



Ontogenia de megaestróbilos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae)

Ontogeny of megastrobile of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae)

Gladys Daniela **ROGGE-RENNER**^{1,6}; Neusa **STEINER**²; Éder Carlos **SCHMIDT**²; Miguel Pedro **GUERRA**³; Zenilda Laurita **BOUZON**²; Francine Lunardi **FARIAS**⁴ & Florestal Jacqueline **ORTIZ**⁵

RESUMO

Em vista da escassez de dados sobre o desenvolvimento individual da fase embrionária à fase adulta, este estudo teve como objetivos descrever a ontogenia de megaestróbilos de *A. angustifolia*, conhecer o rendimento dos megaestróbilos, assim como o número e a localização de plantas masculinas, femininas e juvenis, em uma população nativa localizada em Curitiba (SC). Foram realizadas 17 coletas (março 2011 a julho 2012). As plantas foram geolocalizadas. Coletaram-se mensalmente três megaestróbilos maduros, em desenvolvimento e, quando possível, imaturos, de árvores previamente marcadas. Os megaestróbilos foram fotografados, medidos, pesados e tiveram suas brácteas, sementes e sementes chochas separadas e quantificadas. Na população estudada, verificaram-se 176 plantas, das quais 56 eram masculinas, 41 femininas e 79 juvenis. O peso médio dos megaestróbilos (iniciais, em desenvolvimento e maduros) ficou entre 72,83 g e 1.437,39 g; o diâmetro médio entre 15,91 cm e 45,08 cm e o comprimento médio entre 6,95 cm e 22,88 cm. Nos megaestróbilos maduros, 85% do seu rendimento são brácteas estéreis, enquanto as sementes e as sementes chochas equivaleram a aproximadamente 10% cada. Os resultados podem contribuir em operações de coletas de sementes que visem à melhoria reprodutiva, conservação de germoplasma e conservação *in situ* da população nativa estudada.

Palavras-chave: desenvolvimento; rendimento; sementes.

Recebido em: 10 jul. 2017
Aceito em: 20 set. 2017

ABSTRACT

In view of the scarcity of data on individual development from the embryonic phase to the adult stage, this study aimed to describe the ontogeny of female strobili (ginostrobili) of *A. angustifolia*, to know the ginostrobili yield as well as the number and the location of male, female and juvenile plants, in a native population located in Curitiba-SC. Seventeen collections were carried out (March 2011 to July 2012). The plants were geolocalized. Three ginostrobili, mature, in development and, when possible immature, of previously marked trees, were collected monthly. The ginostrobili were photographed, measured, weighed and had their bracts, seeds and empty seeds separated and quantified. In the studied population, 176 plants were observed (56 were male, 41 female, 79 juveniles). The mean weight of ginostrobili (initial, developing and mature) was between 72.83g and 1437.39g; the average diameter between 15.91 cm and 45.08 cm and the average length between 6.95 cm and 22.88 cm. In mature ginostrobili, 85% of their yield is sterile bracts, whereas the seeds and the empty seeds were equivalent to approximately 10% each. The results may contribute to seed collection operations aimed at reproductive improvement, conservation of germplasm and *in situ* conservation of the studied native population.

Keywords: development; seeds; yield.

¹ Universidade da Região de Joinville (Univille), Centro de Ciências Humanas e Biológicas, Rua Paulo Malschitzki, n. 10, Zona Industrial, CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

² Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Biológicas, Campus Trindade, Florianópolis, SC, Brasil.

³ USFC, Centro de Ciências Agrárias, Campus Itacorubi, Florianópolis, SC, Brasil.

⁴ Engenheira agrônoma.

⁵ Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Lages, SC, Brasil.

⁶ Autor para correspondência: roggerenner@uol.com.br.

INTRODUÇÃO

A palavra *Araucaria* deriva de Arauco, região de origem desse gênero botânico localizada no Chile; *angustifolia* vem do latim *angustus*, que significa estreito, pontudo, e *folium*, que quer dizer folha. *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze é uma conífera arbórea, dioica, de crescimento monopodial, podendo atingir 52 m de altura e 8,5 m de diâmetro, com estruturas unissexuais (REITZ & KLEIN, 1966). É conhecida pelos nomes populares de pinheiro-do-paraná ou pinheiro-brasileiro, pertence à família Araucariaceae e está distribuída principalmente no hemisfério sul, ocorrendo na Nova Caledônia, Nova Guiné, Austrália, Nova Zelândia e na América do Sul (SETOGUCHI *et al.*, 1998).

No Brasil, encontra-se *A. angustifolia* na floresta ombrófila mista, um dos conjuntos florestais pertencentes ao bioma mata atlântica, provavelmente o bioma mais devastado e ameaçado do planeta, pela alta pressão antrópica que lhe é exercida (BRASIL, 1998; LEAL & CÂMARA, 2005; BRASIL, 2017). Originalmente, a floresta ombrófila mista com *A. angustifolia* representava uma área de 20 milhões de hectares no Brasil. Atualmente representa menos de 2% da área original (GUERRA *et al.*, 2002).

Comercialmente, *A. angustifolia* destaca-se como a espécie de maior interesse econômico e ecológico do sul do Brasil (GUERRA *et al.*, 2002). É fonte valiosa de vários produtos madeiros e não madeiros, entre os quais se destacam a madeira em tora, a mais explorada até a década de 1970 (ASTARITA & GUERRA, 1998), e a semente (pinhão), consumida por seres humanos e pela fauna silvestre (GUERRA *et al.*, 2000), produzida em megaestróbilos, também denominados cones femininos ou pinhas (HOEFLICH, 2014). Como resultado da exploração sem controle, foi incluída na categoria de espécie vulnerável e, mais recentemente, classificada como criticamente ameaçada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) na lista oficial de espécies vegetais ameaçadas (GUERRA *et al.*, 2008). Na Instrução Normativa n.º 6/2008, *A. angustifolia* aparece na Lista Oficial de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção (BRASIL, 2008). Em função da vulnerabilidade da espécie, as populações naturais remanescentes precisam ser mais bem conhecidas e estudadas, de forma a se produzir informações autoecológicas que promovam a sua conservação *in situ*.

As relações entre os ciclos biológicos, a biologia reprodutiva e o clima são abordadas em estudos sobre a fenologia. De acordo com Maturana & Varela (1987), ontogenia é o estudo das origens e do desenvolvimento de um organismo, desde o embrião até atingir sua forma plena, passando pelos diferentes estágios de desenvolvimento. Estudos ontogênicos e fenológicos são uma parte importante das pesquisas necessárias para a compreensão do ciclo reprodutivo, da sua dinâmica de desenvolvimento e da regeneração de populações naturais e que visam à conservação de germoplasma e *in situ* de uma espécie (MANTOVANI *et al.*, 2004).

