



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GEISA PERCIO DO PRADO

**ECOLOGIA POPULACIONAL DE *Ilex paraguariensis* A.ST.-
HIL. (Aquifoliaceae) NO
PARQUE ESTADUAL DAS ARAUCÁRIAS, SC**

GEISA PERCIO DO PRADO

**ECOLOGIA POPULACIONAL DE *Ilex paraguariensis* A.ST.-
HIL. (Aquifoliaceae) NO
PARQUE ESTADUAL DAS ARAUCÁRIAS, SC**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência Biológicas da Universidade Estadual de
Londrina como requisito final para a obtenção do
título de Doutor.

Orientador: Dr. Edmilson Bianchini

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Prado, Geisa Percio do .

ECOLOGIA POPULACIONAL DE *Ilex paraguariensis* A.ST.-HIL. (Aquifoliaceae) NO PARQUE ESTADUAL DAS ARAUCÁRIAS, SC / Geisa Percio do Prado. - Londrina, 2018.

61 f. : il.

Orientador: Edmilson Bianchini.

Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Erva-mate - Tese. 2. Fenologia - Tese. 3. Dinâmica Populacional - Tese. 4. Floresta Ombrófila Mista - Tese. I. Bianchini, Edmilson . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

201313090129

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

Discente: Geisa Percio do Prado

Título: "Ecologia populacional de *Nex paraguayensis* A.SL-HIL. no Parque Estadual das Araucárias, SC".

Data da Defesa: 26 de janeiro de 2018 – 14:00hs, na sala 002 do LABESC, desta Universidade.

Banca Examinadora

Parecer

PRESIDENTE:

Dr. Edmilson Bianchini

UEL

APROVADA

TITULARES

Drª. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

UNICENTRO

APROVADA

Drª. Aparecida Donisete de Farias

UEL

APROVADA

Dr. Cristiano Medri

UEL

APROVADA

Dr. José Antonio Pimenta

UEL

APROVADO

Parecer Final

APROVADA

Dr. Edmilson Bianchini

Drª. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

Drª. Aparecida Donisete de Farias

Dr. Cristiano Medri

Dr. José Antonio Pimenta

AGRADECIMENTO

Deus, sobre todas as coisas.

Aos meus pais Luiz (*In memoriam*) e Sonia, por terem me dado a bênção da vida e o bom exemplo.

Ao meu esposo Joney do Prado, meus filhos Flávia, Bruno e Camila por respeitarem minhas escolhas, pelo constante incentivo nos momentos de dificuldades e estudo. Esse título é de vocês também.

Ao orientador Prof. Edmilson, pelos ensinamentos no decorrer do curso, pela orientação prestada na realização desta pesquisa, incentivando e ajudando sempre.

Aos professores, colegas, banca examinadora e colaboradores do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas da UEL, pois a tese é muito mais que ela mesma.

Ao Seu Juarez, Gilberto e equipe de grimpeiros por todo auxílio nas atividades de campo.

À Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA, gestora do Parque Estadual das Araucárias, pela autorização e apoio estrutural nas atividades.

À Fundação de Amparo a Pesquisa em Santa Catarina – FAPESC pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao Governo do Estado de Santa Catarina pela bolsa de pesquisa do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – FUMDES.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, em especial aos estudantes que participaram das atividades de campo e eventos, aos colegas Luciano e Silvia, Mayra, Neusa, Cláudia, Jaçanan, Yves, Daiane, Michel, Ricardo, Adriana, Jucimara e todos os alunos, colegas e amigos que auxiliaram de alguma forma.

À minha amiga e comadre Manú, pela parceria neste e em tantos outros projetos acadêmicos, pela amizade e parceria no dia a dia.

Enfim, à todas as pessoas que ajudaram cuidar dos meus amados filhos e me deram suporte para estudar.

“Amargo doce que eu sorvo
Num beijo em lábios de prata.
Tens o perfume da mata
Molhada pelo sereno.
E a cuia, seio moreno,
Que passa de mão em mão
Traduz, no meu chimarrão,
Em sua simplicidade,
A velha hospitalidade
Da gente do meu rincão.

Trazes à minha lembrança,
Neste teu sabor selvagem,
A mística beberagem,
Do feiticeiro charrua,
E o perfil da lança nua,
Encravada na coxilha,
Apontando firme a trilha,
Por onde rolou a história,
Empoeirada de glórias,
De tradição farroupilha.

Em teus últimos arrancos,
Ao ronco do teu findar,
Ouço um potro a corcovear,
Na imensidão deste pampa,
E em minha mente se estampa,
Reboando nos confins ,
A voz febril dos clarins,
Repinicando: “Avançar”!
E então eu fico a pensar,
Apertando o lábio, assim,
Que o amargo está no fim,
E a seiva forte que eu sinto,
É o sangue de trinta e cinco,
Que volta verde pra mim”.

Glaucus Saraiva

PRADO, Geisa Percio do. **Ecologia populacional de *Ilex paraguariensis* a.st.-hil. (aquifoliaceae) no parque estadual das araucárias**, sc. 2018. 61 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

Os conhecimentos adquiridos através de estudos populacionais podem ser aplicados à conservação da população prevendo sua trajetória, bem como podem auxiliar no entendimento de processos de regulação dos sistemas naturais. Os estudos fenológicos contribuem para o entendimento da ecologia de espécies, contemplando a organização temporal e espacial dos recursos dentro das comunidades, buscando compreender e incorporar as fases de reprodução, crescimento e senescência, associada às condições ambientais e evolutivas. Estudos de ecologia populacional de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. são escassos, especialmente os que contemplam população de ocorrência natural. Foram alocadas 100 parcelas de 10 m x 10 m mantidas e revisadas durante os anos de 2013 à 2017 no Parque Estadual das Araucárias, SC - PEAR, sul do Brasil. Foi realizado acompanhamento fenológico vegetativo e reprodutivo e dinâmica populacional em Unidade de Conservação. A tese tem por objetivo geral contribuir para o conhecimento da ecologia populacional de *I. paraguariensis*, visando sua conservação. O estudo foi dividido em dois capítulos, com os seguintes objetivos específicos: (i) avaliar a fenologia de *I. paraguariensis* e testar as relações com variáveis climáticas. Foram consideradas as seguintes hipóteses: (i) a fenologia vegetativa e reprodutiva de *I. paraguariensis* difere entre os dois morfotipos; (ii) a sazonalidade interfere na ocorrência das fenofases vegetativa e reprodutiva de *I. paraguariensis*. (Capítulo 1); (i) investigar se a população está em expansão, (ii) analisar se há variações nas taxas vitais e se elas afetam o crescimento populacional. As seguintes questões foram formuladas: (i) A população está em crescimento?; (ii) Qual taxa vital apresenta maior elasticidade?; (iii) Que diretrizes podem ser propostas para planos de manejo e conservação da espécie? (Capítulo 2). Pode-se afirmar que a população de *I. paraguariensis* presente no PEAR apresenta crescimento populacional e embora possam ser observados dois morfotipos os resultados de fenologia são semelhantes.

Palavras - Chaves: Fenologia vegetal. Erva-mate. Dinâmica de vegetação. Florestas - Conservação.

PRADO, Geisa Percio do. **Population ecology of *Ilex paraguariensis* a.st.-hil. (aquifoliaceae) in the araucaria state park, sc.** 2018. 61 pp. Thesis (Doctorate in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The knowledge acquired through population studies can be applied to the conservation of the population by predicting its trajectory, as well as to help in the understanding of processes of regulation of natural systems. The phenological studies contribute to the understanding of the ecology of species, contemplating temporal and spatial organization of the resources within the communities that are in the stage of reproduction, growth and senescence, associated with environmental and evolutionary conditions. There are not many studies about population ecology studies of *Ilex paraguariensis* A.ST. HIL. especially those that contemplate the native population of natural occurrence, object of this study. 100 plots of 10 meters x 10 meters were retained and reviewed during the years 2013 to 2017 in the Araucaria State Park, SC, southern Brazil. Studies of vegetative and reproductive phenology and population dynamics were carried out in a Conservation Unit. The general objective of this thesis is to contribute for the knowledge of the population ecology of *I. paraguariensis*, aiming for its conservation. The study is divided in two chapters, with the following specific objectives: (i) to evaluate a phenology of *I. paraguariensis* and to test the relations with climatic variables. The following hypotheses were considered: (i) vegetative and reproductive phenology of *I. paraguariensis* differs between the two morphotypes; (ii) seasonality interferes in the occurrence of vegetative and reproductive phenophases of *I. paraguariensis*. (Chapter 1); (i) to investigate whether the population is expanding, (ii) to analyze whether there are variations in vital rates and if it affects population growth. The following questions were raised: (i) to investigate whether the population is growing (or expanding?); (ii) to analyze whether there are variations in the vital rates that affect population growth; and (iii) to propose guidelines for species management and conservation plans. (Chapter 2). It can be stated that the population of *I. paraguariensis* present in PEAR shows population growth and even being observed two morphotypes, the phenology results are similar.

Keywords: Plant phenology. *Ilex paraguariensis*. Forest conservation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
ÁREA DE ESTUDO	11
HISTÓRICO.....	14
DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE	15
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE OCORRÊNCIA	18
OBJETIVOS E HIPÓTESES	21
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO 1. FENOLOGIA DE <i>Ilex paraguariensis</i> A.ST.-HIL. DE OCORRÊNCIA NATURAL NO SUL DO BRASIL	25
RESUMO	25
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAIS E MÉTODOS	28
Área de estudo	28
Amostragem	29
Análise dos resultados	30
RESULTADOS	30
DISCUSSÃO	38
CONCLUSÕES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO 2: Dinâmica populacional de <i>Ilex paraguariensis</i> A.St. -Hil. em remanescente florestal no sul do Brasil	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46
Introdução	47
Materiais e métodos	49
Área de estudo	49
Amostragem	50
Regeneração natural	50
Análise de perturbação prospectiva (elasticidade)	52
Resultados	52

Regeneração natural	52
10	
Análise de perturbação prospectiva	54
Discussão	55
Conclusões	57
Referências	57

INTRODUÇÃO GERAL

As populações são dinâmicas e seu tamanho muda continuamente no tempo e no espaço, em decorrência de nascimentos, mortes, migração e variações no ambiente (RICKLEFS, 2003). Fazer previsões sobre o futuro das populações e entender melhor seus processos naturais de regulação e controle são formas de contribuir para a recuperação da população (BRUNA; OLI, 2005; FORTINI et al., 2009; TOMIMATSU; OHARA, 2010). Estudos populacionais permitem entender a história de vida das espécies e sua estabilidade no espaço e no tempo (CRONE et al., 2011). Estudos fenológicos contribuem para o entendimento da ecologia de espécies, contemplando a organização temporal e espacial dos recursos dentro das comunidades (Morellato & Leitão-Filho, 1996). Portanto, os conhecimentos adquiridos através de estudos populacionais podem ser aplicados tanto à conservação, prevendo trajetórias da população (MENGES, 2000), quanto para entender processos de regulação dos sistemas naturais (ZUIDEMA et al., 2009; 2010).

São comuns os estudos de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. de ordem econômica e agrônômica, que visam o melhoramento genético para melhor produtividade e culturas livres de patógenos, assim como estudos relacionando o uso de erva mate para benefícios na saúde. Em contraponto, estudos de ecologia populacional com essa espécie ocorrendo naturalmente são escassos e, diante da domesticação da espécie, são fundamentais para subsidiar estratégias de preservação.

ÁREA DE ESTUDO

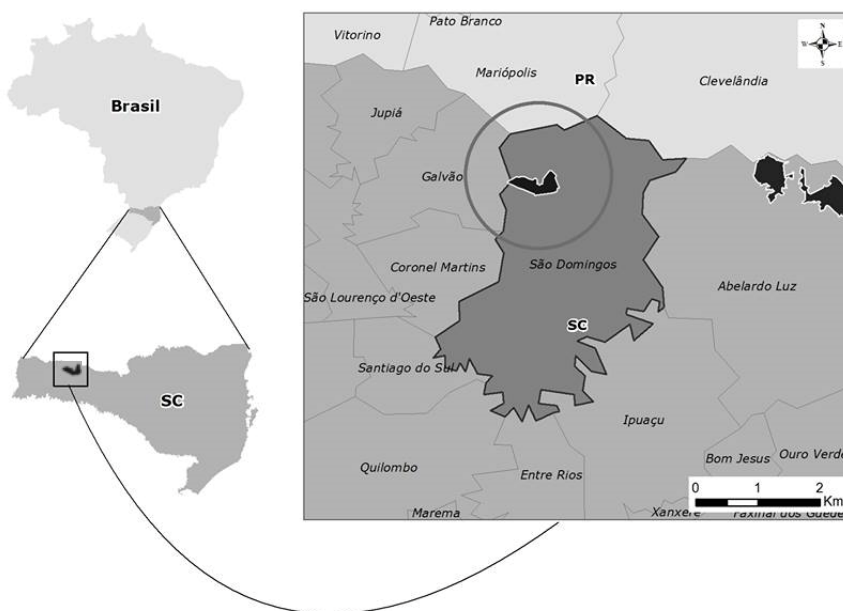
Os impactos sobre os recursos naturais no Brasil, com maior intensidade sobre a biodiversidade, estão presentes em todos os biomas em decorrência, principalmente, do desenvolvimento desordenado de atividades produtivas e ocupação humana (MMA, 2000). A fragmentação dos habitats é um dos problemas no que diz respeito à conservação ambiental, que coloca em risco a preservação de muitas espécies em razão do isolamento e da redução de suas populações. Isso, em longo prazo, pode levar ao declínio acentuado dessas populações e conseqüentemente à extinção (CHIARELLO; MELO, 2001). Este processo ocorre de maneira rápida e muitas vezes irreversível, o que dificulta a elaboração e execução de ações e estratégias que possam efetivamente reduzir ou minimizar tais impactos.

