser impulsionado pela precipitação, umidade do solo, entre outros, que estão relacionados à disponibilidade de água (Asner and Alencar, 2010; Brando et al., 2010; Lee et al., 2013; Saleska et al., 2014)

5. CONCLUSÃO

Nos três ambientes da região da Volta Grande do Xingu o comportamento fenológico das assembleias de árvores na fenofase de floração (botão floral, floração iniciando em floração finalizando) tiveram picos de intensidade ocorrendo no período seco, enquanto a frutificação (frutos novos, frutos maduro e dispersão de propágulos) ocorreu no período chuvoso. A fenofase que engloba a mudança foliar (queda foliar, folhas novas e folhas maduras) ocorreu durante todo o ano. Apesar da abundância dos indivíduos estudados serem diferentes entre os ambientes, isso pouco influenciou nos resultados.

A análises comprovaram que são ambientes significativamente sazonais e que isso influencia no comportamento da fenologia das espécies vegetais que habitam a Volta Grande do Xingu. Diante disso, a disponibilidade de recursos alimentares para peixes e quelônios é maior no período chuvoso, que é quando ocorre o maior número de indivíduos frutificando. Para fins de colaboração em reflorestamento de florestas ciliares, o ideal é fazer um estudo fenológico de pelo menos 1 ano para ter conhecimento de quando ocorre cada fenofase da assembleia presente na região, isso colabora para subsidiar todo um ecossistema, desde alimentação de peixes e quelônios, quanto a fauna aquática, e outras espécies da fauna presentes na região afetada.

Referências

- Agostinho, A.A., Pelicice, F.M., Gomes, L.C., 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: Impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology* 68, 1119–1132. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500019>
- Agostinho, A.A., Zalewski, M., 1995. The Importance of Aquatic-Terrestrial Ecotones for Freshwater Fish, *Hydrobiologia*.
- Albuquerque, L.B., Alonso, A.M., Aquino, F. de G., Reatto, A., Sousa-Silva, J.C., Lima, J.E.F.W., Sousa, A.C. da S.A. de, Sousa, E. dos S. de S., Santos De Sousa, E. Dos, 2010. Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade. Embrapa Cerrados.
- Alencar, J. da C., Almeida, R.A. de, Fernandes, N.P., 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazon* 9, 163–198.
- Alves, I. de J., Paz, J.R.L. da, Moreira, A.L. da C., Pigozzo, C.M., 2021. Fenologia reprodutiva e vegetativa de três espécies ocorrentes em uma área de restinga urbana em Salvador, Bahia, Brasil. *Hoehnea* 48. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-72/2020>
- Ana de Francesco, Cristiane Carneiro, Leonardo Amorim, 2015. Atlas dos impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca. São Paulo.
- Araujo, V.C., 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- Asner, G.P., Alencar, A., 2010. Drought impacts on the Amazon forest: The remote sensing perspective. *New Phytologist* 187, 569–578. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03310.x>
- Athayde, E.A., Giehl, E.L.H., Budke, J.C., Gesing, J.P.A., Eisinger, S.M., 2009. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 7, 43–51.
- Augspurger, C.K., 1983. Phenology, Flowering Synchrony, and Fruit Set of Six Neotropical Shrubs.
- Bach, C.S., 2002. Phenological patterns in monsoon rainforests in the Northern Territory, Australia. *Austral Ecol* 27, 477–489. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2002.01209.x>
- Baxter, R.M., 1977. ENVIRONMENTAL EFFECTS OF DAMS AND IMPOUNDMENTS, *Ann. Rev. Ecol. Syst.*
- Bencke, C.S.C., Morellato, L.P.C., 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação, *Revista Brasil Botânica*.
- Borchert, R., Calle, Z., Strahler, A.H., Baertschi, A., Magill, R.E., Broadhead, J.S., Kamau, J., Njoroge, J., Muthuri, C., 2015. Insolation and photoperiodic control of tree development

- near the equator. Source: *The New Phytologist* 205, 7–13.
<https://doi.org/10.2307/newphytologist.205.1.7>
- Brando, P.M., Goetz, S.J., Baccini, A., Nepstad, D.C., Beck, P.S.A., Christman, M.C., 2010. Seasonal and interannual variability of climate and vegetation indices across the Amazon. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107, 14685–14690.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0908741107>
- Buisson, E., Alvarado, S.T., Le Stradic, S., Morellato, L.P.C., 2017. Plant phenological research enhances ecological restoration. *Restor Ecol* 25, 164–171.
<https://doi.org/10.1111/rec.12471>
- Bullock, S.H., Solis-Magallanes, J.A., 1990. Phenology of Canopy Trees of a Tropical Deciduous Forest in Mexico.
- Cascaes, M.F., Citadini-Zanette, V., Harter-Marques, B., 2013. Reproductive phenology in a riparian rainforest in the south of Santa Catarina state, Brazil. *An Acad Bras Cienc* 85, 1449–1460. <https://doi.org/10.1590/0001-37652013105112>
- Cássia, N.C. de F., Duarte, J.R. de M., Oliveira, L.A.B. De, Da Silva, E.C., De Carvalho, I.A., 2019. O papel das matas ciliares na conservação do solo e água. *Biodiversidade* 18, 171–179.
- Castilho, D., 2019. Hidrelétricas na Amazônia Brasileira: da expansão à espoliação.
- Cavalcante, P.B., 1979. Frutas comestíveis da Amazônia, 33rd ed. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- Chalco, F.P., Maia, L.M. de A., 1999. Fenologia e produção de frutos de cinco espécies arbóreas de valor econômica de área de várzea e igapó da Amazônia Central. VIII Jornada de Iniciação Científica do INPA 16–19.
- Conejo, J.G.L., Maranhão, N., 2013. Plano Estratégico de Recursos Hídricos dos Afluentes da Margem Direita do Rio Amazonas PERH-MDA. ANA - Agência Nacional de Águas, Brasília - DF.
- Eletrobrás, 2009. Avaliação ambiental integrada da Bacia do Rio Xingu. ARCADIS TETRPLAN.
- Ferreira, V., 2022. A floresta ripária. *Revista de Ciência Elementar* 10.
<https://doi.org/10.24927/rce2022.023>
- Fonseca, L.D.M., Dalagnol, R., Malhi, Y., Rifai, S.W., Costa, G.B., Silva, T.S.F., Da Rocha, H.R., Tavares, I.B., Borma, L.S., 2019. Phenology and seasonal ecosystem productivity in an Amazonian floodplain forest. *Remote Sens (Basel)* 11.
<https://doi.org/10.3390/rs11131530>
- Frankie, G.W., Baker, H.G., Opler, P.A., 1974. Comparative Phenological Studies of Trees in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica, Source: *Journal of Ecology*.

