

Fenologia da frutificação de espécies vegetais nativas e a restauração florestal no arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Brasil

Manoela Schiavon Machado¹, Pedro Henrique Santin Brancalion¹, Carolina de Moraes Potascheff², Armando José Barsante Santos³, André Gustavo Nave¹, Ricardo Ribeiro Rodrigues¹, Sergius Gandolfi^{1,4}

Recebido: 4.06.2013; aceito: 16.08.2013

ABSTRACT - (Fructification phenology of native plant species and the forest restoration in Fernando de Noronha archipelago, Pernambuco State, Brazil). The annual pattern of fructification phenology of 23 native species of trees and bushes of Fernando de Noronha, Pernambuco State, Brazil was characterized with the aim of guiding the seed collection towards the implementation of a local restoration program. It was found that most species (74%) presented higher absolute frequencies of fructification during the rainy season (January to July) as opposed to 26% during the dry season, and the fructification lasted, on average, one month and a half. The Spearman correlation coefficient indicated a positive correlation between the studied phenophases and the precipitation. This kind of study is strategic for planning the seed collection and seedling production for restoration programs, especially in places where the process of Ecological Restoration is just beginning and still lacks information, such as Fernando de Noronha.

Key words: biodiversity, deciduous forest, restoration on islands, seasonal drought

RESUMO - (Fenologia da frutificação de espécies vegetais nativas e a restauração florestal no arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Brasil). O padrão anual de fenologia da frutificação de 23 espécies arbóreas e arbustivas nativas de Fernando de Noronha, PE, Brasil foi caracterizado com o objetivo de orientar a coleta de sementes, de maneira a guiar a implantação de um programa local de restauração. Verificou-se que a maioria das espécies (74%) obteve maiores frequências absolutas de frutificação durante a época de chuvas (janeiro a julho) e 26% durante a época seca, sendo que a frutificação das espécies durou, em média, um mês e meio. O índice de correlação de Spearman apontou uma correlação positiva mediana entre as fenofases estudadas e a precipitação. Os estudos de fenologia da frutificação são estratégicos para o planejamento da coleta de sementes e produção de mudas para a restauração, especialmente onde o processo de Restauração Ecológica está se iniciando e ainda carece de informações, como é o caso de Fernando de Noronha.

Palavras-chave: biodiversidade, floresta estacional decidual, restauração em ilhas, seca sazonal

Introdução

O arquipélago de Fernando de Noronha, pertencente ao Estado de Pernambuco, foi descoberto em 1503 e desde então iniciaram-se os períodos de invasões e posses. Sua localização marítima, próxima a costa brasileira, o fez servir como ponto de apoio ao povoamento das terras "recém conquistadas" por Portugal, além disso, a elevada importância estratégica que a ilha possuía na rota comercial entre o Brasil e a Europa incentivou os holandeses a investirem na

invasão da ilha. Nessa ocupação, Fernando de Noronha foi utilizada como quarentenário dos escravos trazidos da África antes da entrada no Brasil. Foi em 1737 que os portugueses voltam a povoar o arquipélago com o objetivo da construção de uma Colônia Correccional para servir de filtro social brasileiro (Nascimento 2010). Neste período, que durou 201 anos, há relatos de práticas como a derrubada de grandes árvores para evitar a construção de embarcações de fuga e incêndios intencionais da vegetação para melhorar a visibilidade, e assim acabar com os esconderijos

1. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil
2. Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Botânica, *Campus* Universitário "Zeferino Vaz" s/n, Cidade Universitária 13083-970 Campinas, SP, Brasil
3. Fundação Pró-TAMAR., Av. Boldró s/n, 53990-000 Fernando de Noronha, PE, Brasil
4. Autor para correspondência: sgandolfi@usp.br

dos presidiários, além disso, foram diversas as construções de fortificações, jardins, terraços, etc. Assim, estima-se que a retirada indiscriminada de madeira e os desmatamentos intensivos dizimaram cerca de 90% da vegetação original (Abdala 2008, Guerriero 2002).

Sabendo que os impactos sobre os ecossistemas decorrem do processo de ocupação do território (Mittermeier *et al.* 2005) e de acordo com a mentalidade da época, podemos considerar que a vegetação nativa era vista como um obstáculo a ser transposto e uma fronteira a ser conquistada em nome dos avanços da civilização (Vitali 2009). A degradação ambiental histórica com origem antrópica comprometeu a estrutura e o funcionamento do ecossistema florestal brasileiro mesmo com sua alta diversidade de espécies nativas (Rodrigues *et al.* 2011). Além da etapa histórica de uso do espaço de Fernando de Noronha, a beleza cênica natural das ilhas e a grande divulgação na mídia fizeram com que o número de turistas e a população residente aumentassem muito, resultando em aumento da pressão exercida sobre os recursos naturais (Vitali 2009). Atualmente, a situação da vegetação de Fernando de Noronha expressa o resultado de atividades de desmatamento e manejo, tanto recentes quanto históricos, efeito das necessidades de uso e ocupação territorial que ocorreram ao longo da história (Abdala 2008).

Os ambientes insulares representam um dos sistemas mais desafiadores à composição e sobrevivência da vida devido ao isolamento provocado pela barreira oceânica (Ângelo *et al.* 1989). Em adição às ações de degradação à natureza que o arquipélago sofreu, existe certa fragilidade natural às adversidades ambientais que se apresenta como consequência das restrições físicas dimensionais e do isolamento ecológico combinado a pronunciada estacionalidade climática, assim, é constatada a importância e a necessidade de incentivar e apoiar estudos voltados ao conhecimento da riqueza biológica do local (Vitali 2009).

