

Dissertação de Mestrado

ESTRATÉGIAS DE ESTABELECIMENTO DA ESPÉCIE
EXÓTICA *Furcraea foetida* (L.) Haw (AGAVACEAE) E
INTERFERÊNCIAS NA COMUNIDADE VEGETAL DE RESTINGA

Cristiana Barbosa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Tânia Tarabini
Castellani

Florianópolis, SC
Julho de 2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

B238e Barbosa, Cristiana

Estratégias de estabelecimento da espécie exótica *Furcraea foetida* (L.) Haw (Agavaceae) e interferências na comunidade vegetal de restinga [dissertação] / Cristiana Barbosa ; orientadora, Tânia Tarabini Castellani. - Florianópolis, SC, 2011.

87 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós- Graduação em Ecologia.

Inclui referências

1. Ecologia. 2. Plantas - Propagação. 3. Plantas – Competição. 4. Dispersão. I. Castellani, Tania Tarabini. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós- Graduação em Ecologia. III. Título.

CDU 577.4

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Em primeiro lugar, ao apoio carinhoso e fundamental dos meus pais Orlando Julio Barbosa e Anilda Barbosa. Obrigada por terem sempre acreditado nas minhas escolhas e incentivado os meus sonhos. Ao amor de minha filha Lara, anjo que me fortalece, impulsiona o meu ânimo e equilibra meus sentimentos. À minha irmã Ana, sempre tão presente, apesar da distância, minha grande amiga.

À professora Tânia Tarabini Castellani por ter aceitado a minha invasão em seu laboratório e por ter orientado este trabalho com especial sabedoria, dedicação e carinho. Obrigada pela amizade e por ter compartilhado pacientemente comigo todo o seu conhecimento.

Aos professores Adelar Mantovani, Leonaldo Alves Andrade, Natalia Hanazaki e Nivaldo Peroni por terem gentilmente aceitado contribuir com o trabalho e participar da banca.

À Michele de Sá Dechoum do Instituto Horus, pelo apoio fundamental em todas as fases deste trabalho, contribuindo com revisões de texto, disponibilizando literaturas específicas e até mesmo em trabalhos de campo.

A todos que me ajudaram no campo, sem os quais não seria possível realizá-lo, Ariane, Félix, Larissa, Léo, Piera, Polliana, Tati, Renatinha, Romualdo e Thaís.

Ao biólogo do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Danilo Funke, pelo apoio e incentivo ao trabalho, e aos estágios do parque, Fran e Julio.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia Vegetal pelas conversas, cumplicidade, amizade, cafezinhos e agradável compartilhamento do espaço físico. E também aos amigos pesquisadores aquáticos de outros laboratórios que por vezes ultrapassaram a barreira geográfica do corredor do prédio.

Aos amigos do mestrado e professores pelo aprendizado, e em especial às contribuições dos professores Nivaldo Peroni e Malva Isabel Medina.

Aos amigos do Campeche, Bá, Cínthia, Edson, Gustavo, Jaque, Marquinho, Michela, Robson, e as crianças Beatriz, Bernardo, Gabriela, Henrique, Matheus, Vitor e Vinícius, pelo apoio, incentivo, amizade, companhia, conversas e carinho.

À bióloga e técnica Karla Scherer, pelo apoio com material de campo e literatura. Sempre tão agradável, inteligente e descontraída.

Aos professores e pesquisadores Santiago Arizaga (Centro de Investigações em Ecossistemas da Universidade Nacional Autônoma do México - UNAM) e Abisaf García-Mendoza (Instituto de Biología, UNAM – México) pelo interesse neste trabalho e disponibilização de informações sobre a espécie estudada e outras da família Agavaceae.

À FAPESC pela concessão da bolsa de estudos.

Resumo

Furcraea foetida é reconhecida como Espécie Exótica Invasora no Estado de Santa Catarina e este estudo objetivou caracterizar a situação de invasão e estratégia de propagação da espécie em ambiente de restinga. O estudo foi desenvolvido na restinga da praia Mole e da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. Na comunidade de restinga frontal da praia Mole, foram analisadas a estrutura populacional de *F. foetida*, o estágio de invasão, as características da comunidade vegetal nos sítios ocupados e a interferência causada pela espécie exótica na vegetação associada no intervalo de um ano. Foi registrado um total de 67 indivíduos de *F. foetida* na área de estudo distribuídos de maneira agregada (Morisita: $I_d = 18,4$). O estágio de desenvolvimento predominante foi de jovens grandes que representaram (50,7%), seguido de juvenil pequeno (29,8%), adulto potencialmente reprodutivo (11,9%) e bulbilho (7,5%). Devido ao fato de não haver indivíduos reprodutivos, sugere-se que a espécie encontra-se em fase de colonização na comunidade de restinga avaliada. A ocorrência da espécie esteve mais associada a sítios com maior valor de cobertura e altura da vegetação. É possível que as condições mais amenas de habitat destes sítios, além da pressão de propágulos gerada pelo cultivo da espécie para uso ornamental e cercas-vivas em construções existentes nesta comunidade, tenham favorecido o processo de colonização da espécie. As variáveis riqueza e diversidade não apresentaram relação clara com a ocorrência de *F. foetida*. De 2009 a 2010 os indivíduos de *F. foetida* cresceram e houve uma perda significativa da cobertura de espécies associadas, sendo sugerida uma competição por espaço físico. Para analisar o padrão de dispersão de bulbilhos em função da distância à planta mãe, da direção de queda e o sucesso de estabelecimento, foram avaliados três indivíduos reprodutivos na praia Mole e dois na praia da Armação do Pântano do Sul no período de 2009 a 2010. Avaliou-se também se a cobertura de bulbilhos reduz a cobertura vegetal das outras espécies. Houve uma maior concentração a um metro da planta mãe (449 bulbilhos/m²), com menor densidade a três e quatro metros de distância (46 e 33 bulbilhos/m², respectivamente). Com o aumento da distância observou-se que o peso individual dos bulbilhos aumentou significativamente. Houve diferença significativa de densidade em função da direção de queda, evidenciando que a dispersão não ocorre de forma homogênea ao redor da planta mãe. De 2.374 bulbilhos registrados em 2009 em 38 m² amostrados, apenas 501 foram

registrados um ano após o evento de queda. A redução no número de bulbilhos ocorreu com maior importância em parcelas mais densas, próximas à planta mãe. A cobertura vegetal estabelecida pelos bulbilhos apresentou correlação negativa à de espécies associadas. Apesar de um único indivíduo de *F. foetida* produzir milhares de bulbilhos, devido à estratégia de dispersão gravitacional da espécie, há baixo estabelecimento da prole decorrente de um efeito de mortalidade, dependente da densidade, atuando ao redor da planta mãe.

Palavras-chave: Invasão biológica; propagação clonal; dispersão.

Abstract

Furcraea foetida is recognized as Invasive Alien Species in the State of Santa Catarina and this study aimed to characterize the invasion and propagation strategy in *restinga* (dune vegetation) environment. The study was conducted in the *restinga* (coastal dune vegetation) of Mole beach and Armação do Pântano do Sul, Santa Catarina Island, SC. In the community of the frontal dunes of Praia Mole, were analyzed the population structure of *F. foetida*, the invasion stage, the characteristics of the plant community in the occupied sites and the interference caused by alien species in vegetation associated within one year. It was recorded a total of 67 individuals of *F. foetida* in the study area distributed in aggregated (Morisita: $Id = 18.4$). The stage of development was predominantly young large representing (50.7%), followed by small juvenile (29.8%), potentially reproductive adults (11.9%) and bulbils (7.5%). Because there is no reproductive individuals, it is suggested that the species is in the process of colonization in the community of *restinga* evaluated. The occurrence of the species was more associated with the sites with the higher value of cover and vegetation height. It is possible that the milder conditions of habitat of these sites, besides the propagule pressure generated by cultivation of seedlings of species for ornamental use and hedges in existing buildings in this community, have favored the colonization process of the species. The richness and diversity variables showed no clear relationship with the occurrence of *F. foetida*. From 2009 to 2010, individuals of *F. foetida* grown and there was a significant loss of coverage for associated species, and is suggested a competition for physical space. To analyze the dispersal pattern of bulbils depending on the distance to the parent plant, the fall direction and success of establishment, three reproductive individuals were evaluated in the Mole beach and two on the beach of Armação Pântano do Sul in the period 2009 to 2010. We also evaluated whether the vegetation cover of bulbils reduces the vegetation cover of other plant species. There was a larger aggregation concentrated to one meter from the parent plant (449 bulbilhos/m²), with lower density to three and four meters away (46 and 33 bulbils/m², respectively). With increasing distance it was observed that the individual weight of bulbils increased significantly. Significant difference in density as a function of the direction of fall, showing that the dispersion does not occur evenly around the parent plant. From a total of 2.374 bulbils registered in 2009 in 38 m², only 501 were

registered one year after the fall. The reduction in the number of bulbils was more important in the denser plots, near the parent plant. The vegetation established by bulbils was negatively correlated to that of related species. Although a single individual of *F. foetida* produce thousands of bulbils, because of gravitational dispersal strategy of the species down there is the establishment of offspring due to an effect of density dependent mortality operating around the parent plant.

Keywords. Biological invasion; clonal propagation; dispersal.

Lista de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Lista florística e valor de importância das espécies amostradas na restinga frontal da praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Fa (%): frequência absoluta; Fr (%): frequência relativa; Ca (%): cobertura absoluta; Cr (%): cobertura relativa e VI: valor de importância das espécies. 38

Tabela 2. Média (n = 16) e desvio-padrão (DP) de medidas de tamanho de indivíduos jovens de *Furcraea foetida* no período de 2009 a 2010. Praia Mole, SC. * indicam diferenças significativas (p < 0,05). 48

Tabela 3. Média (n=16) e desvio-padrão (DP) da H': diversidade, R: riqueza e $\sum Co$ (%): cobertura acumulada das outras espécies vegetais presentes nas parcelas com e sem *Furcraea foetida*. Praia Mole, SC. * indicam diferenças significativas (p < 0,05) de 2009 a 2010. 48

Tabela 4. Médias e desvios-padrão do número de espécies que permaneceram (P), saíram (S) e que colonizaram (C) das parcelas com *Furcraea foetida* (n = 16) e sem piteira (n=16) no período de 2009 a 2010. Praia Mole, SC. 48

Capítulo 2

Tabela 1. Número de bulbilhos/m² de *Furcraea foetida* em função das direções de queda a 1m da planta mãe na restinga da praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. 72

Tabela 2. Testes de correlação de Spearman (rs) entre o tamanho de bulbilhos de *Furcraea foetida* (número de folhas, comprimento de folhas e diâmetro) e a distância à planta mãe (n=9m). 79

Lista de figuras

Capítulo 1

Figura 1. Imagem aérea da Ilha de Santa Catarina (à esquerda), e da área de estudo, praia Mole, SC. (detalhe à direita). (Fonte: Google Earth/2010). 31

Figura 2. Aspectos gerais de *Furcraea foetida*. a) indivíduos jovens em duna frontal; b) pendão floral de indivíduo pós-reprodutivo senescente e indivíduo adulto não-reprodutivo em setor interior de restinga; c) indivíduos cultivados em jardim de estabelecimento comercial. Praia Mole, Ilha de Santa Catarina. 33

Figura 3. Frequência de ocorrência de *Furcraea foetida* com base em estágios de desenvolvimento. B (bulbilhos); JP (juvenil pequeno); JG (juvenil grande) e APR (adulto potencialmente reprodutivo). 37

Figura 4. Análise de componentes principais para as variáveis estruturais da vegetação. Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. AN (%): área de solo exposto; $\sum Co$ (%): cobertura vegetal acumulada das outras espécies; Alt (cm): altura média da vegetação; R: riqueza e H': diversidade. Círculos cheios: parcelas com *Furcraea foetida*; círculos vazios: parcelas sem *F. foetida*. 46

Capítulo 2

Figura 1. Imagem aérea da Ilha de Santa Catarina (à esquerda) e, à direita, a praia da Armação do Pântano do Sul (a) e a praia Mole (b). Os círculos amarelos indicam a localização das plantas reprodutivas de *Furcraea foetida* estudadas. (Fonte: Google Earth/2011). 66

Figura 2. Aspectos reprodutivos de *Furcraea foetida*: a) propágulo vegetativo (bulbilho), b) detalhe de ramo da inflorescência com flor e bulbilhos, c) bulbilhos axilares na folha da roseta. 68

Figura 3. Disposição dos transectos a partir da roseta de indivíduos reprodutivos de *Furcraea foetida*. Os transectos de linha cheia representam aqueles amostrados para a caracterização da deposição de propágulos em 2009 na Praia da Armação do Pântano do Sul e Praia

Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Os transectos pontilhados representam aqueles amostrados para a caracterização do número de propágulos um ano após este evento (em 2010). 71

Figura 4: Valores de mediana (\square); percentis 25% - 75% (\square); mínimo – máximo (\top) de: a) número de bulbilhos/m²; b) biomassa seca (g) /m²; c) peso seco(g)/indivíduo avaliados em função da distância até 4 m da planta mãe de *F. foetida* na restinga da Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$, teste de Dunn). 73

Figura 5: Valores de mediana (\square); percentis 25% - 75% (\square); mínimo – máximo (\top) de: a) número de folhas por bulbilho; b) comprimento (cm) e c) diâmetro (cm) de bulbilhos avaliados em função da distância até 4 m da planta mãe de *Furcraea foetida* na restinga da Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$, teste de Dunn). 74

Figura 6. Valores de mediana (\square); percentis 25% - 75% (\square); mínimo – máximo (\top) a) número de bulbilhos/m²; b) biomassa (g)/m²; c) peso (g)/indivíduo/m² de bulbilhos de *Furcraea foetida* avaliados em 2009 e 2010 na Praia da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. 76

Figura 7. Valores de mediana (\square); percentis 25% - 75% (\square); mínimo – máximo (\top) a) número de folhas; b) comprimento (cm) e c) diâmetro (cm) de bulbilhos de *Furcraea foetida* avaliados em 2009 e 2010 na Praia da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. 77

Figura 8. Distribuição do número de bulbilhos de *Furcraea foetida* em função da distância à planta mãe. Bulbilhos amostrados em 2009 (barra branca) e em 2010 (barra preta) em parcelas de 1 m² dispostas em transectos orientados para a) Leste; b) Sul; c) Norte e d) Oeste. Praia da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. 78

Figura 9. Relação entre a cobertura vegetal acumulada das outras espécies ($\Sigma\%$) e a cobertura vegetal de bulbilhos de *Furcraea foetida* em parcelas de 1 m² ao redor de plantas mães. Praia da Armação do Pântano do Sul, SC. 79

Sumário

Introdução Geral	17
Objetivo Geral	20
Objetivos Específicos	20
Referências Bibliográficas	21

Capítulo 1. Características dos sítios de ocorrência de *Furcraea foetida* e interferência na comunidade vegetal de restinga

Resumo	25
Introdução	27
Material e Métodos	20
Área de estudo	30
Espécie em estudo	30
Procedimento de campo	32
Estrutura populacional de <i>F. foetida</i> e estágio de invasão	32
Estrutura da comunidade vegetal e características associadas à ocorrência de <i>F. foetida</i>	32
Crescimento de <i>F. foetida</i> e interferência na composição e cobertura da vegetação adjacente	34
Análise dos dados	35
Resultados	36
Estrutura populacional de <i>F. foetida</i> e estágio de invasão	36
Estrutura da comunidade vegetal e características associadas à ocorrência de <i>F. foetida</i>	36
Crescimento de <i>F. foetida</i> e interferência na composição e cobertura da vegetação adjacente	47
Discussão	49
Estrutura populacional de <i>F. foetida</i> e estágio de invasão	49
Estrutura da comunidade vegetal e características associadas à ocorrência de <i>F. foetida</i>	50
Crescimento de <i>F. foetida</i> e interferência na composição e cobertura da vegetação adjacente	52
Referências bibliográficas	54

Capítulo 2. Dispersão de propágulos vegetativos da espécie exótica *Furcraea foetida* em ambiente de restinga

Resumo	61
---------------	-----------

Introdução	63
Material e Métodos	65
Área de estudo	65
Espécie em estudo	65
Procedimentos de campo	68
Praia da Armação do Pântano do Sul	68
Praia Mole	69
Análise dos dados	70
Resultados	71
Dispersão de bulbilhos em função da distância à planta mãe - Praia Mole	71
Dispersão de bulbilhos em função da direção de queda	72
Caracterização da deposição e do estabelecimento de bulbilhos um ano pós a dispersão – Praia da Armação do Pântano do Sul	75
Discussão	80
Dispersão de bulbilhos em função da distância a planta mãe e da direção e queda - Praia Mole	80
Caracterização da deposição e do estabelecimento de bulbilhos um ano pós a dispersão – Praia da Armação do Pântano do Sul	81
Referências bibliográficas	82
Considerações finais	86

Introdução Geral

Plantas não nativas são por vezes designadas como plantas exóticas, sendo estas definidas como aquelas que estão presentes em uma área devido à introdução intencional ou acidental como resultado de atividades humanas (Richardson *et al.*, 2000). As espécies exóticas podem se tornar invasoras quando são estabelecidas (auto-sustentáveis) e produzem prole reprodutiva em grande número propagando-se em áreas distantes do local de introdução (Richardson *et al.*, 2000; Sakai *et al.*, 2001; Richardson & Pysek, 2006; Milbau & Stout, 2008). Assim, plantas não nativas ornamentais e cultivadas têm se tornado invasoras em diversos ecossistemas (Vitousek *et al.*, 1997).

Atualmente, uma das maiores causas de degradação ambiental e extinção de espécies é a invasão biológica de animais e plantas (Lonsdale, 1999). Muitas destas espécies possuem características que as tornam altamente competitivas no ambiente em que se instalam, estabelecendo novo alcance de proliferação, propagação e persistência, em detrimento das espécies nativas e do ecossistema atingido (Mack *et al.*, 2000). As espécies de plantas exóticas invasoras são consideradas a segunda maior ameaça mundial à biodiversidade, perdendo apenas para a destruição de habitats pela exploração humana direta, e a primeira em ilhas e em áreas protegidas (Ziller, 2001). Ao contrário da maior parte dos impactos ambientais, as invasões biológicas crescem gradativamente e não cessam sem interferência humana.

