

**Variação na composição florística e biomassa em um fragmento de cerrado ao longo dos anos**

ALINA DIJK <sup>1,6</sup>

ANDRÉ GILES<sup>2</sup>

GABRIEL PIASSA<sup>3</sup>

JOÃO MARCELO ROBAZZI BIGNELLI VALENTE AGUIAR<sup>4</sup>

NATALIA DANTAS PAES<sup>5</sup>

<sup>1,6</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

<sup>2,4,5</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

<sup>6</sup> [alinavdijk@gmail.com](mailto:alinavdijk@gmail.com)

## **Resumo**

A distribuição dos ecossistemas savânicos e florestais não possui um estado estável, podendo variar em escala regional e global. O objetivo deste trabalho foi avaliar se áreas de cerrado denso protegidas de distúrbios alteram sua composição florística e biomassa ao longo do tempo. Nossa hipótese é de que ocorra um aumento na biomassa e um aumento na composição de espécies florestais ao longo dos anos. Comparamos os índices de similaridade de espécies de Bray-Curtis em uma parcela de estudos de longa duração (23 anos) com outras áreas de cerrado com formações savânicas ou florestais. Além disso, analisamos se a biomassa total da área aumentou com o passar do tempo, uma vez que formações florestais possuem maior biomassa total que áreas savânicas. A similaridade florística com espécies florestais diminuiu ao longo dos anos. A biomassa total da área diminuiu ao longo dos anos, assim como o número de indivíduos. Mesmo em ambientes protegidos da perturbação, como o fragmento estudado, 23 anos não foram suficientes para aumentar a riqueza de espécies e a biomassa total. Assim, o aumento da biomassa e a modificação florística presente na evolução sucessional savana-floresta encontrado em outros estudos, e esperado no nosso estudo, não parece ser um padrão fixo em comunidades vegetais de cerrado.

## **Introdução**

Os ecossistemas tropicais possuem padrões distintos de distribuição de cobertura vegetal ao longo de gradientes ambientais formando áreas campestres, savânicas e florestais (Coutinho 1978, Eiten 1990, Ribeiro & Walter 2008, Bond 2008). Os limites dessas formações correlacionam-se à variação de fatores climáticos, edáficos e os ligados à ação do fogo e ao pastejo (Murphy & Bowman 2012). Entretanto, a distribuição dos ecossistemas savânicos e florestais não possui um estado estável (Warman & Moles 2009, Staver et al. 2011) podendo variar em escala regional e global. Desse modo, áreas campestres e savânicas podem se transformar em áreas florestais em função de controle bottom-up, baseado em disponibilidade de recursos, provenientes do solo (Askew et al. 1970) e das condições de topografia e drenagem (Beard 1953), e controle top-down, fundamentado em perturbações como fogo e pastejo (Bowman 2000, Bond et al. 2005).

Há consenso de que na ausência de perturbação, principalmente pela ação do fogo (Durigan & Ratter 2006), áreas de campo cerrado se modificaram para cerrado stricto sensu e, às vezes, cerradão e áreas de cerrado stricto sensu tornaram-se vegetação de transição, cerradão-floresta estacional semidecidual (Durigan et al. 2003, Kronka et al. 1993). A concentração da biomassa é proporcional ao gradiente vegetacional nas diferentes fitofisionomias do cerrado, no qual a evolução de savanas para florestas vem acompanhado do aumento de biomassa (Durigan 2004). Essa biomassa pode variar de 30 toneladas em formações campestre a até 100 toneladas em formações florestais como o cerradão.

As mudanças na fisionomia podem causar uma alteração na composição florística. (Young et al. 1987). Em comunidades ecotonais (cerradão-floresta estacional semidecidual), as populações de espécies não arbóreas exigentes de luz diminuíram ou

desapareceram em algumas áreas (Durigan & Ratter 2006). Por outro lado, espécies tolerantes à sombra tendem a aumentar e se tornarem dominantes em áreas ecotonais (Durigan & Ratter 2006).

Áreas de cerrado localizadas no interior do estado de São Paulo em muitos casos estão protegidas de perturbações intensas e frequentes pelo fogo. Esse fato, pode ocasionar uma mudança na composição da floresta e na biomassa ao decorrer dos anos. Desse modo, nosso objetivo foi avaliar se áreas de cerrado denso alteram sua composição florística e biomassa em 20 anos. Nossa hipótese é de que ocorra um aumento na biomassa e um aumento na composição de espécies florestais ao longo dos anos.