Por ser uma ilha oceânica permanentemente habitada por mais de quatro séculos, a flora e as fitofisionomias do arquipélago foram sensivelmente alteradas ao longo dos anos de ocupação (Teixeira *et al.* 2003). Foi Charles Darwin, em 1832, quem realizou as primeiras coletas botânicas do arquipélago, e foi Ridley (1890) quem efetuou o primeiro estudo científico, com expressiva relação e descrição da vegetação de Fernando de Noronha. Foram então

relacionadas 182 espécies, incluindo espécies nativas e exóticas introduzidas. Teixeira *et al.* (2003) estimou que existam de 250 a 300 espécies vegetais, entre nativas e exóticas, e mais atualmente Freitas (2007) encontrou um total de 211 espécies vegetais nativas distribuídas em 148 gêneros de 48 famílias. Deste total, o grupo dos arbustos, arbusto/subarbusto, arbusto/arvoreta, arbusto/árvore e árvores representa 28,44% das espécies vegetais, ou seja, 60 espécies, sendo que, do total das espécies deste grupo as árvores representam 8,06%.

É reconhecido que a vegetação espontânea original da ilha pertencia à flora brasileira, no entanto não eram observadas espécies típicas da vegetação intertropical, como as aráceas, musáceas, bromeliáceas, canáceas, palmeiras e orquídeas (Freitas 2007). Assim, para esse momento inicial dos estudos de investigação da vegetação nativa de Fernando de Noronha visando a utilização na restauração, é focada a restauração florestal.

A partir de comparações entre Ridley (1890) e Freitas (2007) fica evidente o desaparecimento de espécies vegetais na Zona Urbana da APA, assim, atualmente a vegetação nativa se encontra reduzida a fragmentos que estão localizados no Parque Nacional Marinho e, mesmo sendo uma unidade de proteção integral, está fortemente ameaçada pela invasão de espécies exóticas (Abdala, 2008).

Visando a conservação da Biodiversidade, dever-se-á além de se proteger o que ainda resta de floresta natural através da criação de Unidades de Conservação, restaurar o que foi degradado, principalmente visando interligar os fragmentos e permitir a migração da fauna, a dispersão da flora e o fluxo gênico. Em essência, a restauração de um ecossistema funciona como uma sucessão assistida em que se procura retirar barreiras que estejam impedindo o processo natural de sucessão e se induz a formação ou o enriquecimento de uma comunidade (Lamb *et al.* 2005, Meiners & Pickett 2011). O objetivo inicial de um processo de restauração florestal é conseguir, em pouco tempo, a formação de um habitat florestal. Para isso usam-se, em geral, espécies arbóreas de rápido crescimento e boa cobertura, normalmente espécies pioneiras que levam à criação de um dossel fechado e um sub-bosque sombreado propício ao desenvolvimento de espécies arbóreas secundárias iniciais e climáces, e de outras espécies florestais como ervas, arbustos, lianas, epífitas, palmeiras, entre outras (Rodrigues *et al.* 2009).

Segundo as características ambientais de cada local e os recursos disponíveis, diversos métodos de restauração podem ser empregados como o plantio de mudas de espécies nativas, o transplante de plântulas, a semeadura direta, entre outras (Rodrigues *et al.* 2007). Dentre estas técnicas, o plantio de mudas, apesar de ser mais dispendiosa, é a mais utilizada e desenvolvida, permitindo uma maior segurança de resultados, já que se empregam indivíduos já desenvolvidos e com sistema radicular bem formado, e também um maior controle da composição e estrutura da comunidade que se pretende implantar. Por outro lado a semeadura direta pode apresentar diversas vantagens em relação ao plantio, como a maior facilidade de implantação em locais de difícil acesso, como encostas de morros e principalmente menores custos por não ser necessária a produção em viveiros, nem o transporte e plantio posterior no campo (Lamb *et al.* 2005). Em Fernando de Noronha poderá ser utilizado tanto um quanto outro método, respeitando-se as limitações operacionais locais e a disponibilidade de informações.

Os estudos realizados em florestas tropicais observam que os eventos fenológicos de espécies arbóreas, majoritariamente, são sazonais, principalmente na medida em que as florestas estão mais sujeitas a forte estacionalidade climática. Entretanto os padrões fenológicos estão sujeitos a vários fatores internos ou externos que podem caracterizá-los (Locatelli & Machado 2004). O regime de precipitação em Fernando de Noronha se caracteriza pela ocorrência de chuvas torrenciais e mal distribuídas ao longo do ano. O período de intensas chuvas ocasiona a formação de rios intermitentes e cachoeiras, ao que segue uma seca intensa durante os meses seguintes, isso muda drasticamente a fisionomia da vegetação local, como mostram relatos e publicações de diferentes épocas e que pode ser verificado até os dias atuais (Abdala 2008, Teixeira *et al.* 2003). Sendo marcadamente sazonal o padrão de distribuição da precipitação local e tendo os solos da ilha de Fernando de Noronha pouca espessura e baixa permeabilidade, o que caracteriza um rápido escoamento superficial e um pequeno armazenamento da água (Teixeira *et al.* 2003), pode-se esperar que as espécies arbóreas locais apresentem um padrão fenológico de frutificação bastante definido, estando a liberação das sementes provavelmente sincronizada com o período de maior disponibilidade hídrica.

Abdala (2007) explica que o pequeno número de espécies arbóreas, o grande número de espécies

invasoras, os diversos insucessos na introdução de espécies vegetais e animais em conjunto à baixa capacidade de regeneração, são indicadores da fragilidade do ecossistema de Fernando de Noronha, o que justifica a exigência de estudos detalhados antes da execução de qualquer tipo de intervenção, para que não se ponha em risco a sobrevivência das matas e possa causar extinção das espécies endêmicas.