Uma das maneiras de se preservar uma comunidade biológica é através do estabelecimento de áreas legalmente protegidas, o que representa um importante ponto de

partida (PRIMACK; RODRIGUES, 2002). As Unidades de Conservação (UCs) como são chamadas as áreas protegidas no Brasil foram instituídas pela Lei 9.985 que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das, as quais são tidas como sendo um espaço territorial e seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Dentre as UCs existentes no Brasil (MMA, 2000), merecem especial destaque as unidades propostas para a proteção dos últimos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (BRASIL, 2000). A criação de UCs na região oeste de Santa Catarina assume um papel primordial para a perpetuação dos últimos remanescentes florestais da região. Portanto, a criação, em 2003, do Parque Estadual das Araucárias (PEAR) (Figura 1), situado nos municípios de São Domingos e Galvão ($26^{\circ}27'08''S$ e $52^{\circ}33'56''W$), representou uma ação importante de conservação desse patrimônio, incluindo *I. paraguariensis* de ocorrência natural. O PEAR está subordinado à categoria de proteção integral, que se destina à preservação dos ecossistemas naturais e sítios de beleza cênica (MMA, 2000).

Figura 1- Localização do Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil



Fonte: Adaptado de FATMA (2015)

A área do PEAR foi adquirida, em 1966, por uma companhia madeireira (Figura 2), que atuou entre 1981 e 1999, quando teve início o período de restrição à exploração. Em 2001, a Resolução do CONAMA nº 278 proibiu a exploração de espécies ameaçadas de extinção, tais como *Cedrela fissilis* Vell., *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Dicksonia sellowiana* Hook. e *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, presentes no PEAR (PRADO et al., 2013), o que inviabilizou economicamente a atividade madeireira na área. Posteriormente, esta área foi adquirida pela Usina Quebra Queixo através de compensação ambiental, tornando-se uma unidade de conservação (FATMA, 2015).

Figura 2 - Vista aérea da antiga madeireira existente na área do Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, Sul do Brasil



Fonte: FATMA (2015).

HISTÓRICO DA ÁREA

Ilex paraguariensis A.ST.-HIL. (Aquifoliaceae) é uma das espécies que integram a biodiversidade das florestas do Sul da América do Sul e muitas pessoas vivem de sua extração, preparo, cultivo, transporte, comércio e consumo. Os primeiros a fazerem uso da erva-mate foram os índios Guaranis, que habitavam a região definida pelas bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, na época da chegada dos colonizadores espanhóis. A partir da metade do século XVI, a extração de erva-mate foi a atividade econômica mais importante da Província Del Guairá, território que abrange parte do Paraná (MAACK, 1950).

O consumo de bebidas a base de erva-mate remonta há centenas de anos e sua utilização na medicina popular e por herboristas é recomendada para artrite, dor de cabeça, constipação, reumatismo, hemorroidas, obesidade, fadiga, retenção de líquido, hipertensão, digestão lenta e desordens hepáticas. As xantinas, cafeína, teobromina, teofilina e os compostos fenólicos, como ácido clorogênico, ácidos cafeico e os flavonoides, são responsáveis por vários dos efeitos farmacológicos (BASTOS; TORRES, 2003).

O chimarrão foi sendo incorporado aos hábitos de muitos colonizadores e a uma parte da população do sul do continente americano (BOGUSZEWSKI, 2007). É no século XIX que se difundiu o antigo costume Guarani, através do impulso à produção voltada para o comércio. Em suma, a exploração econômica da erva-mate intensificou-se com a chegada de colonos imigrantes ao sul do Brasil, na região de Misiones, na Argentina, e no Paraguai, locais onde são observadas a incidência de ervais nativos (VASCONCELLOS, 2012).

O francês August de Saint-Hilaire, em viagem pela América, chegou várias vezes até o Brasil. Em 1920 esteve no Rio Grande do Sul, e no seu regresso à França, em 1923, entregou um relatório de viagem à Academia de Ciências, do Instituto da França, propondo a designação de *Ilex paraguariensis*, ou *Ilex mate*, à planta encontrada na América do Sul (FAGUNDES, 1984). Sua presença no território catarinense no século XVIII era de conhecimento dos bandeirantes e dos tropeiros que passavam pelo planalto serrano e pelo norte, aprisionando índios, procurando pedras preciosas ou transportando gados muares. Somente após o início da exploração da erva-mate no Paraná, então pertencente à Província de São Paulo, a partir da metade do século XIX, a existência desse produto passou a despertar algum interesse em Santa Catarina.

Especificamente no Brasil, até meados do século XX, o setor ervateiro, assim como o setor primário exportador, passou por um processo de industrialização. A modernização da estrutura de produção fez com que as culturas tradicionais, tais como as geridas por pequenos produtores, fossem gradativamente deslocadas para uma posição secundária no mercado, com diminuição relativa nas quantidades físicas e no valor da produção (KICHRL, 2002; LUZ, 2011).

O início das atividades ervateiras no planalto norte catarinense está associado a dois grandes movimentos: a expansão da exploração no Paraná, em direção aos rios Negro e Iguaçu, e a colonização do norte catarinense a partir de Joinville, com a fundação de São Bento, Rio Negrinho e Campo Alegre. A partir da metade do século XIX, foi constituído no Paraná um grande complexo ervateiro, conjugando a utilização da navegação fluvial, os caminhos em direção ao litoral e as ferrovias (FAGUNDES, 1984). A consolidação e a

expansão do complexo ervateiro no Paraná criaram condições para o crescimento das atividades de extração, beneficiamento, comercialização e transporte no planalto norte catarinense e na região próxima aos rios Iguaçu e Negro. Após a fundação de Joinville, em 1851, e a expansão da colonização para os Campos de São Miguel, a presença da erva-mate possibilitou a fixação dos colonos em São Bento, Rio Negrinho e Campo Alegre, e criou as bases para a formação do complexo ervateiro em Santa Catarina (FICKER, 1965).

Em Canoinhas e Porto União, havia a presença de grandes ervais, onde era colhida e sapecada a erva-mate, para depois ser transportada e comercializada em Mafra. Sua produção criou e ampliou o mercado regional com a presença de engenhos, oficinas, fábricas de barricas, carroções, ferrarias, casas comerciais, companhias de navegação e outros. Muitos comerciantes que atuavam na compra e venda de mercadorias em geral passaram a se dedicar também ao comércio da erva-mate (MAACK, 1950). Foi nessa época que iniciou a exploração dos ervais nativos na região de São Domingos e Galvão, área em que hoje corresponde ao Parque Estadual das Araucárias – PEAR, local deste estudo.

O ciclo da erva-mate ocorreu de forma extrativista e desorganizada, com a consequente supressão dos ervais, juntamente com as florestas nativas (ANDRADE, LINO, SIMÕES, 1999; LUZ, 2011).

DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

O gênero *Ilex* possui mais de 475 espécies, das quais 58 ocorrem no Brasil. *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. var. *paraguariensis* (Aquifoliaceae), também conhecida como erva-mate, é espécie arbórea perenifólia não endêmica da floresta ombrófila mista na América do Sul, raramente chega até 25 m de altura e 70 cm de diâmetro do caule na floresta (Grosso, 2011).

Ilex paraguariensis é popularmente conhecida como erva-mate, congonha, congonha, erva-congonha, erva, mate (índios quíchuas), congoín, caáguasçu, congonha grande, orelha de burro, caá (índios brasileiros), erva piriquita. Trata-se de espécie dióica, arbórea (com até 15 m de altura) (Figura 3) ou arbustiva, com lenho de cor cinzento-escuro, castanho escuro ou preto quando seco e, quando novo, cinzento, amarelo-castanho ou castanho (EDWIN; REITZ, 1967).

Figura 3 – Exemplar de *Ilex paraguariensis* no Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, sul do Brasil



Fonte: G. P. Prado

A espécie possui folhas com limbo finamente coriáceo, obovado até largamente obovado, margens irregulares, subdistinta, grossa, menos vezes finamente crenadas, ocasionalmente crenado-crenuladas, ápice obtuso ou arredondado, base aguda, longo-aguda ou cuneda, nervuras laterais sub-obsoletas até aparentes por cima e por baixo, não pontuadas, pecíolos às vezes um pouco gibosos na base, 7-15 mm de comprimento (Figura 4) (EDWIN; REITZ, 1967).

Figura 4 – Folhas de *Ilex paraguariensis*, Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, sul do Brasil



Fonte: G. P. Prado

As inflorescências geralmente fasciculadas de cor branca, nascidas sobre ramos mais velhos e axilares nas folhas. Flores femininas: 4-5, raramente 6-meras e pediceladas, um pedúnculo curto com três flores é muito raro. Flores masculinas: 5,5-7,0 mm de diâmetro, dispostas como as femininas ou às vezes pedunculadas, pedúnculos 1x ramificados, com 3-5 pedicelos e flores; cálice ca. 3 mm de diâmetro, pateliforme até subcupuliforme, os lobos ovados, obtuso, e ciliados são maiores que o tubo (Figura 5) (EDWIN; REITZ, 1967).

Figura 5 – Flores masculinas de *Ilex paraguariensis* presentes no Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, sul do Brasil



Fonte: G. P. Prado

Fruto: drupa preta quando seca ou menos vezes escuro vermelho-negra, negra ou opaca, sub-lisa até rugosa, globosa ou ovoideo-globosa, 4,0-5,5 mm de diâmetro, estigma pontuado, discóideo-pontuado ou pontuado-subcoronado, mesocarpo copioso, glutinoso (Figura 6) (EDWIN; REITZ, 1967).

Figura 6– Frutos de *Ilex paraguariensis* presentes no Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, sul do Brasil



Fonte: G. P. Prado

O crescimento da erva-mate é lento, sendo que a taxa inicial anual de crescimento em altura, sob condições ótimas de solo e de baixa competição, pode chegar a 1 m (CARVALHO, 2003).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE OCORRÊNCIA

A espécie ocorre em diversos domínios na mata atlântica, floresta ombrófila mista, floresta estacional que apresentam solos com baixos teores de cátions trocáveis, altos teores de alumínio e pH baixo. Em relação à física do solo, essa espécie prefere solos de profundidade média (acima de 30 cm) a profundos, com boa permeabilidade. A textura dos solos pode variar de franca (entre 15% a 35% de argila) a argilosa (acima de 35%) (CARVALHO, 2003).

Desbastando-se o estrato arbustivo e parcialmente a sub-mata dos pinhais e imbuías, constata-se paulatinamente o crescimento de um grande número de plantas novas de erva-

mate, formando aos poucos, densos agrupamentos, produzindo os conhecidos “ervais”, tão comuns e característicos nos pinhais. As pequenas variações que se constataam na erva-mate, se relacionam principalmente quanto ao tamanho e consistência do limbo das folhas, bem como à cor do pecíolo e nervura principal.

Assim, os ervateiros (EDWIN; REITZ, 1967) distinguem geralmente quatro tipos de erva-mate: 1º - erva-mate com folhas pequenas, coriáceas e pecíolo branco; 2º - erva-mate com folhas pequenas, coriáceas e pecíolo roxo; 3º - erva-mate com folhas grandes, membranaceas e pecíolo branco e 4º - erva-mate com folhas grandes, membranáceas e pecíolo roxo.

São várias as classificações para *I. paraguariensis* (GROPPO, 2011), entretanto a mais antiga e com menos controvérsia descreve quatro variedades (EDWIN; REITZ, 1967), e apenas a variedade *paraguariensis* é de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias (PEAR) (REIS et al., 2011).

São reconhecidos no PEAR dois morfotipos de *I. paraguariensis* var. *paraguariensis* de ocorrência natural, denominados de “piriquita” e “manteiga” (Figura 7). Os ervateiros argentinos e brasileiros (gaúchos e catarinenses) reconhecem estes morfotipos pela morfologia foliar distinta e pelo sabor característico, amargo ou suave. O morfotipo “piriquita” (Figura 7a) apresenta folhas pequenas, coriáceas, escuras e pecíolo roxo, enquanto o “manteiga” (Figura 7b) tem folhas maiores, claras, membranosas e pecíolo branco (DA CROCE; FLOSS, 1999; DANIEL, 2009). Foram registradas diferenças na composição química nos estudos realizados que comparam os dois morfotipos no PEAR (G. P. PRADO et al., dados não publicados).

Figura 7– Morfotipos piriquita (a) e manteiga (b) de *Ilex paraguariensis* presentes no Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, sul do Brasil



Fonte: G. P. Prado

A altitude de ocorrência natural de erva-mate varia de 400 a 1800 m em sua área de ocorrência natural (Figura 8). Entretanto, na Região Sul, ela pode ocorrer em altitudes inferiores a 400 m, como em Foz do Iguaçu (160 m) e Florianópolis (25 m) (CARVALHO, 1994).