## **Material e Métodos**

*Área de estudo* - O estudo foi realizado em um fragmento de cerrado denso (Valério; 22°13' S, 47°51' W) situado na Estação Ecológica e Experimental no Município de Itirapina-SP. O clima da região é do tipo Cwa "Mesotérmico" (Koeppen) com uma estação seca pronunciada entre abril e setembro com pluviosidade média de 265 mm. Já a estação chuvosa ocorre entre outubro e março com média de 1248 mm. O fragmento possui neossolo quartzarênico, composto por 90% de areia, possuindo alta drenagem e baixa quantidade de nutrientes (Tannus & Assis 2004).

*Coleta de dados* – Foi utilizada uma base de dados de levantamentos florísticos realizados em parcelas permanentes (64 parcelas de 5 X 5 metros cada) de 1992 a 2017. Em cada parcela foi medido o perímetro à altura do solo (PAS) de todos os indivíduos. Foram inclusos na amostragem apenas indivíduos com PAS maior ou igual a 10 cm. A

partir do perímetro calculamos o diâmetro para todos os indivíduos amostrados. Em cada parcela foi medida nas quatro direções geográficas a abertura do dossel utilizando densiômetro.

A partir de levantamentos florísticos disponíveis na literatura, foi construída uma matriz de abundância de espécies de cinco áreas de formações florestais (cerradão) e cinco áreas de formações savânicas (cerrado sentido restrito) do estado de São Paulo (Mantovani 1987; Cavassan 1990; Cardoso, Moreno & Guimarães 2002; Durigan et al. 2002; Pinheiro, Monteiro & Cesar 2002; Fidelis & Godoy 2003; Assunção & Felfili 2004; Pereira-Silva et al. 2004; Fina & Monteiro 2009; Araújo et al. 2012; Ferreira & Cardoso 2013; Giácomo et al. 2013). A classificação das espécies segue de acordo com Angiosperm Phylogeny Group (APG IV 2016) e as atualizações mais recentes do Angiosperm Phylogeny Website (Stevens 2001 onwards). Dados desatualizados foram corrigidos utilizando as informações disponíveis no The Plant List (2017).

***Análise de similaridade*** – Para obter o grau de similaridade da área amostrada em relação a formações savânicas e/ou florestais, foi calculado o índice de similaridade de Bray-Curtis entre os dados de abundância das espécies na área amostrada para anos de 1994, 2001, 2008, 2012 e 2017 e formações savânicas e florestais da matriz de abundância citada acima. Para avaliar se a similaridade de espécies em formações florestais aumentou ao longo dos anos. Para as análises foram utilizadas as médias dos índices de similaridade. Posteriormente, realizamos uma regressão linear entre os anos selecionados (variável preditora) e o índice médio de similaridade das áreas florestais. Por fim, elaboramos um dendrograma pela análise de agrupamento da média de grupo (UPGMA) a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis.

**Análise de biomassa** – Para cada indivíduo amostrado foi calculada a biomassa total por meio da fórmula  $Y = D^{2.47} * 32.86$ , onde Y é a biomassa em gramas e D é o diâmetro em centímetros (Delitti et al. 2006). Foi calculada uma regressão com ajuste polinomial para avaliar se existe relação na variação da biomassa média com o passar dos anos. O número de indivíduos na área ao longo dos anos também foi comparado com a biomassa ao longo dos anos, buscando responder se quanto maior o número de indivíduos, maior a biomassa. A fim de verificar o padrão de crescimento do número de indivíduos ao longo dos anos, foi calculada uma regressão linear entre número de indivíduos e anos.

