



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – IFAP
CAMPUS LARANJAL DO JARI
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARCOS DE CARVALHO DO AMARAL

PADRÃO FENOLÓGICO DE *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl (CASTANHA-DA-AMAZÔNIA) NA AMAZÔNIA LEGAL

LARANJAL DO JARI

2021

MARCOS DE CARVALHO DO AMARAL

PADRÃO FENOLÓGICO DE *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl (CASTANHA-DA-AMAZÔNIA) NA AMAZÔNIA LEGAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Darley Calderaro Leal Matos

LARANJAL DO JARI

2021

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A485p Amaral, Marcos de Carvalho do
Padrão fenológico de *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl (Castanha-da-Amazônia) na
Amazônia Legal / Marcos de Carvalho do Amaral – Laranjal do Jari, 2021.
32 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, Curso de
Licenciatura em Ciências Biológicas, 2021.

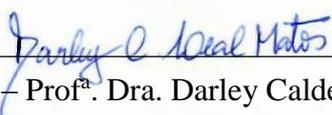
Orientadora: Dra. Darley Calderaro Leal Matos.

1. Amazônia. 2. Análise de ordenação. 3. Dispersão - Frutificação - Floração..
I. Matos, Dra. Darley Calderaro Leal, orient. II. Título.

PADRÃO FENOLÓGICO DE *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl (CASTANHA-DA-AMAZÔNIA) NA AMAZÔNIA LEGAL

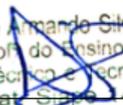
Trabalho apresentado como requisito de avaliação da Disciplina TCC do curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP.

BANCA EXAMINADORA



Orientadora – Prof^ª. Dra. Darley Calderaro Leal Matos

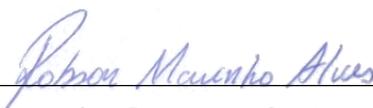
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari



Diego Armando Silva da Silva
Prof. do Ensino Básico,
Técnico e Tecnológico
Mat. Supl. 1424702

Membro da banca examinadora – Prof. Dr. Diego Armando Silva da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari



Membro da banca examinadora – Prof. Me. Robson Marinho Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari

Aprovado em: 31/05/2021

Nota: 9,8

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, toda glória e honra, por me ajudar a passar por cima de todas as dificuldades ao longo do curso.

A minha esposa, que foi a minha inspiração e meu braço forte nessa caminhada.

Aos meus pais, que me incentivaram a prosseguir nessa jornada.

A minha orientadora, pela dedicação, paciência e pelos seus ensinamentos nesse processo de formação.

Agradeço também ao Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari por todo suporte no decorrer do curso.

Agradeço a coordenação do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pelo apoio nos momentos de necessidade. E a todos os professores desse colegiado.

RESUMO

A castanheira (*Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl) é uma espécie importante para exploração extrativista na Amazônia, sendo fonte de renda para trabalhadores rurais e urbanos. Possui ampla distribuição nas florestas de terra firme na Amazônia, e por ser uma espécie de grande relevância econômica, alguns estudos sobre fenologia já foram desenvolvidos, pois o conhecimento das diferentes fases de crescimento e desenvolvimento de plantas permite que se possam definir estratégias sustentáveis de uso. Os eventos fenológicos repetitivos como frutificação, floração e dispersão estão fortemente relacionados às condições bióticas e abióticas locais, e são regulados por características endógenas associadas às variações do clima que regulam a época, a intensidade, a duração e a periodicidade dos eventos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar o padrão fenológico de *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl para a Amazônia legal, e verificar se há algum padrão temporal da frutificação, floração e dispersão de sementes da espécie na região. As informações fenológicas foram obtidas por meio de levantamento bibliométrico de vários estudos (artigos, teses e dissertações) sobre a fenologia da castanheira na Amazônia. Por meio de uma matriz de presença e ausência (com os locais onde foram realizados os estudos nas linhas e os meses da ocorrência das fenofases da castanheira nas colunas) foi feita uma análise de ordenação (NMDS) utilizando o índice de similaridade de Sorensen como método de distância, para verificar se há alguma semelhança temporal das fenofases entre os estados na Amazônia Legal. Foi aplicada análise *Envif* para verificar se as variáveis precipitação e temperatura média anual estão correlacionadas com os eixos da ordenação e com os grupos formados. A frutificação da castanheira foi persistente no período chuvoso e tendeu a ocorrer o ano inteiro em locais com maior precipitação média anual. A floração da espécie ocorreu num período maior em locais com maior precipitação e temperatura média anual (de outubro a março), e locais com menor precipitação a floração tendeu a se antecipar (início em setembro) ocorrendo em um período menor (término em janeiro). A dispersão tendeu a começar em setembro, outubro ou novembro finalizando em março em locais com maior temperatura média, e tendeu a ocorrer no período chuvoso em locais com maiores médias de precipitação. Ressalta-se que o conhecimento dos padrões fenológicos da castanha-da-Amazônia permite que decisões eficientes sejam tomadas quanto o seu manejo. Por meio de previsibilidade climática é possível selecionar melhores áreas de castanhais por exemplo, aquelas com maiores médias anuais de precipitação, pois a frutificação ocorre durante 12 meses e a floração é estendida garantindo, assim, produtividade o ano inteiro.

Palavras-chave: Amazônia. Análise de ordenação. Dispersão. Frutificação. Floração.

ABSTRACT

The Brazil nut tree (*Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl) is an important species for extractive exploration in the Amazon, being a source of income for rural and urban workers. It has a wide distribution in the terra firme forests of the Amazon, and as it is a species of great economic relevance, some studies on phenology have already been developed, as the knowledge of the different stages of plant growth and development allows the definition of sustainable use strategies. Repetitive phenological events such as fruiting, flowering and dispersal are strongly related to local biotic and abiotic conditions, and are regulated by endogenous characteristics associated with climate variations that regulate the time, intensity, duration and periodicity of events. In this context, the aim of this study was to analyze the phenological pattern of *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl for the Legal Amazon, and check if there is any temporal pattern of fruiting, flowering and seed dispersal of the species in the region. The phenological information was obtained through a bibliometric survey of several studies (articles, theses and dissertations) on the phenology of the chestnut tree in the Amazon. By means of a presence and absence matrix (with the places where the studies were carried out in the lines and the months of occurrence of the chestnut phenophases in the columns) an ordering analysis (NMDS) was performed using the Sorensen similarity index as a method distance, to see if there is any temporal similarity of the phenophases between the states in the Legal Amazon. Envif analysis was applied to verify whether the precipitation and annual mean temperature variables are correlated with the ordination axes and with the groups formed. The fruiting of Brazil nut was persistent in the rainy season and tended to occur throughout the year in places with higher average annual rainfall. The flowering of the species occurred over a longer period in places with higher precipitation and average annual temperature (October to March), and in places with less precipitation, flowering tended to come forward (beginning in September) occurring in a shorter period (end in January). Dispersion tended to start in September, October or November, ending in March in places with higher average temperature, and tended to occur in the rainy season in places with higher average precipitation. It is noteworthy that the knowledge of the phenological patterns of the Amazon nut allows efficient decisions to be taken regarding its management. Through climatic predictability, it is possible to select better areas of Brazil nut groves, for example, those with higher annual averages of precipitation, as fruiting takes place for 12 months and flowering is extended, thus ensuring productivity throughout the year.

Keywords: Amazon. Sorting analysis. Dispersal. Fruiting. Flowering.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 A espécie <i>Bertholletia excelsa</i> Humn. & Bonpl	10
3.2 Fenologia	12
3.2.1 Caracterização fenológica da castanheira.....	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Tipo de estudo	14
4.2 Coleta de dados	14
4.3 Análise de dados	15
5 RESULTADOS	16
6 DISCUSSÃO	20
7 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
APÊNDICE	26

1 INTRODUÇÃO

A castanheira (*Bertholletia excelsea* Humn. & Bonpl) é uma espécie arbórea pertencente à família Lecythidaceae, caracterizada por possuir em média 60 metros de altura, alta longevidade, aliada a uma grande produção de castanha comestível que apresenta grande importância para a economia e para a sociedade das regiões amazônicas. O extrativismo e o beneficiamento da castanha tornaram-se a principal fonte de renda de diversas comunidades rurais e urbanas da Amazônia, além de movimentar as economias regionais (VIEIRA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2013; SANTOS, 2015).