Figura 8 - Áreas de ocorrência natural de *Ilex paraguariensis* no Brasil, Paraguai e Argentina



Fonte: Adaptado de Mazuchowski (1988).

A temperatura média anual da área de ocorrência da erva-mate pode variar de 12°C a 24°C, com maior distribuição de 15°C a 18°C. A temperatura média do mês mais frio varia de 8°C a 19°C e a temperatura média do mês mais quente varia de 18°C a 26°C. Dois tipos climáticos, segundo Köppen, são citados para a área de ocorrência natural, Cfb (clima temperado) e Cfa (clima subtropical), embora possam ocorrer em menor escala em Cwa, Cwb e Aw (OLIVEIRA; ROTTA, 1985; CARVALHO, 1994). A precipitação média anual está em torno de 1500 mm, variando de 1100 mm a 2300 mm e o regime de chuvas é uniforme na maior parte da sua área (Região Sul) e estacional, com chuvas concentradas no verão, com estação seca pouco pronunciada no inverno (CARVALHO, 1994).

OBJETIVOS E HIPÓTESES

A tese tem por objetivo geral contribuir para o conhecimento da ecologia populacional de *I. paraguariensis*, visando sua conservação. Ela é composta por dois capítulos. No capítulo 1, tem-se por objetivos específicos avaliar a fenologia de *I. paraguariensis* e testar as relações com variáveis climáticas. Foram consideradas as seguintes hipóteses: (i) a fenologia vegetativa e reprodutiva de *I. paraguariensis* difere entre os dois morfotipos; (ii) a sazonalidade interfere na ocorrência das fenofases vegetativa e reprodutiva de *I. paraguariensis*. No capítulo 2, objetiva-se investigar se a população está em expansão, analisar se há variações nas taxas vitais e se elas afetam o crescimento populacional. As

seguintes questões foram formuladas: (i) a população está em crescimento? (ii) qual taxa vital apresenta maior elasticidade? (iii) que diretrizes podem ser propostas para planos de manejo e conservação da espécie?

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.M. **Diagnóstico da cadeia produtiva da erva-mate** (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). São Mateus do Sul: Consultoria, 1999. 92 p.
- BASTOS, D. H. C.; TORRES, E. A. F. S. Bebidas a base de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e saúde pública. **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, São Paulo v. 26, p. 77 -89, 2003.
- BOGUSZEWSKI, J. H. **Uma história cultural da erva-mate**: o alimento e suas representações. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em História) - Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 09 maio 2015.
- BRUNA, E. M; OLI, M. K. Demographic effects of habitat fragmentation on a tropical herb: life-table response experiments. **Ecology**, v. 86, n. 7, p.1816–1824, 2005.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa Floresta, 1994. p. 280-287.
- CHIARELLO, A. G.; MELO, F. R. Primate population densities and sizes in Atlantic forest remnants of northern Espírito Santo, Brazil. **International Journal of Primatology**, Londres, v. 22, n. 3, p. 379-96, 2001.
- CRONE, E. E. et al. How do plant ecologists use matrix population models? **Ecology Letters**, v.14, n. 1, p.1–8, 2011.
- DA CROCE DM, FLOSS PA. **Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI; 1999. 81 p. (Boletim técnico; v. 100).
- DANIEL O. Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial. Dourados: UFGD; 2009.
- EDWIN G, REITZ R. Aquifoliáceas. I Parte Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. 47 p. **As Plantas**. Flora Ilustrada Catarinense.

FAGUNDES, G. C. **Cevando mate**: no rumo de uma cultura própria. 4. ed. Porto Alegre: Habitasul, 1984.

FATMA - Fundação de Meio Ambiente. **Plano de Manejo – Fase II – Parque Estadual das Araucárias**: 1ª versão do plano revisado. Florianópolis: Apremavi, 2015. 350 p.

FICKER, C. **História de Joinville**: subsídios para a crônica da Colônia Dona Francisca. Joinville: Ipiranga, 1965.

FORTINI L. B. et al. Altered resource availability and the population dynamics of tree species in Amazonian secondary forests. **Oecologia**, v.162, p. 923–934, 2009.

GROPPO M. *Aquifoliaceae* In **flora do Brasil 2020** em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2011.

<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB50>

KICHRL, I. **Aspectos econômicos da atividade ervateira no Rio Grande do Sul**. 2002. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

LUZ, M. **Carijós e barbaquás no Rio Grande do Sul**: resistência camponesa e conservação ambiental no âmbito da fabricação artesanal de erva-mate. 2011. 223 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MAACK, R., 1950. Notas complementares a apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do Estado do Paraná (Brasil). **Arquivos do Museu Paranaense**, 7, 351-361.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Manual da erva-mate**. Curitiba: Emater-PR. 1988.

MENGES E. S. Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. **Trends Ecology and Evolution**, v. 15, n. 2, p. 51-56, 2000.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Lei n. 9985 de 18 julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, 2000.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10, 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p.17-36.

PRADO, G. P; PASSOS, M.G.; BIANCHINI, E.; ALMEIDA, S. M. Z.; ALMEIDA, L. P., FABRIS, D. Espécies ameaçadas de extinção presentes no Parque Estadual das Araucárias, São Domingos e Galvão-SC. **64º Congresso Nacional de Botânica**. 2013. Disponível em: <<https://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins18768-id6014.pdf>>. Acesso: 18 setembro 2017.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2002. 326 p.

REIS A, FREITAS DM, CURY RK. Apresentação das listas das espécies vegetais catarinenses das divisões angiospermas, gimnospermas e pteridófitas. **Sellowia**, 2011; 56

(63): 11-256.

http://www.fatma.sc.gov.br/upload/Flora/lista_de_especies_de_vetais_catarinenses.pdf

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

TOMIMATSU H.; OHARA M. Demographic response of plant populations to habitat fragmentation and temporal environmental variability. **Oecologia**, v. 162, n. 4, p. 903–911, 2010.

VASCONCELLOS, F. C. F. **Os impactos da criação do Mercosul no mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul**. 2012. 66 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ZUIDEMA, P. A.; BRIENEN R. J.; DURING H. J.; GÜNERALP B. Do persistently fast-growing juveniles contribute disproportionately to population growth? A new analysis tool for matrix models and its application to rainforest trees. **The American Naturalist**, v. 174, n.5, p. 709–719, nov. 2009.

ZUIDEMA, P. A.; YAMADA, T.; DURING H. J.; ITOH A.; YAMAKURA T.; OHKUBO T.; KANZAKI M.; TAN S.; ASHTON P. S. Recruitment subsidies support tree subpopulations in non-preferred tropical forest habitats. **Journal of Ecology**, v. 98, n. 3, p. 636–644, 2010.

**FENOLOGIA DE *Ilex paraguariensis* A.ST.-HIL. DE OCORRÊNCIA NATURAL NO
SUL DO BRASIL**

Artigo a ser submetido à revista Floresta e Ambiente

RESUMO

Com o objetivo de identificar a época de ocorrência das fenofases vegetativas e reprodutivas de indivíduos masculinos e femininos de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. e a relação das fenofases com variáveis ambientais. Foram realizadas observações mensais de março de 2013 a abril de 2017 no Parque Estadual das Araucárias, Santa Catarina, sul do Brasil. Foram amostrados 54 indivíduos de *I. paraguariensis*, considerando dois morfotipos de ocorrência natural. Foi realizada a correlação de Spearman ($p \leq 0,05$) entre a atividade de indivíduos apresentando determinada fenofase e o valor da variável climática do respectivo mês. As fenofases vegetativas ocorreram em períodos distintos das fenofases reprodutivas e, em geral, o padrão fenológico foi similar entre os morfotipos. As temperaturas tiveram correlações positivas e significativas com frutos imaturos e com a abertura das flores dos indivíduos masculinos, contudo para ambos os sexos as temperaturas tiveram correlação negativa com a abscisão e brotação foliar. A precipitação não apresentou influência na ocorrência das fenofases.

Palavras-chave: erva mate, floresta ombrófila mista, unidades de conservação.

**PHENOLOGY OF *Ilex paraguariensis* A.ST.-HIL. OF NATURAL OCCURRENCE IN
SOUTHERN BRAZIL**

ABSTRACT

This study aimed to identify the period of occurrence of vegetative and reproductive

phenophases on male and female *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil tree. The study was performed from March 2013 to April 2017 in Araucaria State Park, Santa Catarina, Southern Brazil. Fifty four individuals of *I. paraguariensis* were sampled, considering two natural occurring morphotypes. The Spearman correlation ($p \leq 0.05$) was performed in the activity of individuals presenting the phenophase and the value of the climatic variable for each month. The phenological pattern of males and females was similar for the two morphotypes. Vegetative phenophases occurred at distinct periods of reproductive phenophases. The temperatures had positive and significant correlations with immature fruits and with the anthesis of the male individuals. However, the temperatures had negative correlation with the abscission and leaf sprouting for both sexes.

Keywords: conservation units, erva-mate, mixed ombrophilus forest.

INTRODUÇÃO

A ciência que tem como intuito estudar a ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas é denominada fenologia (Lieth, 1974). Estudos fenológicos contribuem para o entendimento da ecologia de espécies, contemplando a organização temporal e espacial dos recursos dentro das comunidades (Morellato & Leitão-Filho, 1996), buscando compreender e incorporar as fases de reprodução, crescimento e senescência, associada às condições ambientais e evolutivas (Forrest & Miller-Rushing, 2010).

Os fatores que influenciam os ritmos fenológicos podem ser divididos em bióticos e abióticos. Os fatores bióticos incluem as adaptações morfológicas e fisiológicas, além da interação com polinizadores, dispersores, patógenos e predadores (Van Schaik et al., 1993; Fenner, 1998). Entre os fatores abióticos, a precipitação e a temperatura são os principais que atuam no comportamento fenológico das espécies, especialmente em florestas tropicais

(Mendoza et al., 2017).

A sensibilidade das plantas em responder às variações climáticas globais são muito importantes (IPCC, 2007), o que tem estimulado estudos de fenologia, considerando que as possíveis mudanças climáticas podem alterar significativamente a ocorrência de eventos fenológicos nas plantas (Mendoza et al., 2017).

São frequentes os estudos científicos com *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. (Aquifoliaceae) de ordem agrônômica ou para uso na saúde (Schubert et al., 2006; Heck & De Mejia, 2007; De Biasi et al., 2009), entretanto, estudos que consideram a erva mate de ocorrência natural, entre eles os de fenologia, são escassos. Embora a espécie seja típica do sub-bosque da Floresta Ombrófila Mista, é raro encontrá-la na vegetação de ocorrência natural devido à extensa exploração, mas facilmente encontrada em cultivos, os conhecidos ervais (Grosso, 2011).

Existem várias classificações para *I. paraguariensis* (Grosso, 2011; Edwin & Reitz, 1967) mas somente a *I. paraguariensis* var. *paraguariensis* é de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias (PEAR), Santa Catarina, Brasil (Reis et al., 2011). No PEAR são reconhecidos dois morfotipos de *I. paraguariensis* var. *paraguariensis* de ocorrência natural, denominados de “piriquita” e “manteiga”. O morfotipo “piriquita” apresenta folhas pequenas, escuras e pecíolo roxo, sabor amargo enquanto o morfotipo “manteiga” tem folhas maiores, claras e pecíolo branco, sabor suave (Da Croce & Floss, 1999; Daniel, 2009). Foram registradas diferenças na composição química nos estudos realizados que comparam os dois morfotipos no PEAR (G. P. PRADO et al., dados não publicados).

Diante deste contexto, este estudo teve como objetivo determinar a ocorrência das fenofases de indivíduos de *I. paraguariensis* localizados no PEAR considerando os morfotipos “piriquita” e “manteiga”. Foram consideradas as seguintes hipóteses: (i) a fenologia vegetativa e reprodutiva de *I. paraguariensis* difere entre os dois morfotipos; (ii) a

sazonalidade climática interfere na ocorrência das fenofases vegetativa e reprodutiva de *I. paraguariensis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no PEAR (26°27'08"S e 52°33'56"W), situado na região oeste de Santa Catarina nos municípios de São Domingos e Galvão. Esta unidade de conservação, com área de 612 ha foi criada a partir do Decreto Estadual nº 293, de 30 de maio de 2003. Até meados de 2002, a atividade existente era de extração e beneficiamento de madeiras nobres, especialmente *Araucaria angustifolia* (Fatma, 2015). A área caracteriza-se por um mosaico sucessional, com diferentes estádios de regeneração e conservação, sendo em sua maioria caracterizado como bom estado de conservação (Passos, 2016).

O clima da região é do tipo Cfb – com verão ameno (Alvares et al., 2013). As temperaturas variam de -3°C a 18°C podendo ser superiores a 22°C nos meses mais quentes. A precipitação média anual é de aproximadamente 2.400 mm (Santa Catarina, 1986). A região fitoecológica predominante no PEAR é a Floresta Ombrófila Mista com altitudes que variam de 700 a 860 m caracterizada pela ocorrência de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, no estrato superior e, sob este, presença de uma flora bastante diversa (Klein, 1978). Pode-se observar que as maiores variações de precipitação ocorreram no inverno, com os meses de maior e menor precipitação ao longo do período de estudo (Figura 1). As maiores precipitações ocorreram em junho de 2014 e julho de 2015 com 538,8 e 498,2 mm, respectivamente. Os meses de menor precipitação foram agosto de 2015 e junho de 2016 com valores de 54,2 e 36,2 mm respectivamente.