Estudos de espécies invasoras fornecem importante fonte de experimentos naturais para pesquisas em ecologia de populações, já que seus processos demográficos e genéticos podem ser muito mais rápidos do que aqueles com espécies nativas (Sakai *et al.*, 2001). Alguns estudos têm focado em características da história de vida que podem predispor as espécies à rápida expansão populacional. A reprodução clonal (vegetativa), por exemplo, característica de algumas espécies de plantas invasoras, é uma estratégia eficaz no processo de estabelecimento e propagação de novos indivíduos (Sakai *et al.*, 2001), uma vez que o crescimento de plantas em solos pobres em água e nutrientes, como o substrato arenoso, é desfavorável para a reprodução sexual (Badano & Pugnaire, 2004; Coelho *et al.*, 2005, 2007). A propagação clonal tende a reduzir a distância de dispersão submetendo os indivíduos co-específicos a uma competição intra-específica. Apesar disso, Cousens *et al.* (2008) afirmam que a estratégia de dispersão a curtas distâncias é

vantajosa em ambientes heterogêneos (como a restinga), pois garante que a maioria da prole caia sobre ambiente adequado.

Os principais tipos de reprodução clonal incluem a fragmentação e produção de estolões ou rizomas e a produção de bulbilhos (Price & Marshall, 1999; Coelho *et al.*, 2007). Os bulbilhos são produzidos através de um mecanismo raro de reprodução clonal, denominado pseudoviviparidade (Elmqvist & Cox, 1996; Coelho *et al.*, 2005, 2007) que consiste na produção de propágulos vegetativos em estruturas sexuais da planta, como nas inflorescências. A pseudoviviparidade é descrita para aproximadamente 50 espécies de angiospermas. Além das Agavaceae, este mecanismo é conhecido também em outras famílias como Alliaceae, Eriocaulaceae, Liliaceae, Poaceae, Saxifragaceae e Polygoneae (Coelho *et al.*, 2005, 2007).

Em ambientes costeiros, a dinâmica do sistema envolve a formação e fixação de dunas, o que abre constantemente novos espaços para colonização por espécies de outras comunidades. Somado a isso, há uma ampla variedade de habitats com condições físicas e bióticas distintas (Castillo & Moreno-Casasola, 1996; Martinez & García-Franco, 2004). Neste ecossistema, a invasão por espécies de plantas exóticas pode ocorrer através da imigração de indivíduos dispersados pelo mar, pelo vento, por animais ou pela intervenção humana. Neste último caso, podemos citar a utilização de espécies exóticas para uso como ornamental ou contenção de sedimentos (Badano & Pugnaire, 2004; Lubke, 2004; Kim, 2005; Carboni *et al.*, 2010).

A ocorrência da espécie *Furcraea foetida* (L.) Haw, objeto do presente estudo, tem sido evidenciada em restingas da Ilha de Santa Catarina, como na área frontal da restinga da praia da Armação do Pântano do Sul, onde ocorre em poucos locais e de forma isolada e na praia Mole, estando presente com maior expressividade nesta última. Originária da América Central e norte da América do Sul (da Costa Rica ao norte da Venezuela) há registros de ocorrência da espécie no Brasil desde o início do século XIX (Neuwied, 1820). Sua introdução se deu principalmente para o uso e comercialização das fibras (Correa, 1984; Gandolfo & Hanazaki, 2011). Atualmente a espécie é cultivada com fins ornamentais e para fixação de dunas (Hueck, 1953; Correa, 1984; Pirani & Cordeiro, 2002). O registro de sua ocorrência inclui regiões costeiras em Estados do Nordeste, como Paraíba e Pernambuco (Correa, 1984; IBN-Brasil, 2011), do sudeste, como Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Hueck, 1953; Correa, 1984; Pirani & Cordeiro, 2002) e sul

do Brasil, no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (I3N-Brasil, 2011).

Furcraea foetida apresenta uma roseta foliar que pode alcançar de 2,5 a 4 m de diâmetro e mais de 2 m de altura. Possui um caule floral lenhoso que varia entre 4 a 10 m de altura (Hueck, 1953; Pirani & Cordeiro, 2002; Francis, 2009) e que se forma no centro da roseta. De acordo com Francis (2009) e A. Reis (comunicação pessoal), o tempo esperado para que um indivíduo atinja a maturidade pode variar de 15 até 20 anos, dependendo das condições de crescimento. As flores morrem na inflorescência onde se formam bulbilhos (propágulos vegetativos). A produção destes bulbilhos também ocorre em outras partes da planta, como por exemplo, na base foliar (observação pessoal) e em inflorescências secundárias na base da roseta (Hueck, 1953). São plantas monocárpicas (Arizaga & Ezcurra, 1995; Pirani & Cordeiro, 2002), ou seja, após a produção do pedúnculo floral, a morte da roseta é iminente.

Furcraea foetida figura na relação de espécies exóticas indicadas no “Plano de Ação para Controle de Espécies Exóticas Invasoras” elaborado por Funke (2008) para o Parque Municipal da Lagoa do Peri, na Ilha de Santa Catarina, SC. Segundo este plano, esta espécie ainda encontra-se dispersa em poucos pontos, e por isso, o nível de prioridade para ações de controle é superior ao das espécies dispersas por toda a unidade. Embora *F. foetida* ainda não se expresse localmente como invasora, está incluída na categoria de “alto risco”. Isto significa dizer que esta espécie tem histórico de invasão em diversos países ou locais além da área de restrição considerada, e que, por semelhanças ambientais, especialmente climáticas, tende a repetir esse histórico localmente (Dechoum & Ziller, 2007). Sua indicação para prioridades de ação incorpora o princípio da precaução sugerido pela Convenção Internacional de Diversidade Biológica (CBD, 2002). De acordo com este princípio, a incerteza científica sobre os efeitos de uma invasão não deve ser razão para não tomar as medidas de erradicação e controle.

Furcraea foetida apresenta como principais características de invasão a competição com outras espécies vegetais por recursos como nutrientes e espaço físico (Badano & Pugnaire, 2004; I3N-Brasil, 2011). A espécie está incluída no banco de dados da Rede Temática de Espécies Exóticas Invasoras do Brasil (I3N-Brasil) da IABIN – Rede Inter-Americana de Informação sobre Biodiversidade, e recentemente foi inserida na Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras no Estado de Santa Catarina pela resolução do CONSEMA N°11 de 2010. Devido à

escassez de estudos com esta espécie no Brasil e em outros países onde ela é considerada invasora, este estudo é importante para a ampliação do conhecimento das estratégias de propagação e estabelecimento desta espécie em ambiente de restinga, bem como o impacto causado sobre as espécies nativas.

Objetivo geral

Este estudo tem como principal objetivo avaliar a ocupação de *F. foetida* em habitats de restinga frontal com vegetação herbácea/subarbustiva e arbustiva, caracterizar suas estratégias de propagação e estabelecimento e avaliar possíveis interferências na vegetação adjacente.

Objetivos específicos

- Caracterizar a estrutura da população de *F. foetida* em comunidade de restinga frontal e avaliar o estágio de invasão na localidade da ilha com maior evidencia da espécie (Praia Mole);
- Avaliar se características estruturais da comunidade como riqueza, cobertura das espécies vegetais, diversidade, altura da vegetação e área de solo exposto, estão associadas à ocupação da espécie exótica;
- Verificar o crescimento de *F. foetida* no intervalo de um ano e se este interfere na cobertura da vegetação associada;
- Caracterizar a distribuição de bulbilhos dispersos em função da distância à planta mãe e radialmente;
- Avaliar se o tamanho e o sucesso do estabelecimento de bulbilhos são menores em sítios com uma deposição de propágulos mais densa;
- Analisar se a cobertura estabelecida pelos bulbilhos se relaciona negativamente com a de espécies associadas.

Referências bibliográficas

ARIZAGA, S. & EZCURRA, E. 1995. Insurance against reproductive failure in a semelparous plant: bulbil formation in *Agave macroacantha* flowering stalks. *Oecologia*, 101: 329-334.

BADANO, E.I. & PUGNAIRE, F.I. 2004. Invasion of *Agave* species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. *Diversity and Distributions*, 10: 493-500.

CARBONI, M.; SANTORO, R.; ACOSTA, A.T.R. 2010. Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? *Journal of Plant Ecology*, 3(2): 139-147.

CASTILLO, S.A. & MORENO-CASASOLA, P. 1996. Coastal sand dune vegetation: an extreme case of species invasion. *Journal of Coastal Conservation*, 2: 13-22.

CBD. 2002. Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. Conference of the Parties, Decision VI/23. Disponível em: <<http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197>>. Acesso em: abril de 2011.

COELHO, F.F.; CAPELO, C.; NEVES, A.C.O.; FIGUEIRA, J.E.C. 2007. Vegetative propagation strategies of four rupestrian species of *Leiothrix* (Eriocaulaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, 30(4): 687-694.

COELHO, F.F.; NEVES, A.C.O.; CAPELO, C.; FIGUEIRA, J.E.C. 2005. Pseudovivipary in two rupestrian endemic species (*Leiothrix spiralis* and *Leiothrix vivipara*). *Current Science*, 88(8): 1225-1226.

CONSEMA, 2010. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução N° 11 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=53&Itemid=46&lang=brazilian_portuguese>. Acesso em: fevereiro de 2010.

CORREA, M.P. 1984. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Ministério da Agricultura, Instituto brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, vol. 5.

COUSENS, R., DYTHAM, C. & LAW, R. 2008. Dispersal in plants. Oxford University Press, Oxford.

DECHOUM, M.S & ZILLER, S.R. 2007. Planos de ação para controle de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação. Anais do Congresso Latino Americano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas. Bariloche, Argentina.

ELMQVIST T. & COX, P. A. 1996. The evolution of vivipary in flowering plants. *Oikos*, 77: 3-9.

FRANCIS, J.K. 2009. Wildland shrubs of the United States and its territories: thamnisc descriptions general technical report IITF-WB-1 U.S. Department of Agriculture, Forest Service International Institute of Tropical Forestry and Shrub Sciences Laboratory. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/wildland_shrubs.htm>. Acesso em 10 fevereiro de 2010.

FUNKE, D., 2008. Plano de Ação para Controle das Espécies Exóticas Invasoras no Parque Municipal da Lagoa do Peri. Relatório Técnico não publicado.

GANDOLFO, E. S. & HANAZAKI, N. 2011. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). *Acta Botanica Brasilica*, 25(1): 168-177.

HUECK, K. 1953. Problemas e importância prática da fitossociologia no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica. (Contribuições para a pesquisa fitossociológica paulista, 1).

I3N-BRASIL, 2011. Base de dados sobre espécies exóticas invasoras no Brasil. Disponível em:< <http://www.i3n.institutohorus.org.br>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2011.

KIM, K.D. 2005. Invasive plants on disturbed Korean sand dunes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62: 353-364.

LONSDALE, W. M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*, 80(5): 1522-1536.

LUBKE, R.A. 2004. Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the Eastern Coasts of Africa. In: *Ecological Studies*, 171 (MARTINEZ, M.L. & PSUTY, N.P., eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA, p. 67-84.

MACK, R.N.; CHAIR; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*, 10(3): 689-710.

MARTÍNEZ, M.L. & GARCÍA-FRANCO, J.G. 2004. Plant-plant interactions in coastal dunes. *Ecological Studies*, 171(4): 205-220.

MILBAU, A. & STOUT, J.C. 2008. Factors associated with alien plants transitioning from casual, to naturalized, to invasive. *Conservation Biology*, 22: 308-317.

NEUWIED, M.W. 1820. Viagem ao Brasil nos anos de 1815 a 1817. Ed. Brasileira, 5a. ser., 1940. Cia ed. Nacional. Rio de Janeiro.

PIRANI, J. R. & CORDEIRO, I. 2002. Agavaceae. In: *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo* (WANDERLEY M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M., coords.). FAPESP: HUCITEC, São Paulo.

PRICE, E.A.C. & MARSHALL, C. 1999. Clonal plants and environmental heterogeneity: an introduction to the proceedings. *Plant Ecology*, 141: 3-7.

RICHARDSON, D.M & PYSEK, P. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography*, 30(3): 409-431.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA D.F.; WEST, C.J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.

SAKAI, A.K.; ALLENDORF, F.W.; HOLT, J.S.; LODGE, D.M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K. A.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R.J.; COHEN, J.E.; ELLSTRAND, N.C.; MCCAULEY, D.E.; O'NEIL, P.; PARKER, I.M.; THOMPSON, J.N.; WELLER, S. G. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 305-332.

VITOUSEK, P.M.; D'ANTONIO, C.M.; LOOPE, L.L.; REJMÁNEK, M.; WESTBROOKS, R. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1): 1-16.

ZILLER, S. R. 2001. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. *Ciência Hoje*, 30(178): 77-79.

CAPÍTULO I

Características dos sítios de ocorrência de *Furcraea foetida* e interferência na comunidade vegetal de restinga

Resumo

Em áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, tem sido evidenciada a ocorrência da espécie exótica *Furcraea foetida* (L.) Haw (Agavaceae), que atualmente ocorre com maior expressividade na praia Mole, localizada na costa leste. O presente estudo teve como objetivo avaliar a ocupação da espécie em restinga frontal com vegetação herbácea/subarbustiva e arbustiva. Foi realizada a caracterização da estrutura populacional da espécie e o estágio atual de invasão. O estudo também avaliou se características estruturais da comunidade como riqueza, cobertura das espécies vegetais, diversidade, altura da vegetação e área de solo exposto, apresentaram associação à ocupação da espécie exótica. A área delimitada para estudo envolveu uma faixa de restinga frontal com 760 m de comprimento (paralela ao mar) e 48 m de largura máxima. Foram amostradas 180 parcelas de 16 m² distribuídas a partir de dois transectos paralelos ao mar e distantes em média 9 m e 26 m da praia, respectivamente. Em cada parcela mensurou-se o número e o tamanho dos indivíduos observados com base no diâmetro da roseta foliar. Os indivíduos foram classificados em diferentes estágios de desenvolvimento (bulbilhos, jovens pequenos, jovens grandes e adultos potencialmente reprodutivos). Os parâmetros estruturais da vegetação foram amostrados em quadrados de 1,40 m x 1,40 m centralizados no interior de cada quadrado maior (n=180). O estudo também acompanhou o crescimento de 16 indivíduos isolados da espécie centralizados em parcelas permanentes de 1,40 m x 1,40 m no período de 2009 a 2010 para verificar a dinâmica da vegetação associada. Foram tomadas as medidas de tamanho das plantas (altura, número de folhas, diâmetro e cobertura) e também o valor de cobertura das outras espécies vegetais. Foram registrados 67 indivíduos de *Furcraea foetida* distribuídos em 19 (10,5%) das 180 parcelas de 16 m², representando uma densidade de 0,37 indivíduos/16m². O estágio predominante encontrado na área de estudo foi o de juvenil grande (50,7%), seguido de juvenil pequeno (29,8%), adulto potencialmente reprodutivo (11,9%) e bulbilho (7,5%). *Furcraea foetida* apresentou distribuição agregada

(*Morisita*: $I_d = 18,4$) e em fase de colonização. O valor de importância (VI) da espécie exótica foi 2,27%. Sua ocorrência esteve mais associada a sítios com maior valor de cobertura e altura da vegetação indicando que habitats sombreados podem favorecer a sobrevivência da espécie nos estágios iniciais do ciclo de vida. Observou-se ainda que em duas parcelas *F. foetida* apresentou alto valor de cobertura (88%) em ambas e os parâmetros da vegetação associada foram consideravelmente baixos, indicando uma tendência de efeito negativo sobre a comunidade vegetal residente. Entre 2009 e 2010 os indivíduos de *F. foetida* cresceram significativamente ($p < 0,05$) quanto ao número de folhas, altura e cobertura, e houve perda significativa de cobertura ($p < 0,05$) das espécies vegetais associadas. Os impactos avaliados foram atribuídos principalmente à competição por espaço físico.

Palavras-chave. Espécie exótica; estrutura populacional; invasibilidade de restinga.

Introdução

Plantas exóticas são definidas como aquelas que estão presentes em uma área devido à introdução intencional ou acidental como resultado de atividades humanas (Richardson *et al.*, 2000). Estas plantas têm se tornado invasoras em diversos ecossistemas, alterando severamente o ambiente onde se instalam em detrimento das espécies nativas (Vitousek *et al.*, 1997; Alpert *et al.*, 2000; Mack *et al.*, 2000). O processo de invasão ocorre em uma série consecutiva de estágios: 1) introdução de espécies em um novo hábitat como resultado direto ou indireto de atividades humanas; 2) colonização inicial (casuais) por espécies exóticas que ocasionalmente se reproduzem, porém não formam populações auto-sustentáveis e necessitam de introduções repetidas para que possam persistir; 3) estabelecimento de populações auto-sustentáveis (sem intervenção humana direta) pelo recrutamento de sementes e *rametes* (propágulos vegetativos) capazes de crescer independentes da planta mãe e 4) invasão por espécies que produzem prole com frequência em grande número propagando-se em áreas distantes do local de introdução (Richardson *et al.*, 2000; Sakai *et al.*, 2001; Richardson & Pysek, 2006; Milbau & Stout, 2008).

Em regiões específicas, diferentes tipos de hábitat apresentam níveis distintos de susceptibilidade à invasão por espécies exóticas (Lonsdale, 1999; Richardson *et al.*, 2000; Carboni *et al.*, 2010). Esta diferença pode ser devido à variação nas condições ambientais locais, regimes de distúrbios e também a pressão de propágulos (Lonsdale, 1999; Shea & Chesson, 2002) ou à combinação destes fatores (Richardson & Pysek, 2006). Diversos estudos têm avaliado o efeito da riqueza e diversidade de espécies como fatores que determinam a resistência ou susceptibilidade da comunidade ou hábitat à chegada e estabelecimento de novas espécies (Rejmánek, 1989; Tilman, 1997; Levine & D'Antonio, 1999; Levine, 2000; Milbau *et al.*, 2009). Elton (1958) sugere que comunidades mais ricas e diversas utilizam mais plenamente seus recursos, diminuindo a disponibilidade para espécies exóticas e aumentando a resistência à invasão. Esta hipótese tem sido confirmada por diversos autores através de experimentos controlados e de pequena escala espacial (unidade espacial de até 10 m² ou menos) (Rejmánek, 1989; Tilman, 1997; Levine, 2000; Naeem *et al.*, 2000; Dukes, 2001).

Porém, estudos em escala espacial maior encontram uma relação positiva, ou seja, áreas com maior diversidade de espécies nativas são

mais susceptíveis à entrada de espécies exóticas (Levine & D'Antonio, 1999; Levine, 2000; Shea & Chesson, 2002; Knight & Reich, 2005; Milbau *et al.*, 2009). Isto porque nesta escala mais ampla fatores covariando com a diversidade, tais como frequência e intensidades de distúrbios, heterogeneidade ambiental e pressão de propágulos, responsáveis pelo aumento no número de espécies e diversidade de nativas, podem aumentar a oportunidade para invasoras ou mascarar os seus efeitos negativos (Naeem *et al.*, 2000).

