

## **De onde vêm as mudas para restauração em restingas? Caracterização de viveiros de São Paulo**

### ***Julia Dias de Freitas***

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução. Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). E-mail: juliadfreitas@gmail.com

### ***Ricardo Bertoncello***

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP).

### ***Alexandre Adalardo de Oliveira***

Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP)

### ***Adriana Maria Zanforlin Martini***

Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP).

## **RESUMO**

O sucesso de projetos de restauração em ambientes restritivos pode depender do plantio de espécies representativas da vegetação regional. Para conhecer a disponibilidade de mudas e limitações da produção de espécies de restingas, foi realizado um levantamento de viveiros no Estado de São Paulo. Dentre os 131 viveiros contatados, apenas seis produziam mudas de restinga. As principais dificuldades foram relacionadas à carência de suporte logístico, recursos humanos e financeiros para obtenção de sementes, mas, em geral, as mudas são produzidas com facilidade. No período estudado, a quantidade de mudas produzidas representou aproximadamente 32% do número de mudas compromissadas em projetos de restauração de restinga. Dada a disparidade entre demanda e produção, provavelmente, as mudas são provenientes de outras regiões. A persistência de mudas exógenas em restingas é incerta e os projetos que as utilizam não estão em consonância com princípios que visam o sucesso da restauração ecológica a longo prazo.

**Palavras-chave:** depressão exogâmica; mudas exógenas; planície costeira; políticas públicas, restauração

## **ABSTRACT**

**[Where do seedlings for coastal plain restoration come from? Characterization of plant nurseries of São Paulo, Brazil]** - Successful ecological restoration under harsh abiotic conditions likely depends on planting seedlings from locally-adapted, native species. An inventory of nurseries was performed in order to assess seedling availability and challenges for the production of seedlings from restingas of São Paulo, Brazil. Among 131 contacted nurseries, only six produced seedlings from restingas. In addition, main challenges affecting production were related to the scarcity of logistical support, and human and financial resources for seed collection. However, seedlings can be easily produced. At the time of this study, nurseries we surveyed were able to supply approximately 32% of the seedlings required for restingas restoration projects. Given this discrepancy between production and demand, we presume that most of seedlings used come from other regions. However, the persistence of these exogenous seedlings is uncertain, and projects using these seedlings do not comply with principles aiming the success of ecological restoration in the long term.

**Key-words:** exogamic depression; exogenous seedlings; restinga; public policies, restoration.

## INTRODUÇÃO

Frente ao atual cenário de degradação de ambientes naturais, a recuperação de áreas degradadas tem ganhado relevância nas últimas décadas e deverá ser uma das atividades humanas mais importantes relacionada às questões ambientais e de conservação desse século (Young, 2000). No Brasil, as técnicas de restauração passaram por diversas fases nos últimos 30 anos (Rodrigues et al., 2009) e acompanham a tendência mundial de expansão de sua importância e abrangência. Também é crescente a preocupação com a adequação das técnicas no sentido de atender os princípios básicos da restauração ecológica, que visa estabelecer uma vegetação capaz de se manter e se desenvolver, não retornando ao estado anterior de degradação (SER, 2004). Entretanto, ainda existem vários gargalos para que os princípios básicos da restauração ecológica sejam atendidos, mesmo em regiões em que projetos de restauração têm sido realizados mais frequentemente. Dentre esses gargalos, a produção de mudas de espécies nativas para atender as demandas de maneira eficiente e diversificada é uma preocupação constante.

A Mata Atlântica é o bioma brasileiro que mais recebe atenção dos restauradores (Rodrigues et al., 2009) devido a sua atual situação de degradação (Ribeiro et al., 2009) e proximidade com grandes centros urbanos. Entretanto, esse bioma é composto por formações vegetais muito diferentes e algumas vêm recebendo menor atenção, apesar da situação alarmante de degradação em que se encontram. Um exemplo disso são as diferentes fisionomias vegetais ocorrentes sobre solos arenosos na região da planície costeira atlântica, conhecidas como *restingas*. A região de ocorrência de *restingas* possui um longo histórico de influência e degradação antrópica. Entretanto, o processo de degradação se intensificou significativamente após a pavimentação das rodovias de acesso ao litoral, principalmente devido a urbanização, industrialização, estabelecimento de espécies vegetais exóticas e remoção do substrato original (Rocha et al., 2007).

As características peculiares do ambiente físico das *restingas*, que apresenta solos arenosos com baixa capacidade de retenção de água e pobre em nutrientes (Araújo & Pereira, 2009), aliadas à escassez de estudos sobre sua dinâmica ecológica, tornam a sua restauração um desafio (Rodrigues et al., 2007). Além disso, os ambientes de *restinga* são marcados por uma grande heterogeneidade ambiental relacionada a pequenas variações topográficas e a distância do mar, levando à formação de mosaicos de micro-habitats, com áreas relativamente próximas apresentando fisionomias e composições vegetais distintas (Araújo, 1984; Suguio & Tessler, 1984; Scarano, 2009).