A espécie *B. excelsea* possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrada principalmente em florestas de terra firme na região do Bioma Amazônico, desde o extremo sul das Guianas até o Mato Grosso, e seu limite leste se encontra a noroeste do Maranhão, bacia do rio Gurupi (MÜLLER *et al.*, 1980). A espécie também se desenvolve em países como o Peru e Bolívia (SANTOS, 2015; BORELLA *et al.*, 2017), contudo, as formações de maior densidade de indivíduos ocorrem no Brasil (LORENZI, 2000). Sabe-se que a espécie se desenvolve bem em clima quente e úmido, sendo que maior quantidade de indivíduos são encontrados em solos argilosos-arenosos ou argilosos, em locais mais secos em florestas de terra firme não inundável (ARAUJO *et al.*, 2001).

Encontra-se presente na lista de espécies ameaçadas de extinção do Ministério de Meio Ambiente (MMA), publicada em 2008, e a domesticação da espécie já vem sendo feita em plantios homogêneos no estado do Amazonas, Pará e Acre (SALOMÃO, 2014). Por ser uma espécie de grande interesse ecológico, econômico e social, vários estudos já foram desenvolvidos para melhor entendimento da espécie. Porém, é urgente avançar no entendimento ecológico e na biologia reprodutiva e fenologia da espécie, quer em seu ambiente natural, nas florestas antropizadas, nas áreas de restauração, nos sistemas agroflorestais ou nos plantios homogêneos (SALOMÃO, 2014), pois é de suma importância para a tomada de decisões quanto as estratégias sustentáveis de uso.

A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos repetitivos, relacionados ao ciclo de vida de plantas, e sua ocorrência temporal ao longo do ano (MANTOVANI *et al.*, 2003). O conhecimento da floração e frutificação, por exemplo, permite prever períodos de reprodução das plantas, seus ciclos de crescimento e outras características de grande valia no manejo florestal, podendo assim avaliar a disponibilidade de recursos ao longo do ano (MORELLATO, 1995). Essas informações podem ser aplicadas em várias áreas de atuação, possibilitando

determinar estratégias de coleta de sementes e disponibilidade de frutos, o que influenciará a qualidade e quantidade da dispersão das sementes (MARIOT; MANTOVANI; REIS, 2003).

Sujii *et al.* (2015) afirmam que existe padrões de diversidade morfológica e fenológicas da castanheira em diferentes regiões da Amazônia Legal. Algumas características da castanha, como a heterogeneidade na produção, o tamanho e a massa dos frutos e sementes, estão relacionadas com estrutura genética da espécie sob diferentes escalas espaciais. Além disso, as condições edáficas, climáticas, disponibilidade de água e nutrientes, densidade e composição vegetal também estão relacionadas com o desenvolvimento saudável da planta, como influenciam também na fenologia reprodutiva, produtividade e plasticidade fenotípica dos castanhais (ZUIDEMA, 2003; KAINER *et al.*, 2007).

Alguns estudos sobre a fenologia da castanheira já foram desenvolvidos na Amazônia legal, em áreas de floresta nativa ou em áreas cultivadas (CARVALHO, 1980; LIMA, 2009; VIEIRA *et al.*, 2009; TONINI, 2011; REIS *et al.*, 2012; TONINI *et al.*, 2014; FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014; TEIXEIRA *et al.*, 2015; NOGUEIRA; SANTANA, 2018), e fornecem informações sobre o padrão fenológico temporal da frutificação, dispersão, floração e queda foliar localmente. Contudo, estudos que demonstrem os padrões da variação temporal da frutificação, floração e dispersão de sementes da castanheira a nível regional são escassos. Nesse contexto, este estudo pretende responder as seguintes questões: (a) existe um padrão de variação temporal da frutificação, dispersão de sementes e floração da castanheira na Amazônia Legal? (b) o padrão fenológico possui relação com variáveis ambientais como precipitação e temperatura média anual?

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise da variação fenológica de *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl para a Amazônia legal, e verificar se há algum padrão temporal das diferentes fenofases da espécie na região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o padrão fenológico de *Bertolletia excelsa* Humn. & Bonpl para a Amazônia legal.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a variação temporal da frutificação, dispersão de sementes e floração da castanheira na Amazônia Legal;
- Analisar se a variação fenológica está relacionada a precipitação e temperatura média anual na região.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A espécie *Bertholletia excelsa* Humn. & Bonpl

Bertholletia excelsa Humn. & Bonpl (castanheira) é uma espécie típica da região amazônica, pertencente à família Lecythidaceae, amplamente distribuída, sendo encontrada em vários estados da Amazônia Legal (Amapá, Pará, Acre, Amazonas, Rondônia), e também nas Guianas, Venezuela, leste da Colômbia, Peru e Bolívia (COSTA *et al.*, 2015; SANTOS, 2015). A castanheira é uma árvore de grande porte, com altura em média de 60 metros e 2 metros de diâmetro na base, seu caule é cilíndrico, não possui ramos antes da copa, a casca é escura e fendida, os ramos são encurvados nas extremidades, podendo atingir mais de 300 anos de idade (BENTES, 2007; SCHONGART *et al.*, 2015) (Figura 1).



Figura 1 – Árvore de castanha-da-amazônia. Fonte: Embrapa (2012).

Quanto aos aspectos ecológicos, a dispersão da espécie é realizada através das espécies do gênero *Dasyprocta sp.*, Rodentia, conhecida como cutias, que dispersam as sementes pelo chão da floresta ou em campos abertos, facilitando a regeneração da espécie. A castanheira também contribui para manutenção da floresta, servindo de abrigo e como fonte de alimento para animais (PERES; BAIDER, 1997; SCOLES; GRIBEL, 2011).

A espécie apresenta flor hermafrodita, ou seja, possui tanto órgãos reprodutores masculinos como femininos. Por apresentar uma estrutura conhecida como capuz, a espécie restringe o acesso dos visitantes florais aos recursos de suas flores. Tal fato dificultada a visita de polinizadores, observa-se que os principais insetos polinizadores da espécie são abelhas corpulentas como as mamangavas, com força suficiente para forçar a entrada, levantando esse capuz, consigam entrar na flor (MAUÉS, 2002).

Apesar de suas flores serem hermafroditas, a espécie não apresenta a autopolinização, faz-se necessário então a ocorrência da transferência de pólen entre duas ou mais árvores para que ocorra a reprodução da espécie e formação dos frutos. Frisa-se ainda que a polinização da espécie é do tipo entomófila, isto é, realizada por insetos. Nota-se que esse processo é realizado por abelhas de corpos grandes, conhecidas como mamangavas, dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Eulaema*, *Eufriesea*, *Epicharis* e *Xylocopa* (MÜLLER, 1981; MAUÉS, 2002, CAVALCANTE *et al.* 2012).

O período de floração da castanha-da-Amazônia acontece aproximadamente nos meses de agosto a outubro, variando entre regiões. O fruto dessa espécie é comumente chamado de ouriço, possui forma esférica ou capsular, que em seu interior contém em média de 12 a 24 sementes, as quais envolvem as amêndoas (Figura 2). Estas possuem forma alongada, revestida de uma película de cor castanho escura, seu formato é irregular cilíndrico e tem a cor creme. A coleta dos frutos normalmente acontece de novembro a março (YANG, 2009).