Além das características ambientais, o sucesso na invasão está relacionado também às características intrínsecas de cada espécie exótica e a sua interação com o novo ambiente (Alpert *et al.*, 2000). A invasividade (potencial de se tornar invasora) pode ser explicada, por exemplo, através de características morfológicas e fisiológicas da planta, rápido crescimento de plântulas até a maturidade sexual, plasticidade fenotípica e alta tolerância à heterogeneidade ambiental, reprodução clonal e pressão de propágulos (Valient-Banuet & Ezcurra, 1991; Sakai *et al.*, 2001; Arizaga & Ezcurra, 2002; Carboni *et al.*, 2010). Lloret *et al.* (2005) sustentam a hipótese de que o sucesso de invasão é desencadeado por plantas exóticas que apresentam características funcionais distintas daquelas que ocorrem na flora nativa e a importância de tais atributos são dependentes do tipo de hábitat.

Em dunas costeiras, de uma forma geral, há um gradiente ambiental com o aumento da distância do mar característico do ecossistema de restinga (Bresolin, 1979; Falkenberg, 1999; Cordazzo *et al.*, 2006). No sentido oceano-continente tem-se uma redução nos níveis de estresse físico-químicos como a salinidade, ação dos ventos, temperatura, instabilidade da areia e adaptações xerofíticas. Desta maneira, observa-se um aumento na lenhosidade e cobertura vegetal, acúmulo de matéria orgânica, nutrientes e umidade no solo (Cordazzo *et al.*, 2006). A complexa zonação desta vegetação associada ao forte gradiente ambiental permite a coexistência de diferentes comunidades vegetais, tornando-as distintamente susceptíveis à invasão (Carboni *et al.*, 2010). Neste ecossistema, a introdução de espécies de plantas exóticas pode ocorrer através da imigração de indivíduos dispersados pelo mar, pelo vento, por animais, ou pela intervenção humana direta e, neste último caso, podemos citar a utilização de espécies exóticas como ornamentais e para a contenção de dunas (Lubke, 2004; Kim, 2005).

Em ambientes de restinga da Ilha de Santa Catarina (SC), tem sido evidenciada a ocorrência da espécie exótica *Furcraea foetida* (L.) Haw (Agavaceae) (CONSEMA, 2010; I3N-Brasil, 2011). Originária da

América Central e norte da América do Sul (da Costa Rica ao norte da Venezuela) há registros da espécie no Brasil desde o início do século XIX (Neuwied, 1820). Naquela época, *F. foetida* foi introduzida principalmente para o uso e comercialização de fibras (Correa, 1984; Gandolfo & Hanazaki, 2011). Atualmente a espécie é cultivada com fins ornamentais e para cercas-vivas (Hueck, 1953; Correa, 1984; Pirani & Cordeiro, 2002).

Esta e outras espécies de Agavaceae apresentam histórico de invasão em ambientes costeiros de solos arenosos, propagando-se a partir de cultivos abandonados ou a partir de cultivo para estabilização de duna (Badano & Pugnaire, 2004) e uso ornamental (Carboni *et al.*, 2010). Em comunidades vegetais de dunas na costa ocidental da Itália, Carboni *et al.* (2010) encontraram maior abundância e cobertura de *Agave americana* em comunidades perenes de dunas de transição (com vegetação tipicamente herbácea e parcialmente protegida do vento) e não registraram a ocorrência da espécie em dunas fixas (vegetação dominada por espécies arbustivas com alto valor de cobertura). Os autores relacionaram os resultados principalmente devido à intensa pressão de propágulos na área invadida, uma vez que esta área está mais próxima de habitações onde foi constatado o cultivo da espécie com fins ornamentais.

Atualmente, nas restingas da Ilha de Santa Catarina, *F. foetida* está presente com maior expressividade na praia Mole, ocorrendo de forma isolada ou em agrupamentos na vegetação. Assim, este estudo trabalha com a hipótese de que a população de *F. foetida* encontra-se estabelecida nesta restinga e que os sítios com vegetação mais densa, com menor riqueza e diversidade estejam mais associados à ocupação por essa espécie. Este estudo também tem como hipótese que o crescimento de indivíduos da espécie interfere negativamente na riqueza, diversidade e cobertura da comunidade vegetal associada.

Neste contexto, este estudo tem como objetivos: a) caracterizar a estrutura da população de *F. foetida* em comunidade de restinga frontal e avaliar seu estágio no processo de invasão; b) avaliar se características estruturais da comunidade como riqueza, cobertura das espécies vegetais, diversidade, altura da vegetação e área de solo exposto, estão associadas à ocupação da espécie exótica; c) verificar o crescimento de *F. foetida* no intervalo de um ano e se este interfere na cobertura da vegetação associada.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na restinga da praia Mole, uma Área de Preservação Permanente – APP, localizada na costa leste da Ilha de Santa Catarina entre as latitudes 27°36'S - 27°36'S e longitudes 48°26'O - e 48°25'O. O clima local é subtropical úmido (Cfa), com média anual de temperatura 20.4°C e pluviosidade 1.726 mm (CECCA, 1996). A faixa de praia possui aproximadamente 1 km de extensão e limita-se a leste com o Oceano Atlântico, a oeste com a Lagoa da Conceição, ao norte com o Maciço da Galheta e ao sul com o Maciço da Joaquina (Figura 1) (Paisani, 2004). A restinga da praia Mole exibe vegetação herbácea e arbustiva regenerada após uso agrícola durante as décadas de 1930 e 1940 (Caruso, 1983).

A área delimitada para estudo envolveu uma faixa de restinga frontal com 760 m de comprimento (paralela ao mar) e 48 m de largura. A vegetação mais próxima ao mar é predominantemente herbácea, com presença de subarbustos como *Sophora tomentosa* L. e *Scaevola plumieri* (L.) Vahl, distribuídos irregularmente e em agrupamentos. A altura da vegetação geralmente não ultrapassa 1 m. Algumas áreas podem apresentar vegetação muito esparsa ou desprovida totalmente desta. À medida que se afasta da praia, a vegetação apresenta-se mais desenvolvida e densa, sendo composta principalmente de subarbustos como *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke, e espécies herbáceas como *Rumohra adiantiformis* (G. Forst.) Ching e *Peperomia glabella* (Sw.) A. Dietr. Espécies arbustivas como *Guapira opposita* (Vell.) Reitz e *Eugenia catharinae* O. Berg também podem ocorrer, não ultrapassando geralmente 1,5 m.

Espécie em estudo

Furcraea foetida apresenta uma roseta foliar que pode alcançar de 2,5 a 4 m de diâmetro e mais de 2 m de altura. Possui um caule floral lenhoso, que se forma no centro da roseta, e que varia de 4 a 10 m de altura (Hueck, 1953; Pirani & Cordeiro, 2002; Francis, 2009) (Figura 2). De acordo com Francis (2009) e A. Reis (comunicação pessoal), o tempo esperado para que um indivíduo atinja a maturidade pode variar de 15 até 20 anos. *Furcraea foetida* é uma espécie monocárpica, ou seja,

após o evento reprodutivo ocorre a morte do indivíduo parental (Arizaga & Ezcurra, 1995; Pirani & Cordeiro, 2002). Apresenta como principais características de invasão a competição com outras espécies vegetais por recursos como nutrientes e espaço físico (Badano & Pugnaire, 2004; I3N-Brasil, 2011). Há relatos da comunidade da praia Mole, que em meados das décadas de 1930 e 1940 a espécie, embora não cultivada, foi explorada por moradores locais para o uso de suas fibras (Sarmiento, A., dados não publicados). Com o advento de fibras sintéticas, esta atividade entrou em declínio e atualmente a espécie é cultivada como ornamental e para cercas-vivas em jardins de estabelecimentos comerciais inseridos na restinga da praia Mole (Figura 2c). A resolução do CONSEMA N°11 de 17 de dezembro de 2010, reconhece a espécie *F. foetida* na Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras no Estado de Santa Catarina e a enquadra da Categoria 1 que significa a proibição de sua posse, domínio, transporte, propagação, cultivo, comércio ou aquisição sob qualquer forma.

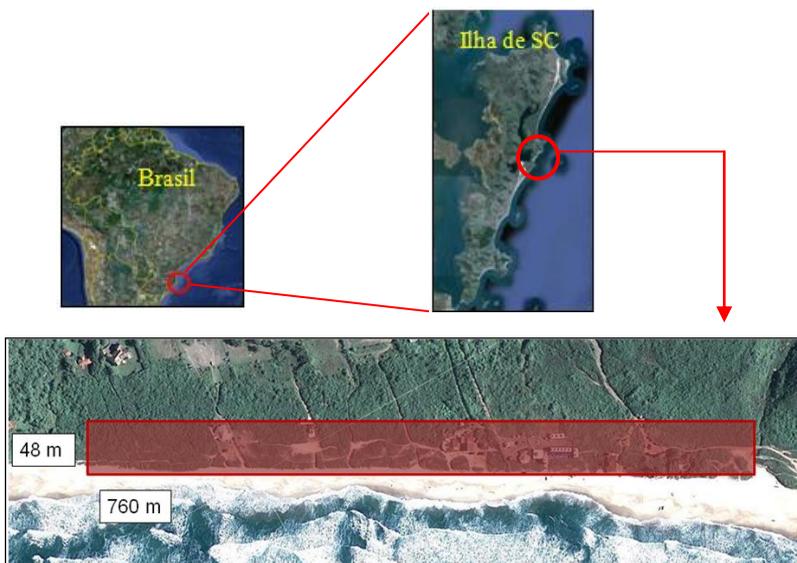


Figura 1. Imagem aérea da Ilha de Santa Catarina (acima) e da área de estudo (abaixo), praia Mole, SC. (Fonte: Google Earth/2010).

Procedimentos de campo

Estrutura populacional de *F. foetida* e estágio de invasão

Para avaliar a estrutura populacional foram amostradas 180 parcelas de 16 m² (4 m x 4 m), totalizando um esforço amostral de 2880 m². As parcelas foram distribuídas de forma sistemática a partir de dois transectos paralelos ao mar e de aproximadamente 760 m cada. Foram amostradas 90 parcelas no primeiro transecto, distante em média 9 m da praia e 90 parcelas no segundo transecto, distante em média 26 m da praia. As parcelas foram dispostas a uma distância de 2 m entre si e de 2 m da linha de transecção. Foram amostrados os dois lados da linha de transecção, exceto quando havia interrupção da vegetação por ocupação humana. As áreas visualmente muito alteradas com dominância de outras espécies exóticas foram excluídas da análise.

Nas unidades amostrais registrou-se o número de indivíduos de *F. foetida* bem como o diâmetro e a altura da roseta foliar. Estes indivíduos foram posteriormente classificados em estágio de desenvolvimento, baseado no diâmetro da roseta. Foram considerados como bulbilhos (B) aqueles indivíduos que ainda não haviam formado roseta; indivíduos com diâmetro de roseta até 100 cm foram designados como juvenis pequenos (JP) e aqueles com diâmetro ≥ 101 cm até 250 cm, juvenis grandes (JG). Indivíduos maiores de 250 cm foram considerados adultos potencialmente reprodutivos (APR), com base na literatura (Francis, 2009). Não foram encontradas plantas reprodutivas nos setores amostrados.

Estrutura da comunidade vegetal e características associadas à ocorrência de *F. foetida*

Para análise da estrutura da vegetação da restinga estudada, um quadrado de 140 x 140 cm foi centralizado no interior de cada quadrado maior (16 m²) onde foi realizado o levantamento da cobertura vegetal incluindo todas as espécies (inclusive *F. foetida* quando presente), da porcentagem de solo exposto e altura média da vegetação (com base em cinco alturas máximas tomadas próximo aos vértices do quadrado e uma no centro).

Para cada unidade amostral foram obtidos os seguintes parâmetros: riqueza de espécies (R), índice de diversidade (Shannon-Wiener, com Log_{10}) (H'), altura média da vegetação (Alt), porcentagem

acumulada de cobertura total das outras espécies ($\sum Co$) e porcentagem de área de solo exposto (AN- área nua). Em campo, o percentual de cobertura foi avaliado de forma visual através de classes divididas do seguinte modo (Assumpção & Nascimento, 2000):



Figura 2. Aspectos gerais de *Furcraea foetida*. a) indivíduos jovens em duna frontal; b) pendão floral de indivíduo pós-reprodutivo senescente e indivíduo adulto não-reprodutivo em setor interior de restinga; c) indivíduos cultivados em jardim de estabelecimento comercial. Praia Mole, Ilha de Santa Catarina.

<u>Classes de Cobertura</u>	<u>Valor Mediano</u>
1 → 0 a 5%	2,5%
2 → 5 a 15%	10%
3 → 15 a 25%	20%
4 → 25 a 50%	37,5%
5 → 50 a 75%	62,5%
6 → 75 a 100%	87,5%

O valor mediano foi adotado para efeito de cálculo. A identificação das espécies foi feita com base em material fértil coletado, em alguns casos com material vegetativo, e consulta aos especialistas do laboratório de Ecologia Vegetal e Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Para determinar o valor de importância (Brower *et al.*, 1998) de *F. foetida* na vegetação em estudo foram calculados para cada espécie registrada nas parcelas de 1,96m², os seguintes parâmetros:

Ca (%): porcentagem de cobertura absoluta = [(soma da porcentagem de cobertura da espécie/número de parcelas)];

Fa (%): frequência absoluta = [(número de parcelas com ocorrência da espécie/número de parcelas) *100];

Cr (%): cobertura relativa = [(Ca/∑Ca de todas as espécies)*100]

Fr (%): frequência relativa = [(Fa/∑Fa de todas as espécies)*100]

VI: valor de importância = cobertura relativa + frequência relativa.

Crescimento de F. foetida e interferência na composição e cobertura da vegetação adjacente

Para acompanhar o crescimento de *Furcraea foetida* no intervalo de um ano (2009 a 2010), foram escolhidos 16 indivíduos jovens, isolados de outros da mesma espécie, com diâmetro mínimo de 18 cm e máximo de 140 cm. Ao redor de cada indivíduo, foi delimitada uma parcela permanente de 1,96 m² (1,4 m x 1,4 m) centralizando a planta no interior do quadrado. Utilizaram-se estacas de madeira para delimitar os vértices do quadrado e uma etiqueta de metal codificada foi fixada na planta para posterior identificação. Para avaliar a dinâmica da vegetação sem a interferência da espécie, foi sorteado um dos lados do quadrado com *F. foetida* para o estabelecimento de uma parcela (“sem *F. foetida*”), a uma distância de 50 cm, totalizando 16 amostras. Foi estimada em 2009 e 2010 a porcentagem de cobertura de *F. foetida* e das outras espécies presentes nas 32 parcelas, conforme metodologia descrita acima. Para avaliar o crescimento dos indivíduos, além do valor de cobertura, foram tomadas as medidas de altura, diâmetro e número de folhas da roseta foliar de *F. foetida* em 2009 e 2010.

Análise dos dados

A população de *Furcraea foetida* foi avaliada quanto ao padrão de distribuição espacial dos indivíduos através do índice de dispersão de Morisita (I_d) (Brower *et al.*, 1998), com base na amostragem das 180 parcelas de 16 m². As expressões matemáticas utilizadas para o cálculo foram:

$$I_d = n \frac{\sum X^2 - N}{N(N-1)},$$

onde n é o número de parcelas e N é o número total de indivíduos contados em todas as parcelas; $\sum X^2$ é o quadrado do número de indivíduos por parcela, somando-se todas as parcelas. Se a dispersão é aleatória, então $I_d = 1.0$; se a dispersão é perfeitamente uniforme, $I_d = 0$; e se maximamente agregado (todos os indivíduos em uma parcela), $I_d = n$. O afastamento da aleatoriedade foi testado por:

$$x^2 = n \sum X^2 / N - N,$$

Para avaliar se as parcelas com *F. foetida* estão correlacionadas com os parâmetros avaliados da restinga (cobertura total, área de solo exposto, altura média da vegetação, diversidade e riqueza) realizou-se uma análise de componentes principais (PCA, utilizando matriz de correlação).

Nas parcelas monitoradas para avaliação do crescimento de *F. foetida*, assim como nas parcelas sem a espécie, a variação em riqueza (R), diversidade (H') (índice de Shannon-wiener, com Log10) e cobertura acumulada das espécies associadas ($\sum Co$) (%) no período de um ano foi verificada pelo teste t de Student para dados pareados e paramétricos e pelo teste de Wilcoxon para dados pareados e não paramétricos (Callegari-Jacques, 2003). Estes testes foram também empregados para verificar se as plantas de *F. foetida* aumentaram significativamente em número de folhas, altura, diâmetro e porcentagem de cobertura. As medidas das plantas foram previamente testadas (em 2009) para verificar a existência de correlação entre elas através do teste de correlação de Spearman (Brower *et al.*, 1998).

Previamente aos testes, as distribuições foram testadas quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene). Para a execução das análises estatísticas utilizou-se os

programas CANOCO versão 4.5 (TER BRAAK, 1995), Statistica versão 7 (Statsoft, 2004) e Bioestat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).

Resultados

Estrutura populacional de *F. foetida* e estágio de invasão

Foram registrados 67 indivíduos de *Furcraea foetida* distribuídos em 19 (10,5%) das 180 parcelas de 16 m² na área de estudo, representando uma densidade de 0,37 indivíduos/16m². O estágio predominante encontrado foi o de juvenil grande (>101 até 250 cm) representando 50,7% do total. O estágio juvenil pequeno (até 100 cm) representou 29,8% do total. Indivíduos no estágio de bulbilhos (B) e adultos potencialmente reprodutivos (APR) ocorreram com menor frequência, representando 11,9% e 7,5%, respectivamente (Figura 3). O valor do Índice de dispersão de Morisita (I_d) encontrado foi de 18,4, indicando que a dispersão destas plantas na área de estudo é agregada. O valor de Qui-quadrado calculado foi de 1327,33. Este valor foi maior do que o valor crítico de 211,21 ($p < 0,05$; $gl = 179$), e por isso, indicou um padrão de distribuição significativamente diferente do aleatório.

Estrutura da comunidade vegetal e características associadas à ocorrência de *F. foetida*

Foram registrados um total de 123 espécies e morfo-espécies distribuídas em 45 famílias. As cinco espécies com maior valor de importância (VI) foram *Smilax campestris* Griseb (13,25%), *Rumohra adiantiformis* (10,74%), *Diodia radula* (Willd. ex Roem. & Schult.) Cham. & Schldl. (9,64%), *Remirea marítima* Aubl. (8,51%) e *Sophora tomentosa* L. (8,47%) (Tabela 2). *Furcraea foetida* é a 33^a espécie em valor de importância (VI=2,27%), 50^a espécie com maior frequência relativa (0,49%) e 19^a com maior valor de cobertura relativa (Cr=1,78%) (Tabela 1).