Considerando a baixa resiliência das áreas do estudo uma possível alternativa é plantar mudas, as quais, em se tratando de um ambiente insular, necessariamente devem ser produzidas no local. Devido às limitações de mão-de-obra e infra-estrutura disponíveis, a restrita janela de tempo para os plantios em função do regime de chuvas, e a impossibilidade de se estocar sementes no local, é fundamental planejar muito bem a produção de mudas. Assim, é preciso conhecer a fenologia de frutificação para organizar a coleta de sementes e a produção de mudas.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o padrão anual de fenologia da frutificação de 23 espécies arbóreas e arbustivas nativas presentes em Fernando de Noronha e as possíveis relações com as condições climáticas do local, de maneira a orientar a coleta de sementes que permita a implantação de um programa local de restauração.

Material e métodos

O arquipélago de Fernando de Noronha pertence ao Estado de Pernambuco e está localizado nas coordenadas 03°51'13.71"S e 32°25'25.63"W. A distância mais curta da costa brasileira é de 345 km até o Cabo de São Roque, no Rio Grande do Norte. Possuindo mais de 20 ilhas, ilhotas e rochedos isolados totalizando uma área aproximada de 26 km², sendo 17 km² apenas da ilha principal, o arquipélago de pouco mais de 12 milhões de anos representa o que ainda não foi erodido de um grande edifício vulcânico, cuja base apresenta cerca de 60 km em seu maior diâmetro e assenta-se no assoalho oceânico a 4.000 m de profundidade, e faz parte de uma ramificação da Dorsal Médio Atlântica em direção à costa brasileira (Cordani 1970, Almeida 1955). A partir de 1988, o arquipélago foi dividido em duas Unidades de Conservação, APA - Área de Proteção Ambiental, e PARNAMAR - Parque Nacional Marinho. Em 2010 havia 2.630 habitantes com uma densidade demográfica de 154,5 habitantes km⁻², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010).

O clima típico de Fernando de Noronha é tropical quente, semelhante ao do Agreste Nordestino, sendo bastante influenciado pelo domínio oceânico, com uma temperatura média anual de 26,5 °C havendo uma amplitude anual de 4 °C em relação a esse valor. Ocorrem localmente duas estações bem definidas, a chuvosa de janeiro a junho e a seca de julho a dezembro. A precipitação acumulada anual situa-se em torno de 1.418 milímetros (Embrapa 2013), podendo, entretanto, ser superior a 2.000 milímetros ou inferior a 500 milímetros em anos secos. (Teixeira *et al.* 2003).

Fernando de Noronha não possui nascentes nem corpos d'água perenes. Acompanhando o regime pluviométrico das regiões semi-áridas, os rios e riachos do arquipélago são torrenciais, secando todos os anos na época de estiagem. No período das águas, as fortes e abundantes chuvas enchem os leitos abruptamente.

A vegetação do arquipélago é definida como Floresta Estacional Decidual, ou Mata Seca, com expressivas diferenças entre as estações seca e úmida. Esta formação é composta por vegetação herbácea que seca rapidamente ao final das chuvas, árvores que perdem as folhas na seca e muita vegetação rasteira e arbustiva (Teixeira *et al.* 2003).

Para o acompanhamento da fenologia reprodutiva em campo foi utilizado o Método de Trilhas descrito

por D'Eça-Neves & Morellato (2004), tendo sido escolhidas oito trilhas pré-existentes na ilha principal (figura 1). Acompanhou-se nessas oito trilhas a fenologia reprodutiva de 23 espécies nativas arbustivas e arbóreas durante 17 meses. Detalhes sobre essas espécies estão descritos na tabela 1. Os indivíduos de cada uma dessas espécies não foram marcados, nem acompanhados individualmente, apenas considerou-se em cada mês amostrado se cada espécie se encontrava ou não frutificando. Dessa forma calculou-se para cada espécie a Frequência Absoluta de Frutificação (FAF_i), que correspondia ao número de trilhas em que a espécie encontrava-se com frutos dividido pelo número total de trilhas amostradas (8 trilhas), multiplicado por 100. Assim, se num dado mês a espécie estivesse frutificando em todas as trilhas, sua FAF_i seria igual a 100% e se não estivesse frutificando em nenhuma delas, igual a 0%. Como entre as espécies variava o número de indivíduos e também sua distribuição espacial pela ilha, algumas espécies não atingiram 100% de frequência em nenhum mês. Por exemplo, a espécie *Allophylus laevigatus* estava presente apenas nas trilhas TR2 e TR5, logo, a porcentagem máxima de frutificação possível era de 2/8, ou 25%. Essa abordagem permitiu dar uma melhor idéia da dispersão espacial da frutificação



Figura 1. Mapa de localização da área do estudo com indicação das trilhas percorridas para coleta de dados fenológicos em Fernando de Noronha, PE, Brasil. Fonte: adaptado de Google Maps, 2013.

Figure 1. Location map of the studied area with indication of the trails covered to collect phenological data in Fernando de Noronha, PE, Brazil. Source: adapted from Google Maps, 2013.

Tabela 1. Espécies vegetais nativas estudadas com os respectivos nomes científicos, nomes populares, famílias botânicas, hábitos, períodos de frutificação, abundância relativa segundo observações e presença nas trilhas do arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Brasil.

Table 1. Native species of the studied vegetation with their scientific names, common names, botanical families, habits, fruiting periods, relative abundance according to observations and presence in the tracks of the archipelago of Fernando de Noronha, PE, Brazil.