## **Resultados**

Considerando nos anos amostrados, a similaridade florística média com áreas florestais foi de aproximadamente 11,1% e savânicas 14,5%. Ocorreu diminuição da similaridade média da comunidade amostrada com áreas florestais ao longo dos anos ( $F_{(1,3)} = 14.58$ ,  $R^2 = 0.83$ ,  $P = 0.03$ , Figura 1). Enquanto que a similaridade da comunidade com áreas savânicas não foi modificada ao longo dos anos ( $F_{(1,3)} = 5.15$ ,  $R^2 = 0.51$ ,  $P = 0.1$ , Figura 2). A biomassa variou ao longo dos anos, mantendo-se constante nos primeiros nove anos e diminuindo nos anos seguintes ( $F_{(2,17)} = 12.26$ ,  $R^2 = 0.59$ ,  $P < 0.001$ , Figura 3). O número de indivíduos diminuiu ao longo dos anos ( $F_{(1,18)} = 218.60$ ,  $R^2 = 0.92$ ,  $P < 0.001$ , Figura 5) e a biomassa total aumenta com o número de indivíduos da área ao longo dos anos ( $F_{(1,18)} = 18.10$ ,  $R^2 = 0.50$ ,  $P < 0.001$ , Figura 5).

## **Discussão**

Os resultados indicam uma diminuição na similaridade entre as espécies de cerrado e a composição de espécies da área amostrada ao longo dos anos. Essa diminuição foi acompanhada da diminuição em biomassa absoluta na área. Desse modo não há aumento na composição de espécies florestais e biomassa ao longo dos anos. A diminuição da biomassa pode influenciar a disponibilidade de luz nos estratos inferiores, o que gera novos ambientes capazes de serem colonizados por espécies intolerantes à sombra ou com melhores habilidades competitivas nessas condições ambientais (Pohlman et al. 2006).

A diminuição da biomassa e densidade de indivíduos ao longo dos anos pode implicar no aumento da intensidade luminosa (Durigan 2004, Durigan & Ratter 2006). Espécies típicas do cerrado possuem a capacidade de suportar condições contrastantes de sombreamento (Lortie & Aarssen 1996; Valladares *et al.* 2000). Contudo, algumas espécies florestais apresentaram menores valores de eficiência fotossintética e crescimento em altura, quando expostas a altas intensidades luminosas, indicando uma maior susceptibilidade à fotoinibição (Hoffmann 2000, Hoffmann & Franco 2003). Esse fato pode prejudicar o desenvolvimento e recrutamento de espécies florestais na área estudada, o que ocasiona diminuição na similaridade com áreas florestais ao decorrer dos anos.

Outra provável explicação para perda de espécies florestais na área estudada é a diminuição do número dos indivíduos ao longo dos anos. A biomassa e o número de indivíduos estão correlacionados ( $(F_{(1,18)} = 18.10, R^2=0.50, P<0.01, \text{Figura 5})$ ). Desse modo a diminuição da similaridade com áreas florestais pode ser simplesmente pelo fato da área ter diminuído o número de indivíduos, englobando as espécies típicas de cerrado. Essa diminuição provavelmente foi ocasionada por eventos estocástico de perda de indivíduos ou processos não abordados nesse trabalho.

O tempo de 23 anos não foi suficiente para aumentar a riqueza de espécies florestais nessas condições. Pode-se supor que o aumento ou diminuição da biomassa determina a composição florística da comunidade. No caso de cerrado denso, o fator luminosidade parece ser fundamental no recrutamento e abundância de espécies savânicas e florestais na comunidade. Portanto, o aumento da biomassa e a modificação florística presente na evolução sucessional savana-floresta encontrado em outros estudos, não parece ser um padrão recorrente em comunidades vegetais de cerrado, mesmo em ambientes protegidos da perturbação, como o fragmento estudado.

## **Referências**

Araújo WS, Porfírio Junior ED, Francener A, Hall CF. 2012. Composição florística e estrutura fitossociológica de áreas de campo sujo e cerrado sentido restrito na Floresta Nacional de Silvânia, Goiás, Brasil. *INSULA Revista de Botânica*, n.41, p. 42–58.

Archer S, Scifres C, Basshan CR. 1988. Autogenic succession in a subtropical savanna: conversion of grassland to thorn woodland. *Ecological Monographs, Texas*, v. 58, p. 111-127.

Askew GP, Moffatt DJ, Montgomery RF, Searl PL. 1970. Interrelationships of soils and vegetation in the savanna-forest boundary zone of North-Eastern Mato Grosso. *Geographical Journal*, n.136, p. 370–376.

Beard JS. 1953. The savanna vegetation of northern tropical America. *Ecological Monographs*, n.23, p. 149–215.



Bond WJ. 2008. What limits trees in C<sub>4</sub> grasslands and savannas? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, n.39, p. 641–659.