Na análise de ordenação de componentes principais (PCA) (Figura 4) a componente principal 1 explicou 47,2% da variabilidade e as variáveis mais importantes, com seus respectivos valores de correlação foram AN (0,59), $\sum Co$ (-0,56) e Alt (-0,53). Na componente principal 2 as variáveis mais importantes foram R (-0,66) e H' (-0,69),

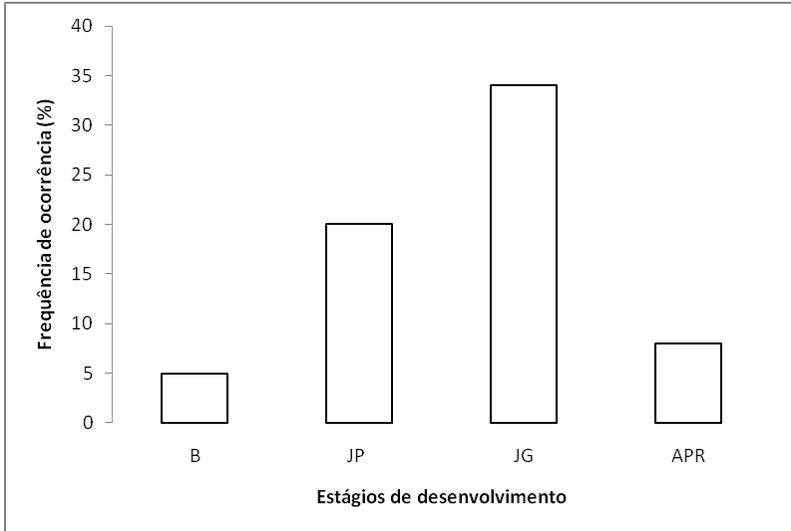


Figura 3. Frequência de ocorrência de *Furcraea foetida* com base em estágios de desenvolvimento. B (bulbilhos); JP (juvenil pequeno); JG (juvenil grande) e APR (adulto potencialmente reprodutivo).

que explicaram 38,5% da variabilidade. A porcentagem cumulativa de variância dos dois eixos foi 85,7%. O componente principal 1 separou grande parte das parcelas com ocorrência de *F. foetida*, estando mais associada a sítios com maiores valores em Alt e $\sum Co$. As variáveis R e H' explicaram a ordenação no primeiro componente com menor importância. Duas parcelas com *F. foetida* apresentaram-se muito opostas aos vetores de riqueza e diversidade devido aos baixos valores de riqueza (1 e 4), diversidade (0 e 0,47), cobertura acumulada das outras espécies (3% e 46%) e área de solo exposto (zero em ambas), respectivamente. Os indivíduos de *F. foetida* nestas parcelas foram dominantes, com 88% de valor em cobertura nas duas parcelas.

Tabela 1. Lista florística e valor de importância das espécies amostradas na restinga frontal da praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Fa (%): frequência absoluta; Fr (%): frequência relativa; Ca (%): cobertura absoluta; Cr (%): cobertura relativa e VI: valor de importância das espécies.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Smilax campestris</i> Griseb.	81,67	6,56	11,43	6,69	13,25
<i>Rumohra adiantiformis</i> (G. Forst.) Ching	36,67	2,95	13,32	7,8	10,74
<i>Diodia radula</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Cham. & Schltdl.	38,33	3,08	11,21	6,56	9,64
<i>Remirea maritima</i> Aubl.	50	4,02	7,68	4,5	8,51
<i>Sophora tomentosa</i> L.	24,44	1,96	11,12	6,51	8,47
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	28,33	2,28	9,4	5,5	7,78
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.	45,56	3,66	6,79	3,98	7,64
<i>Peperomia glabella</i> (Sw.) A. Dietr.	37,22	2,99	6,79	3,98	6,97
<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walter) Kuntze	46,67	3,75	3,69	2,16	5,91
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	24,44	1,96	6,41	3,75	5,72
<i>Crotalaria</i> cf. <i>pallida</i> Aiton	40,56	3,26	3,32	1,94	5,2
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	43,33	3,48	1,47	0,86	4,34
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	28,89	2,32	3,26	1,91	4,23
<i>Eugenia catharinae</i> O. Berg	15,56	1,25	4,99	2,92	4,17
<i>Scaevola plumieri</i> (L.) Vahl	14,44	1,16	5,12	3	4,16
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	25	2,01	2,92	1,71	3,72

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Microgramma</i> sp.	21,11	1,7	3,11	1,82	3,51
<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc.	25	2,01	2,41	1,41	3,42
<i>Anthurium</i> sp.	23,33	1,87	2,43	1,42	3,3
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	20,56	1,65	2,72	1,59	3,24
<i>Alternanthera ramosissima</i> (Mart.) Chodat	31,11	2,5	1,24	0,73	3,23
<i>Aechmea lindenii</i> (E. Morren) Baker	13,89	1,12	3,59	2,1	3,22
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	10	0,8	3,74	2,19	2,99
<i>Alternanthera maritima</i> (Mart.) A. St.-Hil.	28,89	2,32	1,1	0,64	2,96
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub.	11,67	0,94	3,34	1,96	2,89
<i>Noticastrum malmei</i> Zardini	20,56	1,65	1,97	1,15	2,81
<i>Opuntia monacantha</i> Haw.	20,56	1,65	1,96	1,15	2,8
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	23,89	1,92	1,28	0,75	2,67
<i>Mikania involucrata</i> Hook. & Arn.	18,33	1,47	1,92	1,12	2,59
<i>Oxypetalum tomentosum</i> Wight ex Hook. & Arn.	24,44	1,96	0,89	0,52	2,48
<i>Bumelia obtusifolia</i> Humb. ex Roem. & Schult.	10,56	0,85	2,64	1,55	2,4
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	20	1,61	1,23	0,72	2,33
<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.	6,11	0,49	3,04	1,78	2,27

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Sebastiania corniculata</i> (Vahl) Müll. Arg.	20	1,61	0,89	0,52	2,13
<i>Panicum racemosum</i> (P. Beauv.) Spreng.	17,78	1,43	0,86	0,5	1,93
<i>Epidendrum fulgens</i> Brongn.	13,89	1,12	0,97	0,57	1,68
<i>Polygala cyparissias</i> A. St.-Hil. & Moq.	16,11	1,29	0,6	0,35	1,65
<i>Polypodium lepidopteris</i> (Langsd. & Fisch.) Kunze	13,89	1,12	0,71	0,41	1,53
<i>Solanum</i> sp. 1	11,11	0,89	1,04	0,61	1,5
Indeterminada 1	15,56	1,25	0,22	0,13	1,38
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	6,67	0,54	1,43	0,84	1,37
<i>Oxypetalum</i> sp.	11,11	0,89	0,58	0,34	1,23
<i>Commelina</i> sp. 1	12,22	0,98	0,41	0,24	1,22
<i>Dalechampia micromeria</i> Baill.	11,11	0,89	0,53	0,31	1,2
<i>Asparagus</i> sp.	6,11	0,49	1,02	0,6	1,09
<i>Vriesea friburgensis</i> Mez	8,33	0,67	0,61	0,36	1,03
<i>Peixotoa</i> sp.	9,44	0,76	0,32	0,19	0,95
<i>Conyza</i> sp.	8,33	0,67	0,42	0,25	0,92
<i>Myrcia palustris</i> DC.	3,33	0,27	1,07	0,63	0,9
<i>Lantana camara</i> L.	6,11	0,49	0,53	0,31	0,8

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	5,56	0,45	0,56	0,33	0,77
<i>Senecio crassiflorus</i> (Poir.) DC.	7,22	0,58	0,29	0,17	0,75
<i>Passiflora foetida</i> L.	6,67	0,54	0,33	0,2	0,73
<i>Orchidaceae</i> 1	7,22	0,58	0,22	0,13	0,71
<i>Merremia</i> sp.	6,11	0,49	0,3	0,18	0,67
<i>Eupatorium</i> sp.	4,44	0,36	0,42	0,25	0,6
<i>Blechnum</i> sp.	6,11	0,49	0,18	0,11	0,6
<i>Oenothera mollissima</i> L.	6,11	0,49	0,18	0,11	0,6
<i>Dioscorea</i> cf. <i>scabra</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	5,56	0,45	0,24	0,14	0,59
<i>Vanilla</i> sp.	5	0,4	0,31	0,18	0,58
<i>Ischaemum minus</i> J. Presl	3,33	0,27	0,52	0,31	0,57
<i>Dioscorea subhastata</i> Vell.	5	0,4	0,28	0,17	0,57
<i>Abarema langsdorfii</i> Barneby & J.W. Grimes	1,67	0,13	0,71	0,42	0,55
Indeterminada 2	2,78	0,22	0,45	0,26	0,49
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	1,11	0,09	0,6	0,35	0,44
<i>Vernonia</i> sp. 2	4,44	0,36	0,13	0,08	0,44
<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.	3,33	0,27	0,23	0,14	0,4

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Paspalum</i> sp.	2,22	0,18	0,36	0,21	0,39
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	2,78	0,22	0,27	0,16	0,38
<i>Chenopodium retusum</i> (Moq.) Moq.	2,78	0,22	0,26	0,15	0,37
<i>Labramia bojeri</i> A. DC.	0,56	0,04	0,49	0,29	0,33
<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis	1,11	0,09	0,37	0,21	0,3
<i>Habranthus robustus</i> Herb. Ex Sweet	2,78	0,22	0,12	0,07	0,29
<i>Acicarpa spathulata</i> R. Br.	2,22	0,18	0,18	0,11	0,29
<i>Campomanesia littoralis</i> D. Legrand	1,67	0,13	0,24	0,14	0,27
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	2,22	0,18	0,16	0,09	0,27
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	0,56	0,04	0,35	0,2	0,25
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1,11	0,09	0,22	0,13	0,22
<i>Dioscorea</i> sp.	2,22	0,18	0,07	0,04	0,22
<i>Desmodium incanum</i> DC.	2,22	0,18	0,07	0,04	0,22
<i>Solanum americanum</i> Mill.	2,22	0,18	0,07	0,04	0,22
Indeterminada 3	1,67	0,13	0,11	0,07	0,2
<i>Vernonia scorpioides</i> (Lam.) Pers.	1,67	0,13	0,09	0,05	0,19
<i>Passiflora edulis</i> Sims	1,67	0,13	0,09	0,05	0,19

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Baccharis cf. ulei</i> Heering	0,56	0,04	0,21	0,12	0,17
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	1,67	0,13	0,05	0,03	0,16
<i>Euphorbia</i> sp.	1,67	0,13	0,05	0,03	0,16
<i>Spartina ciliata</i> Brongn.	1,67	0,13	0,05	0,03	0,16
<i>Cyphomandra maritima</i> L.B. Sm. & Downs	1,11	0,09	0,11	0,07	0,15
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	1,11	0,09	0,04	0,03	0,12
<i>Eupatorium casarettoi</i> (B. L. Rob.) Steyerm.	0,56	0,04	0,11	0,07	0,11
<i>Oxypetalum cf. banksii</i> Schult.	1,11	0,09	0,03	0,02	0,11
<i>Gamochaeta</i> sp.	1,11	0,09	0,03	0,02	0,11
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	1,11	0,09	0,03	0,02	0,11
<i>Dichantherium</i> sp.	1,11	0,09	0,03	0,02	0,11
<i>Serjania</i> sp. 1	1,11	0,09	0,03	0,02	0,11
<i>Petunia littoralis</i> L.B. Sm. & Downs	1,11	0,09	0,03	0,02	0,11
<i>Eupatorium cf. pedunculatum</i> Hook. & Arn.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Vernonia cf. chamissonis</i> Less.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Rhipsalis</i> sp.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Erythroxylum argentinum</i> O.E. Schulz	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Lonchocarpus</i> sp.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Mucuna</i> sp.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Solanum</i> sp. 2	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Xirys</i> sp.	0,56	0,04	0,06	0,03	0,08
<i>Agavaceae</i>	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Eryngium</i> sp.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Ditassa burchellii</i> Hook. & Arn.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Mikania</i> sp.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Vernonia</i> sp. 1	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Vernonia</i> sp. 3	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Tillandsia</i> sp.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Lepismium cruciforme</i> (Vell.) Miq.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Commelina</i> sp. 2	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Scleria</i> cf. <i>melaleuca</i> Rchb. ex Schtdl. & Cham.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Erytroxylum</i> sp.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05

Continuação.

Tabela 1. Cont.

Espécie	Fa (%)	Fr (%)	Ca (%)	Cr (%)	VI
<i>Myrsine</i> sp.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Rodriguezia decora</i> Rchb. f.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
Orchidaceae 2	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Paspalum arenarium</i> Schrad.	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05
<i>Serjania</i> sp. 2	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05

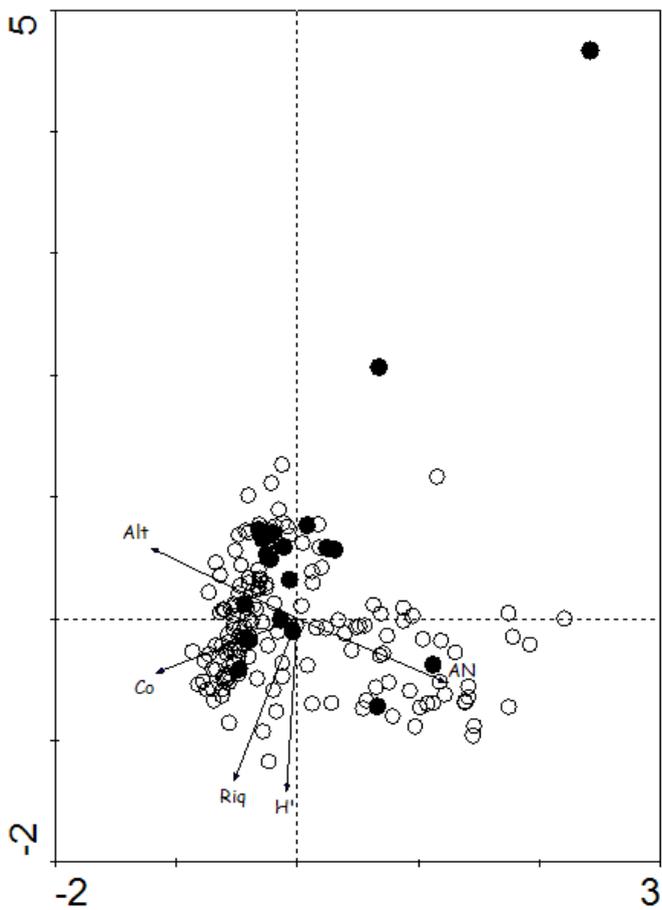


Figura 4. Análise de componentes principais para as variáveis estruturais da vegetação. Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. AN (%): área de solo exposto; $\sum Co$ (%): cobertura vegetal acumulada das outras espécies; Alt (cm): altura média da vegetação; R: riqueza e H' : diversidade. Círculos cheios: parcelas com *Furcraea foetida*; círculos vazios: parcelas sem *F. foetida*.

Crescimento de F. foetida e interferência na composição e cobertura da vegetação adjacente

As plantas aumentaram significativamente em tamanho de 2009 a 2010 quando considerados o número de folhas ($t=3,5$; $gl=15$; $p=0,003$), altura ($t=2,3$; $gl=15$; $p=0,035$) e cobertura (Wilcoxon: $Z=2,02$; $p<0,05$). O aumento em diâmetro não foi significativo ($t=1,5$; $gl=15$; $p=0,15$) (Tabela 2). De 2009 a 2010, houve aumento significativo de riqueza nas parcelas com *F. foetida* (Wilcoxon: $Z=2,13$; $p<0,05$) e também nas parcelas sem a planta ($t=3,66$; $gl=15$; $p<0,01$). A diversidade não diferiu de 2009 a 2010 nas parcelas com (Wilcoxon: $Z=1,08$; $p=0,27$) e sem *F. foetida* ($t=2,12$; $gl=15$; $p=0,05$), mas encontrou-se diferenças significativas quanto à redução de cobertura vegetal acumulada das outras espécies nas parcelas com a planta ($t=2,88$; $gl=15$; $p=0,011$). Nas parcelas sem *F. foetida* também houve esta tendência de redução de cobertura, porém não significativa ($t=2,1$; $gl=15$; $p=0,052$) (Tabela 3).

Observou-se que neste intervalo de um ano a maior parte das espécies presentes em 2009 permaneceu em 2010. Houve uma maior entrada de espécies do que saída nos dois tratamentos o que resultou no aumento de riqueza observado (Tabela 4).

Tabela 2. Média (n = 16) e desvio-padrão (DP) de medidas de tamanho de indivíduos jovens de *Furcraea foetida* no período de 2009 a 2010. Praia Mole, SC. * indicam diferenças significativas (p < 0,05).

MÉDIA ± DP							
Folhas *		Altura (cm) *		Diâmetro (cm)		% Cp *	
2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
14,2 ± 5,1	18,9 ± 6,7	65,4 ± 26,0	81,2 ± 29,8	70,6 ± 29,4	83,0 ± 31,0	23,9 ± 18,8	28,3 ± 19,7

Tabela 3. Média (n=16) e desvio-padrão (DP) da H': diversidade, R: riqueza e \sum Co (%): cobertura acumulada das outras espécies vegetais presentes nas parcelas com e sem *Furcraea foetida*. Praia Mole, SC. * indicam diferenças significativas (p < 0,05) de 2009 a 2010.

	MÉDIA ± DP					
	H'		R		\sum Co (%)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Com <i>F. foetida</i>	0,9 ± 0,3	0,9 ± 0,1	11,6 ± 2,7	13,2 ± 3,0 *	153,3 ± 52,1	125,3 ± 45,8*
Sem <i>F. foetida</i>	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	11,2 ± 3,2	14,1 ± 3,8 *	145,3 ± 55,2	123,7 ± 45,7

Tabela 4. Médias e desvios-padrão do número de espécies que permaneceram (P), saíram (S) e que colonizaram (C) das parcelas com *Furcraea foetida* (n = 16) e sem piteira (n=16) no período de 2009 a 2010. Praia Mole, SC.

