

# Reintrodução de *Dyckia distachya* Hassler nas áreas de Influência das Hidrelétricas de Itá e Machadinho

Manuela B. Wiesbauer, Karina V. Hmeljevski, Thalita G. Zimmermann, Mauricio S. dos Reis, Ademir Reis e Sérgio Luiz de Souza

**Resumo** – *Dyckia distachya* Hassler é uma bromélia exclusiva de ilhas e margens rochosas do rio Uruguai. Devido à operação de três usinas hidrelétricas neste rio, oito de suas nove populações foram extintas na natureza no período de cinco anos, restando apenas uma população no Salto Yucumã, no Parque Estadual do Turvo, fronteira entre Brasil e Argentina. Com o intuito de traçar uma estratégia de conservação à longo prazo para a espécie, este estudo buscou identificar a diversidade genética das principais coleções geradas a partir das populações naturais do Estreito Augusto Cesar e da Região de Machadinho, atualmente extintas pela operação das Usinas Hidrelétricas de Itá e Machadinho. Foram identificadas sete coleções e duas reintroduções relevantes para a conservação destas populações. Foi analisada a diversidade genética de quatro coleções e discutidas propostas para a conservação e reintrodução. As atuais coleções são heterogêneas quanto suas potencialidades genéticas e necessitam manejo para evitar endogamia.

**Palavras-chave** – conservação genética, espécie ameaçada de extinção, isoenzimas, reófitas.

## I. INTRODUÇÃO

*Dyckia distachya* Hassler é uma bromélia endêmica do Rio Uruguai. Originalmente, ocorria de forma disjunta ao longo de 617 km desse rio, na divisa entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 1). As populações se dispersavam exclusivamente nas frestas das margens e ilhas rochosas do rio, estando sujeitas as forças das corredeiras nos períodos de cheia e a secas extremas sobre as rochas expostas nos períodos de vazante. Plantas com esta característica foram denominadas por Van Seteenis como “espécies reófiticas” [1].

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta nos Anais do V Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL), realizado em Belém/PA, no período de 22 a 24 de junho de 2009.

Este trabalho foi apoiado pelo Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da UFSC, através da dissertação de Mestrado “Biologia Reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsídio para a conservação e reintrodução de populações extintas na natureza”, da Manuela B. Wiesbauer, sob orientação de Ademir Reis e coorientação de Maurício Sedrez dos Reis, e com bolsa de mestrado cedida pela CAPES.

M. B. Wiesbauer, K.V. Hmeljevski, T. G. Zimmermann, M. S. dos Reis e A. Reis, estão vinculados a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (manu\_wiesbauer@yahoo.com.br).

S. L. de Souza trabalha na Tractebel Energia Suez

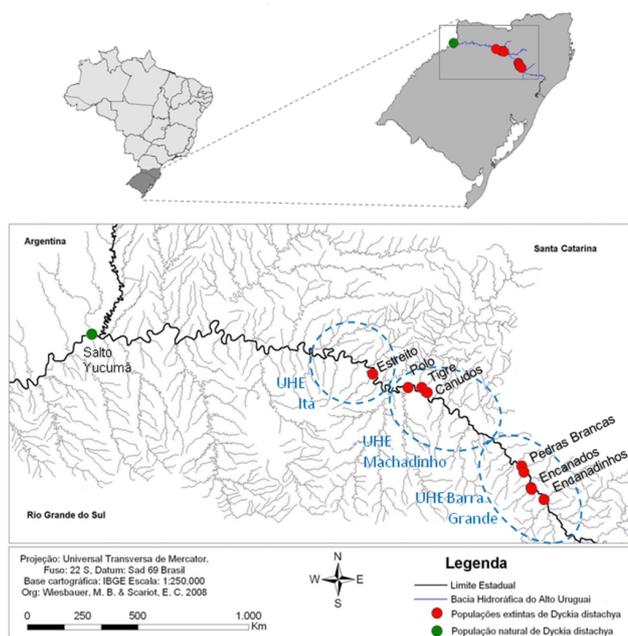


Figura 1. Localização das populações naturais de *Dyckia distachya* Hassler na Bacia Hidrográfica do Alto Uruguai, e as áreas de influência direta das Usinas Hidrelétricas (UHE) de Itá, Machadinho e Barra Grande. As populações em vermelho foram extintas na natureza em 2000 (Itá), 2003 (Machadinho) e 2005 (Barra Grande).

A matriz energética brasileira, sustentada essencialmente pela hidroeletricidade, faz das reófitas um grupo de plantas altamente impactado, uma vez que as corredeiras são os locais preferenciais para a instalação dos empreendimentos. No caso de *D. distachya*, a construção de três grandes empreendimentos hidrelétricos extinguiu oito das nove populações conhecidas da espécie no período de cinco anos, sendo que atualmente tem-se registro de populações naturais apenas no Parque Estadual do Turvo, na fronteira entre Brasil e Argentina (Reis *et alli* 2005).