Em relação às temperaturas, os maiores valores ocorreram no verão, com média de temperaturas máximas de 28,4°C entre os meses de novembro a fevereiro, sendo a maior

temperatura registrada em fevereiro de 2014 com 30,1°C. Para as temperaturas mínimas, as menores ocorreram no inverno, entre os meses de junho até setembro, com média de 11,8°C, sendo a menor temperatura registrada em junho de 2016 com 7,7°C (Figura 1).

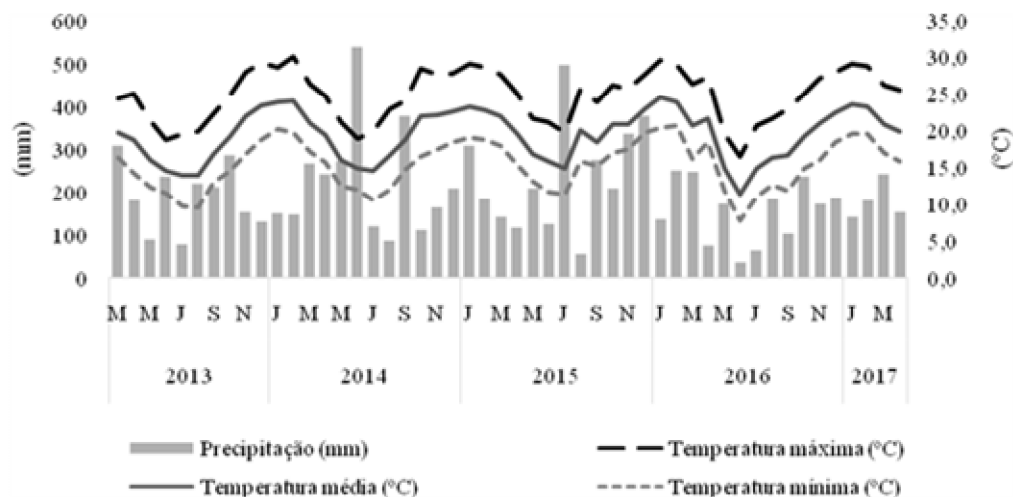


Figura 1. Precipitação e temperatura para a região de Chapecó-SC, sul do Brasil, durante o período de estudo.

Figure 1. Rainfall and temperature for Chapecó-SC region, southern Brazil, during the study period.

Fonte: INMET, 2017.

Amostragem

Foram amostrados 54 indivíduos de *I. paraguariensis*, sendo 19 masculinos e 17 femininos do morfotipo manteiga e 10 masculinos e oito femininos do morfotipo piriquita. Foram escolhidos indivíduos em idade reprodutiva, com boa visibilidade da copa e de fácil acesso. A proporção entre árvores masculinas e femininas utilizadas no estudo foi de 1,2 masculinos para cada feminina, valor que é corroborado por estudos de Sturion et al. (1995) que encontrou esta frequência em ambientes não plantados. Os indivíduos amostrados foram mapeados com auxílio de GPS e numerados com plaquetas.

As observações foram realizadas, mensalmente, de março de 2013 a abril de 2017, com o auxílio de binóculos seguindo os critérios propostos por Morellato et al. (1989) e Bianchini et al. (2006): abscisão foliar, brotamento foliar (pequenas folhas, com até metade do tamanho da folha madura e de coloração verde clara), botões florais, flores abertas (antese), frutos imaturos, frutos maduros (fase de dispersão). As folhas, flores e frutos caídos no chão também foram utilizados como indicadores da presença de atividade fenológica. Cada fenofase foi registrada qualitativamente, como presença ou ausência (Bencke & Morellato, 2002).

Análise dos resultados

Foram elaborados histogramas circulares das fenofases, considerando a porcentagem de indivíduos em cada fenofase em cada mês, sendo calculadas as datas médias (ângulo médio) de cada fenofase vegetativa e reprodutiva, e a concentração (r) da espécie em torno dessas datas médias, utilizando-se o teste Rayleigh (z) para distribuições circulares (Zar, 1999). Para identificar diferenças entre os dois morfotipos foi utilizado o teste de Watson Williams (F), as análises foram realizadas utilizando programa ORIANA (Kovach, 2004).

As variáveis climáticas analisadas foram precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C) e temperatura mínima (°C), obtidas a partir da estação meteorológica de Chapecó, no estado de Santa Catarina (INMET, 2017) sob coordenadas 27°08'52"S e 52°63'55"W. Utilizou-se o teste de correlação de Spearman ($p \leq 0,05$) entre a porcentagem de indivíduos apresentando determinada fenofase e o valor da variável meteorológica em questão daquele mês. As correlações foram feitas no software Statgraphics Centurion (2009).

RESULTADOS

O padrão fenológico vegetativo foi similar entre os sexos e entre os morfotipos. A

abscisão foliar ocorreu de maio até agosto de cada ano, com o maior número de indivíduos perdendo folhas em maio (Figura 2). A brotação foliar começou em junho e estendeu-se até outubro de cada ano, com pico de indivíduos em setembro (Figura 3). Portanto, houve a ocorrência simultânea das duas fenofases em alguns meses.

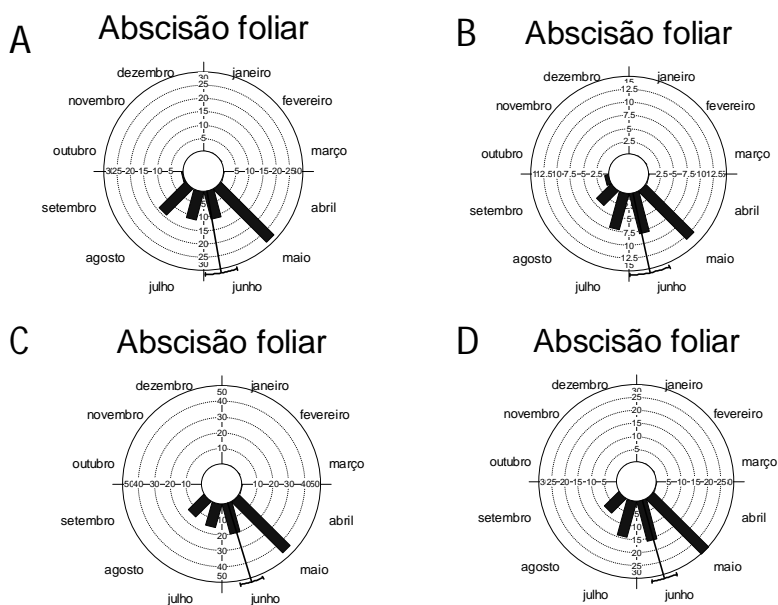


Figura 2. Abscisão foliar em dois morfotipos de *Ilex paraguariensis* de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

Figure 2. Leaf abscission on two natural occurring morphotypes of *Ilex paraguariensis* in Araucaria State Park (PEAR), SC, southern Brazil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

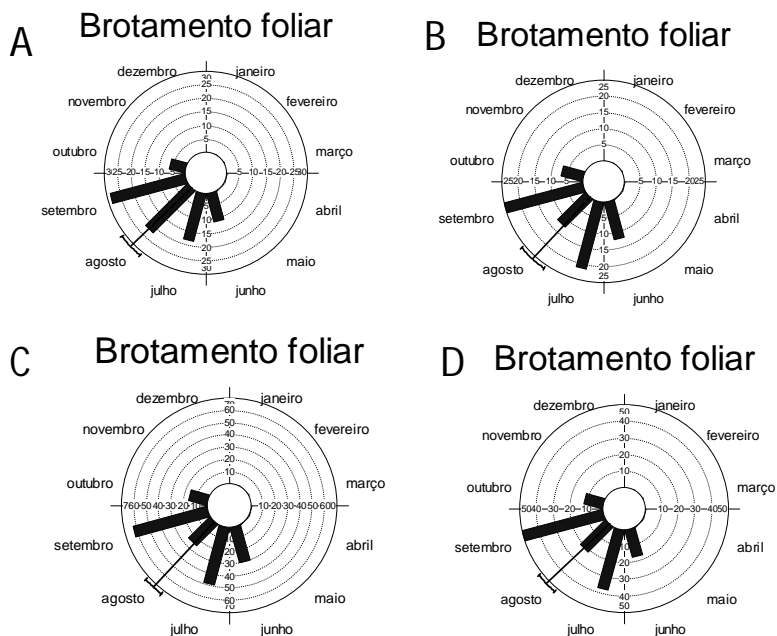


Figura 3. Brotamento foliar em dois morfotipos de *Ilex paraguariensis* de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

Figure 3. Sprouting leaf on two naturally occurring morphotypes of *Ilex paraguariensis* in Araucaria State Park (PEAR), SC, southern Brazil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

A produção de botão floral iniciou no mês de setembro e progrediu até novembro, para a maioria dos indivíduos de ambos os sexos dos dois morfotipos, com a ocorrência de alguns indivíduos masculinos de ambos os morfotipos apresentando botão floral no mês de dezembro (Figura 4). O período de antese foi mais longo no morfotipo “piriquita”, com os indivíduos masculinos apresentando esta fenofase de outubro a fevereiro e os femininos de setembro a dezembro. Para o morfotipo “manteiga” esta fenofase se estendeu de outubro a dezembro, em ambos os sexos (Figura 5).

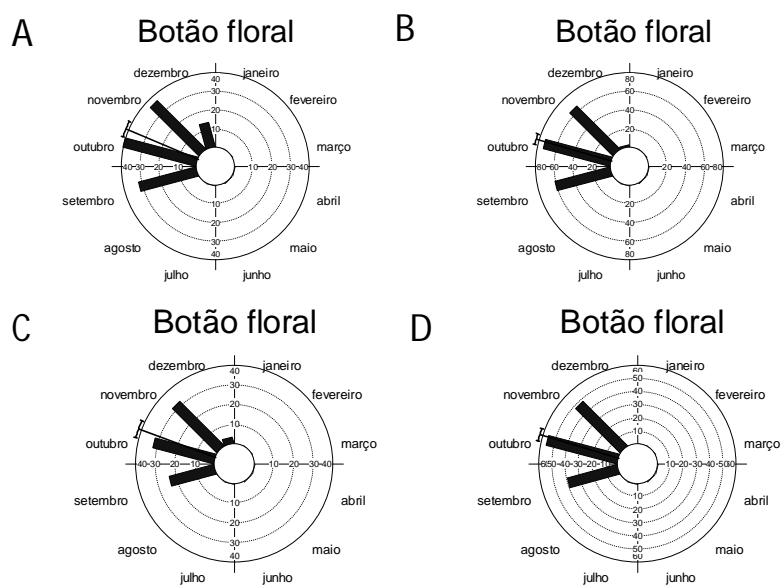


Figura 4. Produção de botão floral em dois morfotipos de *Ilex paraguariensis* de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

Figure 4. Flower buds production on two natural occurring morphotypes of *Ilex paraguariensis* in Araucaria State Park (PEAR), SC, southern Brazil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

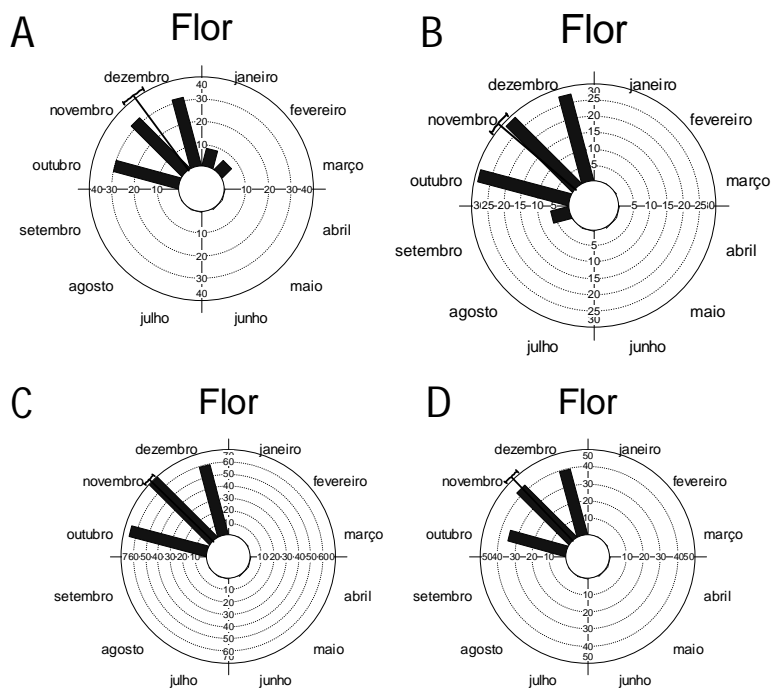


Figura 5. Antese floral em dois morfotipos de *Ilex paraguariensis* de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

Figure 5. Floral anthesis on two naturally occurring morphotypes of *Ilex paraguariensis* in Araucaria State Park (PEAR), SC, southern Brazil. A - piriquita-masculino; B - piriquita-feminino; C - manteiga-masculino; D - manteiga-feminino.