Com <i>Furcraea foetida</i>			Sem <i>Furcraea foetida</i>		
P	S	C	P	S	C
9.06 ± 2.77	2.56 ± 2.42	4.19 ± 2.40	8.75 ± 2.46	2.31 ± 1.92	5.19 ± 2.40

Discussão

Estrutura populacional de F. foetida e estágio de invasão

Considera-se baixa a densidade de indivíduos de *F. foetida* na praia Mole (232,64 indivíduos ha⁻¹) se comparadas com áreas de alta pressão de propágulos como as avaliadas no estudo de Badano & Pugnaire (2004). Este estudo, desenvolvido em áreas próximas ao litoral do mar Mediterrâneo na Espanha, avaliou a propagação de *Agave sisalana* e *A. fourcroydes* em áreas adjacentes a plantios destas espécies realizados nas décadas de 1940 e 1950. Foram plantados 4.500 indivíduos ha⁻¹ em solos argilosos e em 2004 eles encontraram uma densidade significativamente maior de 11.600 indivíduos ha⁻¹ propagando-se em áreas de solos arenosos. Estes autores também verificaram que não houve aumento significativo destas espécies em solos argilosos, com densidade atual de 5.900 indivíduos ha⁻¹. A praia Mole não apresenta um histórico de cultivo de *F. foetida*. Relatos da comunidade local indicam que a espécie está presente nesta restinga desde meados das décadas de 1930 e 1940, sugerindo que o crescimento populacional da espécie é lento, tendo em vista a baixa densidade atual.

O padrão de distribuição agregado pode estar vinculado à estratégia de reprodução clonal da espécie, que comumente tem o efeito de reduzir a distância de dispersão e produzir uma inevitável agregação da população (Cousens *et al.*, 2008). Durante a fase reprodutiva, *F. foetida* produz em sua inflorescência grande número de propágulos vegetativos (bulbilhos) que caem no solo pela ação da gravidade em maior quantidade próximos da planta mãe (Barbosa, C. Capítulo 2). Arizaga & Ecurra (2002) também encontraram um padrão espacial agregado de *Agave macroacantha* e atribuíram-no ao mecanismo de propagação por reprodução clonal.

Sugerimos ainda que a presença de construções em área de restinga mais interior esteja contribuindo com o aporte de propágulos para a restinga frontal, já que na praia Mole a espécie é amplamente cultivada com fins ornamentais no interior de jardins e cercas-vivas. Carboni *et al.* (2010) igualmente atribuíram uma função importante da pressão de propágulos sobre a invasão de *Agave americana* em um setor de dunas na costa ocidental da Itália (caracterizado pela predominância de espécies herbáceas). Eles observaram o cultivo da espécie com fins ornamentais em jardins de residências estabelecidas neste setor. Além disso, constatamos pelo menos três indivíduos reprodutivos fora da área estudo que

provavelmente estejam contribuindo com o aporte de propágulos para a comunidade avaliada.

A quantidade reduzida de bulbilhos na restinga frontal da praia Mole pode estar relacionada à presença marcante de áreas de solo exposto, atuando como fator estressante para a sobrevivência dos indivíduos que se encontram em fase inicial do ciclo de vida. Raphael & Nobel (1986) observaram que rametes de *Agave deserti*, uma espécie comum no deserto de Sonora, podem se beneficiar da presença de espécies facilitadoras. Eles verificaram que a disponibilidade de água no solo e o tamanho dos rametes (associado à capacidade de armazenamento de água) foram fundamentais para definir a taxa de crescimento relativa, além de terem evidenciado folhas danificadas de rametes expostos a temperaturas elevadas. Arizaga & Ezcurra (2002) monitoraram o destino de 78 bulbilhos de *Agave macroacantha* uma espécie endêmica do vale de Tehuacán, no México, em cinco anos de observação, e destes bulbilhos, somente quatro formaram raízes e se estabeleceram com sucesso em solos argilosos e de baixo acúmulo de matéria orgânica, característico da região. Estes quatro bulbilhos foram liberados da planta mãe em um ano relativamente úmido e caíram sob espécies facilitadoras.

Além disso, ausência de indivíduos reprodutivos na área de estudo pode estar vinculada aos resultados encontrados. Sendo assim, sugerimos que o aporte de propágulos esteja ocorrendo principalmente de fonte externa, não havendo, portanto auto-sustentabilidade nesta faixa da restinga da praia Mole. Com base nos estágios de invasão definidos por Milbau & Stout (2008), Richardson & Pysek (2006) e Richardson *et al.* (2000), sugere-se que os indivíduos que ali ocorrem encontram-se em fase de colonização (ou casuais) com maior potencial para se estabelecer em sítios com vegetação mais densa.

Estrutura da comunidade vegetal e características associadas à ocorrência de F. foetida

Apesar da frequência relativamente baixa de parcelas com *F. foetida* na área de estudo, verificou-se que o índice de valor de importância da espécie foi alto entre as 123 espécies registradas. A porcentagem de cobertura relativa da espécie exótica foi mais importante para o aumento do índice de valor de importância e representou um indicador mais adequado para analisar o padrão de invasão, como sugerido por Carboni *et al.* (2010). Estes resultados se assemelham aos encontrados por estes autores em

diferentes comunidades vegetais de dunas ao longo de um gradiente ambiental no sentido mar-interior (alta praia, dunas embrionárias, dunas móveis, dunas de transição e dunas fixas). Eles verificaram que na maior parte das comunidades, a cobertura média de espécies exóticas foi < 4% para cada unidade amostral, porém, na comunidade herbácea perene de dunas de transição, a cobertura média foi significativamente maior (> 32% de cobertura de espécies exóticas por amostra), devido quase exclusivamente à presença de duas espécies exóticas: *Carpobrotus* aff. *acinaciformis* (Aizoaceae) e *Agave americana* (Agavaceae).

Apesar de *F. foetida* estar presente em parcelas com estrutura de vegetação variável, sua ocorrência associada a sítios com maiores valores em altura e cobertura da vegetação pode significar que as condições mais amenas de hábitat, como maior acúmulo de matéria orgânica e umidade do solo (Cordazzo *et al.*, 2006) tenha favorecido a ocupação da espécie exótica em sítios com tais características. Sugerimos que estes resultados podem estar relacionados à maior sobrevivência de *F. foetida* no estágio de bulbilho em ambientes sombreados, como já discutido anteriormente. Crescendo sob a copa de outras espécies, bulbilhos de *Agave deserti* (Raphael & Nobel, 1986) e *Agave macroacantha* (Arizaga & Ezcurra, 2002) em regiões áridas do México se beneficiam da redução da temperatura superficial do solo e disponibilidade de água. Comparando com plantações abandonadas de solos argilosos, Badano & Pugnaire (2004) encontraram maior abundância e desenvolvimento de bulbilhos em solos arenosos de áreas invadidas e observaram ainda que a cobertura vegetal de espécies nativas foi significativamente maior neste tipo de solo, porém não foi avaliado se existe relação entre estes parâmetros. Arizaga & Ezcurra (2002) observaram que muitas plântulas e rosetas solitárias de *A. macroacantha* crescem associadas com arbustos maiores, sugerindo o efeito positivo do sombreamento nos estágios iniciais do ciclo de vida.

A riqueza e a diversidade dos sítios analisados não apresentaram relação clara com a ocorrência de *F. foetida*. Porém, observou-se uma tendência de efeito negativo sobre a vegetação adjacente em duas parcelas onde a espécie exótica apresentou-se dominante e os valores de riqueza, diversidade, cobertura acumulada e altura média da vegetação associada apresentaram redução considerável. Outros estudos evidenciaram a redução da riqueza e diversidade devido à invasão por espécies de plantas exóticas (Lonsdale, 1999; Parker *et al.*, 1999; Naeem *et al.*, 2000; Pegado *et al.*, 2006) e em especial por *Agave* em solos arenosos (Badano & Pugnaire, 2004). Estes autores registraram o mesmo número de espécies lenhosas

nativas em plantações de solos arenosos e argilosos, porém, o valor de cobertura total destas espécies, assim como de *Agave*, foi maior em solos arenosos, gerado pelo aumento expressivo especialmente de uma espécie, *Helichrysum stoechas*. O estudo sugere que a ocorrência de *Agave* em solos arenosos não alterou a riqueza da comunidade vegetal tanto quanto modificou a cobertura proporcional de algumas espécies reduzindo significativamente a diversidade nas plantações de solos arenosos comparado a dunas não invadidas.

Crescimento de F. foetida e interferência na composição e cobertura da vegetação adjacente

Quando avaliou-se o efeito na comunidade vegetal associada ao crescimento individual de *F. foetida*, verificou-se que houve uma redução significativa da cobertura acumulada da vegetação nas parcelas com *F. foetida*, não observada em parcelas sem a espécie. Sugere-se que o aumento significativo em cobertura de *F. foetida* no intervalo de um ano foi a principal causa da redução de cobertura das outras espécies considerando que qualquer biomassa ou espaço controlado pelo invasor representa recursos não mais disponíveis para competidores (Parker *et al.*, 1999). Carboni *et al.* (2010) observaram que um alto valor de cobertura de espécies exóticas aparentemente diminuiu a cobertura de espécies nativas em dunas costeiras. Seria interessante avaliar a relação entre o crescimento de *F. foetida* com a dinâmica de cada espécie para verificar que tipo de interferência pode ocorrer. Badano & Pugnaire (2004) observaram efeitos positivos, negativos ou neutros no desempenho de espécies crescendo em plantações de agaves. Os autores afirmam que este tipo de análise pode variar de acordo com o tipo de hábitat em estudo, a espécie associada e o parâmetro utilizado para medir o efeito (por exemplo, conteúdo relativo de água e área foliar).

Embora tenha havido aumento significativo em riqueza nas parcelas com e sem *F. foetida*, não foi observado mudanças na diversidade no intervalo de um ano. Também não foi encontrado diferença aparente no número de espécies que colonizaram e que foram extintas, bem como aquelas que permaneceram nos locais invadidos, indicando que a espécie não está impedindo a colonização e estabelecimento de outras espécies neste intervalo de tempo. Badano & Pugnaire (2004) verificaram que plantações abandonadas de agaves na Espanha foram rapidamente recolonizadas por outras espécies, atribuindo a isto três principais fatores:

baixo crescimento populacional de agaves, baixa interferência negativa com outras espécies e a processos facilitadores de agaves em estágios iniciais de sucessão. Considerando que *F. foetida* pode levar até 20 anos para atingir a maturidade seria interessante avaliar a dinâmica da vegetação por mais tempo e relacionar o crescimento da espécie exótica com a dinâmica de cada espécie vegetal associada para verificar que tipo de interferências pode ocorrer.

Furcraea foetida apresenta características funcionais bem adaptadas ao ambiente de restinga como a reprodução clonal, plasticidade fenotípica e capacidade de armazenamento de água. Somando-se a estas características a pressão de propágulos associada ao uso como ornamental e histórico de invasão em outros locais, o processo de invasão se torna favorecido de acordo com Sakai *et al.* (2001). Porém outras características atribuídas à espécie como baixa taxa de sobrevivência da prole (Barbosa, C. Capítulo 2), período longo até atingir a fase reprodutiva (Francis, 2009), baixa taxa de crescimento populacional e baixa interferência negativa com outras espécies (González-Iturbe *et al.*, 2002; Badano & Pugnaire, 2004), além da propagação limitada a curtas distâncias, reduzem o seu potencial de se tornar invasora (Sakai *et al.*, 2001).

Dechoum & Ziller (2007) sugerem um modelo de plano de ação para o controle de espécies exóticas invasoras em áreas protegidas, definindo como prioridade de controle aquelas espécies com alto risco de invasão (com base no seu histórico de invasão em outros locais do país ou do mundo, nível de agressividade da espécie e tipo de ambiente) e que ocorrem em pequenas populações ou indivíduos isolados e que não se expressem ainda como invasoras. Desta maneira, maximizam-se as oportunidades de erradicação precoce de espécies com potencial de se tornarem invasoras. Considerando que *F. foetida* apresentou distribuição agregada e baixa densidade atual na área de restinga avaliada no presente estudo, interferência negativa na vegetação associada, além do histórico de invasão confirmado em outros locais com características climáticas semelhantes, com base no modelo para o manejo de espécies exóticas citado acima e no princípio da precaução da Convenção de Diversidade Biológica (CBD – 2002) conclui-se que a espécie deve receber prioridade em planos de manejo e controle em unidades de conservação.

O presente trabalho pode servir de subsídio para estratégias de controle da espécie em ambientes de restinga orientando as prioridades de ação para indivíduos reprodutivos (de forma a conter a propagação) e posteriormente para adultos potencialmente reprodutivos, juvenis grandes e

juvenis pequenos. Sítios com vegetação densa de restinga devem ser tratados com especial atenção, já que considera-se que estes ambientes são mais susceptíveis a ocupação por *F. foetida*. Além disso, considera-se de fundamental importância orientar a conscientização da comunidade local da praia Mole com o objetivo de conter o seu cultivo e diminuir a pressão de propágulos.

Referências bibliográficas

AYRES, M. AYRES-JR, M. AYRES, T.L. SANTOS, A.S. 2007. BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Editora do Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá. Belém, PA.

ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPFEL, C. 2000. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 3: 52-66.

ARIZAGA, S. & EZCURRA, E. 2002. Propagation mechanisms in *Agave macroacantha* (Agavaceae), a tropical arid-land succulent rosette. *American Journal of Botany*, 89(4): 632-641.

ARIZAGA, S. & EZCURRA, E. 1995. Insurance against reproductive failure in a semelparous plant: bulbil formation in *Agave macroacantha* flowering stalks. *Oecologia*, 101: 329-334.

ASSUMPCÃO, J. & NASCIMENTO, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 14(3): 301-315.

BADANO, E.I. & PUGNAIRE, F.I. 2004. Invasion of *Agave* species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. *Diversity and Distributions*, 10: 493-500.

BARBOSA, C. 2011. Dispersão de propágulos vegetativos da espécie exótica *Furcraea foetida* em ambiente de restinga. 19 f. capítulo de Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

BRESOLIN, A. 1979. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. *Insula*, 10: 1-54.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; ENDE, C.N.V. 1998. Field and laboratory methods for general ecology. 4. ed. Boston: McGraw-Hill. 273p.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. 2003. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 256p.

CARBONI, M.; SANTORO, R.; ACOSTA, A.T.R. 2010. Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? *Journal of Plant Ecology*, 3(2): 139-147.

CARUSO, M.M.L. 1983. O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais. Florianópolis: Editora da UFSC. 160 p.

CBD. 2002. Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. Conference of the Parties, Decision VI/23. Disponível em: <<http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197>>. Acesso em: abril de 2011.

CECCA, 1996. Centro de Estudos Cultura e Cidadania. Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina. Florianópolis: Insular.

CLARKE, K. R. 1993. *Australian Journal of Ecology*, 18(1): 117-143.

CONSEMA, 2010. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução N° 11 de 17 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=53&Itemid=46&lang=brazilian_portuguese>. Acesso em: fevereiro de 2010.

CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELINGER, U. 2006. Guia Ilustrado: plantas das dunas da costa sudoeste atlântica. Pelotas: Editora USEB. 107p.

CORREA, M.P. 1984. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Ministério da Agricultura, Instituto brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, vol. 5.

COUSENS, R., DYTHAM, C.; LAW, R. 2008. Dispersal in plants. Oxford University Press, Oxford.

DECHOUM, M.S. & ZILLER, S.R. 2007. Planos de ação para controle de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação. Anais do Congresso Latino Americano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas. Bariloche, Argentina.

DUKES, J. S. 2001. Biodiversity and invasibility in grassland microcosms. *Oecologia*, 126: 563-568.

ELTON, C. S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. University of Chicago Press. USA. 181p.

FALKENBERG, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. *Insula*, 28: 1-30.

FRANCIS, J.K. 2009. Wildland Shrubs of the United States and its Territories: Thamnisc Descriptions General Technical Report IITF-WB-1 U.S. Department of Agriculture, Forest Service International Institute of Tropical Forestry and Shrub Sciences Laboratory Disponível em: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/wildland_shrubs.htm>. Acesso em: março de 2010.

GANDOLFO, E. S. & HANAZAKI, N. 2011. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). *Acta Botanica Brasilica*, 25(1): 168-177.

GONZÁLES-ITURBE, J.A., OLMSTED, I. & TUN-DZUL, F. 2002. Tropical dry forest recovery after long term Henequen (sisal, *Agave fourcroydes* Lem.) plantation in northern Yucatan, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 167: 67-82.

HUECK, K. 1953. Problemas e importância prática da fitossociologia no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica. (Contribuições para a pesquisa fitossociológica paulista – 1)

I3N-BRASIL, 2011. Base de dados sobre espécies exóticas invasoras no Brasil. Disponível em:< <http://www.i3n.institutohorus.org.br>>. Acesso em fevereiro de 2011.

KIM, K.D. 2005. Invasive plants on disturbed Korean sand dunes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62: 353-364.

KNIGHT, K.S. & REICH, P.B. 2005. Opposite relationships between invasibility and native species richness at patch versus landscape scales. *Oikos*, 109: 81-88.

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. Numerical ecology. Second English edition. Elsevier, Amsterdam

LEVINE, J.M. 2000. Species diversity and biological invasions: relating local process to community pattern. *Science*, 288: 852-854.

LEVINE J. M. & D'ANTONIO, C. M. 1999. Elton revisited: a review of evidence linking diversity and invasibility. *Oikos*, 87: 15-26.

LONSDALE, W. M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*, 80(5): 1522-1536.

LLORET, F., MÉDAIL, F., BRUNDU, G., CAMARDA, I., MORAGUES, E., RITA, J., LAMBDON, P.; HULME, P.E. 2005. Species attributes and invasion success by alien plants in Mediterranean islands. *Journal of Ecology*, 93: 512–520.

LUBKE, R.A. 2004. Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the Eastern Coasts of Africa. In: *Ecological Studies*, 171 (MARTINEZ, M.L. & PSUTY, N.P., eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA, p. 67-84.

MACK, R.N.; CHAIR; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. 2000. Biotic invasions: causes,

epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*, 10(3): 689-710.

MILBAU, A.; STOUT, J.C.; GRAAE, B.J.; NIJS, I. 2009. A hierarchical framework for integrating invasibility experiments incorporating different factors and spatial scales. *Biological Invasions*, 11: 941-950.

MILBAU, A. & STOUT, J.C. 2008. Factors associated with alien plants transitioning from casual, to naturalized, to invasive. *Conservation Biology*, 22: 308-317.

NAEEM, S.; KNOPS, M. H.; TILMAN, D.; HOWE, K. M.; KENNEDY, T.; GALE, S. 2000. Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors. *Oikos*, 91: 97-108.

NEUWIED, M.W. 1820. Viagem ao Brasil nos anos de 1815 a 1817. Ed. Brasiliana, 5a. ser., 1940. Cia ed. Nacional. Rio de Janeiro.