Figura 2 – Ouriço e sementes da castanheira. Fonte: Embrapa (2012)

Essa espécie tem um desenvolvimento promissor em regiões de clima quente e úmido, sendo predominante em regiões tropicais chuvosas, com a ocorrência de períodos de estiagem definida. Ocorre em florestas de terra firme (ombrófila densa), em solo argiloso ou argilo-arenoso, sendo que sua maior ocorrência é em solos mais argilosos (SILVEIRA, 2015).

Além disso, o interesse científico na castanha-da-amazônia está relacionado com suas propriedades físico-químicas e biológicas, pois a mesma é fonte de fibras, proteínas, lipídeos, além de ser rica em vitaminas e minerais, como potássio, selênio, magnésio e zinco, é popularmente conhecida pelo combate ao envelhecimento celular e utilizada no apoio a casos de desnutrição e anemia (MMA, 2017).

3.2 Fenologia

A fenologia é uma área das Ciências Biológicas que estuda os eventos biológicos que acontecem durante o ciclo de vida das espécies vegetais, tais como o florescimento, frutificação, brotamento, queda foliar e germinação, observando os fatores bióticos e abióticos de sua ocorrência, além dos endógenos e restrições filogenéticas (WILLIAMS-LINERA; MEAVE, 2002). Observa-se ainda que esses estudos no que tange a reprodução de plantas tropicais tornam-se de suma importância para o sucesso do manejo florestal e da sustentabilidade dos ecossistemas florestais amazônicos (FREITAS, 1996; FREITAS; SILVA; VASCONCELOS, 2008).

Observa-se ainda que o entendimento da fenologia de espécies florestais na região Amazônia se tem mostrado de grande relevância, principalmente nos aspectos de manutenção e perpetuação das espécies, demonstrando características intrínsecas dos mesmos (CAMPOS *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2013).

Estudos fenológicos possuem relação direta com a necessidade de compreender a biologia reprodutiva das plantas, principalmente das espécies de grande valor econômico, visto que as informações obtidas auxiliaram na tomada de decisões no que tange as estratégias sustentáveis de uso, além de monitorar os impactos da exploração e também perpetuação das espécies (FREITAS *et al.*, 2013). Nesses estudos, observam-se diferentes estágios fenológicos das plantas, tais como a germinação, brotação, florescimento e maturação, e o conjunto desses estágios é definido como escala fenológica (WISE *et al.*, 2011; FREITAS *et al.*, 2013).

Sobre os fatores abióticos nota-se que a temperatura, o tipo de solo, fotoperíodo e precipitação pluviométrica, são de fundamental importância para a ocorrência de alguns

espécimes de plantas em determinados ambientes, além de que esses fatores influenciam também na reprodução das mesmas, além dos fatores bióticos como a associação entre as plantas e os animais. (ASSUNÇÃO *et al.*, 2014).

Entende-se por floração quando existe a emissão de botões e presença de flores em antese (flores abertas), a frutificação está relacionada com a presença de frutos verdes e maduros, enquanto isso o brotamento está relacionado com o aparecimento de brotos foliares até a expansão de folhas novas e a queda foliar é quando existe a perda de folhas (WISE *et al.*, 2011).

3.2.1 Caracterização fenológica da castanheira

A floração da castanheira varia de região para região, principalmente devido as condições climáticas, como o volume da precipitação e da temperatura média anual das mesmas, ocasionando assim diferenças na época e no período de floração (PARDO, 2001). Nota-se ainda que em regiões do sudeste amazônico, como os estados brasileiros do Acre e Rondônia e nos países do Peru e Bolívia, a floração ocorre nos meses de outubro e novembro, sendo o pico desse evento nos meses de novembro e dezembro, encerrando-se no final de janeiro (CAVALCANTE *et al.* 2012).

Observa-se diferenças nesse processo de floração em áreas cultivadas, por exemplo em Belém a floração acontece mais cedo, nos meses de agosto a novembro, e no estado do Amapá esse processo acontece entre os meses de março a junho (MAUÉS 2002; CAMPOS *et al.*, 2013). No estado do Acre a floração da castanheira em área cultivada acontece mais cedo do que em áreas naturais.

Tonini (2011) levantou a hipótese de que o processo de floração das populações naturais de castanheira na região da cidade de Belém pode ocorrer no período semelhante as castanheiras do sudeste da Amazônia. Nesse estudo notou-se ainda que o processo de floração no estado de Roraima acontece em um período totalmente distinto das demais regiões da Amazônia, de janeiro a março.

Enquanto isso, no trabalho realizado por Vieira *et al.*, (2009) observou-se que a frutificação dessa espécie inicia-se no mês de outubro, época que acontece também a queda das folhas, estendendo-se até janeiro. No que tange à dispersão das sementes da castanha-da-Amazônia, o trabalho de Van Roosmalen (1985) e Oliveira e Daly (2001) apontam ela como sinzoocórica, identificando como dispersores os roedores, principalmente cutias (*Dasyprocta*

sp., Rodentia).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Tipo de estudo

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa exploratória quanto aos objetivos propostos, e quantitativa quanto à abordagem. Quanto a técnica de coleta de dados se trata de uma pesquisa bibliométrica, pois possibilita a observação do estado da ciência e tecnologia por meio de toda a produção científica registrada em um repositório de dados. É um método que permite situar um país em relação ao mundo, uma instituição em relação a um país, e cientistas individuais em relação às próprias comunidades científicas. Baseia-se na contagem de artigos científicos, patentes e citações (LAKATOS, 2017).

Dependendo da finalidade do estudo bibliométrico, os dados podem ser tanto o texto que compõe a publicação como os elementos presentes em registros sobre publicações extraídos de base de dados bibliográficos, como nome de autores, título, fonte, idioma, palavra-chave, classificação, dados numéricos e citações (RAO, 1986; ZHU *et al.*, 1999).

4.2 Coleta de dados

As informações fenológicas foram obtidas de estudos sobre a fenologia da castanheira em estados da Amazônia legal, Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, disponíveis nas principais bases de dados científicos, como Google Scholar, Scielo, Plataforma Sucupira, Web of Science, Pubmed, Periódicos da CAPES e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave para a pesquisa: “castanha-do-Pará”, “castanha-do-Brasil”, “castanha-da-amazônia”, “*Brazil nuts*”, “fenologia”, “padrões fenológicos”, “Amazônia legal”, “*Bertholletia excelsa*”, “*phenology*” e “*Amazon*”.

Foi construída uma matriz de dados em planilha do Microsoft Excel 2010 contendo as seguintes informações em colunas: autores do estudo, município, estado, sincronia, tempo de estudo, clima, tipo de área (cultivada ou natural), precipitação média anual, temperatura média anual e coordenadas geográficas para a produção de mapa de distribuição.

Foi feita também uma matriz de presença e ausência com as informações de ocorrência

das fenofases (frutificação, floração e dispersão de sementes) obtidas dos estudos levantados. Na matriz, o local de ocorrência do estudo ficou nas linhas, e os meses do ano nas colunas. Se a fenofase ocorria no local em um determinado mês do ano foi posto (1) na célula da planilha como presença, se a fenofase não ocorria no mês foi posto (0) como ausência (Quadro 1).

Quadro 1 – Exemplo de matriz de presença e ausência feita com informações de ocorrência da frutificação obtidas de vários estudos fenológicos da castanheira na Amazônia. Nas colunas os 12 meses do ano e nas linhas os locais de estudo e estados correspondentes - Pará (PA), Amapá (AP), Amazonas (AM), Roraima (RR), Rondônia (RO) e Acre (AC).