A. angustifolia é normalmente dioica. De modo geral há maior porcentagem de plantas masculinas do que femininas por área considerada. Nas plantas femininas, o megaestróbilo é formado por várias folhas carpelares distribuídas ao longo de um eixo cônico comum. Cada megaestróbilo é composto por brácteas estéreis, sementes, sementes chochas e eixo central ou “sabugo” (REITZ & KLEIN, 1966, MATTOS, 2011).

Apesar da importância econômica e ecológica de *A. angustifolia*, poucos trabalhos têm focado a biologia reprodutiva dessa espécie em formações naturais (SOLÓRZANO-FILHO, 2001). De acordo com Mantovani *et al.* (2004), os trabalhos que abordaram a biologia reprodutiva da araucária apresentam algumas informações conflitantes sobre o ciclo de produção de sementes e a formação do megaestróbilo. De acordo com Burlingame (1914), a duração do desenvolvimento do megaestróbilo foi de dois anos; enquanto Shimoya (1962) citou o dobro do tempo (quatro anos) desde a formação do carpelo até a semente; Mattos (1994) observou um período maior do que três anos desde a diferenciação celular até a formação completa do megaestróbilo. Estudos relataram a biologia reprodutiva da araucária em cidades como Viçosa – MG (SHIMOYA, 1962), Campos do Jordão – SP (MANTOVANI *et al.*, 2004) e Curitiba – PR (ANSELMINI *et al.*, 2006, ANSELMINI & ZANETE, 2008).

Em Curitiba, Santa Catarina, não havia sido realizado um estudo sobre a biologia reprodutiva da espécie em uma população nativa, embora o município esteja localizado no planalto serrano, região com predomínio de floresta ombrófila mista, onde *A. angustifolia* é uma espécie característica, constituindo assim uma relevante área de pesquisa para a ampliação do conhecimento sobre a ontogenia dos megaestróbilos da espécie.

O presente trabalho foi realizado para descrever a ontogenia de megaestróbilos de *A. angustifolia*, avaliar suas características e rendimento, além de conhecer o número e a geolocalização de plantas masculinas, femininas e juvenis em uma população nativa localizada em Curitiba – SC.

MATERIAL E MÉTODOS

Os megaestróbilos foram coletados em plantas pertencentes a uma população natural de araucárias localizada às margens da rodovia BR-470, km 256, em uma propriedade rural particular no planalto serrano, no município de Curitiba (27°18'11" latitude sul e 50°38'12" longitude oeste, a 960 m de altitude), estado de Santa Catarina, Brasil. A propriedade rural particular é multifuncional, compreendendo alguns capões de áreas de mata nativa (floresta ombrófila mista), cultivo de feijão, de soja e área de pastagem.

Na primeira coleta (março 2011), foram selecionadas seis plantas femininas. A seleção dessas plantas baseou-se principalmente na observação visual do número de megaestróbilos (15 ou mais) em desenvolvimento visíveis a olho nu, que poderiam ser coletados durante o estudo. Posteriormente foi identificada a necessidade de acrescentar, mesmo que esporadicamente, a coleta em outras cinco plantas que apresentavam megaestróbilos em diferentes estágios de desenvolvimento, o que totalizou 11 plantas femininas selecionadas para as coletas. As primeiras plantas foram numeradas de 1 a 6, e as outras cinco, posteriormente acrescentadas como plantas matrizes femininas (figura 1), foram nominadas de acordo com sua localização na população (capão extra, lado do capão extra, canto, estrada e extra). As plantas foram geolocalizadas na propriedade com o auxílio de um equipamento GPS (*global positioning system*) modelo portátil eTrex 10 Garmin.

As plantas selecionadas foram fotografadas, marcadas com uma fita numerada e identificadas com uma placa próximo à árvore. A placa informava que aquelas plantas faziam parte de um trabalho experimental da UFSC – *campus* Curitiba, no intuito de evitar a coleta irregular dos megaestróbilos.

Entre março de 2011 e julho de 2012, realizaram-se coletas em 11 plantas femininas, em média a cada 30 dias, durante 17 meses, representando as diferentes fases do desenvolvimento dos megaestróbilos imaturos, em desenvolvimento e maduros.

Nas coletas realizadas entre fevereiro e julho/agosto, foi possível coletar megaestróbilos maduros e em desenvolvimento das mesmas plantas femininas. Entre agosto/setembro, somente megaestróbilos em desenvolvimento foram coletados, pois os maduros já haviam sido retirados ou haviam caído naturalmente das árvores. De setembro em diante, além dos megaestróbilos em desenvolvimento, foi possível encontrar megaestróbilos iniciais em algumas plantas femininas, embora ainda fosse difícil diferenciá-los por sua semelhança com as extremidades dos ramos. No mês de junho de 2011 não foi feita coleta em função da grande quantidade de chuvas na região, que inviabilizaram o acesso à propriedade. Nas coletas efetuadas entre março/2011 e março/2012 retiraram-se sempre que possível três megaestróbilos maduros e três megaestróbilos em desenvolvimento, preferencialmente um maduro e um em desenvolvimento da mesma árvore, em três plantas diferentes dentre as 11 marcadas, totalizando a coleta mensal de seis megaestróbilos. A partir de abril de 2012, foram realizadas apenas coletas dos megaestróbilos maduros, sempre de três árvores diferentes, para armazenamento de material. De setembro/2011 em diante também foram coletados megaestróbilos iniciais. Após cada coleta, os megaestróbilos foram medidos (comprimento e diâmetro), pesados e fotografados.

Os megaestróbilos maduros foram abertos, separados em sementes, brácteas estéreis e sementes chochas, enquanto os megaestróbilos iniciais e em desenvolvimento foram separados em brácteas férteis e brácteas estéreis. Essas estruturas foram contadas, pesadas e fotografadas. As brácteas estéreis e as sementes chochas (vazias, com aspecto mumificado, sem embrião ou com embrião que não apresentou desenvolvimento completo) foram descartadas após a contagem, pesagem e registro fotográfico. Para o registro fotográfico das estruturas estudadas utilizaram-se uma câmera digital e, quando necessário, o estereomicroscópio Olympus SZH 10 acoplado ao sistema de captura de Imagens Olympus DP71 com o programa DP Controller 2002-2007.

CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO

A população estudada apresentou um total de 176 plantas, sendo 56 masculinas, 41 femininas e 79 juvenis. A sexagem foi realizada em agosto de 2012 e, nas árvores juvenis, não foi possível a visualização de estruturas reprodutivas.