Famílias	Espécies	Nomes populares	Hábito	Frutificação	Abundância relativa	Presença nas trilhas
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	cajá	arbóreo		Abundante	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Apocynaceae	<i>Rauvolfia ligustrina</i> Willd. ex Roem. et Schult	fruta-de-sapo	arbustivo/arbóreo	Mar	Abundante	TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	arbóreo	Fev	Comum	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Boraginaceae	<i>Cordia globosa</i> (Jacq.) Kunth	maria-preta	arbustivo	Fev - Mar	Comum	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Brassicaceae	<i>Capparis frondosa</i> Jacq.	jitó	arbustivo	Nov - Abr	Comum	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	feijão-bravo	arbustivo/arbóreo	Abr - Mai	Abundante	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Cactaceae	<i>Cereus insularis</i> Hemsf.	xique-xique	arbustivo	Nov	Rara	TR2 TR3 TR7
Celastraceae	<i>Maytenus erythroxylon</i> Reissek		arbóreo	Mai e Out - Dez	Rara	TR5
Combretaceae	<i>Combretum</i> sp.		arbusto escandente		Rara	TR1
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	urtiga-branca	arbustivo	Fev	Comum	TR7
	<i>Croton hirtus</i> L'Hér		arbustivo		Rara	TR5
	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill	pinhão-branco	arbustivo/arbóreo	Nov - Dez	Abundante	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
	<i>Manihot glaziovii</i> Müll.Arg	maniçoba	arbóreo	Jun	Abundante	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
	<i>Sapium argutum</i> (Müll.Arg.) Huber	burra-leiteira	arbóreo	Mai	Abundante	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Fabaceae	<i>Erythrina velutina</i> Willd	mulungu	arbóreo	Jan - Mar	Abundante	TR1 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Moraceae	<i>Ficus noronhae</i> Oliv	gameleira	arbóreo	Jun e Jan	Comum	TR1 TR3 TR6 TR7 TR8
Myrtaceae	<i>Eugenia rotundifolia</i> Casar	pitanguinha	arbóreo	Mar	Comum	TR1 TR3 TR5 TR8
Nyctaginaceae	<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	joão-mole	arbóreo	Fev	Comum	TR1 TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Oxalidaceae	<i>Oxalis psoraleoides</i> subsp. <i>insipida</i> (A. St.-Hil.) Lourteig	azedinho	arbustivo	Fev	Abundante	TR2 TR3 TR5 TR6 TR7 TR8
Rubiaceae	<i>Guettarda platypoda</i> DC.	angélica	arbóreo	Nov	Comum	TR1 TR5 TR6 TR7
Sapindaceae	<i>Allophylus laevigatus</i> (Turcz.) Radlk.		arbóreo	Mar	Comum	TR2 TR5
Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn. subsp. <i>obtusifolium</i> Jacq	quixaba	arbustivo/arbóreo	Fev	Abundante	TR2 TR3 TR4 TR5 TR6 TR7 TR8
Theophrastaceae	<i>Jacquinia armillaris</i> Jacq	alfinete	arbustivo/arbóreo	Out	Rara	TR3 TR5

pela ilha, uma informação muito importante para o planejamento temporal da coleta de sementes e produção de mudas das espécies estudadas. As trilhas foram percorridas quinzenalmente de outubro de 2010 até fevereiro de 2012, totalizando 17 meses. A identificação das espécies foi realizada com o auxílio da literatura (Freitas 2007) e do Herbário da ESALQ (ESA), seguindo o Angiosperm Phylogeny Group (APGII 2003).

Para se descrever o padrão geral mensal de frutificação das 23 espécies estudadas, considerou-se a porcentagem de espécies frutificando em cada mês. Nesse caso considerou-se apenas a presença ou a ausência da espécie em frutificação no conjunto das oito trilhas, independentemente da variação de comportamento da espécie entre as trilhas. Essa porcentagem foi obtida dividindo-se o número de espécies que estavam em frutificação pelo total de espécies estudadas, e a análise foi feita separadamente para as duas fenofases estudadas neste trabalho (fruto imaturo e fruto maduro).

Tendo descrito o padrão geral de fenologia de frutificação das 23 espécies do estudo, foi então feita a descrição da variação mensal da frequência absoluta de frutificação de cada uma das espécies.

Buscando verificar possíveis relações entre os padrões de fenologia reprodutiva das espécies do estudo com a variável climática de precipitação, foram correlacionados valores mensais da porcentagem de espécies frutificando em toda a ilha com os índices pluviométricos mensais do período do estudo e também com as médias mensais de índices pluviométricos de uma série histórica do período de 1961 a 1990. A relação pode ser observada através da sobreposição das curvas de porcentagem de espécies frutificando (para frutos imaturos e frutos maduros) e das curvas de precipitação do período do estudo e da média da série histórica para cada mês na figura 2.

Para verificar a correlação entre o padrão de frutificação e o regime pluviométrico da ilha, foram obtidos coeficientes de correlação de Spearman entre a porcentagem de espécies frutificando mensalmente (com frutos maduros ou imaturos) e os valores de precipitação observados em cada mês. Foram considerados os valores de precipitação observados no período do estudo (outubro de 2010 a fevereiro de 2012) e também valores de uma série histórica de 29 anos (1961 a 1990). Dessa forma foram obtidos quatro valores de correlação.