Município/Estado	Frutificação											
	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Capitão Poço (PA)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomé Açú (PA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
São João da Baliza (RR)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Itacoatiara (AM)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porto Velho (RO)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Mazagão (AP)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rio Branco (AC)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Caracará (RR)	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Porto Velho (RO)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Rio Branco (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xapuri (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oriximiná e Óbidos (PA)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parintins (AM)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Itacoatiara (AM)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Belém (PA)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Santarém 1 (PA)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Santarém 2 (PA)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3 Análise de dados

Para verificar o padrão temporal de cada fase (frutificação, floração e dispersão de sementes) e analisar se variáveis ambientais (precipitação e temperatura) estão relacionadas à variação temporal em cada fase, foi produzida uma matriz de similaridade, através da matriz de presença e ausência, usando índice de Sorensen como método de distância (MAGURRAN, 2004). A matriz de similaridade foi utilizada para realizar uma análise multivariada de ordenação NMDS – Escalonamento Multidimensional Não-métrico (*Nonmetric Multidimensional Scaling*) no Software R. O objetivo do NMDS é apenas ordenar as

observações de cada fase fenológica baseada apenas nas suas similaridades, representada pela proximidade em um gráfico bidimensional produzido. Ou seja, observações mais similares são mais próximas entre si. Estas similaridades são ordenadas da maior para a menor e a proximidade não é diretamente proporcional à distância, por isso se trata de um método não métrico.

A adequabilidade da ordenação para interpretação foi avaliada por meio do valor de *STRESS* (*Standard Residuals Sum of Squares*) (OKSANEN, 2013). O ideal é encontrar uma representação gráfica dos objetos de modo que o *ESTRESS* seja o menor possível. Será considerado neste estudo valores de *STRESS* entre 0% (ajuste perfeito) a 15% (ajuste razoável) (FÁVERO *et al.* 2009).

Para analisar o quanto cada variável ambiental (precipitação e temperatura) explicam os agrupamentos formados em cada eixo no NMDS foi utilizado a função *Envfit* disponível no pacote *Vegan* no Software R, que testa a significância da capacidade das variáveis ambientais em explicar a estrutura de ordenação vista no NMDS, através de lógica de permutação (999 permutações).

5 RESULTADOS

Foram analisados 17 estudos sobre fenologia da castanheira, distribuídos em seis estados e 12 municípios, correspondendo cerca de 78% dos estados da Amazônia legal (Figura 3). Seis estudos foram realizados em áreas cultivadas e 11 em áreas de vegetação nativa. A precipitação média anual dos locais de estudo analisados variou de 1.700 mm a 3.109 mm, e a temperatura média anual variou de 25,1 °C a 27,2 °C. O clima nos locais de estudo, segundo classificação de Koppen (INMET, 2019) foi de equatorial, tropical chuvoso e tropical úmido. Em todos os estudos, as populações da espécie foram síncronas (mostraram maior parte dos indivíduos manifestando a fenofase ao mesmo tempo) (Apêndice 1).

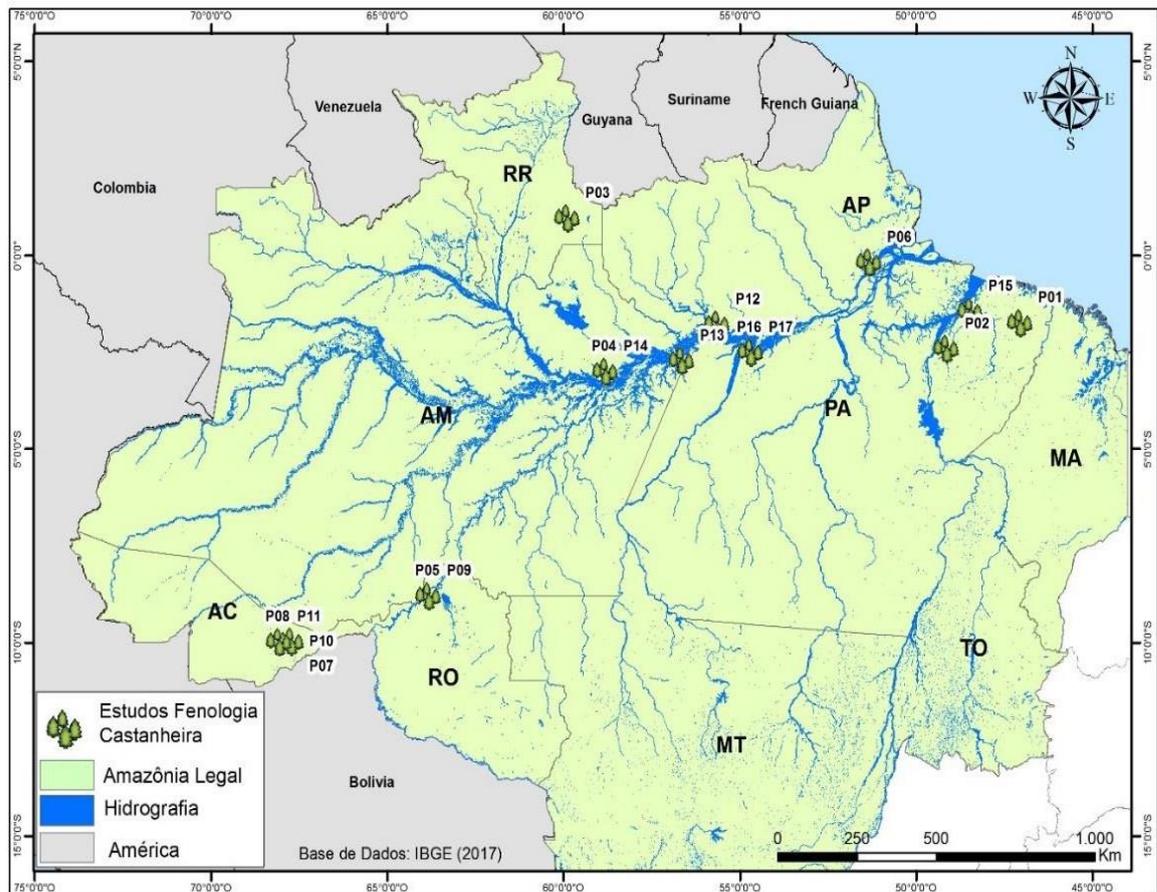


Figura 3 – Locais onde foram realizados os estudos sobre fenologia da *Bertholletia excelsa* na Amazônia legal.

A análise de ordenação produzida com dados de ocorrência da **frutificação** de *B. excelsa* mostrou a formação de três grupos distintos: (1) locais onde a frutificação ocorreu o ano inteiro, (2) locais onde a frutificação ocorre no início do ano de janeiro a maio e (3) locais onde frutificação ocorre predominantemente final do ano de setembro a dezembro (Eixo 1 - 76%; Eixo 2 - 12%; *Stress* 9%) (Figura 4). Conforme análise *Envfit* as variáveis precipitação e temperatura apresentaram maior correlação com eixo 2 da ordenação (89% e 99%, respectivamente), porém esta relação não foi significativa (Tabela 1).