PAISANI, J.C. 2004. Utilização de diagrfias granulométricas no estabelecimento da lito e pedostratigrafia de rampa arenosa costeira – o caso da praia Mole (Ilha de Santa Catarina). *Geografia*, 13(2): 139-151.

PARKER, I.M.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; GOODELL, K.; WONHAM, M.; KAREIVA, P.M.; WILLIAMSON, M.H.; VONHOLLE, B.; MOYLE, P.B.; BYRES, J.E.; GOLDWASSER, L. 1999. Impact: toward a framework for understanging the ecological effects of invaders. *Biological Invasions*, 1: 3-19.

PEGADO, C.M.A., ANDRADE, L.A., FÉLIX, L.P.; PEREIRA, I.M. 2006. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20(4): 887-898.

PIRANI, J. R. & CORDEIRO, I. 2002. Agavaceae. In: Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo (WANDERLEY M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M., coords.). FAPESP: HUCITEC, São Paulo.

RAPHAEL, D.O. & NOBEL, P.S. 1986. Growth and survivorship of ramets and seedlings of *Agave deserti*: influence of parent-ramet connections. *Botanical Gazette*, 147: 78-83.

REJMÁNEK, M. 1989. Invasibility of plant communities. Biological invasions: A global perspective. p. 369–388. *In*: Biological invasions: a global perspective. (DRAKE, J. A.; MOONEY, H. A.; DI CASTRI, F.; GROVES, R. H.; KRUGER, F. J.; REJMÁNEK, M.; WILLIAMSON, M., eds.). Scope 37. Wiley, Chichester, United Kingdom.

RICHARDSON, D.M & PYSEK, P. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography*, 30(3): 409-431.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA D.F.; WEST, C.J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.

SAKAI, A.K.; ALLENDORF, F.W.; HOLT, J.S.; LODGE, D.M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K. A.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R.J.; COHEN, J.E.; ELLSTRAND, N.C.; MCCAULEY, D.E.; O'NEIL, P.; PARKER, I.M.; THOMPSON, J.N.; WELLER, S. G. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 305-332.

SHEA, K. & CHESSON, P. 2002. Community theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 17: 170-176.

STATSOFT INC, 2004. Statistica (data analysis software system): versão 7.0.

TER BRAAK, C.J.F. 1995. Ordination. *In*: Data Analysis in Community and Landscape Ecology. (JONGMAN, R.H.J.; TER BRAAK, C.J.F. & VAN TONGEREN, O.F.R., eds.). Cambridge, Cambridge University, p.91-173.

TILMAN, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78(1): 81-92.

VALIENT-BANUET, A. & EZCURRA, E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ecology*, 79(4): 961-971.

VITOUSEK, P.M.; D'ANTONIO, C.M.; LOOPE, L.L.; REJMÁNEK, M.; WESTBROOKS, R. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1): 1-16.

ZAR, J.H. 1974. *Biostatistical analysis*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall.

CAPÍTULO II

Dispersão de propágulos vegetativos da espécie exótica *Furcraea foetida* em ambiente de restinga

Resumo

Em seu hábitat nativo *Furcraea foetida* e outras espécies da família Agavaceae apresentam como principal mecanismo reprodutivo a produção de sementes. Porém, se por algum motivo houver falha na reprodução sexual a produção de bulbilhos clonais atua como um mecanismo que assegura a reprodução. Em restingas da Ilha de Santa Catarina, SC, *F. foetida* produz grandes quantidades de bulbilhos em sua inflorescência e com dispersão feita essencialmente pela ação da gravidade. O presente estudo avaliou o padrão de distribuição de bulbilhos em função da distância à planta mãe, da direção de queda e o sucesso de estabelecimento um ano após o evento de queda. Além disso, o estudo avaliou se a cobertura de bulbilhos reduz a cobertura vegetal das outras espécies. A fim de caracterizar a dispersão em função da distância à planta mãe e das direções de queda, em 2009 foram traçados quatro transectos a partir de três indivíduos reprodutivos na praia Mole e dois na praia da Armação do Pântano do Sul. Neste última, um ano após a queda (em 2010) foram amostrados ainda outros quatro transectos adjacentes. Em cada transecto foram delimitadas parcelas adjacentes de 1 m² e os indivíduos foram removidos, pesados e mensurados para obtenção da densidade, biomassa seca/m² e peso seco individual, além de medidas do tamanho dos bulbilhos com base em número de folhas, altura e diâmetro. Além disso, em 2010 realizou-se o levantamento da cobertura de bulbilhos e cobertura acumulada das outras espécies vegetais. O padrão de distribuição de propágulos mudou significativamente em um ano, com evidente redução da ocorrência de plantas próximas à planta mãe. Neste período, houve redução significativa ($p < 0,05$) em número de bulbilhos/m² (2.374 indivíduos amostrados em 2009 e 501 indivíduos em 2010) e biomassa(g)/m² ($p < 0,05$). O tamanho dos bulbilhos aumentou significativamente ($p < 0,0001$), mostrando valores positivamente correlacionados com a distância à planta mãe. Apesar de um único indivíduo de *F. foetida* produzir milhares de bulbilhos, corroborando a hipótese de exclusão da vegetação adjacente, observou-se um possível efeito de mortalidade dependente da densidade ao redor da planta. Foram encontradas diferenças significativas de densidade em função da direção de

queda, indicando que apesar de a liberação destes propágulos ocorrerem essencialmente pela ação da gravidade, rajadas de ventos podem ter influenciado na direção de propagação.

Palavras-chave – Estratégia de propagação, espécie exótica, restinga.

Introdução

Em seu hábitat nativo, o principal mecanismo reprodutivo de espécies da família Agavaceae é a produção de sementes. Porém, se por algum motivo a reprodução sexual é prejudicada, como por exemplo, falha na polinização ou danificação de estruturas florais, a produção de bulbilhos (propágulos vegetativos) no pedúnculo floral atua como um mecanismo que assegura a reprodução do genete (Arizaga & Escurra, 1995).

O crescimento clonal é caracterizado pela habilidade das plantas produzirem rametes (unidades modulares de crescimento vegetativo) geneticamente idênticos à planta mãe e que podem potencialmente existir independentes desta. Os principais tipos de reprodução clonal incluem a fragmentação e produção de estolões ou rizomas e a produção de bulbilhos (Price & Marshall, 1999; Coelho *et al.*, 2007). A produção de bulbilhos em estruturas sexuais de plantas, como nas inflorescências, é denominada pseudoviviparidade (Elmqvist & Cox, 1996; Coelho *et al.*, 2005, 2007; Figueira & Del Sarto, 2007). Esta estratégia reprodutiva é prevalente na maior parte em plantas terrestres ocorrendo em ambientes fortemente sazonais, crescendo em altas latitudes e altitudes, ou em áreas semi áridas ou áridas (Elmqvist & Cox, 1996).

Na reprodução clonal, a ligação dos rametes com a planta mãe nos estágios iniciais do ciclo de vida favorece a sobrevivência dos juvenis, desempenhando uma estratégia segura em ambientes extremos, onde a germinação de sementes é desfavorável (Coelho *et al.*, 2005, 2007). Porém, devido ao limitado alcance de propagação da população ocorre uma forte competição intra-específica provocada por uma necessidade comum de recursos escassos (Li *et al.*, 1996; Begon *et al.*, 2007; Cousens *et al.*, 2008). A sobrevivência e o crescimento de uma prole vegetativa, portanto, podem ser explicados também pelo padrão espacial de dispersão (Coelho *et al.*, 2007).

Em ambientes áridos do México, como no vale de Tehuacán, de solos rasos e pedregosos, Arizaga & Escurra (2002) atribuíram o padrão espacial agregado de *Agave macroacantha* ao mecanismo de propagação por reprodução clonal. Porém, a baixa taxa de sobrevivência dos bulbilhos produzidos por esta espécie foi relacionada principalmente às condições inadequadas do habitat como alta exposição luminosa e temperatura superficial do solo. Badano & Pugnaire (2004) também atribuíram as condições de hábitat ao sucesso no estabelecimento de *A. sisalana* e *A. fourcroydes*. Estes autores compararam a propagação destas espécies em

solos arenosos e argilosos e observaram um alto número e biomassa de bulbilhos estabelecidos, além de alto número de indivíduos reprodutivos em habitats invadidos de solos arenosos.

Devido ao fato de os indivíduos de *F. foetida* produzirem em sua inflorescência propágulos vegetativos (bulbilhos) em grandes quantidades e com dispersão feita essencialmente pela ação da gravidade, ocorre a formação de densos agrupamentos da prole que excluem a vegetação nativa (I3N-Brasil, 2011). Em ambiente de restinga na Ilha de Santa Catarina, SC, foi observado um padrão de distribuição espacial agregado para os indivíduos de *F. foetida* em fase de colonização (C. Barbosa, dados não publicados), sendo sugerido que o padrão de dispersão dos bulbilhos seja em parte, responsável por esta agregação.

Estudos sobre a distância de dispersão de rametes originados em inflorescências (pseudoviviparidade) foram feitos com espécies do gênero *Leiothrix* da família Eriocaulaceae (Coelho *et al.* 2007). Porém, nestas plantas os rametes não se soltam das inflorescências como ocorre nas Agavaceae. Não há estudos que avaliem a dispersão e o recrutamento dos bulbilhos dispersos em plantas desta família. Assim, o presente estudo é pioneiro e de primordial importância para o conhecimento das estratégias de ocupação de plantas desta família em ambientes por ela invadidos. Neste contexto, este trabalho visa avaliar o padrão de dispersão e de estabelecimento de propágulos vegetativos de *F. foetida* em ambiente de restinga. Acredita-se que a maior queda de bulbilhos ocorra próximo à planta mãe, porém em proporções desiguais radialmente. Esta desigualdade é esperada uma vez que fatores como vento podem gerar uma distribuição diferencial, como observado para a chuva de sementes (Cousens *et al.*, 2008). Espera-se que propágulos dispersos em sítios mais densos apresentem menor estabelecimento e desenvolvimento. Espera-se também que quanto maior a cobertura de bulbilhos menor a cobertura vegetal das outras espécies.

Assim, o presente estudo pretende responder: a) o número de bulbilhos dispersos reduz com a distância à planta mãe? b) este padrão é radialmente homogêneo? c) o tamanho e sucesso de estabelecimento de bulbilhos são menores em sítios com uma deposição de propágulos mais densa? d) a cobertura estabelecida pelos bulbilhos se relaciona negativamente com a de espécies associadas?

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de vegetação de restinga, na Praia Mole (27°36'S - 27°36'S e 48°26'O - 48°25'O), com aproximadamente 1 km de extensão, localizada na região leste da Ilha de Santa Catarina (Figura 1a) e na Praia da Armação do Pântano do Sul (27°43'24.05"S - 27°45'1.57"S e 48°30'16.02"O - 48°30'3.71"O), com cerca de 3 km de extensão e localizada na região sudeste da ilha (Figura 1b). O clima na Ilha de Santa Catarina é subtropical úmido (Cfa), com média anual de temperatura de 20.4°C e pluviosidade 1.726 mm (CECCA, 1997). Os ventos predominantes sopram do quadrante norte associados à massa de ar Tropical Atlântica. Os ventos do quadrante sul, também frequentes, são os mais velozes, com rajadas de até 80 km/h (CECCA, 1997).

Espécie em estudo

Furcraea foetida apresenta uma roseta foliar que pode alcançar de 2,5 a 4 m de diâmetro e mais de 2 m de altura. Possui um caule floral lenhoso que varia entre 4 a 10 m de altura (Hueck, 1953; Pirani & Cordeiro, 2002; Francis, 2009) e que se forma no centro da roseta (Figura 2a). As flores morrem na inflorescência onde se formam bulbilhos (propágulos vegetativos) (Figura 2b), através de um mecanismo de reprodução denominado pseudoviviparidade, que consiste na produção de estruturas vegetativas em locais de estruturas reprodutivas (Figura 2c) (Elmqvist & Cox, 1996; Coelho *et al.*, 2007). A produção destes bulbilhos também ocorre em outras partes da planta, como por exemplo, na base foliar (observação pessoal) e em inflorescências secundárias na base da roseta (Figura 2d) (Hueck, 1953).

Esta espécie, como outras do gênero, possui o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), fixando CO₂ durante a noite e incorporando carboidratos durante o dia. São plantas monocárpicas (Arizaga & Ezcurra, 1995; Pirani & Cordeiro, 2002), ou seja, após a produção do pedúnculo floral, a morte da roseta é iminente. Apresenta como principais características de invasão a competição com outras espécies vegetais por recursos como nutrientes e espaço físico (Badano & Pugnaire, 2004; I3N-Brasil, 2011). A resolução do CONSEMA N°11 de 17 de dezembro de 2010, reconhece a espécie *F. foetida* na Lista Oficial de Espécies Exóticas

Invasoras no Estado de Santa Catarina e a enquadrada da Categoria 1, que significa a proibição de sua posse, domínio, transporte, propagação, cultivo, comércio ou aquisição sob qualquer forma. A espécie figura também na relação de espécies exóticas indicadas no “Plano de Ação para Controle de Espécies Exóticas Invasoras” do Parque Municipal da Lagoa do Peri, (Funke, 2008) na categoria de “alto risco” entre outras espécies. Segundo este plano a categoria de alto risco é conferida a espécies que apresentam histórico de invasão em diversos países ou demais locais, além da área de restinga considerada no presente estudo, e que, por semelhanças ambientais, especialmente climáticas, tende a se adaptar com facilidade na área invadida e repetir esse histórico localmente (Dechoum & Ziller, 2007; Milbau *et al.*, 2009).

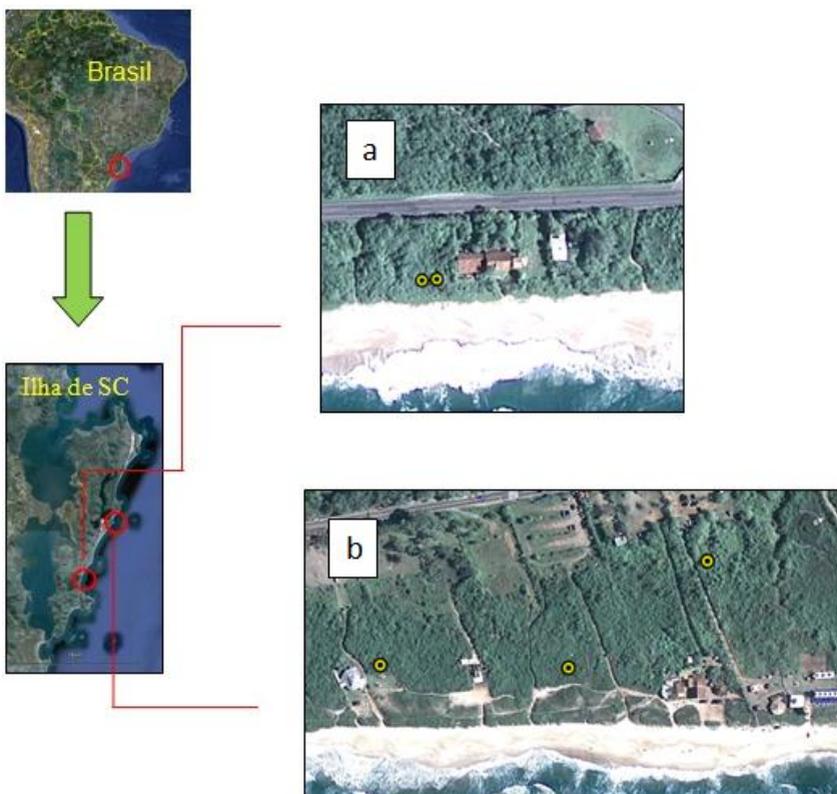


Figura 1. Imagem aérea da Ilha de Santa Catarina (à esquerda) e, à direita, a praia da Armação do Pântano do Sul (a) e a praia Mole (b). Os círculos amarelos indicam a localização das plantas reprodutivas de *Furcraea foetida* estudadas. (Fonte: Google Earth/2011).



Figura 2. Aspectos reprodutivos de *Furcraea foetida*: a) propágulo vegetativo (bulbilho), b) detalhe de ramo da inflorescência com flor e bulbilhos, c) bulbilhos axilares na folha da roseta.

Procedimentos de campo

Praia da Armação do Pântano do Sul

Para caracterizar a distribuição de bulbilhos de *F. foetida* em função da distância à planta mãe, foram analisados dois indivíduos reprodutivos em fase de queda dos bulbilhos presentes nesta localidade (Figura 1a). Estes indivíduos foram considerados como uma fonte única de propágulos devido à pequena distância entre eles (aproximadamente 2 m), resultando em sobreposição na deposição de propágulos. A partir desta fonte foram traçados oito transectos, dois em cada uma das seguintes direções: norte, sul, leste e oeste (Figura 3). Para cada direção um dos transectos foi utilizado para a análise de distribuição de bulbilhos dispersos ao redor da

planta mãe em 2009 e o outro, adjacente, para caracterizar a distribuição um ano após o evento de queda, em 2010 (Figura 3).

Em cada transecto foram delimitadas parcelas adjacentes de 1 m² com estacas de madeira até a distância onde as condições da vegetação permitiram o acesso. No sentido leste e sul foram amostrados até 9 metros, e no sentido norte e oeste, 5 metros, totalizando um esforço amostral de 38 m². Devido ao grande adensamento de bulbilhos no solo e impossibilidade de individualização para contagem em campo, realizamos a remoção de todos os bulbilhos inseridos no interior de cada parcela para serem contados e mensurados em laboratório. Os bulbilhos foram acondicionados em sacolas plásticas e identificados quanto ao transecto de procedência e distância à planta mãe. Em laboratório, o número de bulbilhos/m² foi contabilizado e medidas individuais quanto ao número de folhas, comprimento da maior folha e maior diâmetro do bulbo (este último com o auxílio de um paquímetro) também foram tomadas. Em seguida, os bulbilhos foram secados em estufa a 70°C até que o peso se mantivesse constante (aproximadamente 4 a 7 dias). Para este procedimento, os bulbilhos provenientes de cada parcela foram organizados em diferentes bandejas para posterior pesagem e determinação da biomassa/m². Este procedimento foi feito em abril de 2009 e no transecto adjacente em abril de 2010.

O percentual de cobertura vegetal dos bulbilhos de *F. foetida* e demais espécies presentes em cada parcela foi avaliado em 2010 através de intervalos de classes, de acordo com Assumpção & Nascimento (2000): 1) >0 a 5%; 2) >5 a 15%; 3) >15 a 25%; 4) >25 a 50%; 5) >50 a 75%; 6) >75 a 100%. A mediana do intervalo foi utilizada para efeito de cálculo.