Os dados pluviométricos do período do estudo foram obtidos da Agência Pernambucana de Águas

e Clima (APAC); o monitoramento pluviométrico foi realizado em dois postos (PCD e PCD2) e para o estudo foi utilizada a média dos dois postos. A precipitação total média mensal da série histórica de 1961 a 1990 foi obtida por Sentelhas *et al* (1999) no banco de dados climáticos do Brasil mantidos pela EMBRAPA Monitoramento por satélite. As análises dos dados foram realizadas no software R, versão 2.9.2 (R Development Core Team, 2012).

Resultados e discussão

As 23 espécies arbóreas estudadas pertencem a 18 famílias botânicas. Não foi identificada uma concentração marcada de frutificação para todas as espécies nativas de Fernando de Noronha. A maioria das espécies presentes (74%) teve maiores frequências absolutas de frutificação na época de chuvas (janeiro a julho) e 26% na época seca, sendo que a frutificação das espécies durou, em média, um mês e meio. Os padrões de frutificação variam em cada espécie, mas, de maneira geral, foram sazonais, tendo ocorrido um pico de frutificação entre os meses de fevereiro e março, no início da época relativamente mais chuvosa (figura 2).

A figura 2 apresenta a porcentagem de espécies frutificando por mês, nela é possível verificar que a maioria das espécies do estudo apresenta padrão similar de resposta a variável climática da precipitação. Isso pode ocorrer pelo fato de não haver grande amplitude de variação de temperatura ao longo do ano e nem grande variação de graus-dia devido à latitude que a ilha é situada. No entanto, é possível que algumas espécies do local tenham desenvolvido diferentes estratégias reprodutivas, e eventualmente podem ter sua maturação de estruturas reprodutivas sincronizada com a estação seca. O significado adaptativo da ocorrência de uma determinada fenofase pode estar relacionado a vários fatores, tanto abióticos, tais como temperatura, precipitação, umidade e disposição de nutrientes, quanto a fatores bióticos, como atividade de polinizadores, dispersores e predadores de sementes, sendo que todos esses fatores, por sua vez, estão sujeitos a interferências das mudanças no ambiente físico (Janzen 1980).

A partir da comparação da curva de precipitação do período do estudo com a curva de precipitação média histórica é possível verificar que houve um adiantamento de dois meses no início das chuvas (janeiro de 2011) que seria esperada, segundo a média histórica (mês de março). Aparentemente isso

estimulou a maturação das estruturas reprodutivas e, embora não seja possível afirmar que ocorreu um adiantamento em relação ao que seria esperado sem analisar dados da fenologia reprodutiva de outros anos, é possível verificar que houve uma rápida resposta das plantas ao início das chuvas o que indica que a maturação de estruturas reprodutivas parece responder mais rapidamente ao estímulo do início das chuvas do que seguir uma tendência mostrada pela média histórica. (figura 2).

O índice de correlação de Spearman apontou uma correlação positiva entre a ocorrência de frutos maduros ($r_s = 0,43$) e a precipitação acumulada mensal dos meses correntes do estudo, e entre este fator e a ocorrência de frutos imaturos ($r_s = 0,42$). Para a relação da fenologia com a precipitação média mensal da série histórica, o índice de correlação também foi positivo para frutos maduros ($r_s = 0,47$) e para frutos imaturos

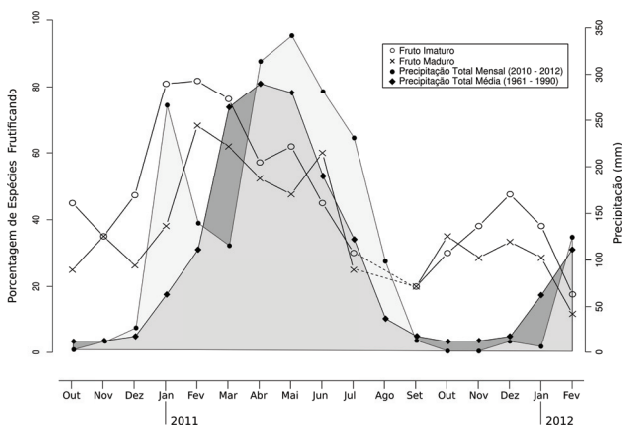


Figura 2. Porcentagem de espécies frutificando considerando todas as 23 espécies do estudo e todas as trilhas do arquipélago, mensalmente. Os gráficos de linhas com símbolos "o" e "x" mostram a variação mensal da porcentagem das espécies que frutificaram (Fruto Imaturo e Fruto Maduro, respectivamente). Os gráficos foram sobrepostos à precipitação acumulada mensal (em mm) dos meses correntes do estudo (período de Outubro de 2010 a Fevereiro de 2012, área hachurada em cinza claro), e à precipitação total média mensal da série histórica de 29 anos (1961 a 1990, área hachurada em cinza escuro). As linhas tracejadas indicam os períodos nos quais não foram realizadas coletas de dados.

Figure 2. Percentage of species in fructification considering all 23 species of the study and all tracks of the archipelago, monthly. Line charts with symbols "o" and "x", show the percentage of species in fructification variation (Immature and Mature Fruit, respectively), monthly. The graphics were overlaid on the monthly accumulated precipitation (mm) of the studied period (October 2010 to February 2012, light-gray shaded area), and on the monthly total average precipitation of the historic series of 29 years (1961 to 1990, dark-gray shaded area). The dashed lines indicate the periods in which no data were collected.

($r_s = 0,40$), indicando que existe correlação mediana entre as fenofases estudadas e o regime pluviométrico.