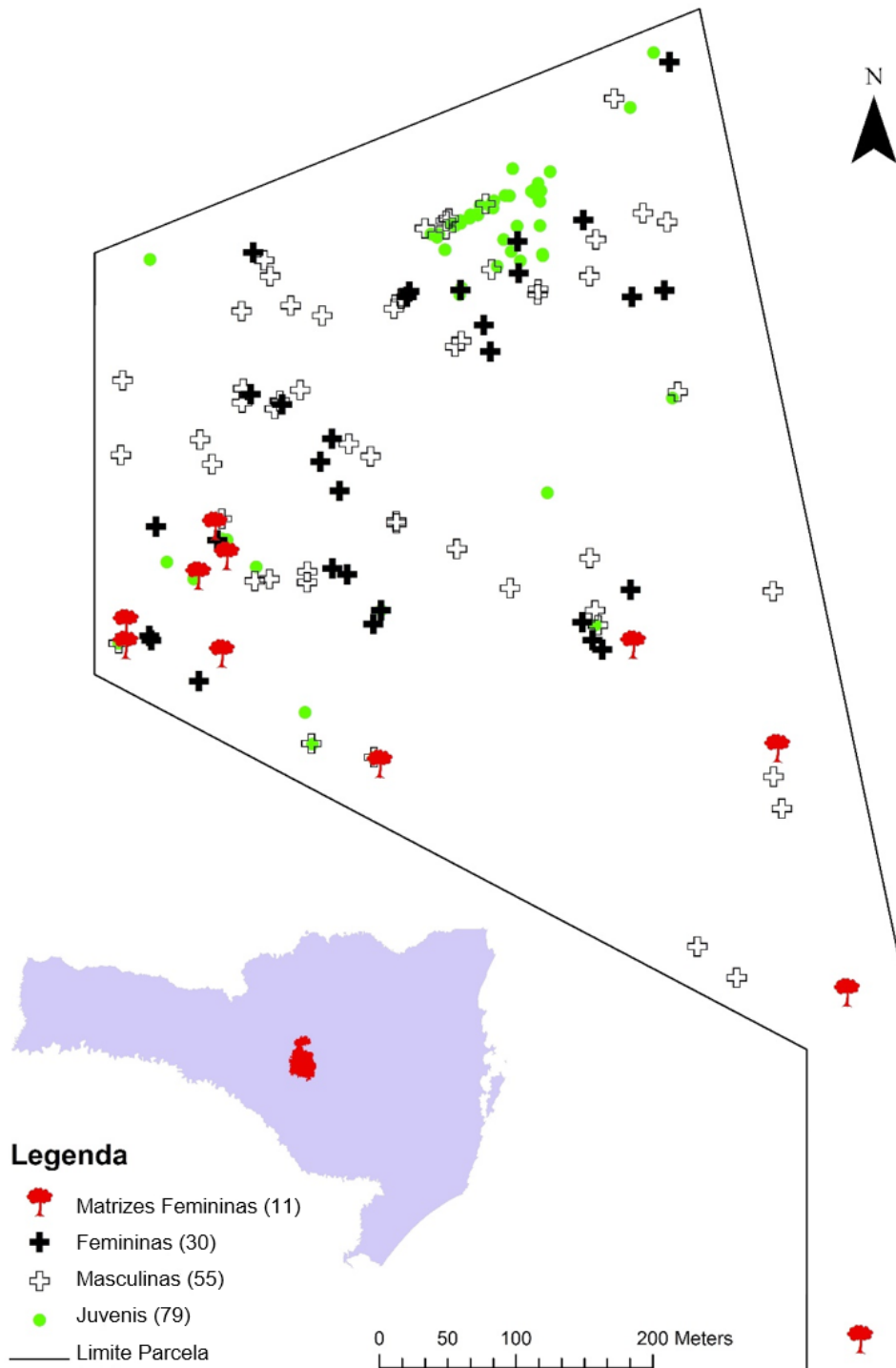


Figura 1 – Localização da propriedade rural utilizada para as coletas de material biológico de *A. angustifolia*, no km 256 da Rodovia BR 470, em Curitibanos (SC). O mapa identifica a área e marca a geolocalização das árvores, que foram classificadas em: matrizes femininas (plantas de onde foram retiradas pinhas em pelo menos uma coleta), femininas (plantas não utilizadas nas coletas), masculinas e juvenis (plantas em que não havia estrutura reprodutiva visível).

As plantas femininas selecionadas para as coletas apresentavam em média 11 m de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) em torno de 100 cm. Os ramos eram baixos e abertos e/ou estavam em locais inclinados do terreno, características que facilitaram a coleta dos megaestróbilos.

Todas as amostras foram analisadas em triplicata, resultando em 74 megaestróbilos. Os resultados de estágio de maturação e os meses foram submetidos a testes de normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Como tais premissas não foram atendidas, optou-se pela Análise de Variância (ANOVA) não paramétrica (teste Kruskal-Wallis), realizada em pacote estatístico Statistica Versão 13.3 (TIBCO Inc.).

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS ESTRUTURAS REPRODUTIVAS

As diferenças entre os valores médios do peso, diâmetro e comprimento dos megaestróbilos iniciais, em desenvolvimento e maduros foram estatisticamente significativas (p -valor $< 0,05$), conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre peso, diâmetro e comprimento médios dos megaestróbilos iniciais, em desenvolvimento e maduros de *A. angustifolia*.

| Variável | Megaestróbilo inicial | | | | Megaestróbilo em desenvolvimento | | | | Megaestróbilo maduro | | | |
|------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|------------|----------------------------------|---------|-----------------------------------|------------|---------------------------|---------|----------------------------------|------------|
| | Média \pm Desvio padrão | Mediana | Teste Kruskal-Wallis H (7, N=22) | p -valor | Média \pm Desvio padrão | Mediana | Teste Kruskal-Wallis H (12, N=39) | p -valor | Média \pm Desvio padrão | Mediana | Teste Kruskal-Wallis H (4, N=13) | p -valor |
| Peso (g) | 72,83 \pm 60,70 | 58,74 | 18,692 | 0,0092 | 425,13 \pm 464,23 | 184,07 | 31,946 | 0,0014 | 1437,39 \pm 631,81 | 1464,00 | 7,692 | 0,1035 |
| Diâmetro (cm) | 15,91 \pm 5,20 | 16,75 | 18,320 | 0,0106 | 26,87 \pm 10,99 | 24,00 | 32,634 | 0,0011 | 45,08 \pm 6,10 | 47,00 | 4,166 | 0,3840 |
| Comprimento (cm) | 6,95 \pm 2,75 | 7,25 | 19,063 | 0,0080 | 12,75 \pm 5,68 | 10,50 | 32,961 | 0,0010 | 22,88 \pm 4,04 | 23,50 | 5,779 | 0,2163 |

O megaestróbilo maduro apresentou coloração externa verde (figura 2 A), com brácteas e sementes de cor bege (figura 2 B-C). Dentro da semente, o embrião (figura 2 E), que é constituído pelas regiões embrionária e cotiledonar, está protegido pelo endosperma (figura 2 D). Nesta fase do desenvolvimento o endosperma apresentou consistência rígida e tonalidade branca leitosa (figura 2 D). As sementes chochas apresentaram-se externamente com coloração bege a marrom, reduzido volume interno e aspecto mumificado (figura 2 F).