Na região onde foi construída a Usina Hidrelétrica de Itá ocorria uma grande população de *D. distachya* no Estreito de Augusto Cesar, também denominado Estreito do Rio Uruguai, em touceiras ao longo do cânion, com 8.900 m de extensão. Anteriormente ao enchimento da barragem, no ano de 2000, pouco se sabia sobre a área de ocorrência da espécie, e houve um grande alarde de que a mesma poderia ser extinta. Na época, foram resgatados diversos exemplares com o intuito de salvá-la, tanto pelos moradores locais,

como por pesquisadores e pela empresa empreendedora, que na ocasião era a Gerasul, e foram realizadas algumas reintroduções experimentais em afluentes na região. Posteriormente, com a implantação da Usina Hidrelétrica de Machadinho, mais três populações foram registradas, e outra vez foram coletados indivíduos do rio pela equipe empreendedora, para conservação em viveiro e reintrodução.

Neste contexto, buscou-se desenvolver uma pesquisa visando estabelecer uma estratégia de conservação a longo prazo para as populações resgatadas do estreito do Rio Uruguai e da região de Machadinho. Este projeto de pesquisa e desenvolvimento foi realizado por meio de convênio entre a Universidade Federal de Santa Catarina e a Tractebel Energia Suez, com o título: Reintrodução de *Dyckia distachya* nas áreas de influência das Hidrelétricas de Itá e Machadinho, código da ANEEL nº0403-011/2006. Os principais objetivos foram: a) identificar as principais coleções e reintroduções com material proveniente do Estreito e da região de Machadinho; b) analisar a diversidade genética destas coleções; c) estudar a biologia reprodutiva da espécie; d) traçar uma estratégia de conservação para estas populações a partir dos dados gerados. Adicionalmente, o projeto prevê a avaliação e implantação de novos locais para a reintrodução e o estabelecimento de um banco de germoplasma *in vivo*.

## II. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

### A. Descrição da espécie

*Dyckia distachya* apresenta rosetas suculentas e espinhentas e realiza reprodução clonal por filhotes laterais e por divisão do meristema apical (Figura 2). Na natureza, formava densos agrupamentos de formato arredondado para suportar as forças das águas das corredeiras e ao mesmo tempo reter a matéria orgânica (Figura 3).

As inflorescências são eretas e axilares, podendo ser simples ou compostas e apresentam até dois metros de altura. As flores são completas e hermafroditas com pétalas imbricadas formando uma ante-câmara de forma tubular a campanulada e as sépalas são conadas na base (Figura 4 – A e B). Os seis estames são fusionados entre si, formando uma segunda câmara de acumulação de néctar (Figura 4 – C). O pistilo tem ovário súpero, tricarpelar e sincárpico, e com estigma do tipo conduplicado-espiral (Figura 4 – D). Os frutos são do tipo cápsula, com três locos deiscentes (Figura 4 – E).

As sementes são aladas (Figura 4 – E) e apresentam dispersão primária pelo vento (anemocoria) e dispersão secundária pela água (hidrocoria). Em um estudo de germinação [2], constatou-se que as sementes são fotoblásticas positivas e são capazes de germinar em condições submersas, sendo que as plântulas sobrevivem durante mais de um mês nestas condições. A dispersão pode ocorrer tanto na forma de sementes quanto de plântulas através do rio.



Figura 2. *Dyckia distachya* Hassler em viveiro, com reprodução clonal por



afilhotes laterais.

Figura 3. *Dyckia distachya* Hassler na natureza, formando agrupamentos densos e arredondados.

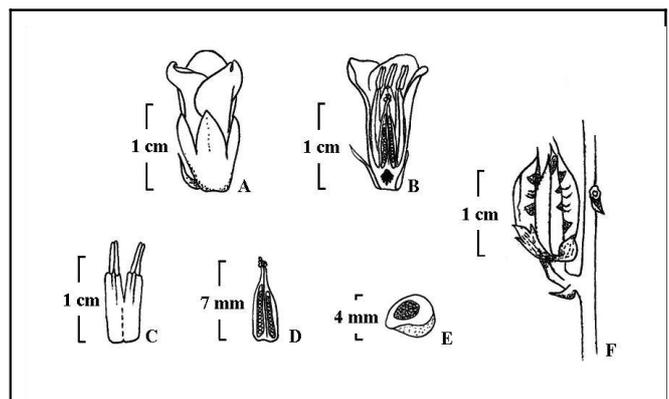


Figura 4. Morfologia de flores, frutos e sementes de *Dyckia distachya* Hassler. Ilustração de Karina V. Hmeljevski.