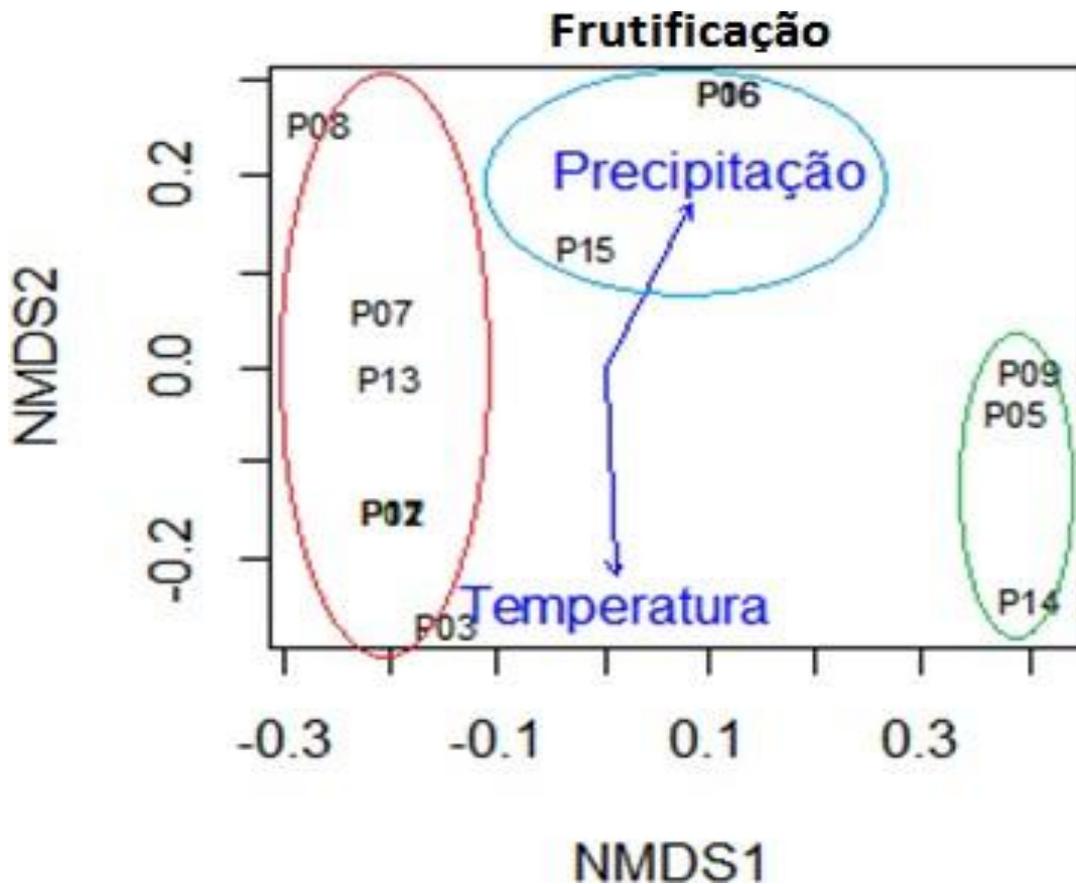


Figura 4 – NMDS produzida através de uma matriz de similaridade de Sorensen com dados de ocorrência da **frutificação** da castanheira nos locais de estudo. Pontos (locais) mais próximos são mais semelhantes quanto a ocorrência da frutificação. Precipitação e temperatura estão fortemente associados ao eixo 2 (setas azuis longas). **Elipse azul** representa o grupo (1) locais onde a frutificação ocorreu praticamente o ano inteiro; **elipse vermelha** representa o grupo (2) a frutificação ocorre no início do ano de janeiro a maio; **elipse verde** representa o grupo (3) a frutificação ocorre predominantemente final do ano de setembro a dezembro. *Stress* 9%.

A análise de ordenação produzida com dados de ocorrência da **floração** de *B. excelsa* mostrou a formação de três grupos distintos: (1) locais onde a floração se inicia entre os meses de outubro e novembro e vai até fevereiro, (2) floração inicia entre os meses de setembro e outubro e vai até janeiro e (3) floração ocorreu de janeiro a maio e de agosto a dezembro (Eixo 1 - 68%; Eixo 2 - 25%; *Stress* 12%) (Figura 5). A análise *Envfit* mostrou que variável precipitação teve maior correlação com lado negativo do eixo 1 e temperatura apresentou maior correlação lado positivo do eixo 2 da NMDS (82% e 87%, respectivamente), porém esta relação não foi significativa (Tabela 1).

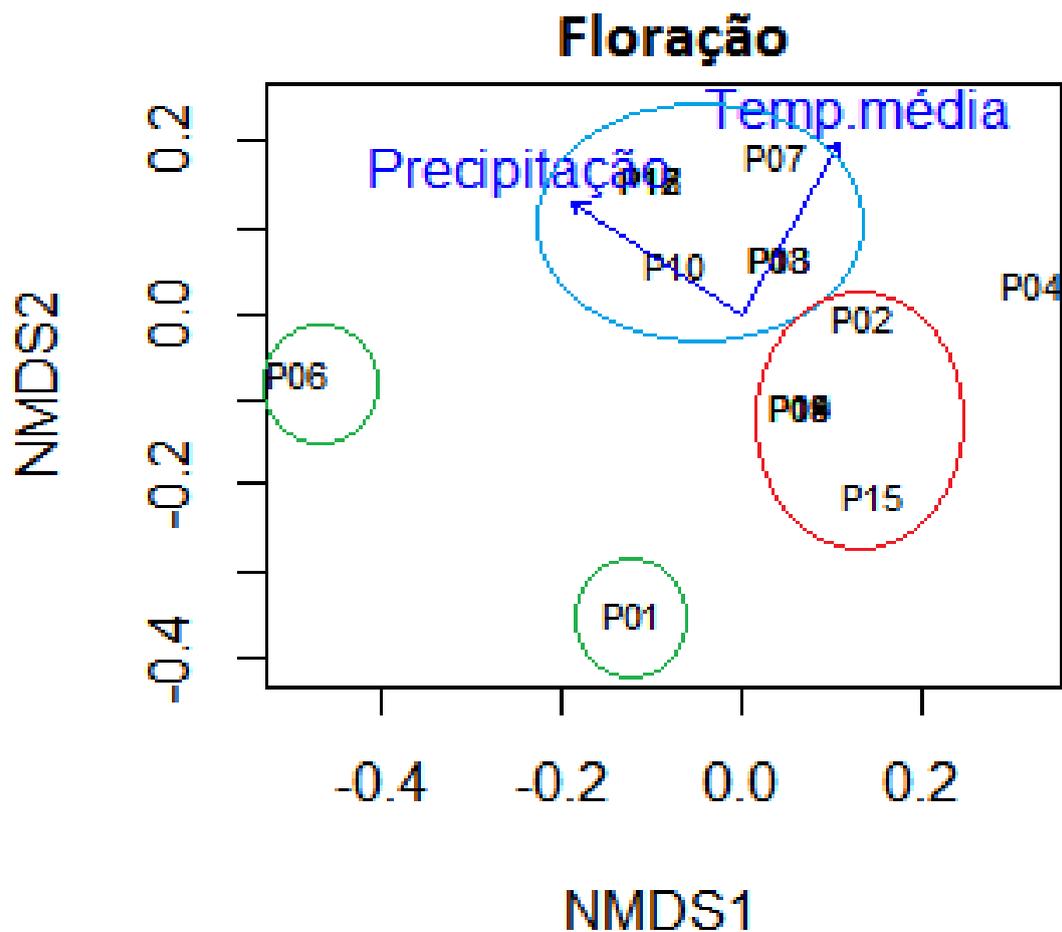


Figura 5 - NMDS produzida através de uma matriz de similaridade de Sorensen com dados de ocorrência da **floração** da castanheira nos locais de estudo. Pontos (locais) mais próximos são mais semelhantes quanto a ocorrência da floração. Precipitação foi fortemente correlacionado ao lado negativo do eixo 1 e a temperatura ao lado positivo do eixo 2 (setas azuis longas). **Elipse azul** representa o grupo (1) locais onde a floração se inicia entre os meses de outubro e novembro; **círculo vermelho** representa o grupo (2) floração inicia entre os meses de setembro e outubro e vai até janeiro; **círculos verdes** representa o grupo (3) floração ocorreu de janeiro a maio e de agosto a dezembro. Stress 12%.

A análise de ordenação produzida com dados de ocorrência da **dispersão de sementes** de *B. excelsa* mostrou a formação de três grupos distintos: (1) locais em que dispersão ocorreu de janeiro a abril, (2) dispersão se inicia nos meses de setembro, outubro ou novembro e se prolonga até março e (3) dispersão ocorreu de fevereiro a julho (Eixo 1 - 62%; Eixo 2 - 20%; Stress 15%) (Figura 6). A análise *Envfit* mostrou que a variável precipitação teve maior correlação com lado positivo do eixo 2 e temperatura foi correlacionado com lado positivo do eixo 1 da NMDS (91% e 74%, respectivamente), porém estas relações não foram significativas (Tabela 1).