- Funch, L.S., Funch, R., Barroso, G.M., 2002. Phenology of Gallery and Montane Forest in the Chapada Diamantina. *Biotropica* 34, 40–50.
- Gandini, C. V, Boratto, I.A., Fagundes, D.C., Pompeu, P.S., 2012. Estudo da alimentação dos peixes no rio Grande à jusante da usina hidrelétrica de Itutinga, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 102, 56–61.
- Hahn, N.S., Fugli, R., 2007. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e consequências nos estágios iniciais do represamento. *Oecologia Brasiliensis* 11, 469–480.
- Haugsaasen, T., Peres, C.A., 2005. Tree phenology in adjacent Amazonian flooded and unflooded forests. *Biotropica* 37, 620–630. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00079.x>
- IBAMA, 2007. Termo de Referência para elaboração do estudo de impacto ambiental e o respectivo relatório de impacto ambiental - EIA / RIMA - aproveitamento hidrelétrico Belo Monte (PA). INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - .
- Janzen, D.H., 1967. Synchronization of Sexual Reproduction of Trees Within the Dry Season in Central America. *Evolution (N Y)* 21, 620–637.
- Junk, W.J., Nunes, J.A.S., Mello, D.E., 1989. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira*.
- Koptur, S., Haber, W.A., Frankie, G.W., Baker, H.G., 1988. Phenological Studies of Shrub and Treelet Species in Tropical Cloud Forests of Costa Rica, Source: *Journal of Tropical Ecology*.
- Lee, J.E., Frankenberg, C., Van Der Tol, C., Berry, J.A., Guanter, L., Boyce, C.K., Fisher, J.B., Morrow, E., Worden, J.R., Asefi, S., Badgley, G., Saatchi, S., 2013. Forest productivity and water stress in Amazonia: Observations from GOSAT chlorophyll fluorescence. *Tohoku Journal of Experimental Medicine* 230. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0171>
- Lieberman, D., 1982. Seasonality and Phenology in a Dry Tropical Forest in Ghana. Source: *Journal of Ecology* 70, 791–806.
- Lieberman, D., Lieberman, M., 1984. The Causes and Consequences of Synchronous Flushing in a Dry Tropical Forest.
- Lieth, H., 1974. Phenology and seasonality modeling, in: *Purposes of a Phenology Book*. Springer, Berlin, pp. 3–19. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-51863-8_1
- Maia, L.A., Piedade, M.T.F., 2002. Influência do pulso de inundação na fenologia foliar e conteúdo de clorofila em duas espécies da floresta de Igapó da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazon* 32, 55–64.
- Martínez-Garza, C., Howe, H.F., 2003. Restoring Tropical Diversity: Beating the Time Tax on Species Loss. *Journal of Applied Ecology* 40, 423–429.

- Morellato, L.P.C., Alberti, L.F., Hudson, I.L., 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: A case studies approach, in: *Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. Springer Netherlands, pp. 339–359. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3335-2_16
- Morellato, L.P.C., Talora, D.C., Takahasi, A., Bencke, C.C., Romera, E.C., Zipparro, V.B., 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *Biotropica* 32, 811–823. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x>
- Neiff, J.J., 1990. IDEAS PARA LA INTERPRETACION ECOLOGICA DEL PARANA. *Interciencia* 15, 424–441.
- Oliveira, N.N. de, 2019. Efeitos da usina hidrelétrica belo monte sobre as assembleias de peixes. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN.
- Opler, P.A., Frankie, G.W., Baker, H.G., 1980. Comparative Phenological Studies of Treelet and Shrub Species in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica, Source: *Journal of Ecology*.
- Parolin, P., 2009. Submerged in darkness: Adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. *Ann Bot* 103, 359–376. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn216>
- Parolin, P., Waldhoff, D., Piedade, M.T.F., 2010. Fruit and Seed Chemistry, Biomass and Dispersal, in: *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. pp. 243–258. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_12
- Peres, C.A., 1994. Primate Responses to Phenological Changes in an Amazonian Terra Firme Forest. *Biotropica* 26, 98–112.
- Reys, P., Galetti, M., Morellato, P.C., Sabino, J., 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotrop* 5.
- Saleska, S.R., Wu, J., Guan, K., Araujo, A.C., Huete, A., Nobre, A.D., Restrepo-Coupe, N., 2014. Dry-season greening of Amazon forests. *Nature* 506, 221–224. <https://doi.org/10.1038/nature13006>
- Sartorelli, P., Benedito, A., Campos-Filho, E.M., Ferreira, I., Juruna, A., Viana, A., Machado, A., Gonçalves, J., Juruna, Manoel, Juruna, Mário, Juruna, O., 2018. Plantas dos povos da Volta Grande do Xingu. Barreiras - BA.
- Schöngart, J., Wittmann, F., Faria de Resende, A., Assahira, C., de Sousa Lobo, G., Neves, J.R.D., da Rocha, M., Mori, G.B., Quaresma, A.C., Demarchi, L.O., Albuquerque, B.W., Feitosa, Y.O., Costa, G.S., Feitoza, G.V., Durgante, F.M., Lopes, A., Trumbore, S.E., Silva, T.S.F., ter Steege, H., Val, A.L., 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* 31, 1117–1135. <https://doi.org/10.1002/aqc.3526>