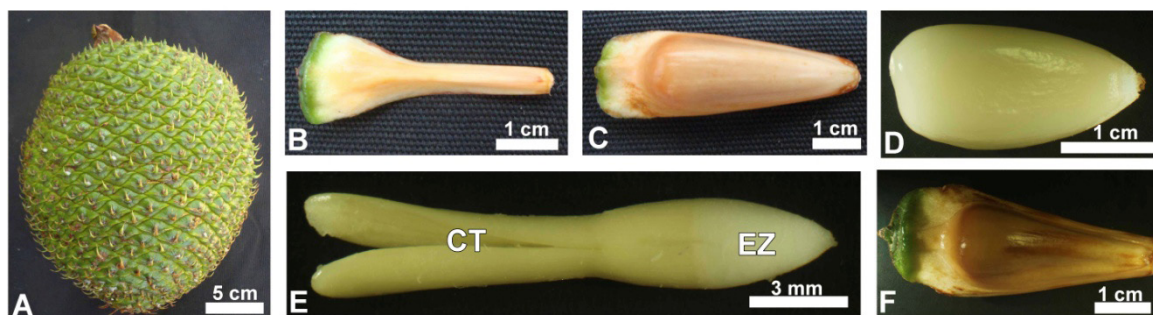


Figura 2 – Componentes de um megaestróbilo maduro de *A. angustifolia*. Vista externa do megaestróbilo maduro (A); Bráctea estéril (B); semente (pinhão) (C); endosperma sem tegumento/megagametófito (D); embrião (E) e semente chocha (F).

Os megaestróbilos em desenvolvimento (figura 3 A) apresentaram coloração externa verde, com brácteas estéreis e sementes de cor bege (figura 3 B-C). Na região mais estreita da semente (figura 3 C, lado direito), localiza-se a micrópila (figura 3 D). Dentro da semente, está o megagametófito (figura 3 E), que, nessa fase do desenvolvimento, apresenta tegumento externo de cor bege, consistência firme e tonalidade interna transparente, com a porção próxima da região micropilar branca leitosa (figura 3 F, lado direito). O megagametófito transparente possui uma cavidade em seu interior, e os poliembriões estão localizados na extremidade oposta a essa cavidade (figura 3 G).

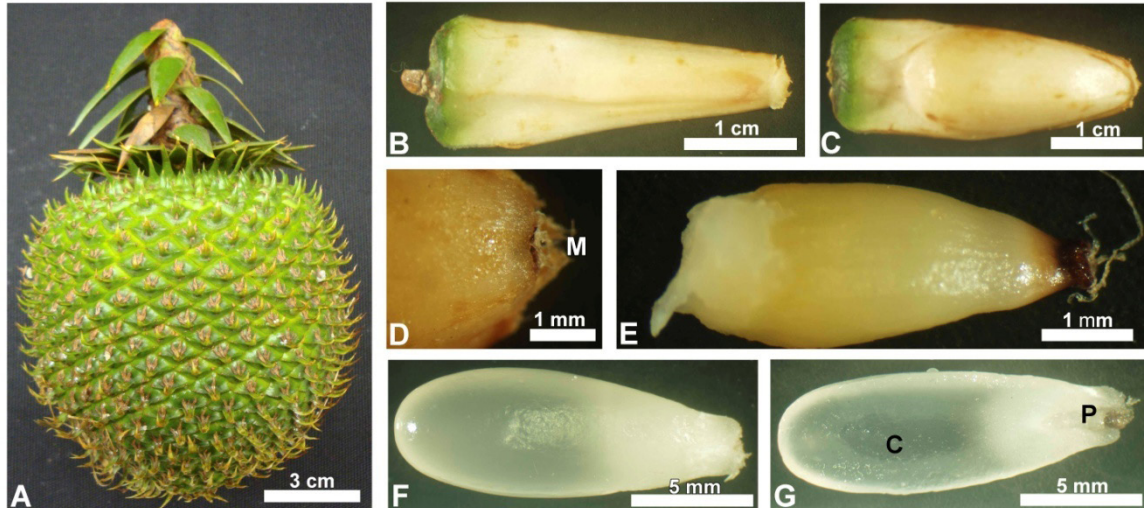


Figura 3 – Componentes de um megaestróbilo em desenvolvimento de *A. angustifolia*. Vista externa do megaestróbilo em desenvolvimento (A); bráctea estéril (B); bráctea fértil (C) e micrópila (M) (D); megagametófito com tegumento (E); megagametófito inteiro sem tegumento (F) e em corte longitudinal (G), mostrando a cavidade de corrosão (C) e a região dos poliembriões (P).

No município em estudo, a formação dos megaestróbilos iniciais foi observada entre os meses de setembro e novembro de 2011 (figura 4). De outubro em diante, pelo aumento do tamanho das estruturas reprodutivas, a identificação dos megaestróbilos iniciais tornou-se mais efetiva. Os megaestróbilos iniciais apresentaram-se semelhantes ao terminal do ramo, inicialmente abertos (figura 4 A), posteriormente fechados (figura 4 B), com o formato arredondado (figura 4 C). Em março de 2012, fechou-se um ciclo de 13 meses de coletas, que contemplaram os principais estágios de desenvolvimento dos megaestróbilos iniciais, em desenvolvimento e maduros da araucária.