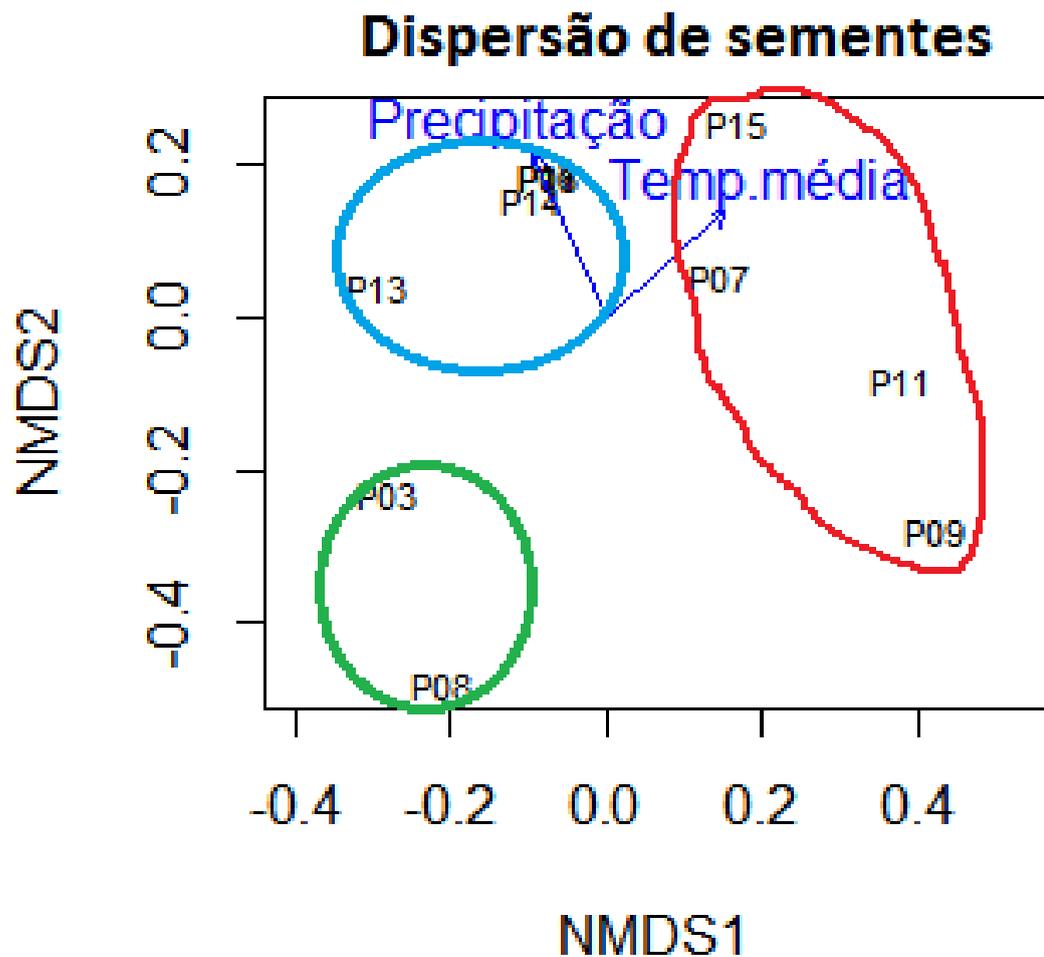


Figura 6 - NMDS produzida através de uma matriz de similaridade de Sorensen com dados de ocorrência da **dispersão de sementes** da castanheira nos locais de estudo. Pontos (locais) mais próximos são mais semelhantes quanto a ocorrência da floração. Precipitação e temperatura média foi correlacionado com lado positivo do eixo 1 e eixo 2, respectivamente. **Círculo azul** representa o grupo (1) locais que dispersão ocorreu de janeiro a abril; **círculo vermelho** representa o grupo (2) dispersão se inicia nos meses de setembro, outubro ou novembro e se prolonga até março; **círculos verdes** representa o grupo (3) dispersão ocorre de fevereiro a julho. Stress 15%.

Tabela 1 – Valores da correlação (*Envfit*) das variáveis ambientais com os eixos da ordenação (NMDS 1 e NMDS 2) produzidos com a matriz de ocorrência da frutificação, floração e dispersão de sementes de *B. excelsa*. Valores de r^2 e significância $\alpha \leq 0,05$.

Fenofase	Variável ambiental	NMDS 1	NMDS 2	r^2	$P (\alpha)$
Frutificação	Precipitação	0.439	0.898	0.017	0.92
	Temperatura média	0.046	0.99	0.023	0.86
Floração	Precipitação	-0.82586	0.56387	0.0392	0.745
	Temperatura média	0.48078	0.87684	0.0379	0.784
Dispersão de sementes	Precipitação	-0.40415	0.91469	0.2737	0.27
	Temperatura média	0.74104	0.67146	0.2087	0.363

6 DISCUSSÃO

A frutificação de *B. excelsa* ocorreu predominantemente no período chuvoso (de janeiro a maio), e locais onde a precipitação média anual foi maior frutificaram o ano inteiro. Em três locais, Porto Velho, Itacoatiara e Parintins (VIEIRA *et al.* 2007; GOMES *et al.* 2010; REIS *et al.* 2012) a frutificação ocorreu no final do ano, período mais seco e este padrão parece ter alguma relação com maior temperatura média anual nesses locais. Percebe-se que a precipitação possui relação intrínseca com a frutificação das espécies florestais, isto porque nas regiões com períodos sazonais secos e úmidos, a fenologia das plantas é condicionada de acordo com a disponibilidade hídrica (BERGAMASCHI, 2007).

Isso sugere que as variações significativas no nível das chuvas influenciam diretamente no comportamento fenológico da *B. excelsa*, pois, conforme os resultados aqui encontrados locais com maiores índices pluviométricos anuais, a castanheira tendeu a frutificar o ano inteiro. Além disso, a frutificação da espécie é persistente durante o período chuvoso demonstrando ser um padrão para espécie. Segundo Freitas *et al.* (2015) a espécie *Lecythis poiteau* O. Berg. da mesma família de *B. excelsa*, a frutificação também foi persistente também no período chuvoso.

Todavia, existe algumas exceções na família como em um estudo realizado por Lima Junior e Alencar (1992) no qual foi observado que as espécies *Corythophora alta* R. Knuth e *Corythophora rimosa* W. Rodrigues, família Lecythidaceae, apresentam padrões de frutificação distintos, ou seja, a espécie *C. alta* teve seu pico de frutificação em julho, início do período seco, já a espécie *C. rimosa* teve seu pico de frutificação no início do mês de novembro, período chuvoso.

A precipitação e temperatura média anual parece influenciar no início da floração da *B. excelsa*, sendo entre os meses de setembro, outubro ou novembro e se estende até junho (MAÚES; OLIVEIRA, 2002). Pardo (2001) demonstrou que a floração de *B. excelsa* é influenciada pelas condições climáticas das regiões em que está localizada. Alencar *et al.*, (2005) e Chapman *et al.* (2005) apontam em seus estudos que essas variáveis ambientais podem influenciar direta ou indiretamente a início das fenofases das espécies, isto porque em áreas que apresentam temperaturas mínimas noturnas estão associadas à menor nebulosidade, maior insolação e, possivelmente, maior atividade fotossintética.

A literatura afirma que alguns fatores evolutivos como por exemplo a polinização, herbivoria, predação e dispersão de sementes, germinação e estabelecimento de plântulas, estão relacionados diretamente com a sazonalidade do clima, citam ainda que as relações

filogenéticas também interferem nos padrões fenológicos das espécies (REICH; BORCHERT 1984; RATHCKE; LACEY 1985; van SCHAIK *et al.* 1993; BOULTER *et al.*, 2006; BOLMGREN; COWAN 2008).