- Shanley, P., Rosa, N. de A., 2005. Conhecimento em erosão: Um Inventário Etnobotânico na Fronteira de Explosão da Amazônia Oriental. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais* 1, 147–171.
- Simões, C.G., Marques, M.C.M., 2007. The role of sprouts in the restoration of atlantic rainforest in Southern Brazil. *Restor Ecol* 15, 53–59. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00189.x>
- Smythe, N., 1970. Relationships between Fruiting Seasons and Seed Dispersal Methods in a Neotropical Forest. *Am Nat* 104, 25–35.
- Tang, H., Dubayah, R., 2017. Light-driven growth in Amazon evergreen forests explained by seasonal variations of vertical canopy structure. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114, 2640–2644. <https://doi.org/10.1073/pnas.1616943114>
- Ter Steege, H., Persaud, C.A., 1991. The phenology of Guyanese timber species: a compilation of a century of observations. *Vegetatio* 95, 177–198.
- 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>
- Van Schaik, C.P., Terborgh, J.W., Wright, S.J., 1993. The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers.
- Wright, S.J., Cornejo, F.H., 1990. Seasonal Drought and Leaf Fall in a Tropical Forest.
- Zuanon, J., Sawakuchi, A., Camargo, M., Wahnfried, I., Sousa, L., Akama, A., Muriel-Cunha, J., Ribas, C., D'horta, F., Pereira, T., Lopes, P., Mantovanelli, T., Lima, T.S., Garzón, B., Carneiro, C., Reis, C.P., Rocha, G., Santos, A.L., De Paula, M., Pennino, M., Pezzuti, J., 2021. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. Paper do NAEA 28.
- Zuanon, J., Sawakuchi, A., Camargo, M., Wahnfried, I., Sousa, L., Akama, A., Muriel-Cunha, J., Ribas, C., D'horta, F., Pereira, T., Lopes, P., Mantovanelli, T., Lima, T.S., Garzón, B., Carneiro, C., Reis, C.P., Rocha, G., Santos, A.L., De Paula, M., Pennino, M., Pezzuti, J., 2019. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu, in: Paper Do NEAE. pp. 20–62.

6. APÊNDICE

Tabela 4 Número de indivíduos por Família e espécie com critérios de seleção, local e forma de crescimento.

Família	Espécie	Forma De Crescimento	Animais	Locais		
				Beiradao	Ilha	Sarobal
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Árvore	Peixes		8	2
Annonaceae	<i>Duguetia echinophora</i>	Árvore	Peixes		10	
Arecaceae	<i>Astrocaryum jauari</i>	Palmeira	Tracajás e peixes		8	2
Arecaceae	<i>Desmoncus polyacanthos</i>	Palmeira	Tracajás e peixes		11	
Arecaceae	<i>Euterpe oleraceae</i>	Palmeira	Tracajás e peixes	4	5	
Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i>	Palmeira	Tracajás	2	7	
Boraginaceae	<i>Cordia tetrandra</i>	Árvore	Peixes	6	2	
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Árvore	Peixes			10
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i>	Árvore	Tracajás e peixes	2	6	2
Chrysobalanaceae	<i>Couepia cataractae</i>	Árvore	Tracajás e peixes			11
Chrysobalanaceae	<i>Licania longipetala</i>	Árvore	Peixes			10
Chrysobalanaceae	<i>Licania unguiculata</i>	Árvore	Peixes	5	4	1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea fluviatilis</i>	Árvore	Peixes	4	6	
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Árvore	Peixes		7	3
Euphorbiaceae	<i>Sapium pallidum</i>	Árvore	Peixes		7	3
Fabaceae	<i>Alexa grandiflora</i>	Árvore	Peixes		9	
Fabaceae	<i>Campsiandra laurifolia</i>	Árvore	Tracajás e peixes		3	7
Fabaceae	<i>Inga edulis</i>	Liana	Tracajás e peixes	1	2	
Fabaceae	<i>Inga gracilifolia</i>	Árvore	Tracajás e peixes		1	
Fabaceae	<i>Macrolobium acaciifolium</i>	Árvore	Tracajás e peixes		6	2
	<i>Zygia cauliflora</i>	Árvore	Tracajás		9	
Lamiaceae	<i>Vitex duckei</i>	Árvore	Tracajás e peixes			9
Lamiaceae	<i>Vitex snethlagiana</i>	Árvore	Tracajás e peixes			3
Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i>	Árvore	Peixes		9	
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Árvore	Tracajás e peixes	1	9	
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Árvore	Tracajás e peixes	5	4	
Moraceae	<i>Sorocea guilleminiana</i>	Árvore	Peixes	1	1	