A produção de frutos teve início em novembro e progrediu até abril, com a maturação e dispersão dos frutos se estendendo de março a maio com pico em abril, para os dois morfotipos (Figura 6). O desenvolvimento dos frutos durou, em média cinco meses, até alcançarem maturação e tornarem-se aptos para a dispersão. O período em que os frutos estavam aptos para dispersão foi de três meses (março a maio) para os dois morfotipos.

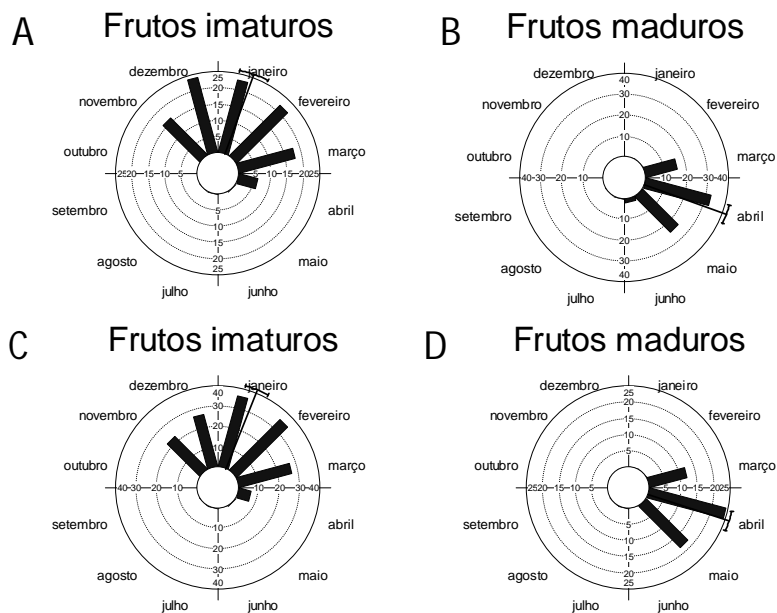


Figura 6. Frutos imaturos e maduros em dois morfotipos de *Ilex paraguariensis* de ocorrência natural no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil. A, B - piriquita; C, D - manteiga.

Figure 6. Green and ripe fruits on two natural occurring morphotypes of *Ilex paraguariensis* in Araucaria State Park (PEAR), SC, southern Brazil. A, B - piriquita; C, D - manteiga.

A data média de ocorrência das fenofases vegetativas e reprodutivas para os indivíduos masculinos e femininos dos dois morfotipos foram as mesmas. Portanto, os padrões fenológicos vegetativos e reprodutivos foram semelhantes entre os morfotipos.

A análise dos testes da estatística circular indicam forte sazonalidade das fenofases, onde os eventos fenológicos podem ser considerados concentrados (valor de $r > 0,5$) para a espécie. Nas fenofases vegetativas, os valores foram iguais ou superiores a 0,81 e 0,80 para abscisão foliar e brotação, respectivamente. Quanto às fenofases reprodutivas, a produção de botões florais e a antese também foram concentradas ($r \geq 0,85$), assim como os frutos maduros ($r \geq 0,93$). A fenofase frutos imaturos, foi o evento menos concentrado ($r \geq 0,74$) (Tabelas 1 e 2) quando comparado aos demais.

Tabela 1. Resultados das análises da estatística circular testando a ocorrência de sazonalidade nas fenofases de *Ilex paraguariensis* morfotipo “piriquita” no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil.

Table 1. Results of circular statistic analysis for the occurrence of seasonality in the phenophases of “Piriquita” morphotype of *Ilex paraguariensis* in the Araucaria State Park, SC, southern Brazil.

Fenofase	Nº de Observação	Data média (mês)	Desvio Padrão circular	Comprimento médio do Vetor r	Teste de Uniformidade Rayleigh (p)
Masculino					
Abscisão foliar	65	Junho	37,313°	0,81	< 0
Brotamento foliar	86	Agosto	34,111°	0,84	< 0
Botão floral	123	Outubro	28,174°	0,89	< 0
Flor	108	Novembro	32,65°	0,85	< 0
Feminino					
Abscisão foliar	33	Junho	33,992°	0,84	< 0
Brotamento foliar	77	Agosto	37,593°	0,81	< 0
Botão floral	92	Outubro	24,776°	0,91	< 0
Flor	92	Novembro	26,748°	0,90	< 0
Frutos imaturos	109	Janeiro	44,112°	0,74	< 0
Frutos maduros	74	Abril	22,164°	0,93	< 0

Tabela 2. Resultados das análises da estatística circular testando a ocorrência de sazonalidade nas fenofases de *Ilex paraguariensis* morfotipo “manteiga” no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil.

Table 2. Results of circular statistic analysis for the occurrence of seasonality in the phenophases of “Manteiga” morphotype of *Ilex paraguariensis* in the Araucaria State Park, SC, southern Brazil.

Fenofase	Nº de Observação	Data média (mês)	Desvio Padrão circular	Comprimento médio do Vetor r	Teste de Uniformidade Rayleigh (p)
Masculino					
Abscisão foliar	94	Junho	32,636°	0,85	< 0
Brotamento foliar	182	Agosto	38,121°	0,80	< 0
Botão floral	205	outubro	23,432°	0,92	< 0
Flor	195	novembro	22,666°	0,92	< 0
Feminino					
Abscisão foliar	68	Junho	30,922°	0,86	< 0
Brotamento foliar	137	Agosto	36,256°	0,81	< 0
Botão floral	144	outubro	21,969°	0,92	< 0
Flor	118	novembro	22,526°	0,92	< 0
Frutos imaturos	154	Janeiro	42,599°	0,75	< 0
Frutos maduros	54	Abril	20,515°	0,93	< 0

Como os resultados obtidos para as fenofases vegetativas e reprodutivas não diferiram significativamente para os dois morfotipos, para as análises de correlações não foram considerados os dois morfotipos, apenas o número de indivíduos masculinos e femininos que apresentaram cada fenofase.

A precipitação não apresentou correlação significativa com as variáveis fenológicas, evidenciando a não influência dessa variável na fenologia dos indivíduos femininos e

masculinos (Tabela 3).

As temperaturas apresentaram correlações negativas significativas com a brotação e abscisão foliar, para ambos os sexos (Tabela 3), ou seja, a renovação e queda das folhas ocorreu no período de menores temperaturas (Figuras 2 e 3). Para os indivíduos masculinos a abertura da flor apresentou correlações significativas e positivas com as temperaturas, indicando que o aumento da temperatura foi determinante para a abertura da flor (Tabela 3). Correlações positivas e significativas foram encontradas entre a fenofase fruto imaturo e as temperaturas máxima, média e mínima, indicando que o desenvolvimento do fruto depende do aumento da temperatura, ocorrendo principalmente no verão (Figura 6).

Tabela 3. Correlações de Spearman entre as variáveis climáticas e as fenofases de indivíduos masculinos e femininos de *Ilex paraguariensis* no Parque Estadual das Araucárias, SC, sul do Brasil.

Table 3. Spearman correlations between phenological and climatic variables for female and male individuals of *Ilex paraguariensis* in the Araucaria State Park, SC, southern Brazil.

Correlações	Feminino						Masculino			
	Ab	Br	Bf	An	Fi	Fm	Ab	Br	Bf	An
P	-0,19	0,09	0,18	0,20	0,00	0,05	-0,19	0,09	0,20	0,09
T. máxima	-0,45**	-0,56**	0,20	0,26	0,81**	-0,25	-0,44**	-0,55**	0,19	0,63**
T. média	-0,44**	-0,57**	0,18	0,25	0,82**	-0,21	-0,43**	-0,57**	0,17	0,61**
T. mínima	-0,41**	-0,57**	0,14	0,22	0,81**	-0,15	-0,40**	-0,56**	0,13	0,57**

P = precipitação; T. = temperatura; Ab = abscisão foliar; Br = brotação foliar; Bf = botão floral; An = antese; Fi = Fruto imaturo; Fm = fruto maduro. * = significativo à 5%; ** = significativo à 1%.

DISCUSSÃO

No estudo pode-se observar que *I. paraguariensis* apresentou padrão fenológico

recorrente ao longo dos anos, para ambos os sexos, sendo que os eventos sincrônicos são importantes por que caracterizam as plantas como sazonais (Rubim et al., 2010).

A sazonalidade climática está relacionada à temperatura, pois para a região da Floresta Ombrófila Mista ocorrem variações marcantes nas temperaturas ao longo dos anos (Oliveira et al., 2016) e a ocorrência de geadas severas (Morellato et al., 2000). Estas variações de temperatura podem atuar como estímulo ou como impedimento à floração, frutificação e renovação das folhas. A análise dos resultados obtidos indicam que as fenofases de *I. paraguariensis* são sazonais e esta é determinada pela temperatura.

Não apresentou correlação com a precipitação, similar a outras espécies de Floresta Ombrófila Mista (Milani et al., 2015) em estudo de fenologia em Floresta Aluvial. Isso por que a região apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano. As fenofases frutos imaturos e flores abertas de indivíduos masculinos foram positivamente e significativamente correlacionadas com as temperaturas, especialmente com temperaturas mínimas e podem sugerir a necessidade da espécie de obter algum período em temperaturas baixas para a ocorrência da fenofase (Liebsch & Mikich, 2009).

Os resultados para a fenologia vegetativa indicam que a abscisão foliar apresentou mais expressiva no mês de maio, perdurando até agosto, corroborando as informações de Milani et al. (2015), que relataram a senescência e abscisão foliar das espécies nativas entre o outono e o inverno. Segundo Larcher (2004), nestas estações do ano (outono e inverno) o metabolismo da maioria das plantas diminui. Marchioretto et al. (2007) estudando a fenologia vegetativa de espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul (Floresta Estacional), observaram que a intensidade de ocorrência de folhas maduras ao longo de todo ano é superior aos eventos de queda foliar, corroborando com os resultados obtidos nesse estudo.

O brotamento foliar atingiu maior intensidade após o período de queda de folhas. A produção de novas folhas é frequentemente correlacionada com queda foliar (Morellato et al.,

1989). A sincronia de brotamento, conforme observado em *I. paraguariensis*, em nível populacional, tem sido relacionada a uma estratégia de escape à herbivoria (Janzen, 1975) ou para evitar a emissão de novas folhas durante estações desfavoráveis (Van Schaik et al., 1993). Estas informações sugerem que *I. paraguariensis* apresenta estas estratégias em sua fenologia vegetativa.

No aspecto reprodutivo, *I. paraguariensis* apresentou período de floração (botão floral e antese) entre setembro e fevereiro, situação muito recorrente em espécies da Floresta Ombrófila Mista (Liebsch & Mikich, 2009). Em seus estudos, Carvalho (2003) também registrou a floração da espécie entre setembro a dezembro para o estado de Santa Catarina. A floração com início na primavera e estendendo-se até o verão, pode ser considerada uma estratégia vantajosa para as plantas no que diz respeito a ser atrativa a polinizadores, pois é nesse período que os mesmos apresentam maior atividade biológica, influenciando no sucesso da polinização (Fenner, 1998).

A formação dos botões florais e a abertura das flores podem ser influenciada por uma gama de variáveis, como por exemplo excesso de chuva e baixas temperaturas em algum mês, que podem levar ao aborto de botões florais. A lógica que se estabelece é que nem todos os botões florais irão formar frutos, uma vez que as flores femininas dependem da visita de polinizadores que também visitaram as flores masculinas anteriormente para o sucesso da polinização (Sousa et al, 2003).

Pires et al. (2014) registraram a presença de frutos imaturos para a espécie na região de Urupema em Santa Catarina, de outubro até o final de março, dados que corroboram os resultados obtidos nesta pesquisa. Informações sobre a frutificação é ponto importante para subsidiar planos de uso e conservação de recursos florestais.

Os padrões fenológicos observados no presente estudo assemelham-se aos verificados por Marques & Oliveira (2004), Marques et al. (2004) e Marchioretto et al. (2007), reforçando

a ideia de que a sazonalidade fenológica é desencadeada principalmente pela temperatura e fotoperíodo. Os dias mais frios são também os dias mais curtos.

Segundo Mendoza et al. (2017), cerca de 72% dos estudos desenvolvidos em floresta tropical são períodos inferiores a dois anos, comprometendo a caracterização das fenofases das espécies. Dessa forma, ressalta-se a importância de estudos fenológicos de maior duração, sendo que raros são os estudos que contemplem mais de três anos de observação.

CONCLUSÕES

Não ocorrem diferenças entre os morfotipos de *I. paraguariensis* em relação a sazonalidade das fenofases. Das variáveis meteorológicas, somente a temperatura apresentou correlações significativas com a ocorrência das fenofases, sendo um indicativo que essa variável influencia a sazonalidade da fenologia para *I. paraguariensis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 2013; 22: 711-28.

De Biasi B, Grazziotin NA, Hofmann AE Jr. Atividade antimicrobiana dos extratos de folhas e ramos da *I. paraguariensis* A.St.-Hil., Aquifoliaceae. *Revista Brasileira Farmacognosia* 2009; 19(2): 582-585. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2009000400013>.

Bawa, KS. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematic* 1980; 11: 15-39. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000311>.

Bencke CSC, Morellato LPC. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 2002; 25(3): 269-75.

Bianchini E, Pimenta JA, Santos FAM. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 2006; 29(4): 595-602.

Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. v. 1. Colombo: Embrapa Florestas; 2003.