Praia Mole

Nesta praia, os três indivíduos reprodutivos distanciaram-se mais de 100 m entre si e, portanto, não houve qualquer chance de sobreposição na deposição de seus propágulos (Figura 1b). Para cada planta foram traçadas quatro transecções a partir da roseta, uma em cada direção: norte, sul, leste e oeste (Figura 3). Em cada transecto foram realizados os mesmos procedimentos descritos para a Praia da Armação do Pântano o Sul. Porém, na Praia Mole, não houve a análise da distribuição de propágulos em transecto adjacente um ano posterior à queda.

Análise dos dados

Para testar se existe diferença no número de bulbilhos/m², biomassa(g)/m² e peso seco/indivíduo de *F. foetida* em função da distância à planta mãe e entre as direções norte, sul, leste e oeste, realizaram-se testes de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e testes *pos-hoc* de Dunn (Callegari-Jacques, 2003). Estas análises foram feitas para as plantas da praia Mole, restringindo-se a quatro metros a análise da distribuição dos propágulos em função da distância à planta mãe devido à impenetrabilidade da vegetação. Limitamos a análise de diferenças entre as direções de queda para uma distância de 2m da planta mãe devido às parcelas mais distantes não estarem igualmente representadas para todos os transectos. Para avaliar se os tamanhos dos bulbilhos, com base em número de folhas, altura da maior folha e diâmetro do bulbo diferiam com a distância empregou-se os mesmos testes descritos acima. Estes parâmetros não foram avaliados quanto à direção de queda.

Para os dados obtidos na Praia da Armação, empregou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (Callegari-Jacques, 2003) para comparar o padrão de distribuição inicial (2009) e um ano após a queda (2010) da deposição de propágulos em função da distância à planta mãe. Para avaliar se o número de bulbilhos/m², peso seco individual e o tamanho dos bulbilhos (número de folhas, altura da maior folha e diâmetro do bulbo) diferiram significativamente entre os bulbilhos amostrados em 2009 e 2010, aplicou-se o teste de Mann-Whitney (Brower *et al.*, 1998). A biomassa seca/m² foi avaliada por teste t, após ter os dados transformados em \log_{10} obtendo-se normalidade das variáveis e homocedasticidade (Brower *et al.*, 1998). Testou-se a existência de correlação entre os parâmetros avaliados e a distância de dispersão através do teste de correlação de Spearman. Além disso, testou-se a correlação entre a cobertura vegetal das outras espécies e cobertura de bulbilhos de *F. foetida* para avaliar se existe uma relação negativa entre estas.

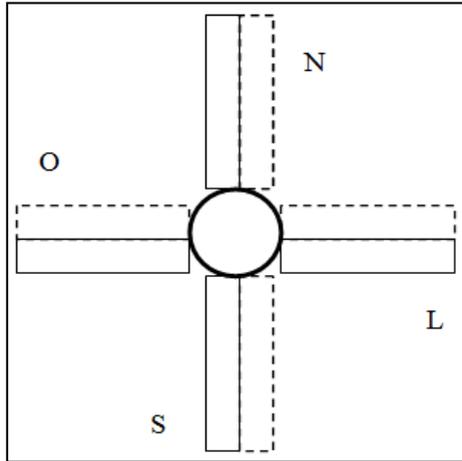


Figura 3. Disposição dos transectos a partir da roseta de indivíduos reprodutivos de *Furcraea foetida*. Os transectos de linha cheia representam aqueles amostrados para a caracterização da deposição de propágulos em 2009 na Praia da Armação do Pântano do Sul e Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Os transectos pontilhados representam aqueles amostrados para a caracterização do número de propágulos um ano após este evento (em 2010).

Resultados

Dispersão de bulbilhos em função da distância à planta mãe - Praia Mole

A distribuição do número de bulbilhos/m² e a biomassa seca/m² foram significativamente diferentes, considerando-se intervalos de um metro até 4 m de distância à planta mãe ($H_{3, 37}=15,84$; $p<0,05$ e $H_{3, 37} = 12,6$; $p<0,05$, respectivamente) (Figura 4a e 4b). As diferenças encontradas foram significativas entre as distâncias de 1 m e 3 m e entre 1 m e 4 m para ambos os parâmetros avaliados. O número de bulbilhos por m² atingiu valores de mediana de 414,5 indivíduos a 1 m da planta mãe decaído a 29,5/m² a 4 metros de distancia. A biomassa por m² atingiu valores de mediana de 370,5g a 1 m da planta mãe decaído a 41,15g a 4 m. Houve também diferença significativa no peso seco por indivíduos em função da distância ($H_{3, 37}=8,52$; $p<0,05$), sendo os valores significativamente menores a 1 m quando comparados aos valores a 4 m da planta mãe (Figura 4c). Os parâmetros utilizados para medir o tamanho dos bulbilhos como o número de folhas ($H_{3, 8.151}=87,24$; $p<0,0001$) (Figura 5a), diâmetro dos

bulbilhos ($H_{3, 8.151}=79,9$; $p<0,0001$) (Figura 5b) e comprimento da folha ($H_{3, 8.151}=160,06$; $p<0,0001$) (Figura 5c) também apresentaram uma tendência de aumento em função da distância de dispersão. Para estas análises mediu-se 5.384 bulbilhos coletados a 1 m, 2.200 a 2 m, 368 a 3 m e 199 a 4 m.

Dispersão de bulbilhos em função da direção de queda

As comparações do número de bulbilhos/m² a 1 m da planta mãe mostraram diferenças significativas em função das direções de queda ($H_{3, 12}=9,26$; $p<0,05$), sendo estas verificadas entre os transectos Sul e Leste (Tabela 1).

Tabela 1. Número de bulbilhos/m² de *Furcraea foetida* em função das direções de queda a 1m da planta mãe na restinga da praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC.

Número de bulbilhos/m ²	Direções de queda			
	Leste ^a	Oeste ^{ab}	Norte ^{ab}	Sul ^b
Mínimo	533	184	463	30
Máximo	1026	366	846	296
Mediana	740	297	474	129

Quando analisamos estas densidades a 2m de distância à planta mãe não se encontram diferenças significativas ($H_{3, 12}=6,18$; $p>0,05$). Não houve diferenças significativas entre as direções quando se examinou a biomassa seca/m² de bulbilhos a 1 m ($H_{3, 12}=7,5$; $p>0,05$) e a 2 m ($H_{3, 12}=6,23$; $p>0,05$) da planta mãe. Também não houve diferença significativa do peso seco individual entre as direções a 1 m da planta mãe ($H_{3, 12}=3,5$; $p>0,05$) e a 2 m ($H_{3, 12}=6,4$; $p>0,05$).

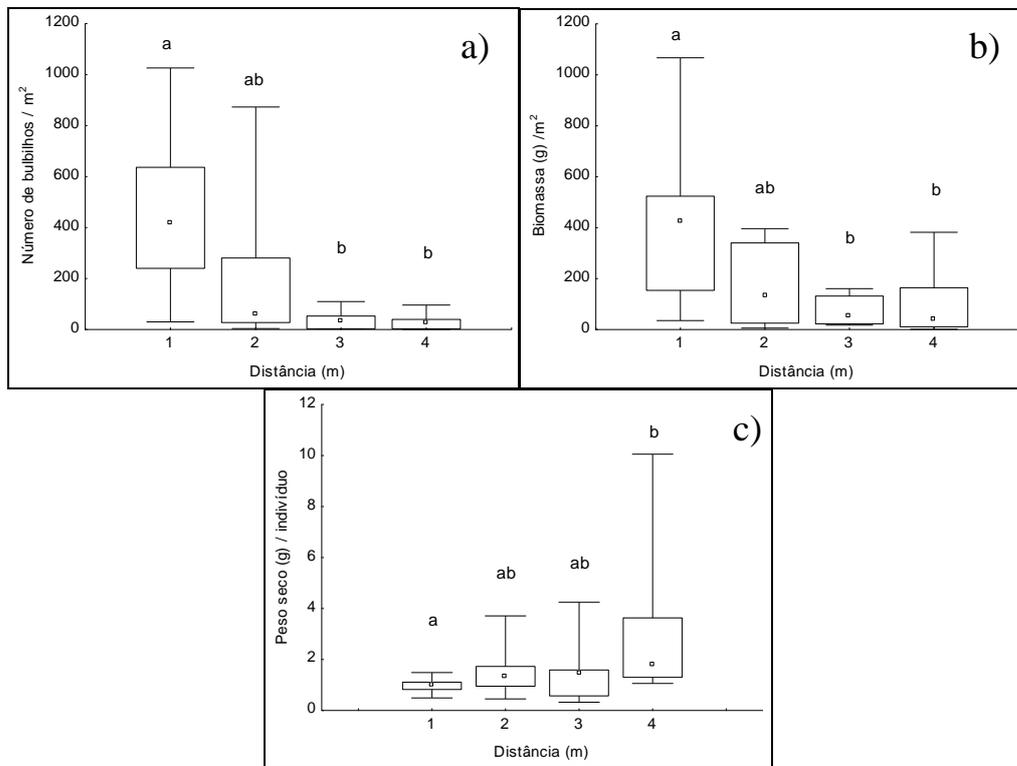


Figura 4: Valores de mediana (\square); percentis 25% - 75% (\square); mínimo - máximo (\top) de: a) número de bulbilhos/m²; b) biomassa seca (g) /m²; c) peso seco(g)/indivíduo avaliados em função da distância até 4 m da planta mãe de *F. foetida* na restinga da Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$, teste de Dunn).

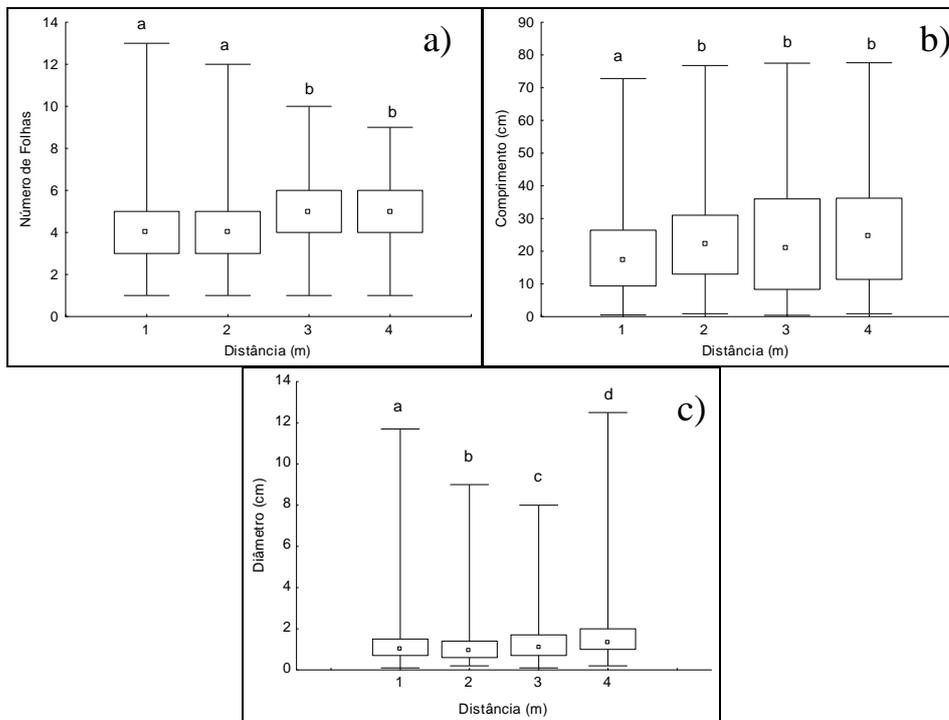


Figura 5: Valores de mediana (—); percentis 25% - 75% (□); mínimo – máximo (┘) de: a) número de folhas por bulbilho; b) comprimento (cm) e c) diâmetro (cm) de bulbilhos avaliados em função da distância até 4 m da planta mãe de *Furcraea foetida* na restinga da Praia Mole, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$, teste de Dunn).

Caracterização da deposição e do estabelecimento de bulbilhos um ano após a dispersão – Praia da Armação do Pântano do Sul

Considerando a quantidade inicial de bulbilhos/m² amostrados em 2009 (2.374 indivíduos) e a quantidade amostrada em 2010 (501 indivíduos), verificamos uma diferença de densidade significativa (U=260; p<0,05) (Figura 6a), com 79% a menos de indivíduos amostrados. A biomassa (g)/m² em 2009 (3.638,64g) também foi significativamente menor em 2010 (2.150g) (t=2,04; n=28; p<0,05), sugerindo uma redução de 41% (Figura 6b). Houve uma tendência de aumento do peso seco por indivíduo, porém esta não foi significativa (U=377; n=28; p>0,05) (Figura 6c). Os parâmetros relativos ao tamanho dos bulbilhos apresentaram aumento significativo em um ano para o número de folhas (U=137.292,5; p<0,001) (Figura 7a), comprimento (cm) (U=150.527; p<0,001) (Figura 7b) e diâmetro (cm) (U=242.464,5; p<0,05) (Figura 7c).

No intervalo de um ano (2009-2010) houve diferença significativa na distribuição do número de bulbilhos/m² no transecto leste (p<0,01) (Figura 8a), sul (p<0,01) (Figura 8b), norte (p<0,05) (Figura 8c) e oeste (p<0,01) (Figura 8d), segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov. O padrão de maior acúmulo de bulbilhos junto à planta mãe observado em 2009 para os transectos leste, sul e norte, não é mais observado em 2010, que apresenta uma distribuição mais homogênea com a distância. O transecto oeste, de menor densidade, tem um comportamento distinto dos demais. Observou-se que o número de bulbilhos/m² apresentou correlação negativa significativa com a distância à planta mãe em 2009 (rs= -0,41; n=28; p<0,05) e não mais apresentou correlação em 2010 (rs= 0,11; n=28; p>0,05). Em 2009 não houve correlação da biomassa(g)/m² com a distância à planta mãe (rs= -0,11; n=28; p>0,05), porém em 2010 houve correlação positiva significativa (rs= 0,39; n=28; p<0,05). Com o aumento em distância da planta mãe, a biomassa por indivíduo apresentou correlação positiva significativa em 2009 (rs=0,51; n=28; p<0,05) e em 2010 (rs=0,41; n=28; p<0,05). Os parâmetros medidos para avaliar o tamanho dos indivíduos apresentaram correlação significativamente positiva com a distância em 2009 e 2010 (Tabela 2).

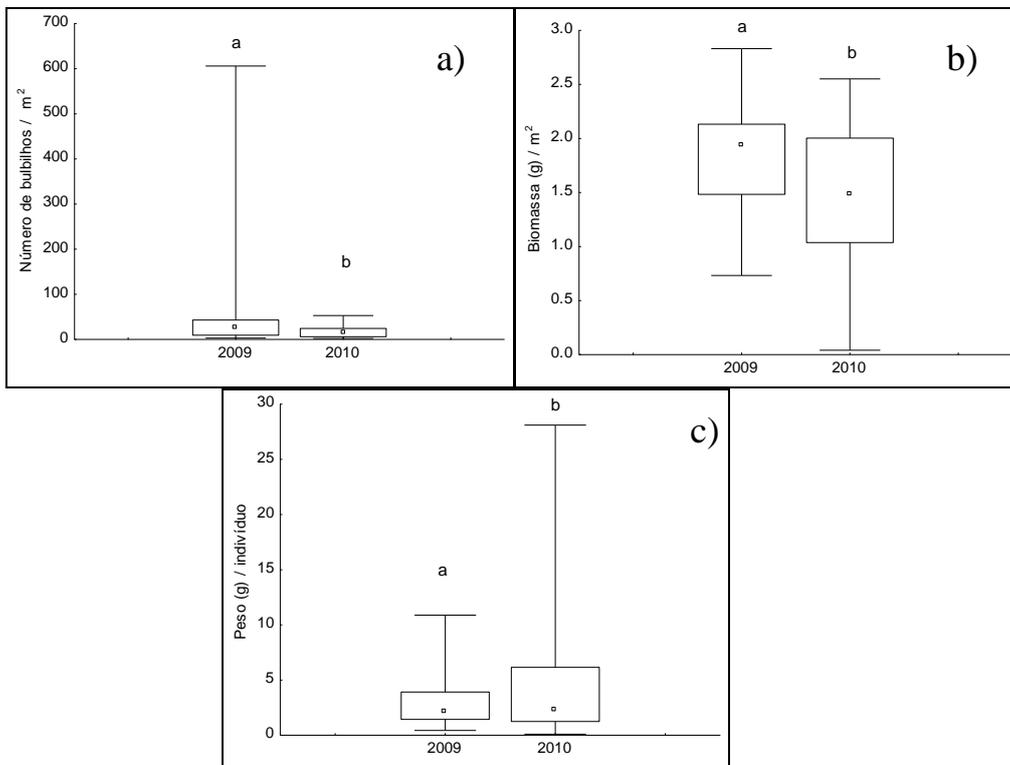


Figura 6. Valores de mediana (\square); percentis 25% - 75% (\square); mínimo - máximo (\top) a) número de bulbilhos/m²; b) biomassa (g)/m²; c) peso (g)/indivíduo/m² de bulbilhos de *Furcraea foetida* avaliados em 2009 e 2010 na Praia da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC.

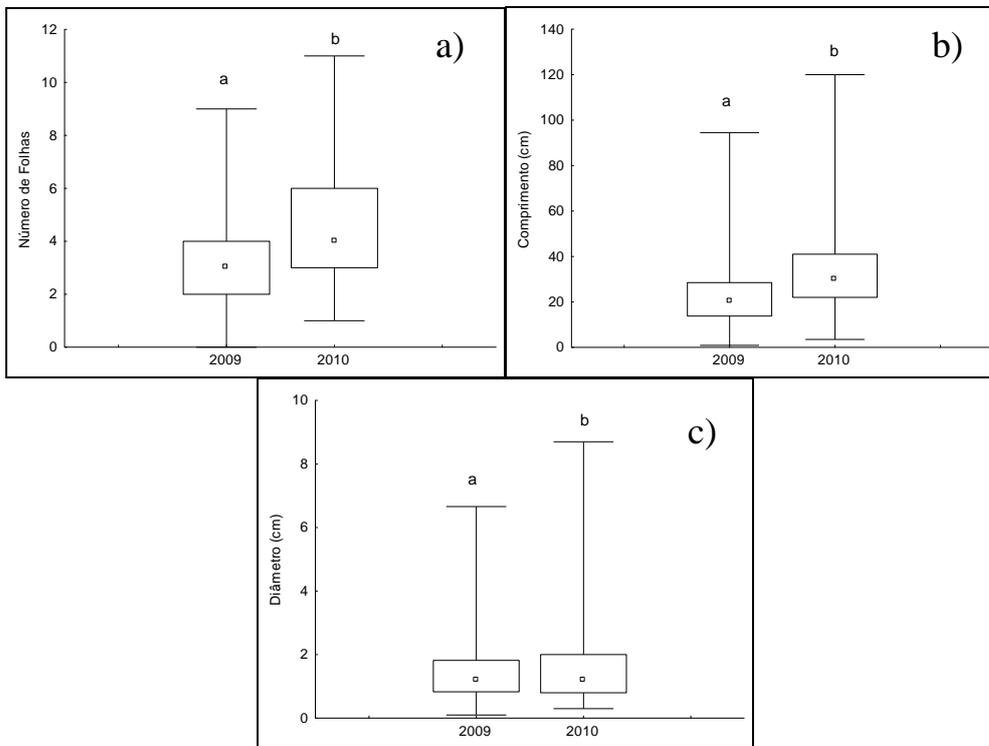


Figura 7. Valores de mediana (□); percentis 25% - 75% (▭); mínimo – máximo (┌) a) número de folhas; b) comprimento (cm) e c) diâmetro (cm) de bulbilhos de *Furcraea foetida* avaliados em 2009 e 2010 na Praia da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC.