A figura 3 apresenta a variação mensal da frequência absoluta de frutificação de cada uma das espécies do estudo. Com esses gráficos é possível observar a fenologia de frutificação espacialmente no arquipélago. As linhas com traço e ponto indicam a máxima frequência absoluta de frutificação daquela espécie, assim, se o valor é alto significa que a espécie está dispersa por toda ilha, como é o caso de *Capparis flexuosa*, *Guapira laxa*, *Jatropha mollissima*, *Sapium argutum* e *Tabebuia roseo-alba* que foram observadas em todas as trilhas. Quando a curva atinge a linha com traço e ponto interpreta-se que a espécie frutificou em todos os locais onde estava presente, como acontece com as espécies *Allophylus laevigatus*, *Cnidocolus urens*, *Croton hirtus* e *Maytenus erythoxylon*. Porém quando a curva tem valores baixos pode significar que a espécie ocorre em poucas trilhas, como a *Jacquinia armillaris*, ou então que a espécie, apesar de estar bem dispersa pela ilha, naquele mês frutificou apenas em parte dos locais onde ocorre, como a *Spondias mombin*.

A maioria das espécies apresenta uma concentração temporal da frutificação que envolve muitos indivíduos, e então não ocorre mais maturação de frutos durante o resto do ano. No entanto, nota-se a ocorrência outra estratégia de frutificação, que pode ser claramente verificada na espécie *Jacquinia armillaris*, a qual possui baixa frequência relativa na ilha e frutifica durante todo o ano.

Ainda não há conhecimento local suficiente para determinação de tamanho efetivo das populações ou mesmo se a variabilidade de cada espécie é alta ou baixa devido ao isolamento local que possa guiar a produção de mudas que garanta a diversidade genética, no entanto, sabe-se que quando se faz coletas de sementes voltadas para o uso em restauração, devem ser coletados frutos de diversas matrizes a fim de que seja obtida maior variabilidade genética (Vencovsky 1987). Sendo assim, recomenda-se que a coleta de frutos seja concentrada nos primeiros meses do ano e feita em todas as trilhas do arquipélago para se obter sementes de diferentes e diversas matrizes, favorecendo, assim, a eventual obtenção de maior variabilidade genética em cada espécie considerando-se os preceitos genéticos discutidos na literatura a respeito em Kageyama & Castro (1989) e Kageyama *et al.* (1998).

Das 23 espécies estudadas no presente trabalho, quinze já estão sendo produzidas pelo Viveiro do