Myrtaceae	<i>Eugenia inundata</i>	Árbusto	Tracajás e peixes	4		6
Myrtaceae	<i>Myrciaria dubia</i>	Árbusto	Tracajás e peixes		1	9
Myrtaceae	<i>Psidium densicomum</i>	Árbusto	Peixes	2	8	
Ochnaceae	<i>Quiina rhytidopus</i>	Árvore	Peixes	3	5	
Picrodendraceae	<i>Piranhea trifoliata</i>	Árvore	Peixes		9	1
Polygonaceae	<i>Triplaris weigeltiana</i>	Árvore	Peixes	2	8	
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Árvore	Tracajás e peixes	2	8	
Rubiaceae	<i>Randia armata</i>	Árvore	Peixes	1		2
Rubiaceae	<i>Simira rubescens</i>	Árvore	Peixes	2	7	1
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	Árvore	Peixes		8	2
	<i>Pouteria guianensis</i>	Árvore	Tracajás e peixes		8	2
Simaroubaceae	<i>Simaba guianensis</i>	Árvore	Peixes		2	
	<i>Simaba orinocensis</i>	Árvore	Peixes		1	9
Urticaceae	<i>Cecropia latiloba</i>	Árvore	Tracajás e peixes	5	6	
Urticaceae	<i>Cecropia obtusa</i>	Árvore	Peixes	7	6	
Total Geral				59	211	97

Script da estatística circular

```
#Análise Circular
```

```
#Pacotes
```

```
library(circular)
```

```
library(openxlsx)
```

```
library(dplyr)
```

```
library(ggplot2)
```

```
library(purrr)
```

```
#tabela de dados
```

```
dados <- read.xlsx("Data/dados_luara3.xlsx",1, colNames=T)
```

```
#Verificando se a importação foi realizada com sucesso
```

```
str(dados)
```

```
##Manipulando os dados
```

```
#FLORACAO e FRUTIFICAÇÃO
```

```
#ASSEMBLEIA
```

```
#Informando os valores dos angulos
```

```
#SELECIONAR COLUNAS para soma
```

```
#rowSums
```

```
flor <- rep(dados$ANGULO, dados$FLORACAO)
```

```
fruto <- rep(dados$ANGULO, dados$FRUTIFICACAO)
```

```
folha <- rep(dados$ANGULO, dados$FOLIACAO)
```

```
#Transformando em angulos
```

```
flor.rad <- rad(flor)
```

```
fruto.rad <- rad (fruto)
```

```
folha.rad <- rad (folha)
```

```
#Transformar em dados circular
```

```
flor.circ <- as.circular(flor.rad)
```

```
fruto.circ <- as.circular(fruto.rad)
```

```
folha.circ <- as.circular(folha.rad)
```

```
####Estatistica descritiva
```

```
#media
```

```
mean(flor.circ)
```

```
#-2.407465
```

```
mean(fruto.circ)
```

```
# -0.2893692
```

```
mean(folha.circ)
```

```
# 1.886725
```

```
#Para converter a média em ângulo
```

```
deg(mean(flor.circ))
```

```
#-137.9376
```

```
deg(mean(fruto.circ))
```

```
#-16.57963
```

```
deg(mean(folha.circ))
```

```
# 108.1014
```

```
###Se a média fosse negativa
```

```
deg(mean(flor.circ))+360
```

```
# 222.0624
```

```
deg(mean(fruto.circ))+360
```

```
# 343.4204
```

```
deg(mean(folha.circ))+360
```

```
# 468.1014
```

```
#Comprimento do vetor r:
```

```
rho.circular(flor.circ)
```

```
# 0.2637485
```

```
rho.circular(fruto.circ)
```

```
# 0.2591828
```

```
rho.circular(folha.circ)
```

```
# 0.2863464
```

```
#Variancia
```

```
var(flor.circ)
```

```
# 0.7362515
```

```
var(fruto.circ)
```

```
# 0.7408172
```

```
var(folha.circ)
```

```
# 0.7136536
```

```
#Desvio padrão angular
```

```
sd.circular(flor.circ)
```

```
# 1.632642
```

```
sd.circular(fruto.circ)
```

```
# 1.643303
```

```
sd.circular(folha.circ)
```

```
# 1.5814899
```

```
#Para converter o desvio padrao em angulo:
```

```
deg(sd.circular(flor.circ))
```

```
# 93.54347
```

```
deg(sd.circular(fruto.circ))
```

```
# 94.15431
```

```
deg(sd.circular(folha.circ))
```

```
# 90.61262
```

```
#Mediana
```

```
median(flor.circ)
```

```
# 3.665191
```

```
median(fruto.circ)
# 0.000000 5.759587
median(folha.circ)
# 2.94395

#Intervalo de confiança
mle.vonmises.bootstrap.ci(flor.circ)
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
#Confidence Level: 95 %
#Mean Direction:      Low = 3.67  High = 4.07
#Concentration Parameter:  Low = 0.44  High = 0.66
mle.vonmises.bootstrap.ci(fruto.circ)
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
#Confidence Level: 95 %
#Mean Direction:      Low = 5.82  High = 6.15
#Concentration Parameter:  Low = 0.45  High = 0.63
mle.vonmises.bootstrap.ci(folha.circ)
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
#Confidence Level: 95 %
#Mean Direction:      Low = 1.77  High = 2.01
#Concentration Parameter:  Low = 0.52  High = 0.67

###Uniformidade dos dados
##Teste de Rayleigh
rayleigh.test(flor.circ)
#Test Statistic: 0.2637
#P-value: 0
```

```
#H0: não há agregação dos dados
```

```
#H1: há agregação dos dados
```

```
rayleigh.test(fruto.circ)
```

```
#Test Statistic: 0.2592
```

```
#P-value: 0
```

```
rayleigh.test(folha.circ)
```

```
#Test Statistic: 0.2863
```

```
#P-value: 0
```

```
###GRÁFICO GGLOT
```

```
#ggplot(dados, aes(x = ANGULO, y = FRUTIFICACAO, fill=MES)) +
```

```
#coord_polar(theta = "x", start = -pi/45) +
```

```
#geom_bar(stat = "identity") +
```

```
#scale_x_continuous(breaks = seq(0, 360, 60)) +
```

```
#coord_polar()
```

```
#GRÁFICO FLORAÇÃO
```

```
g1 <-
```

```
ggplot(dados, aes(MES, FLORACAO, fill = LOCAL)) +
```

```
geom_bar(stat = "identity") +
```

```
scale_x_continuous(breaks = 1:12, labels = month.abb) +
```

```
coord_polar(theta = "x") +
```

```

facet_wrap(~ LOCAL) +
theme(
  axis.title.x = element_blank(),
  axis.title.y = element_blank(),
  strip.text = element_blank() # legend duplicates facet labels
) +
labs(title = "Floração")