Da Croce DM, Floss PA. Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina. Florianópolis: EPAGRI; 1999. 81 p. (Boletim técnico; v. 100).

- Daniel O. Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial. Dourados: UFGD; 2009.
- Edwin G, Reitz R. Aquifoliáceas. I Parte Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. 47 p. As Plantas. Flora Ilustrada Catarinense.
- Fatma – Fundação de Meio Ambiente. Plano de Manejo – Fase II – Parque Estadual das Araucárias: 1ª versão do plano revisado. Florianópolis: Apremavi; 2015. 350 p.
- Fenner M. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematic* 1998; 1(1): 78-91.
- Forrest J, Miller-Rushing AJ. Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 2010; 365: 3101-3112.
- Prado GP, Bianchini E, Moura NF, Passos MG. Variação química do óleo de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. XVI Encontro de Botânicos do Rio Grande do Sul – VII Encontro Estadual de Herbários – A botânica na contemporaneidade, 2015.
- Grosso M. *Aquifoliaceae* In flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2011.
- Heck CI, De Mejia EG. Yerba Mate Tea (*I. paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *J. Food Science* 2007; 72: 138-151.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. <http://www.inmet.gov.br/portal/>.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC; 2007. 104 p.
- Janzen DH. *Pseudomyrmex nigropilosa*: a parasite of a mutualism. 1975. *Science* 188:936–937.
- Klein RM. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. In: Reitz, R. (Ed.). Flora ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues; 1978. 24 p.
- Kovach. Oriana for Windows. Wales: Kovach Computing Services; 2004.
- Larcher W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- Liebsch D, Mikich SB. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 2009; 32: 375-91.
- Lieth H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: Lieth H, editor. *Phenology and seasonality modeling*. Berlin: Springer-Verlag; 1974. p. 3-19.

- Marchioretto, MS, Mauhs J, Budke JC. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, Belo Horizonte, 2007; 21(1):
- Marques, MCM, Oliveira, PEAM. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 2004; 27: 713-723.
- Marques MCM, Roper, JJ, Salvalaggio APB. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. *Plant Ecology* 2004;173: 203-213.
- Mendoza I, Peres CA, Morellato LPC. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: a quantitative neotropical review. *Global and Planetary Change* 2017; 148: 227-241.
- Milani JEF, Roderjan CV, Braghini A, Kersten RA. Phenology of two tree species of understory in an alluvial forest in Paraná state, Brazil. *Spanish Journal of Rural Development* 2015; 6 (1-2): 145-150.
- Morellato LPC, Leitão-Filho HF. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian Forest. *Biotropica* 1996; 28:180-91.
- Morellato LPC, Rodrigues RR, Leitão Filho HF, Joly CA. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, 1989; 12: 85-98.
- Morellato LPC, Romera EC, Talora DC, Takahashi A, Bencke CC, Zipparro VB. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. *Biotropica* 2000; 32: 811-23.
- Oliveira TWG, Milani JEF, Blum CT. Phenological behavior of invasive species *Ligustrum lucidum* in an urban forest fragment in Curitiba, Paraná state, Brazil. *Floresta* 2016; 46(3): 371-8. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i3.43386>.
- Passos MG. Estrutura florestal e regeneração natural do parque estadual das araucárias, sc. 2016. 75 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Biológicas da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2016.
- Pires EZ, Stedille LIB, Machado S, Mantovani A, Bortoluzzi RLC. Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista Altomontana. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 2014; 13(2): 171-80.
- Reis A, Freitas DM, Cury RK. Apresentação das listas das espécies vegetais catarinenses das divisões angiospermas, gimnospermas e pteridófitas. *Sellowia* 2011; 56 (63): 11-256.
- Renner SS, Ricklefs, RE. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany* 1995; 82: 596-606.
- Rubim P, Nascimento HE, Morellato LPC. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 2010; 24(3): 756-62.

Santa Catarina. Números de Santa Catarina. Florianópolis: Gaplan; 1986. 407 p.

Schubert A, Zanin FF, Pereira DF, Athayde ML. Variação anual de metilxantinas totais em amostras de *Ilex paraguariensis* A. St. - Hil. (Ervamate) em Ijuí e Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. *Quim. Nova* 2006; 29 (6) 1233-1236.

Sousa, VA, Daros, TL, Sturion, JA. Fenologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: Congresso florestal estadual do Rio Grande do Sul, 9., 2003, Nova Prata, RS. Statgraphics Centurion XVI. Stat point technologies. *Version* 2009; 16:17.

Sturion JA, Resende MDV, Mendes S. Proporção de sexo e produtividade de massa foliar em ervamate (*Ilex Paraguariensis* St. Hil.) Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, 1995; jan./dez. 30/31, p.19-27.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/15535/1/jsturion.pdf>.

Tanurdzic M, Banks JA. Sex-determining mechanisms in land plants. *The Plant Cell*, 2004; 16: 61-71. http://www.plantcell.org/content/16/suppl_1/S61.

Van Schaik CP, Terborgh JW, Wright SJ. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1993; 24: 353-77.
<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.24.110193.002033?journalCode=e colsys.1>.

Zar JH. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River; 1999.

Dinâmica populacional de *Ilex paraguariensis* A.St. -Hil. em remanescente florestal no sul do Brasil

Artigo nas normas da Brazilian Journal of Botany

RESUMO

A extração de ramos e folhas de *Ilex paraguariensis* A.St. Hil. é uma importante atividade econômica, especialmente no sul do Brasil. Essa prática é realizada em plantios comerciais e em populações naturais, porém essa intervenção pode afetar a dinâmica dessas populações. Estudos da dinâmica populacional de *I. paraguariensis* de ocorrência natural são escassos. Saber quais os efeitos da extração sobre as populações naturais é essencial para prever o comportamento das populações no futuro. O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura populacional e regeneração natural de *I. paraguariensis* no Parque Estadual das Araucárias buscando compreender os efeitos pretéritos da extração. As perguntas foram levantadas as seguintes questões: (i) a população está em crescimento? (ii) Qual taxa vital apresenta maior elasticidade? (iii) Que diretrizes podem ser propostas para planos de manejo e conservação da espécie? Para coleta dos dados, foram amostradas e revisadas 100 parcelas permanentes de 10 m × 10 m entre os anos 2014 e 2017. Foram tomadas medidas de altura e foram registrados o ingresso, a mortalidade e o crescimento de indivíduos ao longo do período. Foi calculada a taxa finita de crescimento populacional (λ) a partir do modelo de projeção integral. O estudo demonstrou que a população estudada está em crescimento, o que foi evidenciado pelos valores de λ . A taxa vital que apresentou maior valor, foi a taxa de sobrevivência, uma redução nesta taxa, especialmente dos indivíduos maiores, poderia resultar no decréscimo da população. Os resultados reforçam a importância de unidades de conservação, como o Parque Estadual das Araucárias na manutenção de espécies nativas.

Palavras-chave: erva-mate; floresta ombrófila mista; recrutamento; regeneração natural; unidades de conservação, demografia.

ABSTRACT

The extraction of branches and leaves of *Ilex paraguariensis* A.St. Hil. is an important economic activity, especially in southern Brazil. The activity is carried out in businesses and in natural populations. Such intervention may affect the dynamics of these populations. Studies of the population dynamics of naturally occurring *I. paraguariensis* are limited. Knowing the effects of current or past extraction on how natural populations is essential to predict the behavior of the future populations. In this context, the objective of this work was to evaluate a population structure and natural regeneration of *I. paraguariensis* in a conservation unit seeking the past effects of the extraction. The following questions were raised: (i) Is the population growing? (ii) Which vital rate shows greater elasticity? (iii) What guidelines can be proposed for species management and conservation plans? A total of 100 permanent plots of 10 m × 10 m were sampled and revised between 2014 and 2017 for the data collection. Height measurement was taken during the study period, then it was noted new born, mortality and plant growth over the period. The finite rate of population growth (λ) was calculated based on the integral projection model. The study revealed that the studied population is growing, which was evidenced by the values of λ . The vital rate that presented the highest value, was the survival rate, a decrease on this rate, especially on higher elements, could result in a decrease of the population. The results highlight the importance of conservation units, such as the Araucaria State Park in the maintenance of native species.

Key-words: conservation units; erva-mate; mixed ombrophilus forest; natural regeneration; recruitment, demography.

Introdução

A dinâmica das populações é a parte da ecologia que estuda as variações numéricas de indivíduos da mesma espécie. Estes estudos permitem entender a história de vida das espécies e sua estabilidade no tempo e no espaço (Crone et al. 2011). As populações são dinâmicas e seu tamanho muda em decorrência de nascimentos, mortes, processos de migração e variações no ambiente (Ricklefs 2003). Fazer previsões sobre o futuro das populações e entender melhor seus processos naturais de regulação e controle são formas de contribuir para a recuperação da população (Bruna & Oli 2005, Fortini et al. 2010, Tomimatsu & Ohara 2010). Assim, estudos populacionais podem ser aplicados tanto à conservação, prevendo trajetórias da população (Menges 2000), quanto para entender processos de regulação dos sistemas naturais (Zuidema et al. 2009, 2010).

Por muito tempo, em estudos populacionais prevaleceram os modelos matriciais (Caswell 1988, 2001). Contudo, esses modelos apresentam algumas limitações amplamente discutidas na literatura (Salguero-Gómez & Plotkin 2010, Metcalf et al. 2013). Dessa forma, modelos de projeção integral (Integral Projection Models - IPMs) tem se destacado no estudo de populações. Estes modelos são indicados para populações estruturadas por distribuições contínuas, dispensando a divisão da população em classes discretas de tamanho ou em estádios artificiais (Easterling et al. 2000). O IPM também permite análises de perturbação prospectiva (por exemplo, análises de sensibilidade e elasticidade), que avaliam como mudanças hipotéticas nas taxas vitais podem alterar o valor da taxa finita de crescimento populacional (λ) (Caswell 2000), permitindo intervenções potencialmente mais eficazes, caso o objetivo dessa intervenção seja a alteração do valor do λ (Caswell 2000). Os IPMs e as análises de perturbação prospectivas são ferramentas robustas, com importantes implicações para a conservação e que contribuem para o entendimento da dinâmica das florestas e suas

espécies (Caswell 2000). Tal conhecimento é especialmente relevante frente ao cenário atual de fragmentação e constantes mudanças nos habitats naturais (Caswell 2000).

A fragmentação florestal, o corte seletivo de espécies e as alterações microclimáticas promovem alterações nas taxas de sobrevivência, crescimento e reprodução das populações arbóreas, afetando a estrutura e dinâmica das espécies (Getzin et al. 2008, Tsingalia 2010, Rodrigues et al. 2016). Historicamente, a Mata Atlântica passou por um intenso processo de deflorestamento e teve 86% da área de cobertura original suprimida (Ribeiro et al. 2009). Dentre as diversas fitofisionomias da Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Mista (FOM) foi intensamente impactada, especialmente devido à expansão agropecuária, a indústria madeireira e ao emprego da madeira em uso doméstico (Carvalho 2012).

Considerando que a FOM encontra-se amplamente fragmentada e são poucas as Unidades de Conservação (UC) para essa fitofisionomia (Brasil 2000), destaca-se a importância do Parque Estadual das Araucárias (PEAR) situado no oeste de Santa Catarina (SC) e que compreende um importante remanescente florestal de FOM. Embora esta área esteja sob proteção oficial há apenas 15 anos (DECRETO Nº 293, de 30 de maio de 2003), estudos nessa floresta podem contribuir para o entendimento da eficácia das áreas protegidas na dinâmica das populações, uma vez que revelam as dinâmicas do passado e presente, e ajudam a prever o futuro das populações.

A FOM é caracterizada pela mistura florística de gêneros australásicos e andinos, com presença marcante da Gimnosperma emergente *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) (Veloso 1991). Ao longo de sua área de abrangência, a FOM apresenta distintas associações florísticas (Klein 1978). *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil (Aquifoliaceae) é uma importante espécie associada à *A. angustifolia* (Edwin & Reitz 1967). Além da relevância ecológica, essa espécie tem ampla aplicação na medicina popular (Bastos & Torres 2003). Contudo, o principal uso de *I. paraguariensis* na atualidade é a aplicação na cadeia

produtiva, através do processamento de suas folhas para produção de erva-mate, utilizada para fazer o “chimarrão”, bebida apreciada especialmente no sul do país (Boguszewski 2007). Por esse motivo, a espécie tem sido intensamente explorada (Boguszewski 2007), o que pode desencadear mudanças na dinâmica de suas populações.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estrutura populacional e regeneração natural de *I. paraguariensis* em uma Unidade de Conservação, o PEAR. Foram levantadas as seguintes questões: (i) a população está em crescimento? (ii) Qual taxa vital apresenta maior elasticidade? (iii) Que diretrizes podem ser propostas para planos de manejo e conservação da espécie?

Materiais e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no PEAR (26°27'08”S e 52°33'56”W), situado na região oeste de SC. Esta UC, com área de 612 ha e altitude de 700 a 860 m, foi criada a partir do Decreto Estadual nº 293, de 30 de maio de 2003. Até meados de 2002, a atividade existente era de extração e beneficiamento de madeiras nobres, especialmente *A. angustifolia* (Fatma 2015).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, com verão ameno (Alvares et al. 2013). As temperaturas do mês mais frio variam de -3°C a 18°C e no mês mais quente são superiores a 22°C. A precipitação média anual é de aproximadamente 2.400 mm (Santa Catarina 1986). A região fitoecológica predominante é a Floresta Ombrófila Mista, caracterizada pela ocorrência de *A. angustifolia* no estrato superior e, sob este, uma flora diversa com presença marcante de *I. paraguariensis* (Klein 1978).