Bond WJ, Woodward FI, Midgley GF. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, n.165, p. 525–538.

Bowman DMJS. 2000. *Australian rainforests: islands of green in a sea of fire*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Cardoso E, Moreno MIC, Guimarães AJM. 2002. Estudo fitossociológico em área de cerrado *sensu stricto* na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental galheiro - Perdizes, MG. *Caminhos de Geografia* v.3, p. 30–43.

Carmel Y, Kadmon R. 1999. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. *Plant Ecology*, v. 145, p. 243-254.

Cavassan O. 1990. Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP). Ph.D. thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, BR

Coutinho LM. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1: 17-23.

Durigan G. 2004. Estimativas de estoque de carbono na vegetação natural do Estado de São Paulo. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, Prospecção Tecnológica,

Mudança do Clima, Estudo 4 - Oportunidades de Negócios em segmentos produtivos nacionais.

Durigan G, Ratter JA .2006. Successional changes in cerradão and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh Journal of Botany*, n. 63, p. 119–130.

Durigan G, Siqueira MF, Franco GADC, Bridgewater S, Ratter JA. 2003. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinb. Journal of Botany*, n. 60, p. 217–241.

Eiten G. 1990. Vegetação do cerrado. *In: Pinto, M.N. (ed.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectiva*, p. 9–65. Universidade de Brasília, Brasília, DF, BR.

Kronka FJ, Matsukuma CK, Nalon MA. 1993. Inventário florestal do estado de São Paulo. IF/SMA, São Paulo. 199 pp.

Hoffmann WA. 2000. Post-establishment seedling success of savanna and forest species in the Brazilian cerrado. *Biotropica*, n.32, v.1, p. 62-69.

Ledru M, Braga PIS, Soubiès F, Fournier M, Martin L, Suguio, K, Turcq B. 1996. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 123, n. 1, p. 239-257.

Ledru M, Salgado-Labouriau M, Lorscheitter ML. 1998. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr BP. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 99, n. 2, p.2: 131-142.

Mantovani W. 1987. Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu e em Itirapina. Ph.D. thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, BR.

Murphy BP, Bowman DMJS. 2012. What controls the distribution of tropical forest and savanna? *Ecology Letters*, n. 15: 748–758.

Pinheiro ES, Durigan G. 2009. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 441-454.

Pinheiro MHO, Azevedo TS, Monteiro R. 2010. Spatial-temporal distribution of fire-protected savanna physiognomies in Southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 82, n. 2, p. 379-395.

Pivello, VR, Coutinho LM. 1996. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management*, n.87, p. 127–138.

Prado H. 2003. Solos do Brasil: Gênese, Morfologia, Classificação, Levantamento, Manejo. 3a Ed. Piracicaba. 275 p.

Reatto A, Correia JR, Spera ST. 1998. Solos do Bioma Cerrado: Aspectos Pedológicos. *In: Cerrado: ambiente e flora* (SM. Sano, SP de Almeida eds.). Embrapa-CPAC. Planaltina, p.47-88.

Ribeiro JF, Walter BMT. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In: Sano SM, Almeida SP. (Ed.). Cerrado: Ecologia e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. p. 89-152.*

San José JJ, Farinas MR. 1991. Temporal changes in the structure of a Trachypogon savanna protected for 25 years. *Acta Ecologica*, v.12, n. 2, p. 247.

Staver AC, Archibald S, Levin SA. 2011. The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. *Science*, n.334, p. 230–232.

Swaine MD, Hawthorne WD, Orgle TK. 1992. The effects of fire exclusion on savanna vegetation at Kpong, Ghana. *Biotropica*, v. 24, p. 166–172.

The Plant List (2013). Version 1.1. Published on the internet; <http://www.theplantlist.org/> (access 01 st January 2017).