```

g1

#GRÁFICO CIRCULAR COM VETOR MÉDIO

#Floracao

```

rose.diag(cbind(flor.circ), rotation = "clock", zero = pi/2, units = "rads", axes
  = F, border = c("black"), ticks = F)
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)),
  c(labels = c("M", "J", "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F", "M", "A")))
arrows.circular(mean(flor.circ), rho.circular(flor.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",
  col = "red")

```

#---

```

rose.diag(cbind(flor.circ), rotation = "clock", zero = pi/2, units = "rads", axes
  = F, border = c("black"), ticks = F)
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)), c(labels = c("M", "J",
  "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F",
  "M", "A")))
arrows.circular(mean(flor.circ), rho.circular(flor.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",

```

```

col = "black")

plot.circular(cbind(flor.circ, fruto.circ), rotation = "clock", bins = 80, zero = pi/2,
              stack = T, units = "rads", axes = F, col = c("black", "grey"), ticks = F)
#Para colocar os nomes dos meses:
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)), c(labels = c("M", "J",
                                                                                   "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F",
                                                                                   "M", "A")))
#Para colocar os vetores médios:
arrows.circular(mean(flor.circ), rho.circular(flor.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",
                col = "black")
arrows.circular(mean(fruto.circ), rho.circular(flor.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",
                col = "grey")

#---

#GRÁFICO FRUTIFICAÇÃO

g2 <- ggplot(dados, aes(MES, FRUTIFICACAO, fill = LOCAL)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  scale_x_continuous(breaks = 1:12, labels = month.abb) +
  coord_polar(theta = "x") +
  facet_wrap(~ LOCAL) +

```

```
theme(  
  axis.title.x = element_blank(),  
  axis.text.y = element_blank(),  
  axis.title.y = element_blank(),  
  strip.text = element_blank() # legend duplicates facet labels  
) +  
labs(title = "Frutificação")
```

```
library(patchwork)
```

```
g1/g2
```

```
ggsave(filename = "FLORAÇÃO.png")
```

```
#Por ambiente
```

```
beiradao <- dados %>% filter(LOCAL == "BEIRADAO ALUVIAL")
```

```
##Manipulando os dados
```

```
#Informando os valores dos angulos
```

```
flor=rep(beiradao$ANGULO, beiradao$FLORACAO)
```

```
fruto=rep(beiradao$ANGULO, beiradao$FRUTIFICACAO)
```

```
#Transformando em angulos
```

```
flor.rad = rad(flor)
```

```

fruto.rad = rad (fruto)

#Transformar em dados circular
flor.circ <- as.circular(flور.rad)
fruto.circ <- as.circular(fruto.rad)

###Colocar nos gráficos
rose.diag(cbind(flور.circ), rotation = "clock", zero = pi/2, units = "rads", axes
          = F, border = c("black"), ticks = F)
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)),
              c(labels = c("M", "J", "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F", "M", "A")))
arrows.circular(mean(flور.circ), rho.circular(flور.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",
               col = "red")

####Estatística descritiva
#media
mean(flور.circ)
#-2.034687
mean(fruto.circ)
# -0.4897622

#Para converter a média em ângulo
deg(mean(flور.circ))
#-116.579
deg(mean(fruto.circ))
#-28.0613

###Se a média fosse negativa