Ilex paraguariensis, popularmente conhecida como erva-mate, é esciófita e seletiva higrófito, dióica, perenifólia, zoocórica e pode chegar até 15 m de altura e 50 cm de diâmetro (Edwin & Reitz 1967, Lorenzi 2002). Distribui-se preferencialmente em terrenos úmidos,

compactados e pouco íngremes, onde, por vezes, forma densos agrupamentos denominados “ervais” (Edwin & Reitz 1967).

Amostragem

Para este estudo, foram alocadas e georeferenciadas 100 parcelas permanentes de 100 m² (10 m × 10 m), totalizando 1 ha. Com base em mapas da área, as parcelas amostrais foram selecionadas de forma preferencial, evitando-se as áreas muito degradadas. Nestas parcelas, foram identificados e numerados com placas todos os indivíduos de *I. paraguariensis* para futuras reamostragens. As alturas dos indivíduos foram estimadas visualmente conforme sugerido por Bianchini et al (2013).

As parcelas foram monitoradas anualmente, por um período de quatro anos (2014–2017). Novos indivíduos foram incluídos e os mortos (ingresso e mortalidade), registrados. Os dados foram utilizados para a análise demográfica da população.

Regeneração natural

Foi calculada a taxa finita de crescimento populacional (λ) a partir do modelo IPM (Easterling et al. 2000) para o intervalo de três anos (2014 – 2017) e para cada intervalo anual. Os IPMs são relacionados ao clássico modelo de matrizes (Caswell 2001), ou seja, demanda de três funções – crescimento (altura), sobrevivência e fecundidade – que combinadas formam a função Kernel (k). Esta função representa um modelo teórico da dinâmica da população e envolve distintas variáveis, sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$n(y, t + 1) = \int_L^U K(y, x)n(x, t)dx$$

onde L e U são os tamanhos mínimo e máximo possíveis dos indivíduos encontrados na população, respectivamente, $n(x, t)dx$ é o número de indivíduos no estado x no tempo t , e y é o estado no tempo $t+1$. A função k gera as probabilidades do indivíduo de tamanho x no tempo t

passar até o tamanho y no tempo $t+1$. Essa função também determina o número de novos indivíduos de tamanho y no tempo $t+1$ que foram produzidos pelos indivíduos de tamanho x no tempo t .

A função kernel (k) é composta por uma função p , que determina a sobrevivência e o crescimento do indivíduo de tamanho x para y em uma progressão de tempo, e uma função f (fecundidade) que descreve o número de indivíduos recrutados de tamanho y que foram gerados por adultos de tamanho x ,

$$k(y, x) = p(x, y) + f(x, y).$$

A função $p(x, y)$, por sua vez, é uma combinação da função de sobrevivência (s) e crescimento (g),

$$p(x, y) = s(x)g(x, y).$$

Foram calculadas as relações estatísticas alternativas (linear ou quadrática) para as funções de crescimento e sobrevivência e utilizou-se o método de seleção de modelos baseado no critério de informação de Akaike para determinar qual provê o melhor ajuste para os dados (Metcalf et al. 2013, Bruna et al. 2014).

A função f (fecundidade) foi calculada considerando o número de plântulas recrutadas dividido pelo número de adultos.

As funções do IPM foram calculadas usando o logaritmo natural da altura (m) dos indivíduos ($\log(x+1)$), para representar a altura. Foi calculado o intervalo de confiança (95%) para o λ obtido de cada uma das populações através de reamostragem *bootstrapping* com 1000 permutações. As análises foram realizadas através do pacote IPMpack (Metcalf et al. 2013) para o software R (R Development Core Team 2014).

Calculou-se a taxa de crescimento médio em altura dos indivíduos através das diferenças entre as alturas mensuradas em cada amostragem. Neste cálculo foram excluídos os indivíduos quebrados, tombados e mortos (McMahon & Parker 2015).

Análise de perturbação prospectiva (elasticidade)

Foi realizada análise de perturbação prospectiva (elasticidade), a qual informa sobre mudanças proporcionais nas taxas vitais (sobrevivência, crescimento, decrescimento e fecundidade) que podem afetar o λ (Caswell 2000). A elasticidade (e_{ij}) representa a variação do λ em função da variação de cada elemento da matriz (a_{ij}) em termos relativos:

$$e_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{\lambda} \right) \times S_{ij} .$$

A análise de elasticidade foi realizada através do pacote Popbio (Stubben & Milligan 2007), executado em ambiente R (R Development Core Team 2014).

Resultados

Foram amostrados 317 indivíduos de *I. paraguariensis* ao longo dos quatro anos de estudo, sendo 254 indivíduos em 2014, 251 em 2015, 258 em 2016 e 278 em 2017. 16,08% eram adultos (reprodutivos), principalmente aqueles maiores que 5 m de altura. No entanto, a população apresentou indivíduos de todas as alturas, inclusive indivíduos acima de 20 m. Registrou-se mortalidade (Figura 1) apenas para indivíduos de altura inferior a 2 m.

Regeneração natural

A taxa finita de crescimento populacional (λ) para todo período analisado foi de 1,05 (1,04-1,05) (Tabela 1). Como pode ser observado, houve aumento da taxa finita ao longo dos anos, sendo no primeiro período analisado o valor de λ 1,03, seguido de 1,04 chegando à 1,06 no último período (2016-2017).

Tabela 1. Taxa finita de crescimento populacional (λ) de *Ilex paraguariensis* no Parque Estadual das Araucárias, sul do Brasil. O intervalo de confiança de 95% de λ é dado entre parênteses.

Período de amostragem	λ
Intervalo 1-2 (2014-2015)	1,03 (1,02-1,05)
Intervalo 2-3 (2015-2016)	1,04 (1,03-1,05)
Intervalo 3-4 (2016-2017)	1,06 (1,04-1,07)
Intervalo 1-4 (2014-2017)	1,05 (1,04-1,05)

Os indivíduos apresentaram maior probabilidade de sobrevivência conforme aumentaram em altura (Fig. 1). Essa probabilidade para os menores indivíduos foi de aproximadamente 20%, enquanto indivíduos acima de 10 m podem chegar a 100% de sobrevivência. A média de indivíduos recrutados por adulto foi de 10,9 (262 recrutas e 24 adultos femininos).

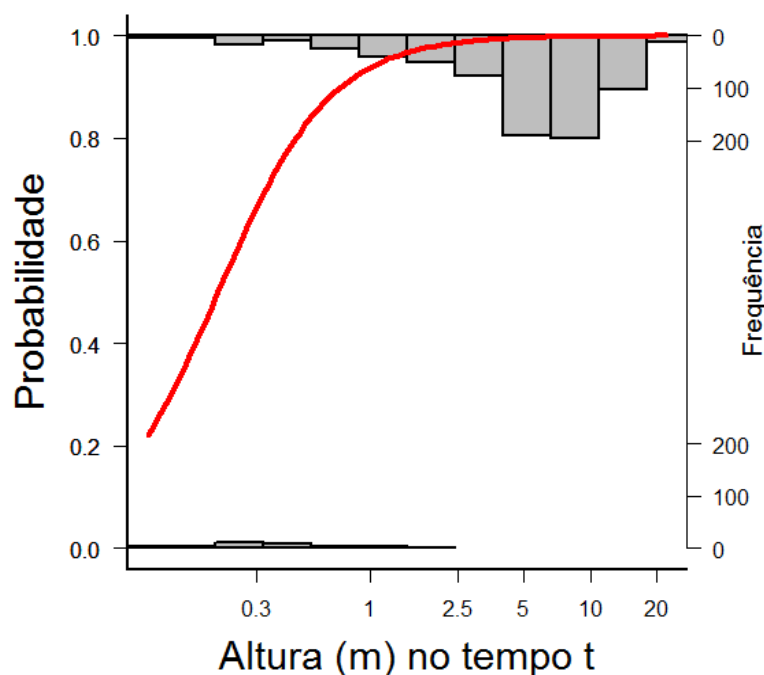


Fig. 1 Probabilidade de sobrevivência (curva) de *Ilex paraguariensis* no Parque Estadual das Araucárias, sul do Brasil. Os histogramas representam a frequência de indivíduos que sobreviveram (superior) ou morreram (inferior) em diferentes classes de altura.

A taxa de crescimento médio em altura da população foi de $37,49 \pm 0,73$ cm ano⁻¹. O crescimento máximo observado foi de 180 cm ano⁻¹, sendo que o crescimento apresentou melhor ajuste com a função quadrática, ou seja, o crescimento foi diferente em cada tamanho, sendo maior para os menores indivíduos da população diminuindo conforme aumenta o tamanho dos indivíduos. Os indivíduos que apresentaram crescimento em altura foram os menores que 5 m, principalmente os inferiores a 1 m (Fig. 2).

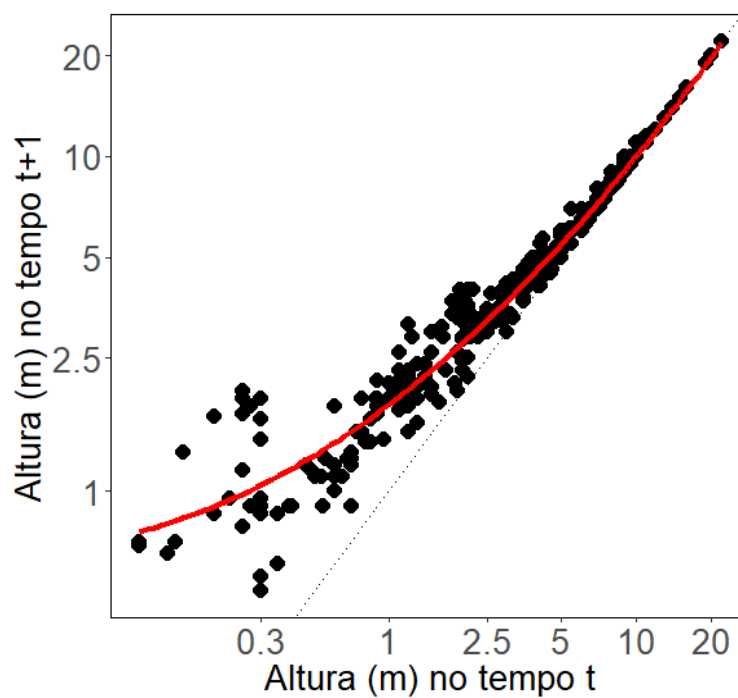


Fig. 2 Relação da altura dos indivíduos no tempo t com a altura dos indivíduos no tempo t+1 de *Ilex paraguariensis* no Parque Estadual das Araucárias, sul do Brasil.

Análise de perturbação prospectiva

A taxa vital que mais contribuiu para o valor de λ foi a sobrevivência dos indivíduos mais altos, principalmente aqueles maiores de 8 m (Fig. 3).

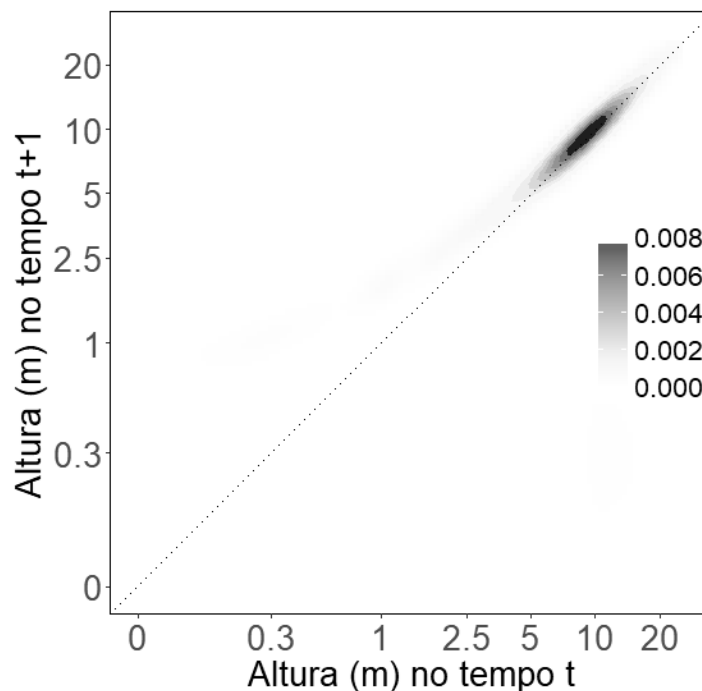


Fig. 3 Elasticidade para a população de *Ilex paraguariensis* entre o tempo t e t+1 no Parque Estadual das Araucárias, sul do Brasil. A escala de diferentes tons de cinza até o preto indica um gradiente de magnitude da elasticidade. O gradiente de tons sobre a diagonal representa sobrevivência e o acima da diagonal representa sobrevivência com crescimento.