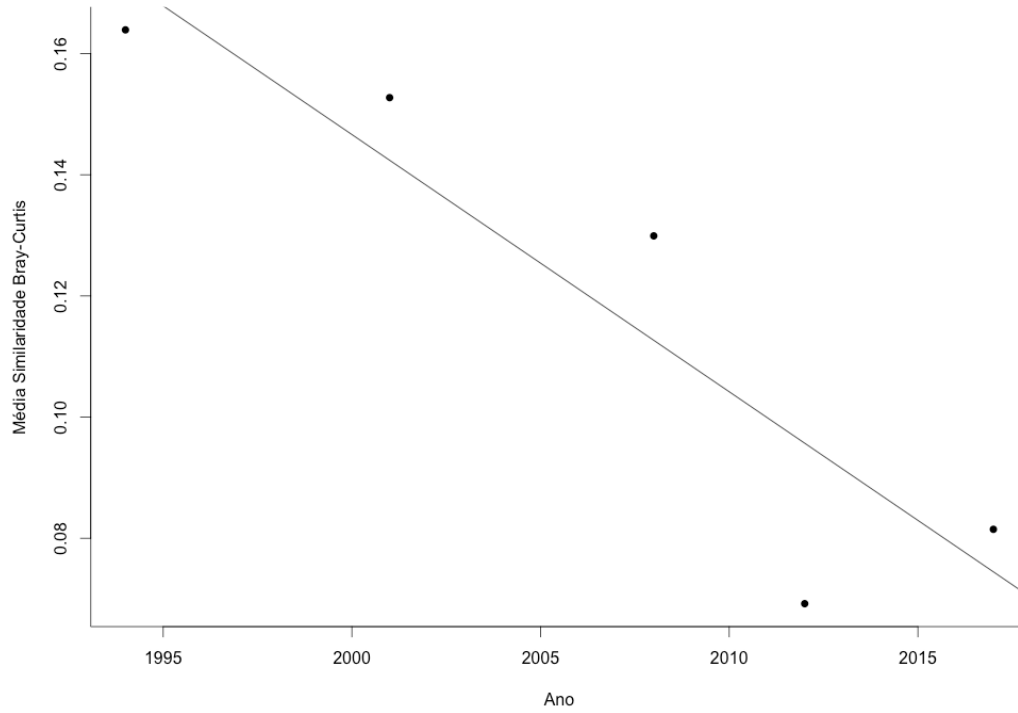
Warman L, Moles AT. 2009. Alternative stable states in Australia's wet tropics: a theoretical framework for the field data and a field-case for the theory. *Landscape Ecology*, n. 24, p. 1–13.

Young KR., Ewel JJ, Brown BJ. 1987. Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. *Vegetatio*, v. 71, n. 3, p. 157-173.