```

```
deg(mean(flor.circ))+360
# 243.421
deg(mean(fruto.circ))+360
# 331.9387
```

```
#Comprimento do vetor r:
```

```
rho.circular(flor.circ)
# 0.2434079
rho.circular(fruto.circ)
# 0.2781751
```

```
#Variância
```

```
var(flor.circ)
# 0.7565921
var(fruto.circ)
# 0.7218249
```

```
#Desvio padrão angular
```

```
sd.circular(flor.circ)
# 1.681081
sd.circular(fruto.circ)
# 1.59969
```

```
#Para converter o desvio padrao em angulo:
```

```
deg(sd.circular(flor.circ))
# 96.31885
deg(sd.circular(fruto.circ))
# 91.6555
```

```
#Mediana
```

```
median(flor.circ)
```

```
# 4.18879
```

```
median(fruto.circ)
```

```
# 5.759587
```

```
#Intervalo de confiança
```

```
mle.vonmises.bootstrap.ci(flor.circ)
```

```
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
```

```
#Confidence Level: 95 %
```

```
#Mean Direction: Low = 3.74 High = 4.81
```

```
#Concentration Parameter: Low = 0.26 High = 0.78
```

```
mle.vonmises.bootstrap.ci(fruto.circ)
```

```
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
```

```
#Confidence Level: 95 %
```

```
#Mean Direction: Low = -0.91 High = -0.11
```

```
#Concentration Parameter: Low = 0.38 High = 0.81
```

```
###Uniformidade dos dados
```

```
##Teste de Rayleigh
```

```
rayleigh.test(flor.circ)
```

```
#Test Statistic: 0.2434
```

```
#P-value: 6e-04
```

```
#H0: não há agregação dos dados
```

```
#H1: há agregação dos dados
```

```
rayleigh.test(fruto.circ)
```

```
#Test Statistic: 0.2782
```

```
#P-value: 0
```

```
rose.diag(cbind(flor.circ), rotation = "clock", zero = pi/2, units = "rads", axes  
          = F, border = c("yellow"), ticks = F)  
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)),  
              c(labels = c("M", "J", "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F", "M", "A")))  
arrows.circular(mean(flor.circ), rho.circular(flor.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",  
                col = "red")
```

```
#Por ambiente
```

```
ilha <- dados %>% filter(LOCAL == "ILHA ALUVIAL")
```

```
##Manipulando os dados
```

```
#Informando os valores dos angulos
```

```
flor=rep(ilha$ANGULO, ilha$BOTAO.FLORAL +  
         ilha$FLORACAO.INICIANDO + ilha$FLORACAO.FINALIZANDO)
```

```
fruto=rep(ilha$ANGULO, ilha$FRUTOS.NOVOS +  
          ilha$FRUTOS.MADUROS + ilha$DISP..PROPAGULOS)
```

```
#Transformando em angulos
```

```
flor.rad = rad(flor)
```

```

fruto.rad = rad (fruto)

#Transformar em dados circular
flor.circ <- as.circular(flور.rad)
fruto.circ <- as.circular(fruto.rad)

###Colocar nos gráficos
rose.diag(cbind(flور.circ), rotation = "clock", zero = pi/2, units = "rads", axes
          = F, border = c("yellow"), ticks = F)
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)),
              c(labels = c("M", "J", "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F", "M", "A")))
arrows.circular(mean(flور.circ), rho.circular(flور.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",
               col = "red")

####Estatística descritiva
#media
mean(flور.circ)
# -2.388602
mean(fruto.circ)
# -0.2733491

#Para converter a média em ângulo
deg(mean(flور.circ))
#-136.8568
deg(mean(fruto.circ))
#-15.66175

###Se a média fosse negativa
deg(mean(flور.circ))+360
# 223.1432

```

```
deg(mean(fruto.circ))+360  
# 344.3383
```

```
#Comprimento do vetor r:  
rho.circular(flora.circ)  
# 0.2058549  
rho.circular(fruto.circ)  
# 0.2207436
```

```
#Variância  
var(flora.circ)  
# 0.7941451  
var(fruto.circ)  
# 0.7792564
```

```
#Desvio padrão angular  
sd.circular(flora.circ)  
# 1.777967  
sd.circular(fruto.circ)  
# 1.738248
```

```
#Para converter o desvio padrao em angulo:  
deg(sd.circular(flora.circ))  
# 101.87  
deg(sd.circular(fruto.circ))  
# 99.59429
```

```
#Mediana  
median(flora.circ)
```

#3.665191

median(fruto.circ)

#5.759587

#Intervalo de confiança

mle.vonmises.bootstrap.ci(flor.circ)

#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration

#Confidence Level: 95 %

#Mean Direction: Low = 3.54 High = 4.28

#Concentration Parameter: Low = 0.27 High = 0.57

mle.vonmises.bootstrap.ci(fruto.circ)

#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration

#Confidence Level: 95 %

#Mean Direction: Low = -0.55 High = -0.01

#Concentration Parameter: Low = 0.32 High = 0.58

###Uniformidade dos dados

##Teste de Rayleigh

rayleigh.test(flor.circ)

#Test Statistic: 0.2059

#P-value: 0

#H0: não há agregação dos dados

#H1: há agregação dos dados

rayleigh.test(fruto.circ)