Em função do solo arenoso, da salinidade e dos ventos constantes, ocorre uma escassez de água nas camadas superficiais do solo e dificuldade de fixação das plantas

dada a instabilidade do substrato, principalmente nas regiões próximas ao mar. Diante dessas condições, as fases de germinação e de estabelecimento das plântulas podem ser limitantes para a regeneração natural desse tipo de vegetação. Dessa forma, a utilização de técnicas envolvendo o plantio de mudas bem desenvolvidas, que já superaram as fases iniciais de estabelecimento, parece mais adequada nesse tipo de ambiente. De fato, Zamith & Scarano (2006) demonstraram a viabilidade dessa técnica ao concluírem que metade das espécies plantadas apresentou 100% de sobrevivência após dois anos de monitoramento em restingas do Rio de Janeiro.

Dentre as técnicas de restauração ativa, o plantio de mudas é a mais difundida e utilizada (Ruiz-Jaen & Aide, 2005; Zamith & Scarano, 2006; Vidal, 2008) e que está melhor regulamentada na legislação brasileira. Entretanto, para viabilizar a restauração de ambientes através dessa técnica, deve-se considerar a necessidade de que as sementes sejam coletadas no mesmo tipo de ambiente que se pretende restaurar (Belnap, 1995; Mckay et al., 2005). Além disso, é recomendado que as coletas sejam feitas preferencialmente em remanescentes próximos à área degradada, que, se estiverem em bom estado de conservação, funcionam como uma reserva genética local (Lesica & Allendorf, 1999; Rodrigues et al., 2009).

Essa questão pode ser particularmente importante no caso das restingas, pois várias espécies arbóreas que ocorrem nas florestas de restingas também são encontradas em outras formações vegetais com condições edáficas e clima bastante diferentes, como na Floresta Estacional Semidecidual. Algumas dessas espécies são frequentemente utilizadas em plantios de restauração, como *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Myrsine coriácea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult., *Cecropia pachystachya* Trécul, *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll.Arg. e *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire et al.. Uma similaridade ainda maior pode ocorrer com as formações mais próximas, como a Floresta Ombrófila Densa da encosta da Serra do Mar, que está situada em condições edáficas distintas das restingas (Marques et al., 2011). Mesmo em um estudo recente, que sugere uma forte diferenciação na composição florística dessas formações, é observado que algumas áreas de restinga compartilham aproximadamente 25% de sua flora arbórea com florestas ombrófilas próximas (Assis et al., 2011).

Indivíduos provenientes de populações de outras formações vegetais, especialmente sob condições ambientais diferentes e geograficamente distantes, podem apresentar menores chances de estabelecimento em função de menores taxas de crescimento e sobrevivência nas condições locais restritivas dos ambientes de restinga. Especificamente

em ambientes de restinga, ainda existem poucos estudos avaliando a existência de desempenho diferenciado de populações (Scarano et al. 1997; Brancalion, 2009; Brancalion et al., 2011), mas os resultados desses estudos e dos realizados em outros tipos de vegetação sugerem que o fator mais importante no surgimento de adaptações locais é a diferença marcante nas condições ambientais (Hereford & Winn, 2008; Mijnsbrugge et al., 2010).

Dessa forma, assumindo que as características genéticas locais são importantes, seria desejável que as mudas utilizadas em plantios de restauração em restingas fossem provenientes de regiões próximas e com condições ambientais similares. Seria esperado então, que os viveiros locais atendam a região em que estão inseridos (Rodrigues et al., 2009), assegurando que as mudas conservem as possíveis adaptações locais relacionadas às condições abióticas e às interações bióticas do ambiente em que serão introduzidas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar os viveiros que produzem mudas cujas matrizes estão localizadas em áreas de restinga no estado de São Paulo. Para os viveiros identificados, foram avaliadas as principais características da produção dessas mudas, nos níveis administrativos e técnicos. A partir da quantificação do total de mudas produzidas foi realizada uma comparação com a demanda real de mudas para a restauração de áreas de restinga no litoral de São Paulo no período equivalente, visando avaliar se a demanda poderia ser adequadamente atendida pelos viveiros.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A primeira etapa do estudo consistiu na identificação e contato telefônico com viveiros no estado de São Paulo. Para isso, foram utilizadas duas estratégias. O contato direto com os viveiros foi iniciado a partir da “Relação de Viveiros por municípios no Estado de São Paulo”, disponível na página do Instituto de Botânica de São Paulo. Posteriormente, foram efetuadas ligações para as prefeituras dos 41 municípios litorâneos ou próximos do litoral do estado de São Paulo, solicitando indicações de viveiros que se encaixassem no perfil da pesquisa.

Os critérios de seleção foram a produção de mudas de espécies de restinga e a garantia de que as matrizes usadas pelos viveiros estivessem localizadas em áreas de restinga. Por essa razão, durante o contato telefônico também foi dada a definição de restinga da seguinte forma: “áreas localizadas em ambiente litorâneo, de solo arenoso e em baixas altitudes na planície costeira”. Ao longo do texto será usada a expressão "mudas de espécies de restinga" com o sentido específico de mudas que foram produzidas a partir de matrizes localizadas em áreas da planície costeira (restinga *sensu lato*).