### B. Identificação das principais coleções

Após prospecção foram identificadas nove coleções relevantes com indivíduos de *D. distachya* provenientes das populações extintas na natureza da região de Itá e Machadinho (Tabela I).

Tabela I. Coleções de *Dyckia distachya* Hassler, com material proveniente das populações naturais atualmente extintas da região de Itá e Machadinho.

Coleção	Localização	Procedência
Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá (HF)	Itá /SC	Estreito Augusto Cesar
Parque Fritz Plaumann-Sede Brum	Concórdia /SC	Horto Floresta da UHE de Itá
Parque Municipal Teixeira Soares	Itá /SC	Horto Floresta da UHE de Itá
Reintrodução Passo Uvã	Itá /SC	Horto Floresta da UHE de Itá
Coleção Particular	Marcelino Ramos /SC	Estreito Augusto Cesar
Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias (UFSC-CCA)	Florianópolis /SC	Estreito Augusto Cesar
Horto da Bourscheid (HB)	Machadinho / SC	Foz do Rio do Tigre, Rio Canudos e Linha Polo
Reintrodução Machadinho	Machadinho / SC	Horto da Bourscheid
Universidade Federal de Santa Catarina- Centro de Ciências Biológicas (UFSC-CCB)	Florianópolis /SC	Horto da Bourscheid

O Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá (Figura 5) contém uma coleção gerada a partir de 16 indivíduos coletados diretamente do Estreito Augusto Cesar, pela equipe da extinta Gerasul, em 1993. A partir destas matrizes foram geradas muitas sementes e produzidas mudas que ampliaram a coleção e geraram as coleções do Parque Fritz Plaumann [3] e do Passo Uvã (Figura 6).



Figura 5. Coleção de *Dyckia distachya* Hassler do Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá, com implantação do experimento de sistema reprodutivo.



Figura 6. Reintrodução de *Dyckia distachya* Hassler no Passo Uvã, em Itá.

A coleção do Parque Teixeira Soares foi gerada a partir de sementes coletadas diretamente do estreito do Rio Uruguai [4]. A coleção particular em Marcelino Ramos (Figura 7) foi gerada por antigo morador das margens do Estreito que, sabendo das ameaças de extinção da espécie e estimulado por sua raridade, coletou um conjunto de indivíduos e cultivou em frente ao seu empreendimento comercial, nas margens da BR-153.



Figura 7. Coleção pessoal de *Dyckia distachya* Hassler, em quiosque as margens da BR-153, em Marcelino Ramos.

A coleção do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina (CCA-UFSC) foi gerada por coletas da equipe do Laboratório de Fisiologia e Desenvolvimento Genético Vegetal, em um projeto de pesquisa visando desenvolver tecnologias para a conservação *in vitro* da espécie [5]. Foram coletadas cerca de cinco plantas a cada 30 metros, ao longo de 500m de extensão nas ilhas e margens rochosas do Rio Uruguai, gerando uma coleção que atualmente conta com 101 plantas e alguns exemplares mantidos *in vitro* (Figura 8).



Figura 8. Coleção de *Dyckia distachya* Hassler no Centro de Ciências Agrárias da UFSC.

A coleção do Horto da Bourscheid em Machadinho (Figura 9) foi gerada a partir das coletas da equipe da Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente, contratada para ao salvamento da flora da Usina Hidrelétrica de Machadinho. A coleção inclui amostras das pequenas populações ocorrentes em ilhas rochosas na foz do Rio Tigre com o Rio Uruguai e no Rio Canudos; e da grande população nas margens do lado catarinense na Linha Pólo, no Rio Uruguai. Não houve critério de coleta e, em 2002, foram retiradas do rio cerca de 1400 rosetas provenientes das três populações [6]. As mudas foram coletadas dos locais mais acessíveis e de fácil retirada e misturadas sem identificação por origem das suas populações. A partir deste material foi realizada a reintrodução nas margens do lago de Machadinho (Figura

10), e a coleção do Centro de Ciências Biológicas da UFSC (CCB-UFSC).



Figura 9. Coleção de *Dyckia distachya* Hassler no Viveiro da Bourscheid em Machadinho.



Figura 10. Reintrodução de *Dyckia distachya* Hassler nas margens do lago da Usina Hidrelétrica de Machadinho.

### C. Caracterização Genética das coleções

Para a caracterização genética foram avaliadas as coleções do Horto Florestal da UHE de Itá, do Centro de Ciências Agrárias da UFSC, e a Coleção Particular de Marcelino Ramos, geradas a partir das populações do Estreito Augusto Cesar, e a coleção do Horto da Bourscheid, gerada a partir das três populações de Machadinho. Os números amostrais foram respectivamente 15, 27, 61 e 50, de acordo com o número original de indivíduos ou touceiras coletadas do rio em cada coleção.