Discussão

Apesar do intenso processo de exploração no passado, *I. paraguariensis* apresentou crescimento populacional ($\lambda > 1$) mesmo com a menor parte dos indivíduos em estágio reprodutivo. Um estudo fitossociológico do componente regenerativo realizado por Passos (2016) na mesma área de estudo também registrou baixa regeneração natural de *I. paraguariensis*. Contudo, em dados do inventário florestal de Santa Catarina, o qual considerou indivíduos com $DAP \geq 5$ cm em Floresta Ombrófila Mista, *I. paraguariensis* aparece entre as cinco com maiores densidades (Gaspar et al. 2013), dado que sugere regeneração da espécie. Figueiredo Filho et al. (2010) demonstraram que *I. paraguariensis* está entre as 10 espécies de maior ocorrência na Floresta Nacional de Irati, no Paraná, foram considerados todos os indivíduos com $DAP \geq 10$ cm. O alto número de indivíduos no

componente em regeneração pode ser reflexo da exploração recente (até meados de 2002). Conforme informações de produtores de erva-mate, a coleta das folhas e ramos é realizada preferencialmente entre os meses de outubro a dezembro, possibilitando a recuperação da copa antes do período de inverno. Entretanto, tal período compreende a floração, assim, a extração desses ramos impacta a frutificação, dispersão de sementes e recrutamento de plântulas. Conforme Edwin & Reitz (1967), o intervalo de extração de *I. paraguariensis* é a cada três anos. Tal intervalo permitiria a produção de sementes. Contudo, frente a grande demanda das indústrias ervateiras as extrações são mais frequentes (Andrade et al. 1999).

Em estudos de avaliação da cobertura do dossel, Mattos (2011) observou que em áreas de ocorrência natural de *I. paraguariensis* sem manejo extrativista, os resultados diferiram em relação às áreas manejadas. Segundo a autora, nos fragmentos florestais onde a intervenção humana foi menor, as densidades de plantas continuaram sendo altas, em comparação aos fragmentos florestais sem manejo. Por outro lado, quando a intervenção humana foi maior, há alteração na estrutura florestal, com diminuição da densidade de plantas em geral e também de *I. paraguariensis*, o que corrobora os resultados desta pesquisa.

Nesse contexto, a premissa de que manejar produtos florestais não madeireiros causa pouco ou nenhum impacto ambiental sobre a população alvo pode não ser verdadeira. O extrativismo pode afetar a estrutura populacional, alterando os processos naturais de evolução da comunidade e ecossistemas (Ticktin 2004). Somando-se a isso, a baixa taxa de germinação das sementes (Cuquel e Carvalho 1994) de *I. paraguariensis* e a dioícia da espécie reforçam o baixo número de indivíduos regenerantes. Porém, como a área foi decretada unidade de conservação de proteção integral há 15 anos, espera-se um incremento na regeneração natural no futuro caso as condições sejam mantidas, uma vez que a fecundidade apresentou baixo valor de elasticidade.

A análise de elasticidade mostrou que a variável demográfica mais marcante para a manutenção do λ no futuro foram os altos valores de sobrevivência dos adultos, principalmente aqueles maiores de 8 m. Os adultos em fase reprodutiva são importantes nesse momento, mas conforme ficam senis, a manutenção da população futura vai depender dos indivíduos jovens e do contínuo recrutamento (Durigan 1999, Sanquetta et al. 2003, Formento et al. 2004). Assim, a sobrevivência dos adultos de *I. paraguariensis* é fundamental para a recuperação estrutural da população em questão (Salami et al. 2017).

Conclusões

O estudo demonstrou que a população estudada de *I. paraguariensis* está em crescimento, o que foi evidenciado pelos valores de λ . Como a sobrevivência foi a taxa vital que apresentou os maiores valores, redução nesta taxa, especialmente dos indivíduos maiores, poderia resultar no decréscimo da população.

Os resultados reforçam a importância de unidades de conservação, como o Parque Estadual das Araucárias na manutenção de espécies nativas.

Referências

- ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, GONÇALVES JLM, SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 2013; 22: 711-28. http://lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf.
- ANDRADE, F.M. *Diagnóstico da cadeia produtiva da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.)*. São Mateus do Sul: Consultoria, 1999. 92 p.
- BASTOS, D. H. C.; TORRES, E. A. F. S. Bebidas a base de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e saúde pública. *Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, São Paulo v. 26, p. 77 -89, 2003.
- BIANCHINI, E.; ARAÚJO, C. G.; GREEN, M.; PIMENTA, J. A. Demography and Structures Population of *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) in Flooded Areas in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology And Technology*. 56: 1 p. 69-79, Jan./Feb. 2013.

- BOGUSZEWSKI, J. H. *Uma história cultural da erva-mate: o alimento e suas representações*. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em História) - Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. (Acesso em: 09 maio 2015).
- BRUNA, E.M. & OLI, M.K. 2005. Demographic effects of habitat fragmentation on a tropical herb: life-table response experiments. *Ecology* 86:1816-1824. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/04-1716/abstract>. (Acesso em: 23 outubro 2017).
- BRUNA, E.M., IZZO, T.J., INOUE, B.D. & VASCONCELOS, H.L. 2014. Effects of mutualist partner identity on plant demography. *Ecology* 95:3237-3243. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/14-0481.1/full#references>>. (Acesso em: 23 outubro 2017).
- CARVALHO, M.M.X. 2012. Os fatores do desmatamento da Floresta com Araucária: agropecuária, lenha e indústria madeireira. *Esboços* 18(25):32-52. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/esbocos/article/view/2175-7976.2011v18n25p32/21531>. (Acesso em: 29 outubro 2017).
- CASWELL, H. 1988. Approaching size and age in matrix population models. In: Size-structured populations (B. Ebenman & L. Persson, eds.). *Springer*, London, p.85-105. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-74001-5_7. (Acesso em: 23 outubro 2017).
- CASWELL, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses: their roles in conservation biology. *Ecology* 81(3):619-627. [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658\(2000\)081%5b0619:PARPAT%5d2.0.CO%3b2/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658(2000)081%5b0619:PARPAT%5d2.0.CO%3b2/abstract). (Acesso em: 23 outubro 2017).
- CASWELL, H. 2001. Matrix population models: construction, analysis, and interpretation. Sinauer Associates, Sunderland.
- CRONE, E.E., MENGES, E.S., ELLIS, M.M., BELL, T., BIERZYCHUDEK, P. & EHRLÉN, J. 2011. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letter* 14:1-8. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2010.01540.x/full>.
- CUQUEL, F.L. & CARVALHO, M.L.M. 1994. Chamma HMCP. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. *Scientia Agricola* 51(3):415-21.
- DURIGAN, M.E. 1999. Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo-PR. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- EASTERLING, M.R., ELLNER, S.P. & DIXON, P.M. 2000. Size-specific sensitivity: applying a new structured population model. *Ecology* 81(3):694–708. [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658\(2000\)081%5B0694:SSSAAN%5D2.0.CO;2/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658(2000)081%5B0694:SSSAAN%5D2.0.CO;2/abstract). (Acesso em: 25 outubro 2017).
- EDWIN G, REITZ R. Aquifoliáceas. I Parte Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. 47 p. As Plantas. Flora Ilustrada Catarinense.
- FATMA – Fundação de Meio Ambiente. 2015. Plano de Manejo – Fase II – Parque Estadual das Araucárias: 1ª versão do plano revisado. Apremavi, Florianópolis. 350 p.
- FIGUEIREDO FILHO, A., DIAS, A.N., STEPKA, T.F. & SAWCZUK, A.R. 2010. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em floresta ombrófila mista. *Floresta* 40(4):763-776. <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/20328/13486>. (Acesso em: 19 outubro 2017).
- FORMENTO, S., SCHORN, L.A. & RAMOS, R.A. 2004. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul. *Cerne* 10 (2):196-212. http://www.academia.edu/28461368/Din%C3%A2mica_Estrutural_Arb%C3%B3rea_De_Um_a_Floresta_Ombr%C3%B3fila_Mista_Em_Campo_Belo_Do_Sul_SC. (Acesso em: 19 outubro 2017).
- FORTINI, L.B., BRUNA, E.M. & ZARIN, D.J. 2010. Altered resource availability and the population dynamics of tree species in Amazonian secondary forests. *Oecologia* 162:923–934. https://www.researchgate.net/publication/40484744_Altered_resource_availability_and_the_population_dynamics_of_tree_species_in_Amazonian_secondary_forests. (Acesso em: 28 outubro 2017).
- GASPER, A.L., SEVEGNANI, L., VIBRANS, A.C., SOBRAL, M., UHLMANN, A. & LINGNER, D.V. 2013. Inventário florístico florestal de Santa Catarina: espécies da Floresta Ombrófila Mista. *Rodriguésia* 64:201–210. <http://www.scielo.br/pdf/rod/v64n2/01.pdf>. (Acesso em: 12 julho 2015).
- GETZIN, S., WIEGAND, T., WIEGAND, K. & HE, F. 2008. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. *Journal of Ecology* 96:807–820. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2008.01377.x/full#references>. (Acesso em: 23 outubro 2017).
- KLEIN, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. In: Flora Ilustrada Catarinense (R. Reitz, ed.). Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 24 p.
- LORENZI, H. 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1, ed. 4. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 384 p.
- MATTOS, A.G. 2011. Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St. Hil.) nativa em exploração no planalto norte catarinense. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MCCMAHON, S.M. & PARKER, G.G. 2015. A general model of intra-annual tree growth using dendrometer bands. *Ecology and Evolution* 5:243-254.

https://www.researchgate.net/publication/270052796_A_general_model_of_intra-annual_tree_growth_using_dendrometer_bands. (Acesso em: 19 outubro 2017).

MENGES, E.S. 2000. Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. *Trends Ecology and Evolution* 15:51–56. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10652555>. (Acesso em: 23 outubro 2017).

METCALF, C.J.E, MCCMAHON, S.M., SLAGUERO-GÓMEZ, R & JONGEJANS, E. 2013. IPMPack: na R package for integral projection models. *Methods in Ecology and Evolution* 4(2):195-200. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210x.12001/abstract>. (Acesso em: 19 outubro 2017).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena.

RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J. & HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1141–1153.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320709000974>. (Acesso em: 19 outubro 2017).

RICKLEFS, R.E. 2003. A economia da natureza. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

RODRIGUES, D.R., BOVOLENTA, Y.R., PIMENTA, J.A. & BIANCHINI, E. 2016. Height structure and spatial pattern of five tropical tree species in two seasonal semideciduous forest fragments with different conservation histories. *Revista Árvore* 40:395–405.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622016000300395. (Acesso em: 23 outubro 2017).

SALAMI, B., HIGUCHI, P., SILVA, A.C., FERREIRA, T.S., MARCON, A.K., BUZZI JÚNIOR, F. & BENTO, M.A. 2017. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila mista montana em Lages, Santa Catarina. *Ciência Florestal* 27(1):105-116. <http://www.redalyc.org/pdf/534/53450420009.pdf>. (Acesso em: 30 novembro 2017).

SALGUERO-GÓMEZ, R. & PLOTKIN, J.B. 2010. Matrix dimensions bias demographic inferences: implications for comparative plant demography. *American Naturalist* 176:710–722. <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/657044>. (Acesso em: 30 novembro 2017).

SANQUETTA, C.R., DALLA CORTE, A.P. & EISFELD, R.L. 2003. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 5(1):101-112. <http://docplayer.com.br/38135350-Crescimento-mortalidade-e-recrutamento-em-duas-florestas-de-araucaria-araucaria-angustifolia-bert-o-ktze-noestadodoparana-brasil.html>. (Acesso em: 12 maio 2017).

SANTA CATARINA. 1986. Números de Santa Catarina. Gaplan, Florianópolis. 407 p.

STUBBEN, C. & MILLIGAN, B. 2007. Estimating and analyzing demographic models using the popbio package in R. *Journal of Statistical Software* 22(11):1–23. <https://core.ac.uk/download/pdf/6303177.pdf>. (Acesso em: 24 outubro 2017).

TICKTIN, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41(1):11-21. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2004.00859.x/full>. (Acesso em: 24 outubro 2017).

TOMIMATSU, H. & OHARA, M. 2010. Demographic response of plant populations to habitat fragmentation and temporal environmental variability. *Oecologia* 162:903–911. https://www.researchgate.net/publication/38097277_Demographic_response_of_plant_populations_to_habitat_fragmentation_and_temporal_environmental_variability. (Acesso em: 02 dezembro 2017).

TSINGALIA, M. 2010. Impacts of selective logging on population structure and dynamics of a canopy tree (*Olea capensis*) in Kakamega forest. *African Journal of Ecology* 48(3):569–575. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2028.2010.01218.x/abstract>. (Acesso em: 30 outubro 2017).

VELOSO, H.P. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. 1st edn. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.

ZUIDEMA, P.A., BRIENEN, R.J.W. DURING, H.J. & GÜNERALP, B. 2009 Do persistently fast-growing juveniles contribute disproportionately to population growth? A new analysis tool for matrix models and its application to rainforest trees. *American Naturalist* 174:709-719. <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/605981>. (Acesso em: 12 dezembro 2017).

ZUIDEMA, P.A., YAMADA, T., DURING, H.J., ITOH, A., YAMAKURA, T., OHKUBO, T., KANZAKI, M., TAN, S. & ASHTON, P.S. 2010. Recruitment subsidies support tree subpopulations in non-preferred tropical forest habitats. *Journal of Ecology* 98(3):636–644. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103155282>. (Acesso em: 12 dezembro 2017).