Para todos os viveiros que indicaram a produção de mudas de espécies de restinga, os objetivos do projeto foram apresentados e foi agendada uma visita para a aplicação de um questionário técnico-administrativo. Todos os viveiros que atendiam os critérios aceitaram participar da pesquisa. Dentre os diversos aspectos abordados no questionário, os principais que foram utilizados no presente estudo são: quantidade de mudas produzidas; forma de obtenção de mudas; áreas de coleta e diversificação de matrizes; dificuldades e tratamentos especiais na produção de mudas; características dos compradores e vínculos com instituições ligadas à produção de mudas. As questões foram divididas nos questionários “administrativo” e “técnico” e o questionário foi aplicado a viveiristas e responsáveis administrativos no ano de 2010. Caso haja interesse, o questionário completo pode ser solicitado aos autores.

Adicionalmente, foi realizada uma pesquisa junto à Divisão de Apoio e Gestão dos Recursos Naturais da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e à Coordenadoria de Fiscalização Ambiental (CFA), instituições ligadas à Secretaria do Meio Ambiente do governo paulista e responsáveis pela emissão de Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental que demandam plantio de mudas a título de compensação ambiental e de reparação de danos ambientais, respectivamente. Foi solicitado oficialmente a essas instituições informações sobre o total de mudas compromissadas para plantios de restauração entre os anos de 2010 a 2012 nos municípios situados no litoral do Estado de São Paulo.

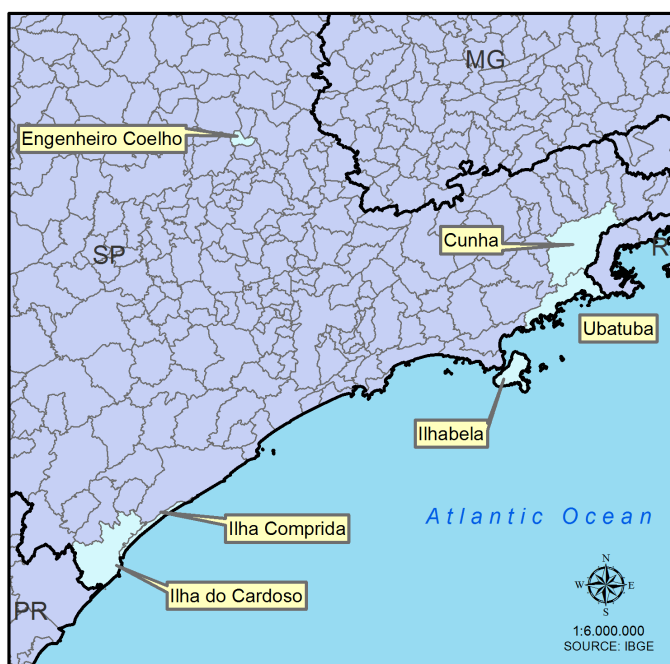
## **RESULTADOS**

A partir da listagem existente no *site* do Instituto de Botânica foram identificados e contatados 122 viveiros. Dentre esses, apenas três afirmaram produzir mudas de espécies de restinga. Na segunda fase, que consistiu de contatos telefônicos com as prefeituras, nove viveiros foram indicados, sendo que dentre esses, apenas dois se encaixavam nos requisitos pré-estabelecidos. Também foi incluído na pesquisa o viveiro pertencente ao Laboratório de Ecologia de Florestas Tropicais – Labtrop, da Universidade de São Paulo (<http://labtrop.ib.usp.br/doku.php?id=projetos:restinga:restsul:divulga:vive>). Ao todo, foram identificados apenas seis viveiros produtores de mudas de espécie de restinga para todo o Estado de São Paulo à época da realização dessa pesquisa.

Dentre os viveiros entrevistados, dois pertenciam a órgãos públicos: o viveiro da Ilha do Cardoso, pertencente à Universidade de São Paulo, com finalidade de pesquisa e o viveiro de Ilhabela, ligado à Secretaria de Meio Ambiente do município. O viveiro de Ilha Comprida pertencia a uma organização não governamental e os demais viveiros eram de

propriedade particular. A coleta de sementes dos viveiros entrevistados estava concentrada nas restingas do litoral sul e uma menor parte no litoral norte do estado de São Paulo e extremo sul do estado do Rio de Janeiro. Os viveiros localizados no litoral coletavam espécies de restinga exclusivamente no município a que pertenciam (Fig.1).