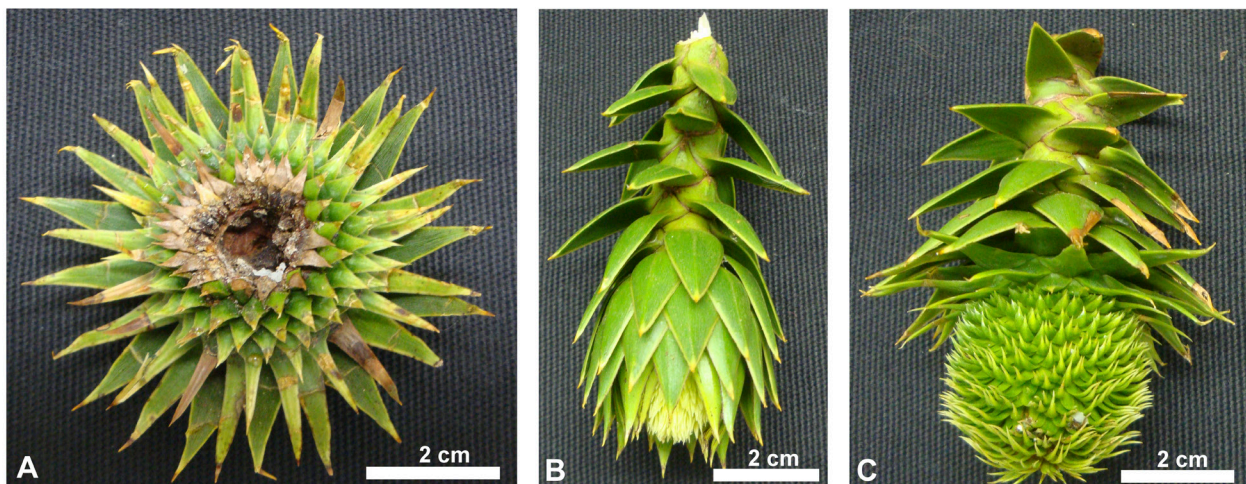


Figura 4 – Estágios de desenvolvimento do megaestróbilo inicial em *A. angustifolia* (A-C). Megaestróbilo inicial aberto (A), fechado (B) e arredondado (C).

Dentre as 11 árvores marcadas para as coletas, as árvores marcadas com os números 4 e 6 apresentaram a maior quantidade de megaestróbilos maduros e em desenvolvimento coletados. Da planta 4 foram coletados seis megaestróbilos maduros e oito em desenvolvimento, totalizando 14 estruturas reprodutivas; da planta 6 coletaram-se oito megaestróbilos maduros e 13 em desenvolvimento, totalizando 21 estruturas reprodutivas.

Os megaestróbilos iniciais foram mais facilmente observados a partir de outubro, embora já estivessem presentes na população em setembro, apresentando aumento gradativo de peso (figura 5), diâmetro (figura 6) e comprimento (figura 7).

As diferenças entre o peso médio mensal do megaestróbilo inicial nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2012 foram estatisticamente significativas em relação às coletas realizadas nos meses anteriores. A fase de crescimento mais significativa dos megaestróbilos em desenvolvimento começou no fim de outubro/início de novembro de 2011 e se prolongou até fevereiro de 2012, sendo seguida por um período de baixo crescimento.

O peso médio dos megaestróbilos em desenvolvimento aumentou significativamente entre os meses de outubro e fevereiro. No entanto as diferenças no peso médio mensal foram estatisticamente expressivas a partir da coleta de novembro de 2011, em comparação aos meses anteriores.

No mês de outubro foram feitas duas coletas com 15 dias de intervalo. Na primeira observou-se presença dos arquegônios; na segunda, início da formação dos embriões (dados não apresentados). A partir desse período em que foi identificada a formação embrionária, notou-se um aumento no peso médio dos megaestróbilos em desenvolvimento (figura 5), bem como no seu diâmetro (figura 6) e no seu comprimento (figura 7).

O peso médio dos megaestróbilos maduros atingiu seu ápice entre os meses de março e maio, seguindo-se de uma queda nos meses seguintes. As diferenças no peso médio mensal foram estatisticamente significativas entre as coletas de megaestróbilos maduros realizadas nos meses de março a julho de 2011.

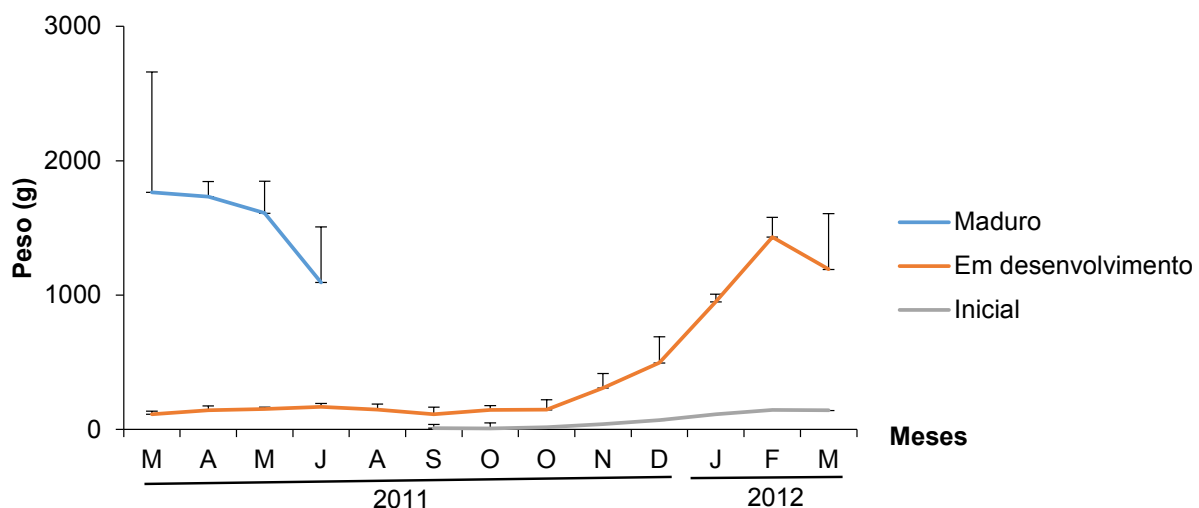


Figura 5 – Peso médio (em gramas) dos megaestróbilos de *A. angustifolia* maduros, em desenvolvimento e iniciais entre os meses de março de 2011 e março de 2012. As barras são o desvio padrão. N = 74 megaestróbilos. Megaestróbilo inicial (p -valor=0,0003), megaestróbilo em desenvolvimento (p -valor=0,0067) e megaestróbilo maduro (p -valor=0,0003).