Os marcadores utilizados foram aloenzimas, conforme as metodologias estabelecidas por Kephart [7] e Alfenas [8] e as rotinas do laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento Genético Vegetal, no CCA-UFSC. A técnica utilizada foi de eletroforese horizontal em gel de amido de milho (Penetrose 30) na proporção 13%, e solução tampão gel/eletrodo Tris-Citrato (TC) pH 7,5. Para a extração das enzimas foram utilizados tecidos da epiderme abaxial do ápice foliar, macerados com areia estéril, PVPP e três gotas da solução número 01 de Alfenas [8]. Foram revelados 10 sistemas isoenzimáticos: Esterase Fluorescente (EC 3.1.1.1; loco FES-1), Glutamato Oxaloacetato Transaminase (EC 2.6.1.1; loco GOT-1), Glutamato Desidrogenase (EC 1.4.1.3; loco GTDH-1), Isocitrato Desidrogenase (EC 1.1.1.42; loco IDH-1), Malato Desidrogenase (EC 1.1.1.37; loco MDH-2), Fosfogluose Isomerase (EC 5.3.1.9; loco PGI-1), Fosfoglucomutase (EC 5.4.2.2; loco PGM-1); Peroxidase (E.C. 1.11.1.7; loco PRX-1); Xiquimato Desidrogenase (E.C. 1.1.1.25; loco SKDH-1); Superóxido Dismutase (EC 1.15.1.1; loco SOD-1).

Para cada coleção foram estimados no programa Fstat [9] os seguintes índices de diversidade genética: percentagem de locos polimórficos ( $P_{99\%}$ ), número médio de alelos por

loco ( $A$ ), número médio de alelos efetivos por loco ( $A_E$ ), heterozigosidade observada ( $H_O$ ), heterozigosidade esperada segundo o equilíbrio de Hardy-Weinberg ( $H_E$ ) a partir da estimativa não viesada de Nei [10] e índice de fixação ( $f$ ).

O tamanho efetivo populacional ( $N_E$ ) foi estimado a partir de da fórmula estabelecida por Li [11]:

$$\hat{N}_E = \frac{n}{1 + f},$$

em que  $n$  corresponde ao número da amostra e  $f$  ao coeficiente de fixação.

O número de genótipos exclusivos ( $N_G$ ) foi estimado por contagem direta dos diferentes genótipos.

As estimativas dos números efetivos de 50, 100 e 1000 foram feitas a partir da seguinte fórmula:

$$\hat{N}_{(x)} = \frac{x \cdot n}{\hat{N}_E}.$$

A caracterização de estrutura genética foi realizada no programa Fstat [9], em que foram calculados os índices de fixação de Weir e Cockerham [12]: índice de fixação médio dentro da coleção ( $f$ ), índice de fixação para o conjunto das coleções ( $F$ ), divergência genética entre todas as coleções ( $\theta$ ). A significância dos valores obtidos foi testada a partir do intervalo de confiança a 95% de probabilidade, gerado por *bootstrap*, com 10.000 reamostragens sobre locos.

Para a estimativa das distâncias genéticas entre as coleções e entre os locais de origem, foram calculados os valores de divergência genética entre os pares de amostras ( $\theta_p$ ), e gerado um dendograma no programa PRIMER versão 5 [13], utilizando-se o método de agrupamento pelos valores médios entre os grupos (UPGMA). A partir dos valores de  $\theta_p$ , foi calculado o fluxo gênico entre as amostras através da fórmula de Crow e Aoki [14]:

$$\hat{N}_m = \frac{1}{4} \left[ \frac{1}{\theta_p} - 1 \right].$$

### D. Caracterização do Sistema Reprodutivo

Para a caracterização do sistema reprodutivo de *Dyckia distachya* foram realizados experimentos de cruzamentos controlados em indivíduos provenientes de Itá, no Horto Floresta da UHE de Itá. Foram realizados os seguintes tratamentos: *polinização livre* (controle) (n=42); *teste de autopolinização manual* – emasculação das flores, fertilização manual com o pólen das mesmas e ensacamento (n=30); *teste de apomixia* (agamospermia) – emasculação das flores e ensacamento (n=31); *teste de polinização cruzada* (xenogamia) – emasculação das flores, fertilização manual com pólen de indivíduos de outro gêneta e ensacamento (n=31); e *teste de autopolinização espontânea* – ensacamento de 10 inflorescências em botão (405 flores).

Para todos os testes foram medidas: (a) *formação de frutos* – frutos formados/total; e (b) *viabilidade das sementes* – as sementes de cada tratamento foram misturadas e retirados quatro lotes de 100 sementes em caixas *gerbox* em estufa a 30°C, e a germinação verificada após 15 dias. Nesses tratamentos em que a produção de sementes foi inferior a 400 sementes, foi testada a viabilidade de todas as sementes produzidas.