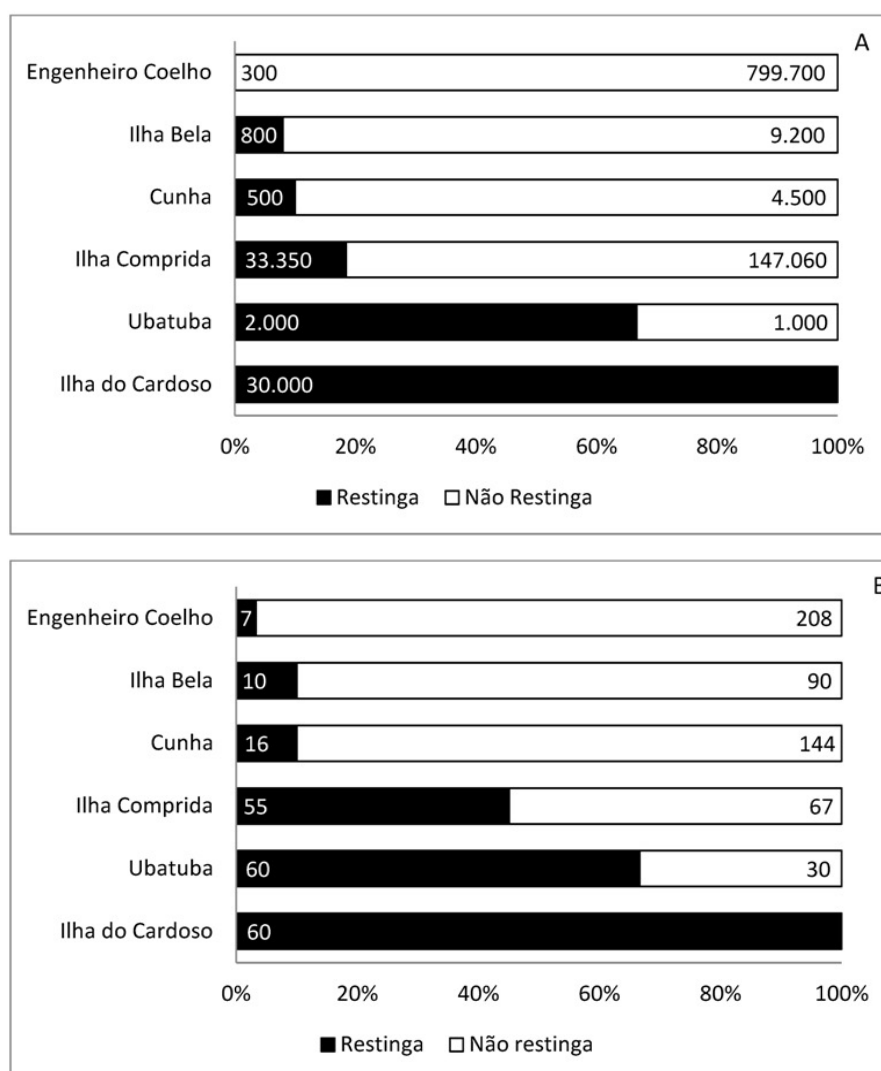
O número total declarado de mudas produzidas pelos seis viveiros no momento deste estudo foi de 66.950 e a estimativa de mudas vendidas anualmente foi de aproximadamente 32.000 mudas para os cinco viveiros, excluindo-se o viveiro da Ilha do Cardoso, uma vez que suas mudas eram destinadas apenas à pesquisa. Os viveiros mais recentes, da Ilha do Cardoso e Ilha Comprida, ambos com 2 anos de existência na ocasião, concentraram 95% das mudas provenientes de restingas disponíveis em todo o estado. A maior diversidade de espécies de restinga (60 espécies) foi encontrada nos viveiros da Ilha do Cardoso e Ubatuba. O viveiro de Engenheiro Coelho e o viveiro de Ilhabela apresentaram a menor diversidade de espécies, sete e 10, respectivamente, e os viveiros de Engenheiro Coelho e Cunha apresentaram a menor quantidade de mudas de restinga, 300 e 500, respectivamente (Fig. 2).



**Figura 1:** Localização dos seis viveiros produtores de mudas a partir de matrizes localizadas em restinga no ano de 2010.

A obtenção de mudas por meio do plantio de sementes coletadas em ambiente natural foi o método mais usado e foi relatado em todos os viveiros. Todos os viveiros produzem mudas de espécies arbóreas, mas apenas os viveiros de Ubatuba e Cunha declararam produzir mudas de espécies arbustivas, herbáceas, epífitas, lianas e rasteiras.

Em relação às dificuldades encontradas, cinco viveiros informaram que a fase em que são encontradas as maiores dificuldades na produção de mudas de espécies de restinga é a obtenção de sementes. Apenas um viveirista apontou dificuldade maior na germinação, mas ao longo da aplicação do questionário relatou que muitas vezes havia dificuldade de obter sementes viáveis, uma vez que elas eram predadas antes que se pudesse fazer a coleta (Tabela 1). A carência de suporte logístico e recursos humanos e financeiros para coleta de sementes foi relatada como dificuldade em quatro questões diferentes ao longo do questionário. A fenologia das plantas na área de coleta foi utilizada no planejamento de três viveiros, mas também foi indicada a realização de coletas de acordo com a facilidade (acessibilidade da área ou facilidade de acesso às sementes na matriz) e de coletas ao acaso (por exemplo, em viagens esporádicas ou nas redondezas do viveiro).



**Figura 2:** Porcentagem de mudas (A) e de espécies (B) de restinga e de outros ecossistemas nos viveiros entrevistados. Os valores absolutos citados nas entrevistas estão indicados dentro das barras.