Conforme a ordenação (Figura 5) locais que apresentam maior precipitação e/ou maior média anual de temperatura tendem a começar a floração no mês de outubro/novembro se estendendo até fevereiro/março. Em contrapartida, locais com menor média de precipitação a floração tende a começar em setembro e vai até janeiro, ou se inicia em janeiro e vai até maio e de agosto a dezembro, apesar de que as relações das variáveis ambientais analisadas não foram significativas com os eixos da ordenação, devido provavelmente a baixa amostragem.

Em regiões com déficit hídrico, as espécies não se desenvolvem com eficiência, sendo que locais que possuem estresses leves e de curta duração tendem a antecipar o florescimento e o início de frutificação, reduzindo o ciclo das plantas (BERGAMASCHI, 2007).

No estudo de Talora e Morellato (2000) foi observado que em regiões com maiores temperaturas e fotoperíodo influenciam nos padrões de frutificação e floração de espécies da família Lecythidaceae, sugerindo assim que esses fatores são determinantes para as fenofases dessa família. Nesse contexto, a floração pode estar relacionada com a precipitação e temperatura, sendo um padrão encontrado na família Lecythidaceae, e tem como base a literatura disponível sobre a espécie (CLEMENT, 2000; CYMERYYS *et al.*, 2005; LEÃO; CARVALHO, 2001; MAUÉS, 2002; VIEIRA *et al.*, 2007; VIEIRA *et al.*, 2009; TONINI, 2011; CAMPOS *et al.* 2013).

A dispersão de sementes, a maioria dos locais, se iniciou no mês de setembro, ou outubro, ou novembro e estendeu-se até março e parece haver relação com maior temperatura média anual (Figura 6). Em segundo lugar, alguns locais a dispersão ocorreu durante no período chuvoso de janeiro até abril e tendeu a uma relação com maior precipitação média anual. Ressalta-se que geralmente a dispersão de sementes de *B. excelsa* possui duração de dois a seis meses, porém, no trabalho realizado por Vieira *et al.*, (2007) em Porto Velho, Rondônia, esse período perdurou-se por oito meses, e em Tomé-Açu, Pará, Santos *et al.*, (2011) observou apenas dois meses de dispersão.

Existe uma relação entre a época de dispersão de frutos e a época chuvosa do ano, e pode ser entendida como uma “estratégia de sobrevivência da espécie, relacionada com a atividade e o comportamento dos dispersores secundários, sendo a cutia o principal dispersor dessa espécie, e com as condições para germinação das sementes, como o solo fértil e disponibilidade de água” (FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014, p. 377).

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que as fenofases (frutificação, floração e dispersão de sementes) de *Bertholletia excelsa* tenderam a ocorrer de acordo com as condições locais de precipitação e temperatura média anual na Amazônia Legal.

B. excelsa apresentou frutificação predominante no período chuvoso, e locais com maior precipitação média anual tenderam a frutificar durante o ano todo na Amazônia Legal.

Maior precipitação e temperatura média anual parece contribuir aumentando o tempo da floração *B. excelsa*, com início da floração em outubro/novembro se estendendo até março. Locais com menor precipitação, favorece a antecipação da floração em setembro e reduz o período de ocorrência da fenofase, indo no máximo até janeiro.

Locais com maior temperatura média anual, a dispersão começou final do ano (em setembro, outubro ou novembro) indo até março, devido apresentarem as condições climáticas necessárias para a queda dos frutos. E locais com maior média de precipitação apresentaram dispersão de sementes no período chuvoso de janeiro a abril, devido provavelmente este período favorecer melhores condições para crescimento das sementes e também uma estratégia para aproveitamento de animais dispersores secundários como a cutia.

Existe uma dificuldade de comparação de estudos fenológicos, em se tratando dos critérios de inclusão e dos métodos de avaliação das fenofases em campo. Poucos são os estudos da fenologia da castanheira na Amazônia legal, devido às dificuldades logísticas, de recursos e de campo para monitoramento da espécie, caracterizada por ser uma espécie arbórea de grande porte ou gigante. Isto foi um fator limitante a este estudo, pois poucos estudos e a baixa amostragem aumenta os riscos de erros do tipo I nas análises (considerar uma hipótese verdadeira sendo na verdade ela falsa).

Seria interessante incluir nas análises outras variáveis abióticas como tipos e disponibilidade de nutrientes no solo, e variáveis bióticas como estudos da polinização, ecologia populacional de dispersores que podem também influenciar nos padrões locais e consequentemente nos padrões regionais.

As informações sobre os padrões temporais das fenofases da castanheira aqui encontradas contribuem para tomadas de decisão para o manejo e uso sustentável da espécie, pois, através de previsibilidade climática é possível selecionar melhores áreas de castanhais na Amazônia, como por exemplo, aquelas com maiores médias anuais de precipitação, pois a frutificação durante 12 meses e a floração é estendida garantindo, assim, produtividade o ano inteiro.

Recomenda-se desenvolver um estudo dos padrões fenológicos da castanha-da-Amazônia na região do Vale do Jari, tendo em vista que nessa região são observados a existência de diversos castanhais, além de que nessa região o extrativismo da castanha é a principal fonte de renda das comunidades tradicionais residentes nas Reservas extrativistas locais.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. M.; OSAQUI, H.; MELO, R. S. **Padrão de distribuição espacial de castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K), barragem do contado, Floresta Nacional de Carajás, Pará.** In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM, 2001. p. 367-375.

ASSUNÇÃO, V. A.; CASAGRANDE, J. C.; SANTORI, A. L. B. **Floristics and Reproductive Phenology of Trees and Bushes in Central West Brazil.** *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 86, n.2, p. 785-799, 2014.

BENTES, E.S. **Extrativismo da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* hubl.) na reserva de desenvolvimento sustentável Piagaçu-Purus.** Dissertação (Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia) - Faculdade de ciências agrárias - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2007.

BERGAMASCHI, H. **O clima como fator determinante da fenologia das plantas.** In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. (Ed.). *Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos.* Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 290-310

CAMPOS, A. L.; FREITAS, J. L.; SANTOS, E. S.; SILVA, R. B. L. **Fenologia reprodutiva de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Em floresta de terra firme em Mazagão, Amapá.** *Biota Amazônia* 3(1):1-8. 2013

CAVALCANTE, M. C. **Visitantes florais e polinização da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em cultivo na Amazônia central.** Unpublished M.Sc Thesis, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 77p. 2008.

CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, F.; MAUÉS, M. M.; FREITAS, B. M. **Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in Central Amazon Rainforest.** *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012.

CARVALHO, J. O. P. **Fenologia de espécies florestais de potencial econômico que ocorrem na Floresta Nacional do Tapajós.** Belém. EMBRAPA-CPATU. Documentos 20:15p. 1980

COSTA, C. P. C.; FERREIRA, M. J.; LINHARES, A. C. C.; GUEDES, A. V. **Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste em plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl.** *Scientia Forestalis*, v. 43, n. 107, p. 591-600, 2015.

CYMERYS, M.; WADT, L. H. O.; KAINER, K.; ARGOLO, V. **Castanheira.** p.61-73. In: Shanley, P.; Medina, G. (Eds.) *Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica.* Belém: CIFOR & Imazon. 304p. 2005

EMBRAPA – **Árvore do conhecimento: Castanha-do-Brasil.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2012.

FAUSTINO, C. L.; EVANGELISTA, J. S.; WADT, L. H. O. **Dispersão primária de frutos da castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.): importância para o manejo e a conservação da espécie.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais, Belém, v. 9, n. 2, p. 371-379, maio/ago. 2014.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; DE SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GOMES, I. C.; SOUSA, S. G. A. d.; GARCIA, L. C.; CAMPOS, L. D. S. **Fenologia reprodutiva de população de clones de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa*) na Fazenda Aruanã, Itacoatiara - AM.** 2010.

INMET. **Normais climatológicas.** Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília – DF. 2019.

LAKATOS, E. V. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa / pesquisa bibliográfica/ teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso.** 8. ed. – São Paulo: Atlas, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras.** 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. v. 1, 384 p.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity.** Blackwell Publishing: Oxford, UK. 2004. 256 p.