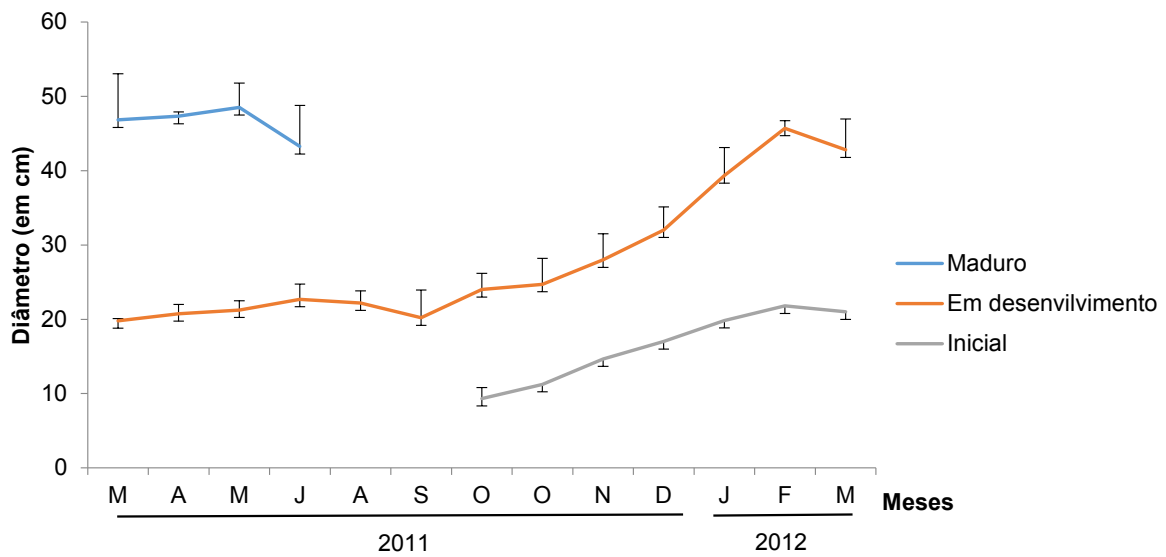


Figura 6 – Diâmetro médio (em centímetros) dos megaestróbilos de *A. angustifolia* maduros, em desenvolvimento e iniciais entre os meses de março de 2011 e março de 2012. As barras são o desvio padrão. N = 74 megaestróbilos. Megaestróbilo inicial (p -valor=0,0003), megaestróbilo em desenvolvimento (p -valor=0,0011) e megaestróbilo maduro (p -valor=0,0004).

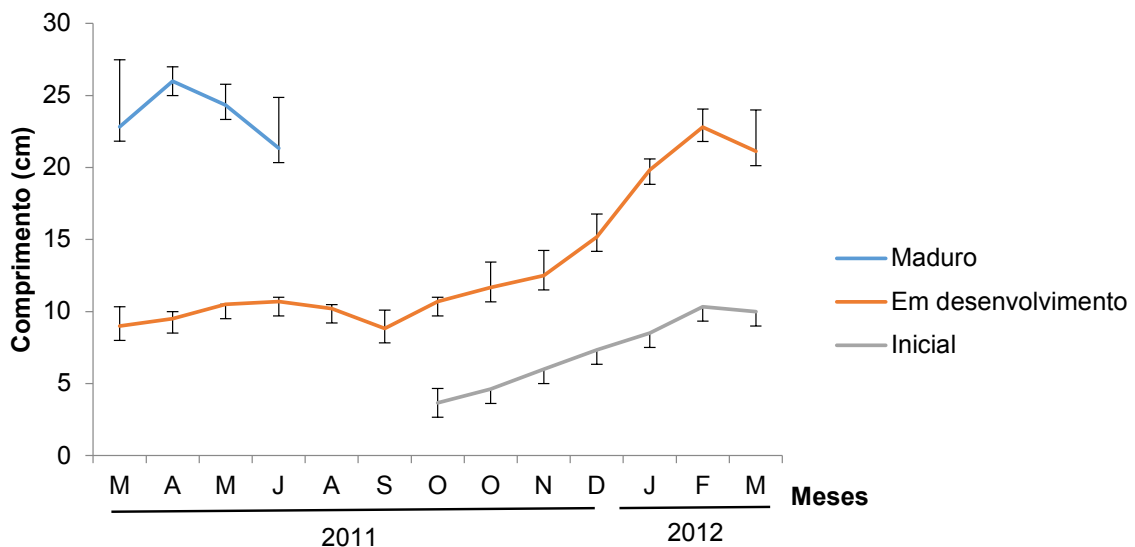


Figura 7 – Comprimento médio (em centímetros) dos megaestróbilos de *A. angustifolia* maduros, em desenvolvimento e iniciais entre os meses de março de 2011 e março de 2012. As barras são o desvio padrão. N = 74 megaestróbilos. Megaestróbilo inicial (p -valor=0,0002), megaestróbilo em desenvolvimento (p -valor=0,0010) e megaestróbilo maduro (p -valor=0,0004).

Em algumas coletas (figura 5, mês de julho de 2011 e mês de março de 2012) foram coletados megaestróbilos com total ausência de sementes ou com número muito reduzido (menos de dez sementes). O peso dos três megaestróbilos maduros coletados em março de 2011 variou bastante: 1.650 g o primeiro, 971 g o segundo e 935 g o terceiro, sendo os números de sementes 125, 0 e 3, respectivamente.

Quando se somou o número de sementes, brácteas estéreis e sementes chochas, foi possível calcular o rendimento do megaestróbilo e os percentuais de cada um desses componentes do megaestróbilo (figura 8). Vê-se que todos os megaestróbilos (maduro, em desenvolvimento e inicial) são compostos em sua maioria por brácteas estéreis, chegando a 85% do rendimento médio. No megaestróbilo maduro, o rendimento de sementes e sementes chochas foi muito semelhante, com valores próximos a 10% do rendimento médio. No megaestróbilo em desenvolvimento, as sementes tiveram um rendimento médio pouco superior ao rendimento médio das sementes chochas. Os valores obtidos pelas sementes, brácteas e sementes chochas nos megaestróbilos em desenvolvimento foram estatisticamente significativos quando comparados aos componentes dos megaestróbilos iniciais e maduros, que não diferiram estatisticamente entre si. No megaestróbilo inicial, não foi possível diferenciar visualmente as sementes das sementes chochas, por isso foi exposta apenas a coluna das sementes. No megaestróbilo inicial, o rendimento das brácteas foi muito superior ao das sementes. O aumento do desenvolvimento das sementes nos megaestróbilos iniciais provavelmente resultaria no aumento do peso, diâmetro e comprimento a partir de outubro de 2012, seguindo a tendência observada para os megaestróbilos em desenvolvimento.