Todos os viveiros declararam conseguir obter sementes de diferentes matrizes. Entretanto, alguns viveiros relataram que variações na época de frutificação e a falta de equipamentos, técnicas ou tempo para coleta atrapalham a obtenção de sementes e consequentemente dificultam a diversificação de matrizes. Para contornar essa situação, alguns viveiros declararam comprar sementes de outras instituições.

**Tabela 1:** Informações fornecidas pelos viveiros a respeito dos métodos utilizados e principais dificuldades na produção de mudas em ambientes de restinga.

	<b>Método de escolha das espécies produzidas pelo viveiro</b>	<b>Método usado para obtenção de mudas</b>	<b>Fase de maior dificuldade na produção de mudas</b>
<b>Cunha</b>			
1º opção	Facilidade	Semente	Obtenção de sementes
2º opção	Todas da área	Estaquia/Transplante	
3º opção			
<b>Engº. Coelho</b>			
1º opção	Todas da área	Semente	Obtenção de sementes
2º opção	Ao acaso		
3º opção	Encomenda		
<b>Ilha Bela</b>			
1º opção	Planejamento	Semente	Obtenção de sementes
2º opção			
3º opção			
<b>Ilha do Cardoso</b>			
1º opção	Planejamento	Semente	Germinação
2º opção			
3º opção			
<b>Ilha Comprida</b>			
1º opção	Todas da área	Semente	Obtenção de sementes
2º opção	Planejamento		
3º opção			
<b>Ubatuba</b>			
1º opção	Facilidade	Semente	Obtenção de sementes
2º opção	Encomenda	Estaquia	
3º opção	Outros	Estaquia/Transplante	



Metade dos viveiros declarou possuir vínculo com instituições de pesquisa. As categorias de vínculos mais citadas foram: i) obtenção de informações (citada 5 vezes); ii) participação em cursos e palestras (5); iii) transmissão de informação para a instituição (4). A Fundação Florestal (FF), o Instituto Florestal (IF), o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), o Instituto de Botânica e a Universidade de São Paulo foram as instituições mencionadas.

De acordo com os dados disponibilizados pelas instituições responsáveis pela emissão dos termos de compromissos de recuperação ambiental, no período entre 2010 e 2012 foram compromissadas 301.865 mudas nativas para plantios de restauração nos municípios situados no litoral do Estado de São Paulo (Tabela 2). Ainda deveriam ser somados a esse total as mudas compromissadas através de Termos de Ajuste de Conduta com o Ministério Público, além das mudas referentes a empreendimentos cujo licenciamento se desdobre no âmbito federal, cujos totais permanecem incertos e poderiam aumentar consideravelmente essa demanda.

**Tabela 2:** Número de mudas compromissadas para plantio através dos órgãos ambientais do Estado de São Paulo no período de 2010 a 2012. Compensação = mudas compromissadas por compensação de empreendimentos licenciados; Dano Ambiental = mudas compromissadas como forma de reparação de dano ambiental.

<b>Município</b>	<b>Compensação</b>	<b>Dano Ambiental</b>	<b>Total</b>
Bertioga	8968	67	9035
Cananéia	307	425	732
Caraguatatuba	70035	5581	75616
Guarujá	11782	752	12534
Iguape	31858	1047	32905
Ilha Comprida	784	0	784
Ilhabela	11402	676	12078
Itanhaém	29240	1050	30290
Mongaguá	0	228	228
Peruíbe	5840	34	5874
Praia Grande	0	0	0
Registro	59390	3457	62847
Santos	25978	1807	27785
São Sebastião	16653	1265	17918
São Vicente	447	142	589
Ubatuba	8755	3895	12650
<b>Total</b>	<b>281439</b>	<b>20426</b>	<b>301865</b>

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam a pequena produção de mudas de restinga no estado de São Paulo, havendo forte concentração da produção em apenas dois viveiros e um baixo número de viveiros particulares produzindo mudas de restinga no período analisado. Algumas possíveis explicações para esse cenário poderiam ser: i) insucesso na produção desse tipo de muda devido às características intrínsecas das espécies ou do ambiente; ii) existência de outros viveiros muito pequenos e/ou efêmeros, não detectados na pesquisa; iii) ausência de demanda, devido ao baixo número de projetos de restauração executados; iv) utilização de mudas de matrizes provenientes de outras formações vegetais.

O insucesso na produção de mudas não parece ser uma explicação plausível, uma vez que todos os viveiros relataram poucas dificuldades nesse processo e estudos anteriores (Zamith & Scarano, 2004) indicaram uma alta viabilidade da produção de mudas de restinga. Dentre os principais problemas citados destaca-se a dificuldade em conseguir sementes em função da logística de coleta e da escassez de recursos humanos. Porém, chama a atenção o destaque dado pelos viveiristas em relação à fenologia variável, que dificulta o planejamento da coleta em anos diferentes. As dificuldades quanto a variações de condições naturais e problemas logísticos foram levantados de forma muito semelhante à relatada por coletores de sementes na Austrália (Mortlock, 2000) e parecem ser desafios comuns à restauração ecológica em diferentes regiões.