#Test Statistic: 0.2207

#P-value: 0

```
#Por ambiente
```

```
sarobal <- dados %>% filter(LOCAL == "SAROBAL")
```

```
##Manipulando os dados
```

```
#Informando os valores dos angulos
```

```
flor=rep(sarobal$ANGULO, sarobal$BOTAO.FLORAL +  
        sarobal$FLORACAO.INICIANDO + sarobal$FLORACAO.FINALIZANDO)
```

```
fruto=rep(sarobal$ANGULO, sarobal$FRUTOS.NOVOS +  
        sarobal$FRUTOS.MADUROS + sarobal$DISP..PROPAGULOS)
```

```
#Transformando em angulos
```

```
flor.rad = rad(flor)
```

```
fruto.rad = rad (fruto)
```

```
#Transformar em dados circular
```

```
flor.circ <- as.circular(flor.rad)
```

```
fruto.circ <- as.circular(fruto.rad)
```

```
###Colocar nos gráficos
```

```
rose.diag(cbind(flor.circ), rotation = "clock", zero = pi/2, units = "rads", axes  
        = F, border = c("yellow"), ticks = F)
```

```
axis.circular(at=circular(sort(seq(0, 11/6*pi, pi/6), decreasing = T)),
```

```
c(labels = c("M", "J", "J", "A", "S", "O", "N", "D", "J", "F", "M", "A"))
arrows.circular(mean(flor.circ), rho.circular(flor.circ), zero = pi/2, rotation = "clock",
col = "red")
```

```
####Estatística descritiva
```

```
#media
```

```
mean(flor.circ)
```

```
# -2.542824
```

```
mean(fruto.circ)
```

```
# -0.2098478
```

```
#Para converter a média em ângulo
```

```
deg(mean(flor.circ))
```

```
# -145.6931
```

```
deg(mean(fruto.circ))
```

```
# -12.02339
```

```
###Se a média fosse negativa
```

```
deg(mean(flor.circ))+360
```

```
# 214.3069
```

```
deg(mean(fruto.circ))+360
```

```
# 347.9766
```

```
#Comprimento do vetor r:
```

```
rho.circular(flor.circ)
```

```
# 0.3608698
```

```
rho.circular(fruto.circ)
```

```
# 0.3309955
```

```
#Variância
```

```
var(flor.circ)
```

```
# 0.6391302
```

```
var(fruto.circ)
```

```
# 0.6690045
```

```
#Desvio padrão angular
```

```
sd.circular(flor.circ)
```

```
# 1.427752
```

```
sd.circular(fruto.circ)
```

```
# 1.487044
```

```
#Para converter o desvio padrao em angulo:
```

```
deg(sd.circular(flor.circ))
```

```
# 81.80418
```

```
deg(sd.circular(fruto.circ))
```

```
# 85.20137
```

```
#Mediana
```

```
median(flor.circ)
```

```
#3.665191
```

```
median(fruto.circ)
```

```
#0.000000 5.759587
```

```
#Intervalo de confiança
```

```
mle.vonmises.bootstrap.ci(flor.circ)
```

```
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
```

```
#Confidence Level: 95 %
#Mean Direction:      Low = 3.51  High = 3.95
#Concentration Parameter:  Low = 0.58  High = 0.97
mle.vonmises.bootstrap.ci(fruto.circ)
#Bootstrap Confidence Intervals for Mean Direction and Concentration
#Confidence Level: 95 %
#Mean Direction:      Low = -0.47  High = 0.04
#Concentration Parameter:  Low = 0.53  High = 0.89
```

```
###Uniformidade dos dados
```

```
##Teste de Rayleigh
```

```
rayleigh.test(flora.circ)
```

```
#Test Statistic: 0.3609
```

```
#P-value: 0
```

```
#H0: não há agregação dos dados
```

```
#H1: há agregação dos dados
```

```
rayleigh.test(fruto.circ)
```

```
#Test Statistic: 0.331
```

```
#P-value: 0
```

Script do teste de comparação de ambientes

```
#TESTE COMPARAR AMBIENTES
```

```
library(openxlsx)
```

```
library(dplyr)
```

```
library(circular)
```

```
dados1 <- read.xlsx("Data/dados_luara5.xlsx",2, colNames=T)
```

```
#getwd()
```

```
#flor
```

```
flor.beira=rep(dados1$ANGULO, dados1$floracao.beiradao)
```

```
flor.ilha=rep(dados1$ANGULO, dados1$floracao.ilha)
```

```
flor.sarob=rep(dados1$ANGULO, dados1$floracao.sarobal)
```

```
florbeira.rad = rad(flor.beira)
```

```
florilha.rad = rad(flor.ilha)
```

```
florsarob.rad = rad(flor.sarob)
```

```
florbeira.circ <- as.circular(florbeira.rad)
```

```
florilha.circ <- as.circular(florilha.rad)
```

```
florsarob.circ <- as.circular(florsarob.rad)
```

```
flor.anova<-c(florbeira.circ,florilha.circ,florsarob.circ)
```

```
group<-rep(c('beira','ilha','sarob'),times=c(126,334,256))
```

```
flor.ambientes<-data.frame(cbind(flor.anova,group))
```

```
stripchart(flor.anova~flor.ambientes$group,vertical=T,  
           method="stack")
```

```
watson.test(florbeira.circ, dist = "vonmises")
```

```
watson.test(florilha.circ, dist = "vonmises")
```

```
watson.test(florsarob.circ, dist = "vonmises")
```

```
watson.wheeler.test(list(flорbeira.circ,flорilha.circ, florsarob.circ))
```

```
watson.wheeler.test(list(flорbeira.circ, flорilha.circ))
```

```
watson.wheeler.test(list(flорbeira.circ, florsarob.circ))
```

```
watson.wheeler.test(list(flорilha.circ, florsarob.circ))
```

```
#fruto
```

```
fruto.beira=rep(dados1$ANGULO, dados1$frutificacao.beiradao)
```

```
fruto.ilha=rep(dados1$ANGULO, dados1$frutificacao.ilha)
```

```
fruto.sarob=rep(dados1$ANGULO, dados1$frutificacao.sarobal)
```

```
frutobeira.rad = rad (fruto.beira)
```

```
frutoilha.rad = rad (fruto.ilha)
```

```
frutosarob.rad = rad (fruto.sarob)
```

```
frutobeira.circ <- as.circular(frutobeira.rad)
```

```
frutoilha.circ <- as.circular(frutoilha.rad)
```

```
frutosarob.circ <- as.circular(frutosarob.rad)
```

```
watson.test(frutobeira.circ, dist = "vonmises")
```

```
watson.test(frutoilha.circ, dist = "vonmises")
```

```
watson.test(frutosarob.circ, dist = "vonmises")
```

```
watson.wheeler.test(list(frutobeira.circ,frutoilha.circ, frutosarob.circ))
```

```
fruto.anova<-c(frutobeira.circ,frutoilha.circ,frutosarob.circ)
```

```
group1<-rep(c('beira','ilha','sarob'),times=c(166,562,274))
```

```

fruto.ambientes<-data.frame(cbind(fruto.anova,group1))

stripchart(fruto.anova~fruto.ambientes$group1,vertical=T,
           method="stack")

watson.wheeler.test(list(frutobeira.circ, frutoilha.circ))
watson.wheeler.test(list(frutobeira.circ, frutosarob.circ))
watson.wheeler.test(list(frutoilha.circ, frutosarob.circ))

#folha
folha.beira=rep(dados1$ANGULO, dados1$foliacao.beiradao)
folha.ilha=rep(dados1$ANGULO, dados1$foliacao.ilha)
folha.sarob=rep(dados1$ANGULO, dados1$foliacao.sarobal)

folhabeira.rad = rad (folha.beira)
folhailha.rad = rad (folha.ilha)
folhasarob.rad = rad (folha.sarob)

folhabeira.circ <- as.circular(folhabeira.rad)
folhailha.circ <- as.circular(folhailha.rad)
folhasarob.circ <- as.circular(folhasarob.rad)

watson.test(folhabeira.circ, dist = "vonmises")
watson.test(folhailha.circ, dist = "vonmises")
watson.test(folhasarob.circ, dist = "vonmises")