### E. Avaliação da Efetividade da Polinização

A efetividade da polinização foi avaliada: no Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá e na Reintrodução no Passo Uv, nos anos de 2006 e 2007; no Parque Fritz Plaumann, no Centro de Ciências Agrárias da UFSC, no Horto da Bourscheid em Machadinho, na Reintrodução no lago de Machadinho e no Centro de Ciências Biológicas da UFSC, no ano de 2007.

Para todos os locais de estudo foram estimados: *percentual de formação de frutos* – foi calculada a percentagem de frutos formados em relação ao total de flores por inflorescência, com número amostral variando de sete a 30 inflorescências por local, de acordo com a disponibilidade; e *percentual de germinação das sementes* – as sementes de cada local foram coletadas e misturadas e retirados quatro lotes de 100 sementes para a germinação em caixas *gerbox* em estufa a 30°C e luz natural, e a germinação verificada após 15 dias.

### C. Resultados

**Diversidade Genética** - Dentre os 10 locos analisados 7 foram polimórficos para a espécie (Tabela II), sendo 7 locos polimórficos em It e 3 em Machadinho. Em It foi encontrado um total de 20 alelos (5 exclusivos), e em Machadinho 13.

Os maiores índices de diversidade (*He*) foram observados para a coleção pessoal em Marcelino Ramos e para a coleção do Centro de Ciências Agrárias da UFSC (Tabela III). O maior ndice de fixação (*f*) foi encontrado para o Horto Florestal da UHE de It. A maior proporção de genótipos únicos foi observada na coleção particular em Marcelino Ramos.

A maior divergência genética foi observada entre a coleção do Horto da Bourscheid, com plantas provenientes da região de Machadinho, e as demais, e entre a coleção pessoal em Marcelino Ramos e as demais coleções provenientes do Estrito Augusto Cesar (Tabela IV e Figura 11).

**Sistema Reprodutivo** - A formação de frutos foi superior para a polinização livre e polinização cruzada, intermediária para auto-polinização espontânea, e baixa para apomixia e autopolinização manual. A viabilidade das sementes foi maior para a polinização livre e polinização cruzada e nula para apomixia e auto-polinização, e muito baixa para auto-polinização espontânea (Tabela V). Os resultados indicam que a espécie  auto-incompatível, e não produz frutos por apomixia. Deste modo, é fundamental a presença de mais de um indivíduo geneticamente distinto (*genets*) e de vetores de pólen (polinizadores) para que ocorra a produção de frutos e de sementes viáveis.

**Efetividade da Polinização** - A produtividade de frutos nos diferentes locais de conservação da espécie foi alta, com exceção da Reintrodução no Passo Uv em 2007 e do Centro de Ciências Biológicas da UFSC. Observa-se que a maior percentagem de formação de fruto ocorreu na coleção do Horto Florestal da Usina hidrelétrica de It (Tabela VI).

Tabela II. Freqncias alélicas obtidas em 10 locos alozimicos, nas coleções de *Dyckia distachya* Hassler com material proveniente de It e Machadinho.

Loco	Alelos	Coleções**			
		HF	MR	CCA	HB
FES	N	15	15	56	44
	1	0	0,1	0,054	0
	2	0,967	0,8	0,875	0
	3	0,033	0,1	0,063	0
	4	0	0	0,009*	0,864
GOT	N	12	26	54	50
	1	0,917	0,962	0,917	1
	2	0,083	0,038	0,083	0
GTDH	N	9	26	61	50
	1	0	0,192	0,016	0
	2	0,889	0,673	0,861	1
IDH	N	15	26	61	50
	1	1	1	1	1
	2	0,9	0,481	0,828	1
MDH	N	15	26	61	50
	1	0,1	0,519	0,172	0
PGI	N	9	26	56	48
	1	0,389	1	0,661	0,479
PGM	N	15	26	61	50
	2	1	1	1	1
PRX	N	15	26	55	44
	1	0,767	0,865	0,918	0,352
SKDH	N	15	26	54	50
	1	0,933	0,692	0,907	1
SOD	N	15	27	61	50
	1	1	1	1	1

\*alelos raros – freqncia <1%

\*\* HB- Horto da Bourscheid em Machadinho, HF – Horto Florestal da Usina hidrelétrica de It, MR – coleção pessoal em Marcelino Ramos, CCA – Centro de Ciências Agrárias da UFSC.