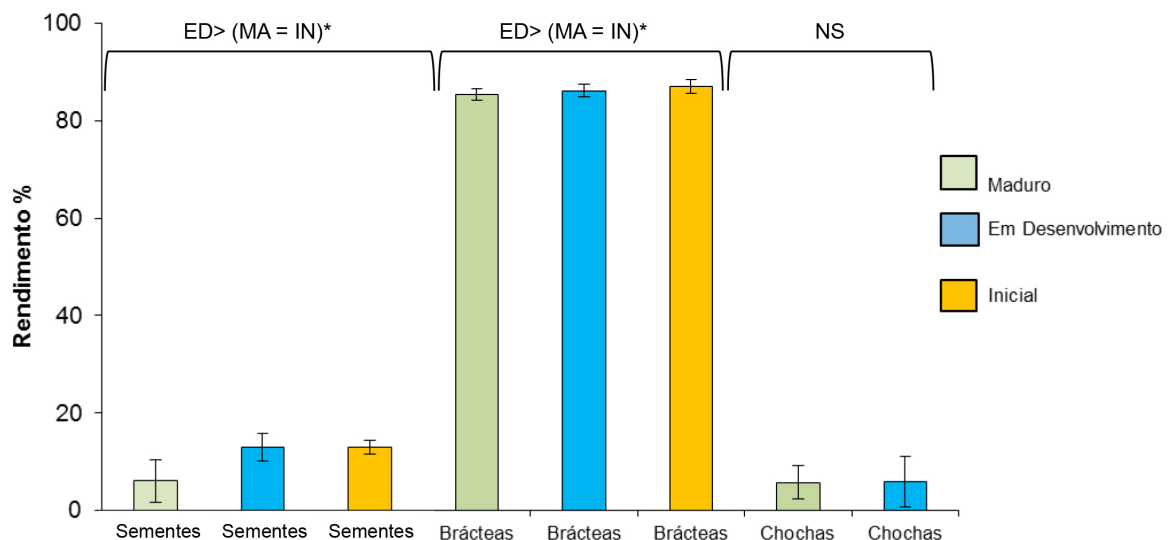


Figura 8 – Rendimento (% de estruturas ou taxa) dos megaestróbilos de *A. angustifolia* maduros, em desenvolvimento e iniciais. Percentual médio de número de sementes, brácteas estéreis e sementes chochas durante todas as coletas. As barras são o desvio padrão. N = 74 megaestróbilos. ED = megaestróbilo em desenvolvimento, MA = megaestróbilo maduro, IN = megaestróbilo inicial e NS = não significativo.

DISCUSSÃO

As observações sobre o desenvolvimento dos megaestróbilos verificadas neste estudo mostraram que o ciclo reprodutivo de *A. angustifolia* foi de aproximadamente 20 meses desde a polinização até a maturação da semente, semelhante ao descrito por Burlingame (1914), Mantovani *et al.* (2004) e Anselmini *et al.* (2006). Shimoya (1962) e Solórzano-Filho (2001) relataram um período superior a 20 meses para maturação completa dos megaestróbilos em seus experimentos com *A. angustifolia*. É provável que a diferença no tempo observado pelos autores citados tenha sido causada pela localização geográfica em que os estudos ocorreram, a metodologia empregada, bem como a utilização de uma população nativa ou de plantas isoladas de suas populações originais para estudo, como, por exemplo, plantas presentes em áreas urbanas.

No Brasil, os remanescentes de floresta ombrófila mista ocorrem em área geográfica que se estende nas regiões sul e sudeste. Assim, espera-se que as populações de araucária tenham

diferenças em sua fenologia reprodutiva, antecipando ou atrasando a produção de megaestróbilos (MANTOVANI *et al.*, 2004). Solórzano-Filho (2001) cita que, por ser o ciclo reprodutivo um processo dependente de fatores endógenos e alterações ambientais, o ciclo reprodutivo pode diferenciar-se entre populações. A idade das plantas é um fator endógeno que pode acentuar as diferenças entre a época de fecundação e de formação das sementes. Em virtude das diferenças decorrentes da latitude, pode haver interferência na idade com que os indivíduos entram em época reprodutiva, desencadeada tanto pelas condições climáticas como por condições de adensamento e competição populacionais (MARTINKOSKI *et al.*, 2015).

De acordo com Mattos (2011), *A. angustifolia* é normalmente dioica e em geral há maior porcentagem de plantas masculinas do que femininas por área considerada. A descrição de Mattos (2011) assemelhou-se aos dados obtidos neste estudo, uma vez que o número de plantas masculinas foi maior que o número de plantas femininas naquela população. Conhecer a distribuição de plantas juvenis, masculinas e femininas em uma população nativa, bem como conhecer a ontogenia e o rendimento de sementes dos megaestróbilos, são dados importantes para a compreensão sobre a dinâmica e a regeneração de uma população nativa (BURLINGAME, 1914, SHIMOYA, 1962, MANTOVANI *et al.*, 2004, ANSELMINI *et al.*, 2006, ANSELMINI & ZANETTE, 2008). Observações de campo sobre a fenologia reprodutiva constituem ferramentas essenciais para estimar o número de indivíduos que estão contribuindo, efetivamente, na reprodução de uma determinada população de espécies florestais. As diferenças nos períodos de florescimento entre e dentro de populações devem ser conhecidas como subsídios orientadores em operações de coletas de sementes para estudos de caracterização, conservação de germoplasma e melhoramento genético de populações (SOUSA & HATTEMER, 2003).

Em *A. angustifolia*, os indivíduos de ambos os sexos produzem um novo estróbilo todos os anos. Nas plantas femininas, é possível reconhecer simultaneamente na mesma planta megaestróbilos em dois ou três diferentes estágios de desenvolvimento (ANSELMINI *et al.*, 2006, ANSELMINI & ZANETTE, 2008). De maneira semelhante ao que foi descrito por Anselmini *et al.* (2006) e Anselmini & Zanette (2008) em seus trabalhos com *A. angustifolia*, foi possível observar até dois diferentes estágios de desenvolvimento dos megaestróbilos nas plantas femininas estudadas.

Como o esperado, após a fertilização, que ocorre aproximadamente um ano depois da polinização (entre setembro e outubro de 2011), notou-se um aumento no tamanho (peso, diâmetro e comprimento) dos megaestróbilos em desenvolvimento (BURLINGAME, 1914; SHIMOYA, 1962; MANTOVANI *et al.*, 2004). De acordo com Shimoya (1962), o motivo para o crescimento significativo observado nesse período seria a polinização e fertilização dos arquegônios nas sementes dentro do megaestróbilo. Entre outubro de 2011 e janeiro de 2012, verificou-se um aumento no tamanho dos megaestróbilos de *A. angustifolia*. Crescimento semelhante foi descrito por Anselmini & Zanette (2008) para os megaestróbilos da espécie no mesmo período nos anos de 2003/2004.