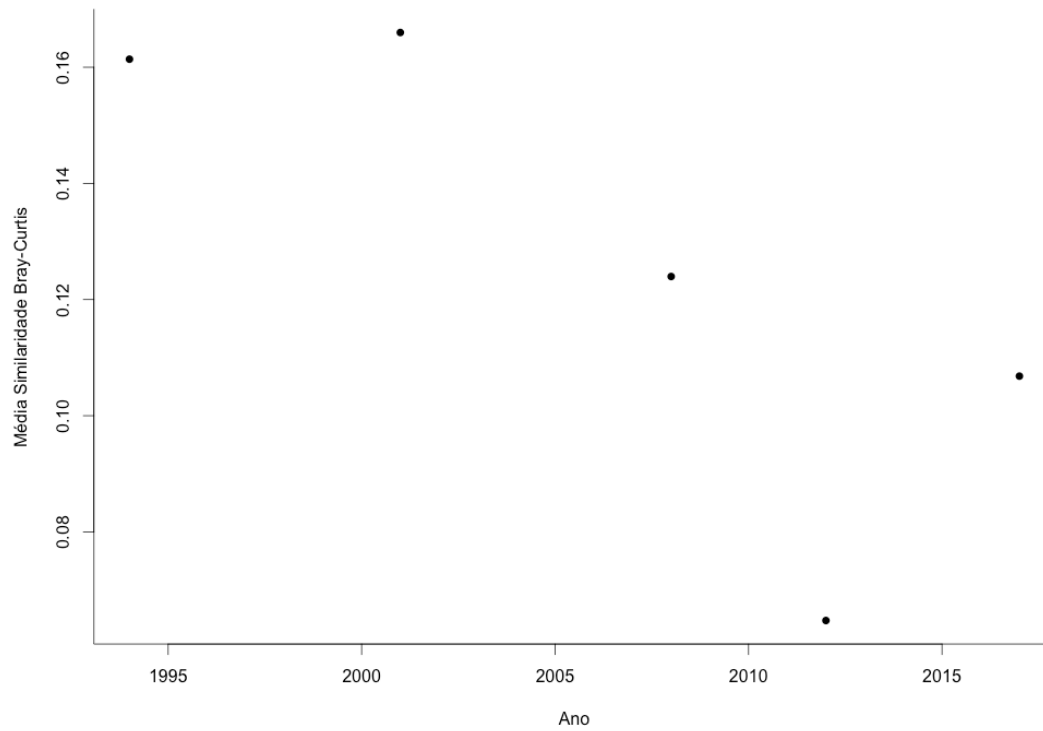
## **Agradecimentos**

Agradecemos ao Prof. Dr. Fernando R. Martins e Prof. Dr. Flavio M. dos Santos, pela orientação no trabalho de campo e também pelas valiosas contribuições na construção deste trabalho. Agradecemos a Profa. Dra. Simone Aparecida Vieira pelo suporte dado e pelas contribuições na construção do trabalho. Agradecemos ainda Benedito Teixeira, tratorista da Estação Ecológica e Experimental de Itirapina (EEEI), às cozinheiras Isabel Franco de Souza e Cleide Ferreira, à Dra. Ingrid Koch pelas valiosas contribuições na identificação das plantas e auxílio de campo, Me. Paulo Bittencourt pelo auxílio com a análise estatística e uso do software R e Paulo Rufino, responsável pela EEEI.

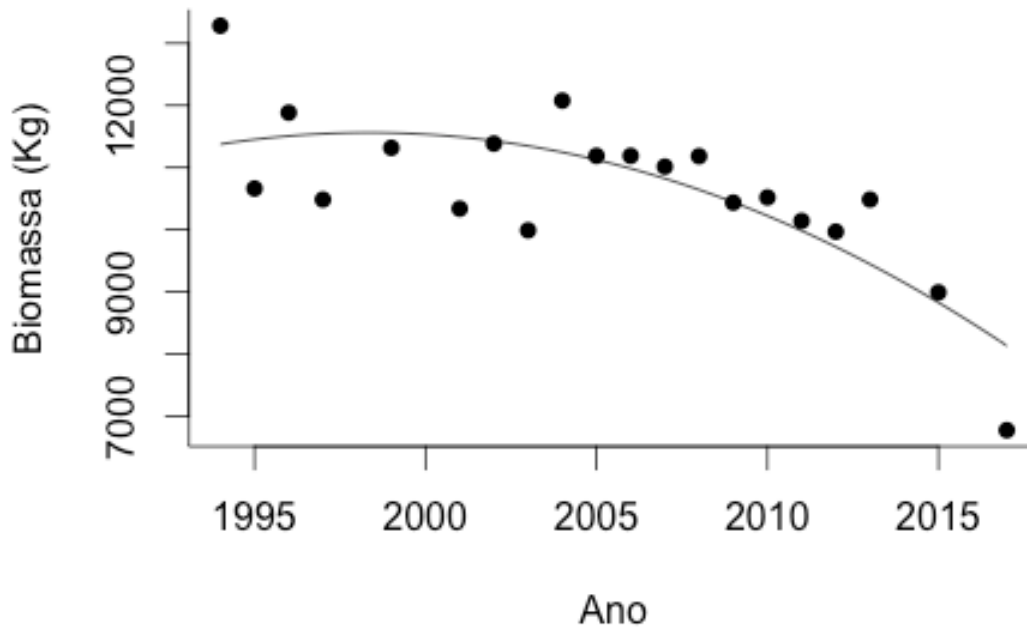
Agradecemos aos alunos de graduação do curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da UNICAMP, pela triagem do material herborizado. Agradecemos os Programas de Pós-Graduação em Biologia Vegetal e em Ecologia e ao Instituto de Biologia da UNICAMP pelo financiamento e apoio burocrático e logístico para a realização do Curso de Ecologia de Campo II de 2017, além do Instituto Florestal, administrador da EEEI, por permitir a realização do curso.



**Figura 1.** Relação entre similaridade média de Bray-Curtis e os anos na área amostrada na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. Os pontos representam a similaridade média da vegetação amostrada com formações florestais por ano.