```

```
watson.wheeler.test(list(folhabeira.circ,folhailha.circ, folhasarob.circ))
```

```
fruto.anova<-c(frutobeira.circ,frutoilha.circ,frutosarob.circ)
```

```
group1<-rep(c('beira','ilha','sarob'),times=c(166,562,274))
```

```
fruto.ambientes<-data.frame(cbind(fruto.anova,group1))
```

```
stripchart(fruto.anova~fruto.ambientes$group1,vertical=T,  
           method="stack")
```

```
watson.wheeler.test(list(frutobeira.circ, frutoilha.circ))
```

```
watson.wheeler.test(list(frutobeira.circ, frutosarob.circ))
```

```
watson.wheeler.test(list(frutoilha.circ, frutosarob.circ))
```

Script do gráfico de rosas de sincronia

```
#Pacotes
```

```
library(circular)
```

```
library(openxlsx)
```

```
library(dplyr)
```

```
library(ggplot2)
```

```
#tabela de dados
```

```
dados<- read.xlsx("Data/dados_luara3.xlsx",1,colNames=T)
```

```
#Verificando se a importação foi realizada com sucesso
```

```
str(dados)
```

```
#Meses das fenofases
```

```
#dados$MES <- factor(dados$MES, levels = c("JAN", "FEV", "MAR", "ABR", "MAI",
      "JUN", "JUL", "AGO", "SET", "OUT", "NOV", "DEZ"))
```

```
#dados$MES <- factor(dados$MES, levels = c("1", "2", "3", "4", "5",
      "6", "7", "8", "8", "10", "11", "12"))
```

```
ggplot(dados, aes(x = ANGULO, y = FRUTIFICACAO, fill=MES)) +
  coord_polar(theta = "x", start = -pi/45) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  scale_x_continuous(breaks = seq(0, 360, 60))+
  coord_polar()
```

```
ggplot(dados, aes(MES, FLORACAO, fill = MESES)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  scale_x_continuous(breaks = 1:12, labels = month.abb) +
  coord_polar(theta = "x", start = -pi/45) +
  facet_wrap(~ LOCAL) +
  theme(
    axis.title.x = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.title.y = element_blank(),
    strip.text = element_blank() # legend duplicates facet labels)
)
```

```
ggplot(dados, aes(MES, FLORACAO, fill = LOCAL)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
```

```

geom_line()+
scale_x_continuous(breaks = 1:12, labels = month.abb) +
coord_polar(theta = "x", start = -pi/45) +
facet_wrap(~ LOCAL) +
theme(
  axis.title.x = element_blank(),
  axis.text.y = element_blank(),
  axis.title.y = element_blank(),
  strip.text = element_blank() # legend duplicates facet labels
)

```

geom_vline

```

ggplot(dados, aes(MES, FRUTIFICACAO, fill = MESES)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  scale_x_continuous(breaks = 1:12, labels = month.abb) +
  coord_polar(theta = "x", start = -pi/45)+
  facet_wrap(~ LOCAL) +
  theme(
    axis.title.x = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.title.y = element_blank(),
    strip.text = element_blank() # legend duplicates facet labels
  )

```

```
ggplot(dados, aes(MES, FRUTIFICACAO, fill = MESES)) +  
  geom_bar(stat = "identity") +  
  scale_x_continuous(breaks = 1:12, labels = month.abb) +  
  coord_polar()+  
  facet_wrap(~ LOCAL) +  
  theme(  
    axis.title.x = element_blank(),  
    axis.text.y = element_blank(),  
    axis.title.y = element_blank(),  
    strip.text = element_blank() # legend duplicates facet labels  
  )  
  geom_vline(dados = mean_flowering_times, aes(xintercept = mean_flowering_time))
```