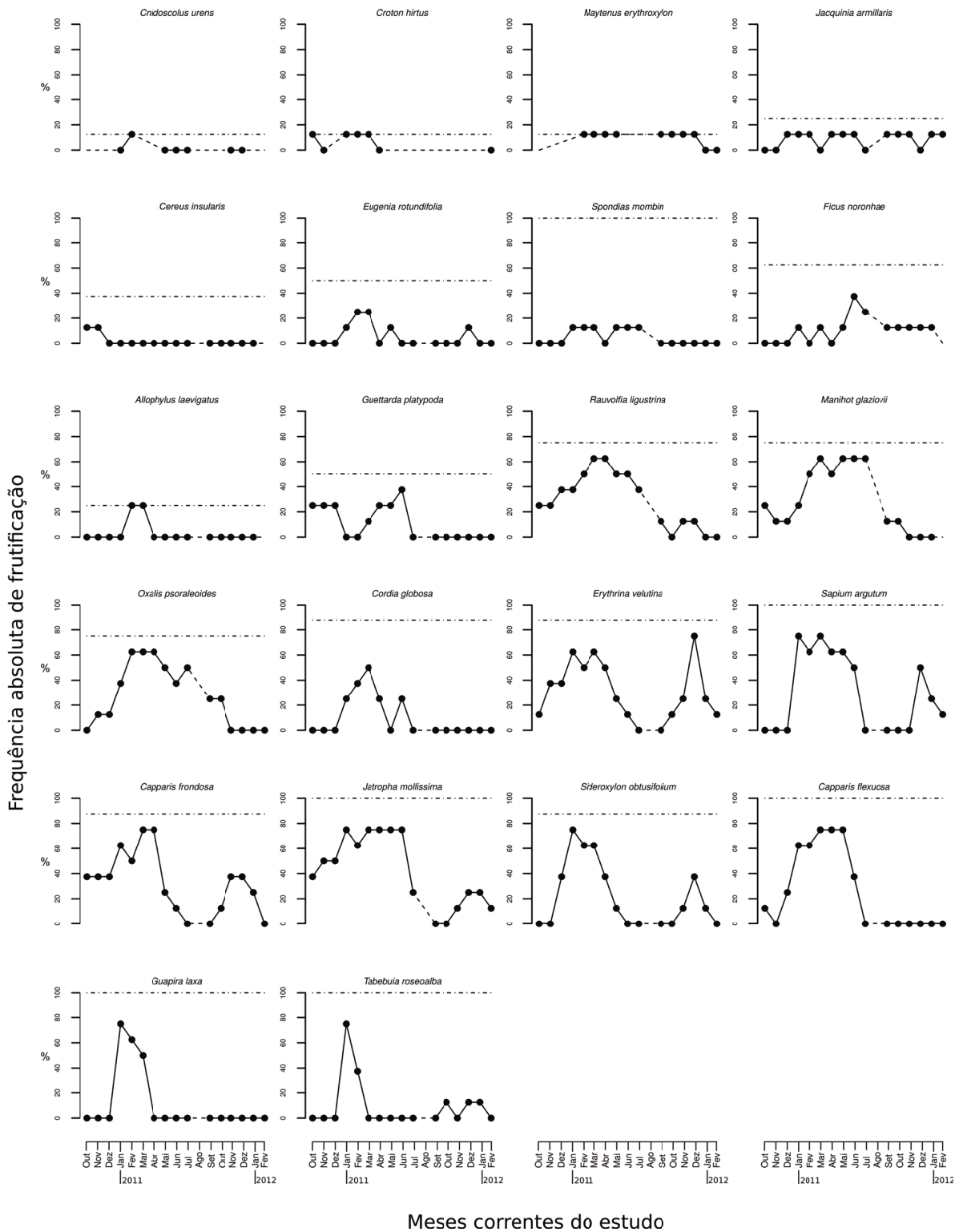


Figura 3. Gráficos da variação mensal da frequência absoluta de frutificação de cada uma das espécies. As linhas com traço e ponto indicam a máxima frequência absoluta de frutificação que cada uma das espécies pode apresentar, uma vez que as espécies estão desigualmente distribuídas entre as trilhas (ver Material e métodos). As linhas tracejadas indicam os períodos nos quais não foram realizadas coletas de dados.

Figure 3. Graphics presenting the monthly variation of the fructification absolute frequency of each studied species. The dash-dot lines indicate the absolute frequency of maximum fructification that each species can present as the species are unevenly distributed among the tracks (see Materials and methods). The dashed lines indicate the periods in which no data were collected.

Projeto TAMAR e para a produção de outras espécies ainda são necessárias mais informações, como, entre outras, a época ideal para coleta de frutos e as técnicas mais adequadas para quebra de dormência das sementes. Desse modo, as informações presentes nesse trabalho irão auxiliar a coleta de frutos e, portanto, criar a oportunidade de aumentar a riqueza do Viveiro de Fernando de Noronha.

Até o momento já foram coletadas sementes de 17 das 23 espécies estudadas (não foi possível realizar coleta das espécies *Cereus insularis*, *Cnidocolus urens*, *Combretum* sp., *Croton hirtus*, *Sapium argutum* e *Spondias mombin*). Observou-se que a maioria dessas espécies germinou em testes de sementeira, especialmente *Erythrina velutina*, *Capparis flexuosa* e *Jatropha mollissima*, o que sinaliza potencial dessas espécies para utilização no método da sementeira direta para restauração florestal, ainda não realizado no local. Através de observações feitas localmente nos plantios realizados em uma área piloto de 1 hectare, infere-se que essas mesmas três espécies apresentam um desempenho característico de espécies de Recobrimento, sendo as demais de Diversidade (NBL-TNC 2013). Ainda são necessários mais estudos focados em taxas de crescimento e desenvolvimento de copa com mudas produzidas e plantadas no arquipélago.

Tanto para aplicação da técnica de sementeira direta quanto de plantio de mudas é indicado que seja realizado durante os meses de chuva, ou seja, os primeiros meses do ano. Além da germinação em campo das sementes provenientes da sementeira direta, também deve ser considerado o estabelecimento inicial das plântulas e mudas, para isso há a dificuldade de irrigá-las já que não há rios perenes na ilha. Portanto é indicado que, tanto as plântulas germinadas em campo quanto as mudas do plantio, estejam em campo no início da época de chuvas para que as mudas atinjam o maior crescimento possível ao fim das chuvas aumentando assim as chances de sobrevivência.

Dada a maior imprevisibilidade da germinação em condições de sementeira direta a pleno sol (Isernhagen 2010, Aguirre 2012) espécies menos abundantes e de distribuição mais restrita a locais isolados da ilha, como principalmente *Jacquinia armillaris* e *Maytenus erythroxyton*, tendem a ter menor disponibilidade de sementes e assim talvez devam ser inseridas na restauração através da produção de mudas e não da sementeira direta a fim de reduzir perdas das poucas sementes disponíveis.

A sementeira direta pode ser uma alternativa interessante para um local com pouca infra-estrutura, como Fernando de Noronha e precisa ainda ser testada. Por outro lado, dada a imprevisibilidade do tempo de germinação no campo, pode ser que haja algum retardamento e dificuldade de estabelecimento durante a janela de oportunidade que existe antes da seca prolongada e, portanto as plântulas atingiriam a época seca ainda muito pequenas. Produzir as mudas e plantar na estação chuvosa seguinte poderia ser uma alternativa, mas que, por enquanto, esbarra na escassez local de infra-estrutura e mão de obra.

Dois grandes dificuldades na condução da restauração com plantio de mudas foram já identificadas nos plantios realizados no arquipélago, a seca muito prolongada que esgota as reservas hídricas do solo causando a desidratação das plantas, e a intensa competição de gramíneas agressivas com as mudas.

Considerando alguns fatores estudados e observados no local tais como, a germinação de diversas espécies, dificuldades de produção de mudas devido a escassez de recursos hídricos e a grande competição com gramíneas no campo, sugere-se que sejam aplicadas ambas as técnicas de restauração apresentadas de forma combinada, como por exemplo, pode ser realizada a coleta de frutos e beneficiamento das sementes daquelas espécies que estiverem frutificando no início da época de chuva, semeando-se no campo apenas aquelas espécies que tenham boa germinação. Enquanto ocorre a germinação e crescimento das plântulas em campo, as mudas daquelas espécies que requerem maiores cuidados de produção podem ser produzidas em casa de vegetação durante a estação seca subsequente, para que então nas próximas estações chuvosas, sejam plantadas na sombra das mudas já desenvolvidas que foram inicialmente semeadas, diminuindo assim a competição com as gramíneas.