A segunda explicação proposta para a baixa produção de mudas de restinga, ou seja, a existência de viveiros muito pequenos não detectados pela pesquisa, também não parece ser uma explicação plausível, uma vez que em todos os contatos telefônicos e visitas realizadas foi perguntado sobre a existência de outros viveiros na região e nenhum relato foi realizado. Viveiros descentralizados e em que a produção de mudas seja próxima ao local de plantio são recomendáveis (Piña-Rodrigues et al., 2000; He et al., 2012), mas ainda não é uma prática usual no Brasil, especialmente no litoral do estado de São Paulo.

A terceira explicação proposta, relacionada à inexistência de demanda para a produção de mudas de restinga, também parece ser descartada, uma vez que os dados obtidos indicam que entre 2010 e 2012 foram compromissadas para plantio uma média anual de 100.621 mudas de espécies nativas nos municípios situados no litoral do Estado de São Paulo. Esse número pode apresentar alguns vieses, como o fato de alguns municípios do litoral também possuírem áreas de floresta de encosta, o que poderia representar uma superestimativa do total de mudas compromissadas em restinga. Porém, em função de grande parte da encosta fazer parte do Parque Estadual da Serra do Mar e haver grandes áreas contínuas de vegetação em bom estado de conservação, a maior parte

dos compromissos de restauração firmados nas áreas de encosta possivelmente estabelece apenas o abandono da área para que ocorra o processo de regeneração natural (restauração passiva). Além disso, dada a grande expansão de ocupação na planície costeira, é bastante provável que a maior parte das mudas compromissadas seja destinada a plantios nessa faixa. Por outro lado, o número obtido poderia estar subestimado se for considerado que além desses plantios, existem ainda os plantios relativos aos Termos de Ajuste de Conduta (TAC) com o Ministério Público e aos processos de licenciamento no âmbito federal.

De qualquer forma, a demanda por mudas é bastante superior à produção total dos viveiros entrevistados na ocasião do presente trabalho (aproximadamente 67.000 mudas produzidas, mas apenas 37.000 disponíveis para venda) ou mesmo à estimativa de venda anual de mudas desses viveiros (aproximadamente 32.000 mudas). Dessa maneira, os poucos viveiros existentes à época da realização da pesquisa não possuíam um número disponível de mudas compatível com a quantidade de mudas compromissadas oficialmente pelo órgão ambiental estadual para o ano de 2010.

Uma vez que a demanda legal é bastante superior à oferta de mudas de restinga para o estado de São Paulo, é razoável supor que as mudas plantadas tenham vindo de outras formações vegetais, o que reforça a quarta explicação proposta. Isso é plausível, pois várias espécies que ocorrem nas Restingas também ocorrem nas Florestas Ombrófilas e nas Florestas Estacionais. Especificamente nas regiões de Floresta Estacional, fatores como escala de produção, preço de mão-de-obra, valor da terra, disponibilidade de compra de sementes, dentre outros, possivelmente tornam as mudas produzidas em larga escala no interior do estado consideravelmente mais baratas do que as mudas produzidas na planície costeira.

O debate sobre a utilização de mudas exógenas em projetos de restauração requer uma abordagem baseada na fusão das áreas de conhecimento de ecologia da restauração e genética (Hufford & Mazer, 2003). Uma das consequências da introdução de genótipos de mudas de origem exógena citadas na literatura é a possível falta de sucesso dos projetos executados, que estaria relacionada com baixas taxas de crescimento ou de sobrevivência dos indivíduos plantados (Belnap, 1995). Se a heterogeneidade ambiental entre regiões distintas resulta em populações geneticamente distintas de uma mesma espécie e se essas variações genéticas refletem um histórico evolutivo de adaptações às condições abióticas e às interações bióticas locais, os indivíduos devem apresentar maior aptidão (*fitness*) nas condições locais (Ellstrand, 1992; Hufford & Mazer, 2003). Dessa forma, é provável que mudas de origem local estejam mais aptas a sobreviverem diante das condições e das variações ambientais locais (Mckay et al., 2005; Brancalion, 2009), ainda que isso não seja

expresso nos primeiros anos de vida das mudas plantadas (quando geralmente ainda há o monitoramento das mudas plantadas). Especificamente em ambientes de restinga, em que as condições de solo, temperatura e salinidade são bastante restritivas, é razoável supor que a introdução de mudas exógenas pode levar ao fracasso de muitos projetos de restauração.

Ainda que as mudas plantadas sobrevivam e cheguem à idade reprodutiva, pode ocorrer mistura dos genótipos exógenos com os genótipos nativos. A transferência de genes dos genótipos exógenos pode levar à diminuição da aptidão (*fitness*) dos descendentes gerados, acarretando no processo de depressão exogâmica (Ellstrand, 1992; Crémieux et al., 2010). Esse processo pode levar a uma diminuição da abundância ou da biomassa das espécies a médio ou longo prazo (Hufford & Mazer, 2003; Mckay et al., 2005), resultando em mudanças estruturais das comunidades vegetais e conseqüentemente dos processos e serviços ecossistêmicos relacionados. Embora sejam necessários estudos de longo prazo para determinar em qual extensão geográfica e ambiental os genótipos estariam aptos a serem transplantados (Mckay et al., 2005; Krauss et al., 2013), o acúmulo de conhecimento gerado nessa área indica que o princípio da precaução pode ser o melhor caminho a seguir no momento.