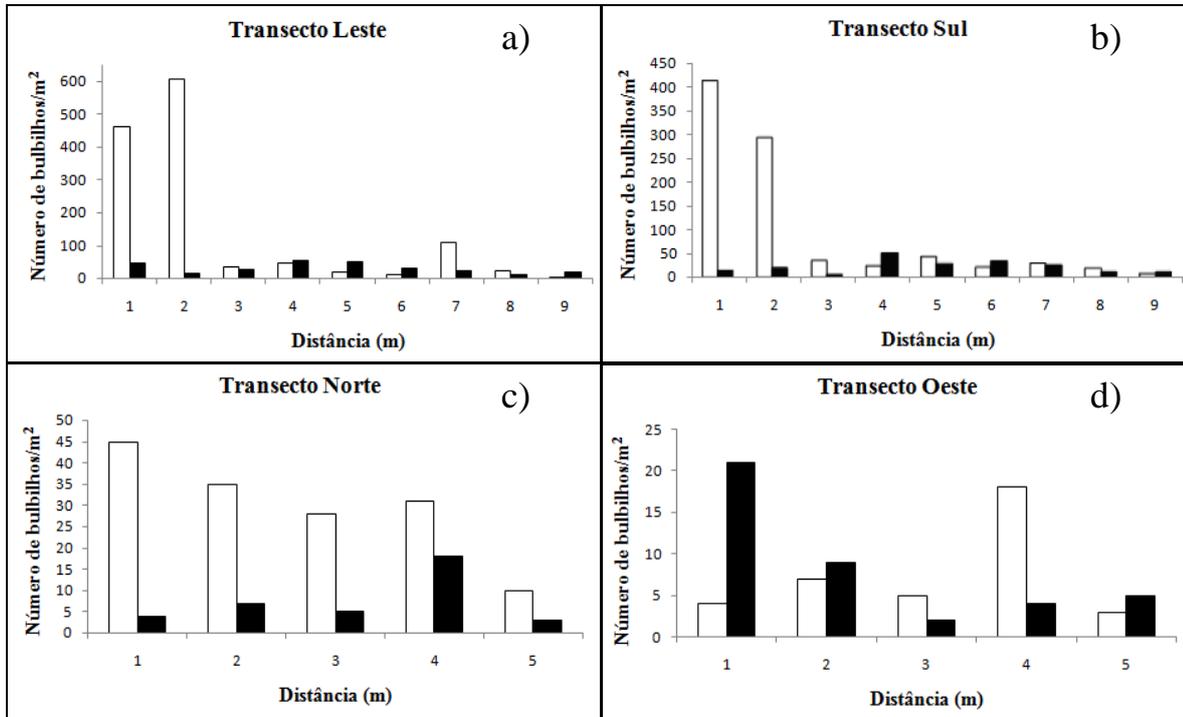


Figura 8. Distribuição do número de bulbilhos de *Furcraea foetida* em função da distância à planta mãe. Bulbilhos amostrados em 2009 (barra branca) e em 2010 (barra preta) em parcelas de 1 m² dispostas em transectos orientados para a) Leste; b) Sul; c) Norte e d) Oeste. Praia da Armação do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC.

Tabela 2. Testes de correlação de Spearman (rs) entre o tamanho de bulbilhos de *Furcraea foetida* (número de folhas, altura de folhas e diâmetro e a distância à planta mãe (n=9m).

	2009			2010		
	n	Spearman		n	Spearman	
		(rs)	p		(rs)	p
Folhas	1069	0,4	<0,0001	501	0,2	<0,0001
Altura (cm)	1069	0,36	<0,0001	501	0,28	<0,0001
Diâmetro (cm)	1069	0,24	<0,0001	501	0,19	<0,0001

Houve uma correlação significativa e negativa (rs= -0,44; n=28; p<0,05) entre a porcentagem de cobertura dos bulbilhos e a cobertura vegetal acumulada ($\Sigma\%$) das outras espécies/m² (Figura 9).

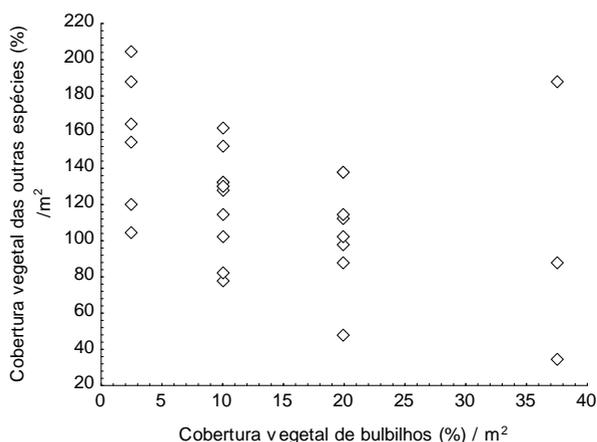


Figura 9. Relação entre a cobertura vegetal acumulada das outras espécies ($\Sigma\%$) e a cobertura vegetal de bulbilhos de *Furcraea foetida* em parcelas de 1 m² ao redor de plantas mães. Praia da Armação do Pântano do Sul, SC.

Discussão

Dispersão de bulbilhos em função da distância a planta mãe e da direção de queda - Praia Mole

A distribuição dos propágulos vegetativos de *F. foetida* logo após a queda pode ser considerada uma estratégia clonal do tipo falange, de acordo com definições em Eriksson (1989), devido à forte agregação de bulbilhos junto à planta mãe. Há uma grande agregação concentrada a 1 m, com redução já expressiva de densidade a 3 e 4 m de distância. Este resultado corresponde ao padrão observado por Auge & Brandl (1997) para o recrutamento de plântulas de *Mahonia aquifolium*, um arbusto clonal com dispersão gravitacional. Os autores observaram que o maior agrupamento ocorreu no interior de manchas de adultos.

Para *F. foetida*, após a dispersão, há grande densidade e biomassa de bulbilhos adjacente à planta mãe, porém com o aumento da distância há maior valor do peso individual. Este resultado pode, no entanto ser influenciado pela diferença temporal de queda dos bulbilhos. A redução no tamanho das plantas em maiores densidades é esperada como um efeito da competição intra-específica, atuando negativamente na incorporação de recursos por indivíduo e conseqüentemente no desenvolvimento e crescimento das plantas (Li *et al.*, 1996; Begon *et al.*, 2007). Apesar da interação competitiva a que os indivíduos co específicos estão submetidos, Cousens *et al.* (2008) afirmam que a estratégia de dispersão a curtas distâncias é vantajosa em ambientes heterogêneos (como a restinga), pois garante que a maioria da prole caia sobre ambiente adequado.

No presente trabalho, observamos que a queda de bulbilhos não aconteceu de forma homogênea ao redor da planta mãe. Apesar de a liberação destes propágulos ocorrerem essencialmente pela ação da gravidade, sugere-se que rajadas de ventos possam interferir nesta queda e influenciar na direção de dispersão. De acordo com Cousens *et al.* (2008) o vento com frequência exerce uma força horizontal que promoverá a queda mesmo de propágulos que não apresentam características adaptadas para a dispersão pelo vento. Provavelmente na localidade de estudo (praia Mole), rajadas de vento sul bastante frequentes na região (CECCA, 1997) tenham reduzido a deposição de propágulos nesta direção.

Caracterização da deposição e do estabelecimento de bulbilhos um ano após a dispersão – Praia da Armação do Pântano do Sul

Observou-se que o padrão de dispersão de bulbilhos/m² encontrado em 2009 diferiu do encontrado em 2010. Em 2009 a densidade de bulbilhos foi muito alta em parcelas mais próximas à planta mãe diminuindo significativamente com a distância. Este padrão, já discutido acima, reflete a estratégia de propagação clonal da espécie, com a gravidade representando o principal vetor de dispersão (Francis, 2009).

A distribuição dos bulbilhos em 2010 é bem mais homogênea não mais evidenciando uma concentração de bulbilhos nos primeiros metros de distância à planta mãe. Sugere-se que a redução de densidade de 79% observada de 2009 a 2010 seja principalmente devido à mortalidade inicial, sendo mais acentuada nas parcelas mais densas. A mortalidade dependente da densidade, conhecida como “self-thinning” (auto-desbaste), ocorre quando a densidade é muito alta (Li *et al.*, 1996) como aquelas observadas até 2 m de distância do indivíduo parental de *F. foetida*. Auge & Brandl (1997) igualmente observaram que a mortalidade dependente da densidade ocorreu especialmente sobre agrupamentos mais densos de plântulas de *M. aquifolium*. De acordo com Eriksson (1993), populações de rametes de muitas plantas clonais não crescem em densidades onde ocorre auto-desbaste. Verificamos para *F. foetida* que houve aumento em biomassa e do peso individual dos bulbilhos no intervalo de um ano e que este aumento parece ter sido mais expressivo em parcelas menos densas. Isto é sugerido pelo fato de que em 2009 não houve correlação da biomassa com a distância à planta mãe e que em 2010 houve correlação positiva e significativa. Em 2009, a biomassa não apresentou correlação, pois a grande densidade de propágulos próxima da planta mãe contribuiu de forma semelhante àquelas plantas observadas em parcelas mais distantes, com menor densidade e com indivíduos maiores. Além disso, os parâmetros do tamanho dos indivíduos (número de folhas, altura e diâmetro) apresentaram correlação significativa com a distância, reforçando a hipótese de que o crescimento ocorreu com maior expressividade em parcelas mais distantes e com densidade inicial baixa.

A correlação negativa significativa entre cobertura acumulada das outras espécies/m² e cobertura de bulbilhos/m² corrobora com a hipótese de exclusão da vegetação adjacente a indivíduos reprodutivos de *F. foetida*. Porém, considerando a grande mortalidade da prole lançada ao redor da planta mãe, a capacidade de recolonização da comunidade vegetal

associada, bem como a sobrevivência dos indivíduos até a fase adulta deve ser avaliada para medir o grau de impacto em longo prazo no ecossistema de restinga.

Apesar de um único indivíduo de *F. foetida* produzir milhares de bulbilhos, devido à estratégia de dispersão gravitacional da espécie há baixo estabelecimento da prole decorrente de um efeito de mortalidade dependente da densidade atuando ao redor da planta mãe.

Referências bibliográficas

ARIZAGA, S. & EZCURRA, E. 2002. Propagation mechanisms in *Agave macroacantha* (Agavaceae), a tropical arid-land succulent rosette. *American Journal of Botany*, 89(4): 632-641.

ARIZAGA, S. & EZCURRA, E. 1995. Insurance against reproductive failure in a semelparous plant: bulbil formation in *Agave macroacantha* flowering stalks. *Oecologia*, 101: 329-334.

ASSUMPÇÃO, J. & NASCIMENTO, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 14(3): 301-315.

AUGE, H. & R. BRANDL. 1997. Seedling recruitment in the invasive clonal shrub, *Mahonia aquifolium* Pursh (Nutt.). *Oecologia*, 110: 205-211.

BADANO, E.I. & PUGNAIRE, F.I. 2004. Invasion of *Agave* species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. *Diversity and Distributions*, 10: 493-500.

BEGON, M., TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 740p.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; ENDE, C.N.V. 1998. *Field and laboratory methods for general ecology*. 4 ed. Boston: McGraw-Hill, 273p.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. 2003. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 256p.

CECCA, Centro de Estudos Cultura e Cidadania. 1997. Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina: Caracterização e Legislação. Florianópolis: Editora Insular, 160p.

COELHO, F.F.; CAPELO, C.; NEVES, A.C.O.; FIGUEIRA, J.E.C. 2007. Vegetative propagation strategies of four rupestrian species of *Leiothrix* (Eriocaulaceae). Revista Brasileira de Botânica, 30(4): 687-694.

COELHO, F.F.; NEVES, A.C.O.; CAPELO, C.; FIGUEIRA, J.E.C. 2005. Pseudovivipary in two rupestrian endemic species (*Leiothrix spiralis* and *Leiothrix vivipara*). Current Science, 88(8): 1225-1226.

CONSEMA, 2010. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução N° 11 de 17 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=53&Itemid=46&lang=brazilian_portuguese>. Acesso em: fevereiro de 2010.

COUSENS, R., DYTHAM, C. & LAW, R. 2008. Dispersal in plants. Oxford University Press, Oxford.

DECHOUM, M.S. & ZILLER, S.R. 2007. Planos de ação para controle de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação. Anais do Congresso Latino Americano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas. Bariloche, Argentina.

ELMQVIST, T. & COX, P.A. 1996. The evolution of vivipary in flowering plants. Oikos, 77: 3-9.

ERIKSSON, O. 1993. Dynamics of genet in clonal plants. Trends in Ecology and Evolution, 8: 313-316.

ERIKSSON, O. 1989. Seedling dynamics and life histories in clonal plants. Oikos, 55: 231-238.

ERIKSSON, O. 1988. Patterns of ramet survivorship in clonal fragments of the stolonigerous plant *Potentilla anserina*. *Ecology*, 69(3): 736-740.

FIGUEIRA, J.E.C. & DEL SARTO, M.C.L. 2007. Clonal growth and dispersal potential of *Leiothrix flagellaris* (Eriocaulaceae) in the rocky grasslands of southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 30: 679-686.

FRANCIS, J.K. 2009. Wildland shrubs of the United States and its territories: thamnisc descriptions general technical report IITF-WB-1 U.S. Department of Agriculture, Forest Service International Institute of Tropical Forestry and Shrub Sciences Laboratory. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/wildland_shrubs.htm>. Acesso em 10 fevereiro de 2010.

FUNKE, D., 2008. Plano de Ação para Controle das Espécies Exóticas Invasoras no Parque Municipal da Lagoa do Peri. Relatório Técnico não publicado.

HUECK, K. 1953. Problemas e importância prática da fitossociologia no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica. (Contribuições para a pesquisa fitossociológica paulista, 1).

I3N-BRASIL, 2011. Base de dados sobre espécies exóticas invasoras no Brasil. Disponível em: <<http://www.i3n.institutohorus.org.br>>. Acesso em 15 de março de 2009.

LI, B.; WATKINSON, A.R.; HARA, T. 1996. Dynamics of competition in populations of carrot (*Daucus carota*). *Annals of Botany* 78: 203–214.

MILBAU, A.; STOUT, J.C.; GRAAE, B.J.; NIJS, I. 2009. A hierarchical framework for integrating invasibility experiments incorporating different factors and spatial scales. *Biological Invasions*, 11: 941-950.

PIRANI, J. R. & CORDEIRO, I. 2002. Agavaceae. In: Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo (WANDERLEY M.G.L.;

SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M., coords.). FAPESP: HUCITEC, São Paulo.

PRICE, E.A.C. & MARSHALL, C. 1999. Clonal plants and environmental heterogeneity: an introduction to the proceedings. *Plant Ecology*, 141: 3–7.

Considerações finais

Através da análise de ocupação por *Furcraea foetida* no ambiente de restinga da praia Mole observou-se que decorridos aproximadamente 80 anos de registro de ocorrência e usos da espécie exótica no local, atualmente ainda encontra-se em fase de colonização com uma população de baixa densidade e distribuída de maneira agregada na área de restinga avaliada. Outra informação importante deste estudo foi que a espécie esteve mais associada a sítios com valores expressivos em cobertura e altura da vegetação e atribuiu-se este resultado a maior sobrevivência da espécie nos estágios iniciais do ciclo de vida em ambientes sombreados com redução de fatores estressantes. Os parâmetros de riqueza e diversidade não explicaram com clareza a ocorrência de *F. foetida*, porém foram observadas duas parcelas com dominância da espécie exótica e redução destes parâmetros, bem como de cobertura das espécies vegetais associadas, indicando uma tendência de efeito negativo da presença da espécie sobre a vegetação adjacente. Este efeito foi também registrado quando avaliamos experimentalmente o crescimento de indivíduos de *F. foetida*, reforçando a hipótese de interferência negativa na cobertura da vegetação. Porém esta análise não dá suporte à hipótese de redução de riqueza, de diversidade e na dinâmica de colonização, extinção e permanência de espécies vegetais adjacentes à espécie exótica, considerando o intervalo de um ano. Pelo fato de a espécie levar até 20 anos para atingir a maturidade, seria interessante avaliar a dinâmica da vegetação por mais tempo e relacionar o crescimento de *F. foetida* com a dinâmica de cada espécie para verificar que tipo de interferência pode ocorrer.

Considerando as estratégias biológicas de propagação da exótica *F. foetida* em ambiente de restinga, observou-se que a espécie se reproduz exclusivamente de forma vegetativa na área de estudo através da produção de milhares de bulbilhos que são liberados principalmente do pendão floral. Observou-se também que devido à estratégia de dispersão gravitacional da espécie há baixo estabelecimento da prole decorrente de um efeito de mortalidade dependente da densidade atuando ao redor da planta mãe, porém com o aumento da distância há maior valor do peso individual.

O presente estudo foi de grande importância para o aumento do conhecimento sobre as estratégias de ocupação de *F. foetida* em ambiente de restinga, e pioneiro referente à caracterização da dispersão e recrutamento dos bulbilhos dispersos por plantas desta família. Sendo assim, as informações obtidas podem servir de base para estratégias de

controle e manejo da espécie exótica em ambientes de restinga, orientando as prioridades de ação para indivíduos reprodutivos do setor interior e de áreas próximas (de forma a conter a propagação) e posteriormente controlando sequencialmente adultos potencialmente reprodutivos, juvenis grandes e juvenis pequenos. A fim de diminuir a pressão de propágulos, se faz necessário a informação das pessoas que estão plantando a espécie de forma a restringir esta atividade no local.