Tabela III. Diversidade genética das coleções de *Dyckia distachya* Hassler com material proveniente das populações da região de It e Machadinho.

ndices*	Coleções**				
	HF	MR	CCA	It	HB
n	15	27	61	103	50
$P_{99\%}$	70	60	70	70	30
$A$	1,7	1,8	2	2	1,3
$A_E$	1,55	1,67	1,61	1,95	1,28
$H_O$	0,167	0,212	0,169	0,148	0,121
$H_E$	0,098	0,182	0,146	0,192	0,099
$f$	0,412*	0,138	0,139*	0,227*	0,177*
$N_E$	10,6	27	53,6	83,9	42,5
$N_E/n$	0,71	1	0,88	0,81	0,85
$N_G$	10	19	37	60	21
$N_G/n$	66,7	70,4	60,7	58,3	42
$N_{(50)}$	70,8	50	56,9	61,4	58,8
$N_{(100)}$	141,5	100	113,8	122,8	117,6
$N_{(1000)}$	1415	1000	1138	1228	1176

\* Parâmetros obtidos a partir de 10 locos alozimicos: n - n amostral,  $P_{99\%}$  - percentagem de locos polimórficos,  $A$  - número médio de alelos por loco,  $A_E$  - n médio de alelos efetivos,  $H_O$  - heterozigosidade observada,  $H_E$  - heterozigosidade esperada em equilíbrio de Hardy-Weinberg,  $f$  - ndice de fixação,  $N_E$  - n efetivo,  $N_G$  - n de genótipos.

\*\* HB- Horto da Bourscheid em Machadinho, HF – Horto Florestal da Usina hidrelétrica de It, MR – coleção pessoal em Marcelino Ramos, CCA – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

Tabela IV. Estimativas de divergência genética ( $\theta_p$ ) e fluxo gênico ( $N_M$ ) entre as coleções de *Dyckia distachya* Hassler, provenientes de Machadinho (HB) e de Itá (HF, MR, CCA).

Coleções*	$N_M$			
	HB	HF	MR	CCA
HB	---	0,312	0,224	0,315
$\theta_p$ HF	0,445	---	0,763	7,372
MR	0,527	0,247	---	1,537
CCA	0,442	0,033	0,14	---

\* Coleções: HB- Horto da Bourscheid em Machadinho, HF – Horto Florestal da Usina hidrelétrica de Itá, MR – coleção pessoal em Marcelino Ramos, CCA- Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

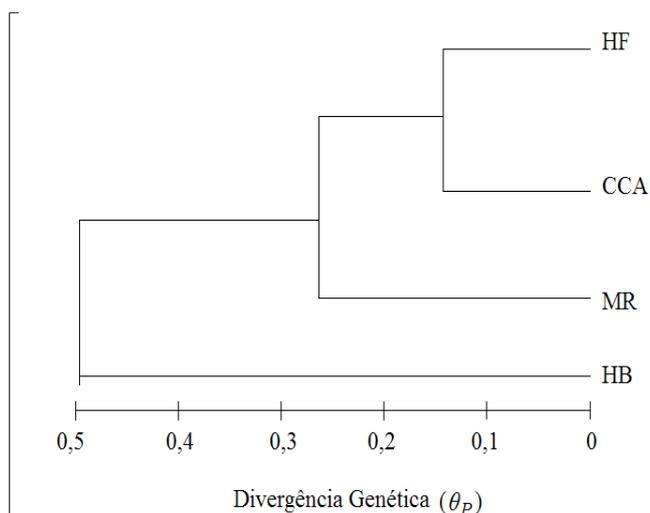


Figura 11. Cladograma de divergência genética ( $\theta_p$ ) entre as coleções de *Dyckia distachya* Hassler, provenientes de Machadinho (HB) e de Itá (HF, MR, CCA)\*.

\* Coleções: HB- Horto da Bourscheid em Machadinho, HF – Horto Florestal da Usina hidrelétrica de Itá, MR – coleção pessoal em Marcelino Ramos, CCA- Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

Tabela V. Resultados do experimento de sistema reprodutivo em *Dyckia distachya* Hassler em indivíduos de diferentes regiões de origem (Itá, Machadinho e Barra Grande – BG).

Tratamento	Formação de frutos*		Germinação de sementes**	
		%		%
Polinização livre (Controle)	28 / 42	66,7	171 / 400	42,7
Polinização cruzada	17 / 30	56,7	147 / 400	36,7
Apomixia	1 / 31	3,2	0 / 83	0
Autopolinização manual	1 / 31	3,2	0 / 74	0
Autopolinização Espontânea	84 / 405	20,7	5 / 400	0,01

\* Frutos formados sobre o total de flores manipuladas

\*\* Sementes germinadas sobre o total

Tabela VI. Resultados do experimento de sistema reprodutivo em *Dyckia distachya* Hassler em indivíduos de diferentes regiões de origem (Itá, Machadinho e Barra Grande – BG).