Anselmini & Zanette (2008) descreveram que a formação dos megaestróbilos iniciais de *A. angustifolia* ocorreu enquanto estes estavam totalmente protegidos pelas folhas terminais dos ramos, com formação das folhas modificadas, escamas férteis e escamas estéreis, de forma semelhante ao que foi observado no presente trabalho a partir de setembro. Já as escamas férteis foram observadas nos megaestróbilos iniciais neste estudo a partir de dezembro de 2011, um pouco mais cedo do que foi relatado por Anselmini *et al.* (2006), cuja presença das escamas férteis ocorreu somente a partir de março de 2003/2004. Variações na sazonalidade da produção de sementes são ocasionadas por fatores climáticos, como foi descrito por Sousa (2000) em seus estudos em diferentes anos em populações de *A. angustifolia* situadas em Caçador (SC), Irati (PR) e Campos do Jordão (SP). Outro fator que causa a alternância na produção de sementes é a formação irregular de megaestróbilos pelas plantas (MANTOVANI *et al.*, 2004). Provavelmente fatores climáticos durante o período de realização dos estudos e a formação irregular de megaestróbilos justifiquem as diferenças observadas nos períodos de visualização de escamas férteis.

A partir de março até agosto/setembro, a taxa de crescimento dos megaestróbilos diminuiu bastante. Shimoya (1962) também relatou que entre maio e julho dos anos de 1940 e 1950 ocorreu o que chamou de um período de descanso no desenvolvimento dos megaestróbilos, quando não houve eventos reprodutivos significativos. Provavelmente a diferença entre os meses em que a

redução no crescimento foi observada diferiu em função da variação de temperatura, localização geográfica das populações estudadas e de terem sido utilizadas populações nativas ou urbanas nas pesquisas. No trabalho realizado por Shimoya (1962), os megaestróbilos foram coletados das árvores de *A. angustifolia* que ornamentavam a avenida próxima ao departamento de Agronomia da universidade em que ele trabalhava (zona urbana), diferentemente do presente estudo, em que as coletas de megaestróbilos foram feitas em uma população nativa (zona rural).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram um período de 20 meses para a completa ontogenia dos megaestróbilos de *A. angustifolia*. Tais informações podem contribuir para a definição dos períodos mais favoráveis para as coletas de sementes utilizadas em estudos que visem à melhoria reprodutiva, conservação de germoplasma e conservação *in situ* de uma população nativa na região, ajudando na regeneração de remanescentes da floresta ombrófila mista.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (Fapesc) a concessão da bolsa de doutorado e o apoio financeiro; ao senhor Leandro Fuck Camargo, que permitiu livre acesso à sua propriedade rural para as coletas; e ao senhor Felipe Steiner a geolocalização das plantas e confecção do mapa da propriedade.

REFERÊNCIAS

- Anselmini, Justina Inês & Flávio Zanette. Development and growth curve of the pine cones of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, in the region of Curitiba – PR. Brazilian Archives of Biology and Technology – An International Journal. 2008; 51(4):665-669.
- Anselmini, Justina Inês; Flávio Zanette & Cleusa Bona. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na região de Curitiba – PR. Floresta e Ambiente. 2006; 13(1):44-52.
- Astarita, Leandro Vieira & Miguel Pedro Guerra. Early somatic embryogenesis in *Araucaria angustifolia* – induction and maintenance of embryonal-suspensor mass culture. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 1998; 10:113-118.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Biomas – mata atlântica. Brasília; 2017. [Acesso em: 2 set. 2017]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa n.º 6, de 23 de setembro de 2008. Lista as espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e com deficiência de dados. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 185, seção 1; 2008. p. 75-85.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Brasília; 1998.
- Burlingame, L. Lancelot. The morphology of *Araucaria brasiliensis*. III. Fertilization, the embryo, and the seed. Botanical Gazette. 1914; 59:1-39.
- Guerra, Miguel Pedro; Vanildo Silveira; André L. W. dos Santos; Leandro Vieira Astarita & Rubens Onofre Nodari. Somatic embryogenesis in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: Jain, Mohan S.; Pramod K. Gupta & Ronald J. Newton (Eds.). Somatic embryogenesis in woody plants. Dordrecht: Kluwer; 2000. v. 6, p. 457-478.

- Guerra, Miguel Pedro; Silveira, Vanildo; Reis, Mauricio Sedrez dos; Schneider, Lineu. Exploração, manejo e conservação da *Araucaria angustifolia*. In: Simões, Luciana Lopes; Lino, Clayton Ferreira (Org.). Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais. São Paulo: Ed. Senac, 2002. p. 85-101.
- Guerra, Miguel Pedro; Neusa Steiner; Adelar Mantovani; Rubens Onofre Nodari; Maurício Sedrez dos Reis & Karine Louise dos Santos. Evolução, ontogênese e diversidade genética em *Araucaria angustifolia*. In: Barbieri, Rosa Lia & Elisabeth Regina Tempel Stumpf. (Orgs.). Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 149-184.
- Hoeflich, Vitor Afonso. Cultivo do pinheiro-do-paraná. Sistemas de Produção Embrapa. 2014. [Acesso em: 12 set. 2017] Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3505&p_r_p_-996514994_topicold=2851.
- Leal, Carlos Galindo & Ibsen de Gusmão Câmara. Mata atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas. Belo Horizonte: Conservação Internacional / Fundação SOS Mata Atlântica; 2005.
- Mantovani, Adelar; Leonor Patricia Cerdeira Morellato & Mauricio Sedrez dos Reis. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Revista Brasileira de Botânica. 2004; 27(4):787-796.
- Martinkoski, Lais; Gabriel Felipe Vogel & Sidnei Osmar Jadoski. Influência do clima no crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia*: revisão bibliográfica. Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science. 2015; 8(2):104-111.
- Mattos, João Rodrigues. O pinheiro brasileiro. São Paulo: Grêmio Politécnico; 1972.
- Mattos, João Rodrigues. O pinheiro brasileiro. 2. ed. Lages: Artes Gráficas Princesa; 1994. v. 1.
- Mattos, João Rodrigues. O pinheiro brasileiro. Florianópolis: Ed. UFSC; 2011.
- Maturana, Humberto & Francisco Varela. The tree of knowledge: the biological roots of human understanding. Boston: Shambhala Publications; 1987.
- Reitz, Raulino & Roberto Miguel Klein. Araucariáceas. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues / Flora Ilustrada Catarinense; 1966. 62 p.
- Setoguchi, H.; Osawa, T. A.; Pintaud, J.; Jaffré, T. & Veillon J. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on rbcL gene sequences. American Journal of Botany. 1998; 85(11):1507-1516.
- Shimoya, Chotaro. Contribuição ao estudo do ciclo biológico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Experimentiae. 1962; 2(2):519-540.
- Solórzano-Filho, Jorge Alberto. Demografia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão, São Paulo [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2001.
- Sousa, Valderês Aparecida. Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. [Dissertação de Mestrado]. Göttingen: Universidade de Göttingen; 2000.
- Sousa, Valderês Aparecida de & Hans H. Hattemer. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* no Brasil. Boletim de Pesquisa Florestal. 2003; (47):42-32.