Embora a primeira resolução publicada pela Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo (Resolução SMA 21/01) indicasse textualmente que “*as mudas a ser utilizadas deverão, preferencialmente, ser produzidas com sementes procedentes da mesma região da área objeto da recuperação e nativas do bioma ou formação florestal correspondente*” as resoluções subseqüentes que a revogaram, bem como a resolução vigente (SMA 032/14), não fazem uma recomendação direta sobre a procedência das mudas que serão plantadas em um dado local. Diante da situação da produção de mudas apontada no presente estudo, a ausência de políticas públicas que promovam e fiscalizem o uso de genótipos locais em ambientes de restinga pode ter como consequência um incentivo à introdução de genótipos exógenos.

Alguns exemplos dos possíveis efeitos positivos das políticas públicas sobre a cadeia produtiva ligada a projetos de restauração foram indicados por Brancalion et al. (2010) e Aronson et al. (2011), como o aumento da riqueza de espécies produzidas pelos viveiros do estado de São Paulo, após as exigências mínimas estabelecidas pela legislação. Da mesma maneira, uma regulamentação de restauração específica para os ecossistemas costeiros poderia garantir a utilização de genótipos locais, o que certamente estimularia o aumento do número de viveiros produzindo mudas desses ambientes. Se ainda assim não houver disponibilidade de mudas, outra possibilidade seria que a legislação permitisse um tempo suficiente para que ocorra a produção de mudas antes do início do plantio em cada

projeto de restauração. Apesar da atual legislação estadual (SMA 032/14) permitir e incentivar os métodos de condução da regeneração natural de espécies nativas, ou seja, sem a necessidade de plantio de mudas, esses métodos podem não ser muito eficazes em áreas de restinga. Dadas as condições abióticas restritivas ao estabelecimento de plantas, o plantio de mudas parece ser ainda um método adequado para a restauração dos ecossistemas costeiros (Zamith & Scarano, 2006).

Uma alternativa para contornar a dificuldade de obtenção de sementes citada pelos viveiros, seria a criação de uma rede de sementes, que poderia envolver grupos especializados em coletas de sementes de ambientes específicos, como os de restinga. Atualmente, as instituições citadas como fornecedoras de sementes pelos viveiros não produzem mudas oriundas de matrizes situadas nas restingas do Estado de São Paulo. Uma vez criada essa rede, é importante que haja um controle rígido sobre a procedência das sementes, de modo a garantir a troca de sementes apenas dentro das mesmas formações vegetais, evitando o processo de depressão exogâmica (Hufford & Mazer, 2003; McKay et al., 2005; Brancalion et al., 2009).

## CONCLUSÕES

Apesar de algumas dificuldades indicadas pelos viveiros entrevistados, aparentemente não existem limitações técnicas que inviabilizem a produção de mudas de restinga, sendo a coleta de sementes o principal gargalo na produção. Entretanto, foi constatado que a demanda legal para plantio de mudas de restinga no estado de São Paulo em 2010 foi bastante superior à produção total dos poucos viveiros que produziram mudas de restinga naquele ano. Uma explicação plausível é que a demanda de plantio deve ter sido suprida com mudas exógenas, uma vez que várias espécies de restinga ocorrem também em outras formações vegetais. Porém, considerando as condições abióticas restritivas peculiares dos ambientes de restinga, as consequências do plantio de mudas exógenas ainda são incertas. Dessa forma, enquanto não existirem resultados conclusivos, o princípio da precaução parece ser o mais indicado nessa situação e deveria orientar a legislação referente aos ecossistemas costeiros.