Coleção	Formação de Frutos		Germinação de Sementes
	n	%	%
HF- 2006	14	90 ± 9,5	65,3 ± 11,8
HF- 2007	30	76,5 ± 14,7	79,3 ± 2,3
RU- 2006	16	45,4 ± 23,3	---
RU- 2007	28	6,2 ± 15,6	82,5 ± 7,1
PFP- 2007	30	73,2 ± 13,5	84,3 ± 5,1
CCA- 2007	8	56 ± 24,6	60,5 ± 3,2
HB- 2007	20	79,7 ± 11,7	82,5 ± 5,3
RM- 2007	7	56,3 ± 14,1	86,0 ± 6,2
CCB- 2007	14	7,7 ± 9,5	92,8 ± 1,3

\* Coleções: HF – Horto Florestal da Usina hidrelétrica de Itá, RU - Reintrodução no Passo Uvã, PFP - Parque Fritz Plaumann, CCA - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, HB - Horto da Bourscheid em Machadinho, RM - Reintrodução no lago de Machadinho, CCB - Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

### III. CONCLUSÕES

A partir dos dados gerados, observou-se que a coleção do Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá apresentou uma altíssima endogamia (Tabela III), ou seja, as plantas conservadas neste local apresentam um alto grau de parentesco, devido à sistemática de resgate empregada, em que coletou-se do rio um número limitado de rosetas. Neste caso, é fundamental que este material seja enriquecido com plantas provenientes das coleções do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina (CCA-UFSC) e da coleção particular em Marcelino Ramos. O mesmo procedimento deve ser tomado em relação às coleções geradas a partir do Horto, como no caso do Parque Fritz Plaumann.

A baixa produtividade de frutos na Reintrodução do Passo Uvã, provavelmente indica que existe um pequeno número de diferentes genótipos (*genets*) no local, de modo que a probabilidade de reprodução cruzada é pequena. Além disso, fatores ambientais podem ter influência, como o estado fisiológico das plantas, uma vez que estas não se encontram em condições de reofitismo, o local é mais sombreado do que as condições naturais originais para a espécie e algumas touceiras estão sendo cobertas por brachiaria. De qualquer forma este local igualmente deveria ser enriquecido com material proveniente das outras coleções.

Pequenos números populacionais vêm sendo relacionados a maiores chances de extinção de espécies na natureza [15]. Neste sentido, vem sendo recomendada a manutenção de um número efetivo de 1000 para a conservação a longo prazo (100 gerações) de espécies arbóreas e números efetivos de 50 e 100 para curto e médio prazos [16].

Portanto, para a conservação da população proveniente do estreito Augusto Cesar, recomenda-se a formação de uma coleção referência, com material proveniente do Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá, da coleção particular em Marcelino Ramos e do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina (CCA-UFSC), com 1228 exemplares de *D. distachya* não clonais (ver Tabela

III). Esta coleção poderia ser mantida com replicatas nas Unidades de Conservação criadas como medida compensatória pela operação da Usina Hidrelétrica de Itá, no caso Parque Fritz Plaumann e Parque Municipal Teixeira Soares, bem como no Horto florestal da Usina Hidrelétrica de Itá e na Universidade Federal de Santa Catarina.

As plantas a serem reintroduzidas devem ser prioritariamente produzidas por sementes geradas nas coleções referência sugeridas anteriormente. Assim, as sementes serão geradas a partir de cruzamentos entre não aparentados e tendem a apresentar maior heterozigozidade, ou seja, maior diversidade genética a nível de indivíduo.

Para a conservação das populações provenientes da região de Machadinho, recomenda-se a conservação de 1176 indivíduos não clonais (ver Tabela III). Devido à grande divergência genética observada entre esta coleção e as coleções com material proveniente do Estreito Augusto Cesar, não se recomenda a mistura de coleções. Caso seja feito enriquecimento, este deverá ser realizado com material proveniente de Barra Grande, que em outros estudos revelou-se mais similar tanto geneticamente quanto morfológicamente com as populações da região de Machadinho [17].

A mistura de materiais com alta divergência genética e com diferenciação morfológica poderia causar depressão endogâmica, ou seja, gerar indivíduos com menor capacidade adaptativa.

Para as futuras reintroduções é importante considerar as características de especificidade de habitat da espécie. Devem ser priorizados locais sob influência de corredeiras, com substrato rochoso e com alta incidência solar.

As experiências obtidas até o momento indicam que a espécie apresenta alta capacidade de sobrevivência e alta capacidade reprodutiva em viveiros, porém na natureza, não tem mostrado capacidade de competir com outras plantas, sendo rapidamente sombreada e suprimida. Os indivíduos sombreados tendem a emitir menos afilhos não formando touceiras como observadas nos seus ambientes naturais. Neste caso, tanto o substrato rochoso como a influência das corredeiras favorecem *D. distachya* em relação a outras espécies que crescem em beira de rio.