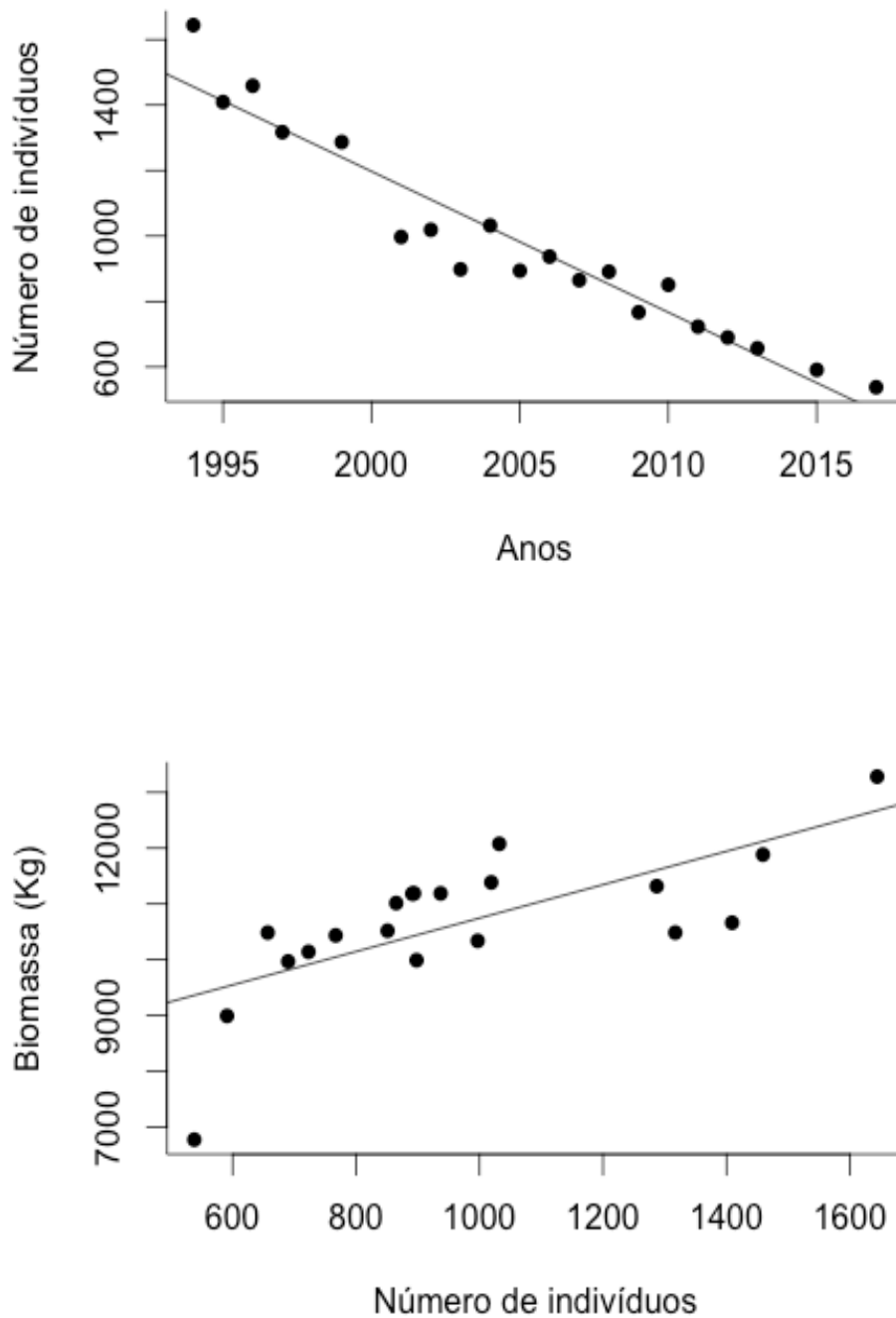


**Figura 2.** Relação entre similaridade média de Bray-Curtis e os anos na área amostrada na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. Os pontos representam a similaridade média da vegetação amostrada com formações savânicas florestais por ano.



**Figura 3.** Relação entre biomassa e os anos na área amostrada na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. Os pontos representam a média de biomassa absoluta ( $Y = D^2 \cdot 32.86$ ) por ano.





**Figura 4.** (A) Número de indivíduos ao longo dos anos na área amostrada na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. (B) Relação entre biomassa e número de indivíduos na área amostrada na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. Os pontos representam médias de biomassa absoluta.