**Agradecimentos:** Esse projeto contou com apoio financeiro da Petrobras, referente ao projeto "Recuperação e conservação dos ecossistemas de restingas do litoral sul de São Paulo". Agradecemos à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e à Coordenadoria de Fiscalização Ambiental (CFA) por fornecerem informações utilizadas nesse trabalho, aos viveiristas e responsáveis pelos viveiros que se disponibilizaram a participar do estudo e à equipe do Laboratório de Ecologia de Florestas Tropicais – Labtrop (USP) pelas sugestões ao trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Araújo DSD. Comunidades vegetais. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B, Organizadores *Restinga: origem, estrutura, processos*. Niterói: CEUFF; 1984.
- Araújo DSD, Pereira MCA. Sandy Coastal Vegetation. In: Del Claro K, Oliveira OS, Rico-Gray V, editors. *Tropical biology and conservation management. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Paris, France; 2009.
- Aronson J, Brancalion PHS, Durigan G, Rodrigues RR, Engel VL, Tabarelli M, Torezan JMD, et al. What Role Should Government Regulation Play in Ecological Restoration? Ongoing Debate in São Paulo State, Brazil. *Restoration Ecology* 2011;19: 690–695.
- Assis MA, Prata EMB, Pedroni F, Sanchez M, Eisenlohr PV, Martins FR, et al. Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação e heterogeneidade ambiental. *Biota Neotropica* 2011; 11: 103-121.
- Belnap J. Genetic Integrity: Why Do We Care? An Overview of the Issues. In: Roundy BA, McArthur ED, Haley JS & Mann DK, editors. *Proceedings: wildland shrub and arid land restoration symposium*. Utah, U.S. Forest Service; 1995.
- Brancalion PHS. *Contribuição de adaptações locais e da plasticidade em sementes e plântulas para a ocorrência de Euterpe edulis e Syagrus romanzoffiana em três formações florestais do Estado de São Paulo*. [tese]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2009.
- Brancalion PHS, Gandolfi S, Rodrigues RR. Incorporação do conceito da diversidade genética na restauração ecológica. In: Rodrigues RR, Brancalion PHS & Isernhagen I, Organizadores. *Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. São Paulo, Instituto BioAtlântica; 2009.
- Brancalion PHS, Rodrigues RR, Gandolfi S, Kageyama PY, Nave AG, Gandara FB, et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore* 2010; 34: 455–470.
- Brancalion PHS, Novembre ADLC, Rodrigues RR. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. *Seed Science & Technologies* 2011; 39: 412-424.
- Crémieux L, Bischoff A, Müller-Schärer H, Steinger T. Gene flow from foreign provenances into local plant populations: Fitness consequences and implications for biodiversity restoration. *American Journal of Botany* 2010; 97: 94–100.
- Ellstrand N. Gene flow by pollen: implications for plant conservation genetics. *Oikos* 1992; 63: 77–86.
- He J, Yang H, Jamnadass R, Xu J, Yang Y. Decentralization of Tree Seedling Supply Systems for Afforestation in the West of Yunnan Province, China. *Small Scale Forestry* 2012; 11: 147-166.
- Hereford J, Winn AA. Limits to local adaptation in six populations of the annual plant *Diodia teres*. *The New Phytologist* 2008; 178: 888–96.
- Hufford KM, Mazer S. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution* 2003; 18: 147-155.
- Krauss SL, Sinclair EA, Bussell JD, Hobbs RJ. An ecological genetic delineation of local



- seed-source provenance for ecological restoration. *Ecology and Evolution* 2013; 3: 2138–49.
- Lesica P, Allendorf FW. Ecological genetics and the restoration of plant communities: mix or match? *Restoration Ecology* 1999; 7: 42-50.
- Marques MCM, Swaine MD, Liebsch D. Diversity distribution and floristic differentiation of the coastal lowland vegetation: implications for the conservation of the Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* 2011; 20: 153–168.
- Mckay JK, Christian CE, Harrison S, Rice KJ. “How Local Is Local?”—A Review of Practical and Conceptual Issues in the Genetics of Restoration. *Restoration Ecology* 2005; 13: 432-440.
- Mijnsbrugge KV, Bischoff A, Smith B. A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology* 2010; 11: 300–311.
- Mortlock W. Local seed for revegetation. *Ecological Management and Restoration* 2000; 1: 93-101.
- Piña-Rodrigues FCM, Figliolia M, Bilia AC. Tecnologia de produção de sementes e mudas para recuperação de áreas degradadas. In: *Anais do workshop sobre recuperação de áreas degradadas da serra do mar e formações florestais litorâneas*; 2000; São Sebastião. São Paulo: SMA/CINP; 2000. p.103-118.
- Ribeiro MC, Metzgera JP, Martensena AC, Ponzonib FJ, Hirotac MM. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 2009; 142: 1141-1153.
- Rocha CFD, Bergallo HG, Van Sluys M, Alves MAS, Jamel CE. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. *Brazilian Journal of Biology* 2007; 67: 263-273.
- Rodrigues MA, Paoli AAS, Barbosa JM, Barbosa LM, Junior NAS. Caracterização de aspectos do potencial biótico (capacidade reprodutiva) de espécies importantes para a recuperação de áreas degradadas de restinga. *Revista Brasileira de Biociências* 2007; 5: 633-635.
- Rodrigues RR, Lima RAF, Gandolfi S, Nave AG. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 2009; 142: 1242–1251.
- Ruiz-Jaen MC, Aide MT. Restoration Success : How Is It Being Measured ? *Restoration Ecology* 2005; 13: 569–577.
- Scarano FR. Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: Rare-species bias and its risks for conservation. *Biological Conservation* 2009; 142: 1201–1208.
- Scarano FR, Ribeiro KT, Moraes LFD, Lima HC. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 1997; 14: 793-803.
- SER - Society for Ecological Restoration International Science and Policy working group *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Arizona; 2004.
- Suguió K, Tessler MG. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B, organizadores. *Restinga: origem, estrutura, processos*. Niterói: CEUFF; 1984.



Vidal CY. *Transplante de plântulas e plantas jovens como estratégia de produção de mudas para a restauração de áreas degradadas* [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2008.

Young TP. Restoration Ecology and Conservation Biology. *Biological Conservation* 2000; 92: 73–83.

Zamith LR, Scarano FR. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 2004; 18: 161–176.

Zamith LR, Scarano FR. Restoration of a restinga sandy coastal plain in Brazil: Survival and growth of planted woody species. *Restoration Ecology* 2006; 14: 87–94.