As corredeiras também parecem desempenhar um papel fundamental no sucesso reprodutivo da espécie por via sexual. No caso do Passo Uvã, uma reintrodução com mais de dez anos, não foi observado o recrutamento de novos indivíduos via semente. Neste caso, a influência das águas mostra-se fundamental para a dispersão de sementes, e para o fornecimento de umidade nos estágios iniciais de desenvolvimento das plântulas.

Teme-se que a maior dificuldade de reintrodução da espécie esteja na falta de ambientes com corredeiras, uma vez que estes vêm sendo sistematicamente utilizados para a construção de Usinas Hidrelétricas.

Finalizando, outro fator de extrema relevância para o sucesso das reintroduções é a associação com projetos de educação ambiental. A conscientização dos moradores locais teve um papel fundamental para *D. distachya*, no caso do morador que coletou indivíduos do rio e acabou gerando a coleção mais rica da população do Estreito do Rio Uruguai.

Do mesmo modo, espera-se que com o apoio da comunidade, as reintroduções sejam protegidas e se tornem patrimônio público e cultural de cidades que possuem uma história estreitamente vinculada as Usinas Hidrelétricas do Rio Uruguai.

#### IV. AGRADECIMENTOS

Agradecemos as pessoas que auxiliaram nas atividades de campo e laboratório: Tiago Montagna, Juliano Zago, Pricila Ambrósio, Caroline Voltolini, Taciane Finato, Luciane Pereira, Kurt Bourscheid, Cassio Daltrini Neto, Rodrigo Bicudo Meregge, Marina Ferreira Campos Pinto e Philiply Alexandre Weber.

A Eliziane Scariot, pelo auxílio na confecção do mapa, a Vera Edler pelos auxílios em questões administrativas.

Aos funcionários da Tractebel Energia Suez e Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente, pelo auxílio a campo e pelas informações relevantes, especialmente a Jusselei Perim e Francisco Miranda e Claudir Lutkemeier.

Aos professores Alexandre Magno Sebbenn, Adelar Mantovanni e Nivaldo Peroni, pelas contribuições em questões de genética e biologia reprodutiva.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. G. C. J. van Steenis. Rheophytes of the world: na account of the flood-resistand flowering plants and ferns and the teory of autonom evolution. Sijthoff and Noordhoff, Maryland, 1981, p. 407.
- [2] M. B. Wiesbauer, E. C. Scariot, L. L. Sasaki e A. Reis. "Influência da luz e inundação na germinação de *Dyckia distachya* Hassler, uma bromélia em vias de extinção". Nota Científica. *Revista Brasileira de Biociências*, vol. 5, supl. 1, pp. 717-719. 2007.
- [3] F. Miranda, Funcionário do Horto Florestal da Usina Hidrelétrica de Itá, comunicação pessoal. 2007.
- [4] J. Perim. Funcionário da Tractebel Energia Suez, comunicação pessoal. 2007.
- [5] M. F. Pompelli e M. P. Guerra. "Ex situ conservation of *Dyckia distachya*: an endangered bromeliad from South Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, vol.4, pp. 273-279. 2004.
- [6] C. Lutkemeier. Funcionário da Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente, comunicação pessoal. 2008.
- [7] S. R. Kephart. "Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analyses of techniques". *American Journal of Botany*. 77(5), pp. 693-712. 1990
- [8] A. C. Alfenas, (ed.). *Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos*. Viçosa: UFV, 1998, p. 574.
- [9] J. Goudet. "Fstat version 1.2: a computer program to calculate F-statistics". *Journal of Heredity*, 86(6), pp. 485-486. 1995.
- [10] M. Nei. "Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals". *Genetics*, vol. 83, pp. 583-590. 1978
- [11] C. C. Li. *Population genetics*. Chicago: University of Chicago Press. 1955.
- [12] B. S. Weir and C. C. Cockerham. "Estimating F-Statistics for the Analysis of Population Structure". *Evolution*, 38 (6), pp. 1358-1370. 1984.
- [13] K. R. Clarke and R. M. Warwick. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd Ed. Plymouth: PRIMER-E. 2001.
- [14] J. F. Crow and K. Aoki. "Group selection for a polygenic behavioral trait: Estimating the degree of population subdivision". *Proc. Nat. Acad. Sci.*, vol. 81, pp. 6073-6077, 1984.
- [15] N. C. Ellstrand and D. R. Elam. "Population genetic consequences of small population size: implications for plant con-

ervation". *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol 24, pp. 217-242, 2005.

- [16] A. M. Sebbenn. "Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas". *Revista do Instituto Florestal*, 14(2), pp. 115-132, 2002.
- [17] M. B. Wiesbauer. "Biologia Reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsidio para a conservação e reintrodução de populações extintas na natureza", Dissertação de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina, p. 95, 2008.