MANTOVANI, M.*et al.* **Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.451-458, 2003

MARIA, V.; LUDKI, F.; **Castanheira movimenta a economia da região amazônica.** 2017.

MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. **Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 5, n. 2, p. 1- 10, 2003.

MAUÉS, M. M. **Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in eastern Amazonia.** In: Kevan, P. & Fonseca I.V.L. (Eds.). Pollinating Bees: The conservation link between agriculture and nature. Ministry of Environment, Brasília, Brasil. p.245-254, 2002.

MELO, J. E. **Configuração da Cadeia Produtiva da Castanha da Amazônia no Estado de Rondônia – Brasil.** 2015. Dissertação (Mestrado em Administração) - Núcleo de Ciências Sociais Aplicadas, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Castanha-do-Brasil: Boas Práticas Para o Extrativismo sustentável orgânico,** 1ª Edição. Brasília. 2017.

MORELLATO, L. P. C. **As estações do ano na floresta.** In: LEITÃO FILHO, H.F. E MORELLATO, L.P.C. (Orgs.). Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra. Campinas: UNICAMP, 1995. p.187-192.

- MULLER, C. H.; *et al.* 1980. **Castanha-do-Brasil**: resultados de pesquisa. Belém: Embrapa/Cpatu, p. 1-25. (Miscelânea, 2).
- MÜLLER, C. H. **Castanha-do-Brasil; estudos agronômicos**. EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. (Embrapa-CPATU *Documentos* 2) 25p. 1981.
- OLIVEIRA, A. A. de; DALY, D. C. **Florestas do Rio Negro**. Florestas do Rio Negro São Paulo: Editora Científica, Companhia das Letras. 2001.
- PAIVA, R. S. A castanheira: história natural e importância socioeconômica. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 9, n. 2, p. 259-266, maio-ago. 2014.
- PARDO, M. **Estrutura Genética de Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em Floresta e em Pastagens no Leste do Estado do Acre**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, SP. 2001.
- RAO, I. K. **Métodos Quantitativos em Biblioteconomia e em Ciência da Informação**. Brasília: ABDF, 1986.
- SALOMÃO, R. P. **A castanheira: história natural e importância socioeconômica**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 9, n. 2, p. 259-266, maio-ago. 2014
- SANTOS, M.G. **Avaliação de estabilidade do extrato hidrossolúvel de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- SILVA, A. A.; SANTOS, M. K. V.; GAMA, J. R. V.; NOCE, R.; LEÃO, S. Potencial do Extrativismo da Castanha-do-Pará na Geração de Renda em Comunidades da Mesorregião Baixo Amazonas, Pará. **Floresta e Ambiente** v. 20, n°4, p.500-509. 2013.
- SILVEIRA, C.S. **Caracterização físico-química e avaliação biológica de produtos da Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)**. 2015. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia Alimentos) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- SCHÖNGART, J.; GRIBEL, R.; FONSECA-JUNIOR, S. F.; HAUGAASEN, T. Age and growth patterns of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 550-558, 2015.
- TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do Estado de Roraima. *Revista Cerne*, v. 17, n. 1, p. 123-131, 2011.
- TONINI, H.; LOPES, C. E. V.; BORGES, R. A.; KAMINSKI, P. E.; ALVES, M. S.; FAGUNDES, P. R. O. **Fenologia, estrutura e produção de sementes em castanhais nativos de Roraima e características socioeconômicas dos extrativistas**. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, v. 9, n. 2, p. 399-414, 2014.
- VAN ROOSMALEN, M. G. M. **Fruits of the Guianan Flora**. Neetherlands: Utrecht Institute of Systematic Botany, Utrecht University. 483 p. 1985

VIEIRA, A. H.; SOUZA, V. F.; SILVEIRA, I. D.; ARAÚJO, W. I. F.; LOCATELLI, M.
Informação técnica EMBRAPA: Castanha-do-Brasil. 2010.

VIEIRA, A. H.; BENTES-GAMA, M. M.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, R. B. Contribuições sobre a fenologia da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* HUMB.BOMPL.) em Porto Velho (RO). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2007, Caxambu. Anais... Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007

ZHU, D.*et al.* **A Process For Mining Science & Technology Documents Database Illustrate For the Case of Knowledge Discovery and Data Mining.** Ciência da Informação, v. 28, n. 1, jan. 1999.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **LWT - Food Science and Technology**, Sheffield, v. 42, n. 10, p.1573-1580, 2009.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Informações gerais retiradas dos estudos sobre a fenologia de *B. excelsa* levantados para elaboração deste trabalho.

COD	Município	Estado	Autor do estudo	Tipo de sincronia	Tempo do estudo	Clima	Tipo de área	Latitude	Longitude
P01	Capitão Poço	Pará	Maües e Oliveira 2002	Síncrona	1994 - 1997	Tropical chuvoso	Nativa	1°44' 51,050" S	47°4' 8,210" O
P02	Tomé Açu	Pará	Santos et al. 2012	Síncrona	2010 - 2011	Tropical chuvoso	Cultivada	2°25' 5,190" S	49°9' 7,860" O
P03	São João da Baliza	Roraima	Tonini 2011	Síncrona	2006 - 2009	Tropical chuvoso	Nativa	0°57' 2,000" N	59°54' 41,000" O
P04	Itacoatiara	Amazonas	Cavalcante 2008	Síncrona	4 meses	Equatorial	Nativa	3°0' 29,000" S	58°49' 53,000" O
P05	Porto Velho	Rondônia	Vieira et al., 2007	Síncrona	1995 - 1999	Tropical úmido	Nativa	8°47' 42,000" S	63°50' 45,000" O
P06	Mazagão	Amapá	Campos et al., 2013	Síncrona	1997 - 2000	Quente-úmido	Nativa	0°11' 17,240" S	51°21' 11,560" O
P07	Rio Branco	Acre	Lima et al. 2012	Síncrona	2005 - 2009	Quente-úmido	Nativa	9°58' 29,000" S	67°44' 28,000" O
P08	Caracará e São João da baliza	Roraima	Tonini et al., 2014	Síncrona	2006 - 2009	Tropical chuvoso/Tropical úmido	Nativa/Cultivada	9°59' 0,000" S	68°5' 14,030" O
P09	Porto Velho	Rondônia	Vieira et al., 2009	Síncrona	1995 - 1999	Tropical úmido	Cultivada	8°47' 42,000" S	63°50' 45,000" O
P10	Rio Branco	Acre	Lima 2009	Síncrona	2007 - 2008	Quente-úmido	Nativa/Cultivada	9°58' 29,000" S	67°44' 28,000" O
P11	Xapuri	Acre	Faustino et al., 2014	Síncrona	3 meses	Quente-úmido	Cultivada	9°59' 0,000" S	68°5' 14,030" O
P12	Oriximiná e Óbidos	Pará	Pereira et al., 2019	Síncrona	5 meses	Tropical chuvoso	Nativa/Cultivada	1°47' 16,410" S	55°39' 15,210" O
P13	Parintins	Amazonas	Reis et al., 2012	Síncrona	2010 - 2012	Quente-úmido	Nativa	2°43' 45,000" S	56°40' 0,000" O
P14	Itacoatiara	Amazonas	Gomes et al., 2010	Síncrona	2010	Equatorial	Cultivada	3°0' 29,000" S	58°49' 53,000" O
P15	Belém	Pará	Maües 2002	Síncrona	1994 - 1996	Tropical chuvoso	Cultivada	1°27' 0,000" S	48°29' 0,000" O
P16	Santarém	Pará	Leão e Carvalho	Síncrona	1985 - 1999	Tropical chuvoso	Nativa	2°30' 42,510" S	54°42' 43,360" O
P17	Santarém	Pará	Carvalho 1980	Síncrona	1976 - 1978	Tropical chuvoso	Nativa	2°30' 42,510" S	54°42' 43,360" O