Conservar as áreas de floresta secundária que estão presentes atualmente, e praticar a restauração ecológica, tanto em escala de paisagem quanto em locais únicos como o caso do arquipélago de Fernando de Noronha com bases científicas sólidas, constitui uma forma de conservar a biodiversidade que por sua vez melhora o funcionamento do ecossistema, o provimento de serviços ecossistêmicos e a qualidade de vida humana. Nesse sentido, os estudos de fenologia da frutificação se mostram estratégicos para o planejamento da coleta de sementes e produção de mudas, especialmente em locais onde o processo

de Restauração Ecológica ainda está se iniciando e por isso carece de informações, como é o caso de Fernando de Noronha, pois podem melhor orientar e aperfeiçoar a seleção de métodos de restauração a serem empregados.

Agradecimentos

Agradecemos ao Projeto TAMAR pelo grande apoio concedido às atividades de restauração ecológica em desenvolvimento no arquipélago de Fernando de Noronha, PE. Ao ICMBio, pela autorização de coletas e estudos nas áreas do Parque Nacional Marinho e pelos auxílios concedidos durante os trabalhos. Ao Dr. Marcelo Mollinari pelo auxílio com as análises estatísticas. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa. Aos revisores anônimos que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

Leitura citada

- Abdala, G.C.** 2008. Estudo e determinação da capacidade de suporte e seus indicadores de sustentabilidade com vistas à implantação do plano de manejo da área de proteção ambiental do arquipélago de Fernando de Noronha. ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, MMA - Ministério do Meio Ambiente.
- Aguirre, A.G.** 2012. Avaliação do potencial da regeneração natural e o uso da sementeira direta e estaquia como técnicas de restauração. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Almeida, F.F.M.** 1955. Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Divisão de Geologia e Mineralogia. Departamento Nacional da Produção, nº. 13. Rio de Janeiro, p.1-181.
- Ângelo, S., Ferraz, L. P. M., Lino, C., Massini, N., Ohata, A. T.** 1989. Ilhas do Litoral Paulista. Série Documentos. Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria da Cultura e Universidade de São Paulo. São Paulo, pp. 52.
- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima.** 2013. Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco. <http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/> (acesso em 24.07.2013).
- Cordani, U.G.** 1970. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. Instituto de Geociências e Astronomia, Boletim IGA, 1, 9-75.
- D'Eça-Neves, F.F. & Morellato, L.P.C.** 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. Acta Botanica Brasilica 18: 99-108.
- EMBRAPA - Monitoramento por satélite.** 2013. Banco de dados climáticos do Brasil. <http://www.bdclima.cnpem.br/> (acesso em 24.07.2013)
- Freitas, A.M.M.** 2007. A Flora Fanerogâmica Atual do Arquipélago de Fernando de Noronha – Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- Guerriero, N.** 2002. Ilhas Oceânicas: Fernando de Noronha. Guerriero Edições. São Paulo - SP. pp. 96.
- IBGE.** 2010. IBGE Cidades. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat> (acesso em 30.05.2013).
- Isernhagen, I.** 2010. Uso de sementeira direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Janzen, D.H.** 1980. Ecologia vegetal nos trópicos. EPU e EDUSP. São Paulo.
- Kageyama, P.Y., & Castro, C.D.A.** 1989. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. Revista do IPEF, 41(42), 88-93.
- Kageyama, P.Y., Gandara, F.B., Souza, L.D.** 1998. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. Série Técnica IPEF, 12(32), 65-70.
- Lamb, D., Erskine, P.D. & Parrotta, J.A.** 2005. Restoration of degraded tropical Forest landscapes. Science 310: 1628-1632.
- Locatelli, E., Machado, I.C.** 2004. Fenologia das Espécies Arbóreas de uma Mata Serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. 17.
- Meiners, S.J., Pickett, S.T.A.** 2011. Succession. *In*: Spread models of see epidemiology and dispersal. Daniel, S. and Marcel R. (eds.). Encyclopedia of Biological Invasions. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, pp. 651-658.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffmann, M., Pilgrin, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamourex, J., Fonseca, G.A.B.** 2005. Hotspots Revisados: As regiões biologicamente mais ricas e ameaçadas do planeta. Conservação Internacional.
- Nascimento, G.R.** 2010. No Tempo dos Loronhas se Erguia uma Ilha-Presídio no Atlântico (1504-1800). Revista Crítica Histórica. Ano 1, Nº1. pp. 126-148.
- NBL - Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC).** 2013. Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 páginas.
- Ridley, H.N.** 1890. Notes on the botany of Fernando de Noronha. The Journal of the Linnean Society. v.27. pp. 95.
- Rodrigues, R.R., Martins, S.V., Gandolfi, S.** 2007. (eds.). High Diversity Forest Restoration in Degraded Areas. Nova Science Publishers, New York, USA.

- Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S., Nave, A.G.** 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142: 1242-1251.
- Rodrigues, R.R., Gandolfi, S., Nave, A.G., Aronson, J., Barreto, T.E., Vidal, C.Y., Brancalion, P.H.S.** 2011. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*. v.261, pp. 1605-1613.
- Sentelhas, P.C., Pereira, A.R., Marin, F.R., Angelocci, L.R., Alfonsi, R.R., Caramori, P.H., Swart, S.** 1999. BHBrazil - Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Piracicaba: ESALQ/USP, pp. 7.
- Teixeira, W., Cordani, U. G., Menor, E. A., Grillo, M. T., Linsker, R.** 2003. Arquipélago de Fernando de Noronha - O paraíso do vulcão. *Tempos do Brasil - Terra Virgem*. São Paulo.
- Vencovsky, R.** 1987. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. *Revista do IPEF*, 35: 79-84.
- Vitali, M.** 2009. Conservação da biodiversidade e uso dos recursos naturais em Fernando de Noronha: sustentabilidade em ambientes sensíveis. *Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.*

