

Diversidade genética em populações antropizadas do fumo brabo (*Solanum mauritianum*) em Santa Catarina, BrasilGenetic diversity in anthropogenized populations of fumo brabo (*Solanum mauritianum*) in Santa Catarina, BrazilAdemir Roberto Ruschel<sup>1</sup>, José Pedro<sup>2</sup> e Rubens Onofre Nodari<sup>3</sup>**Resumo**

*Solanum mauritianum* popularmente conhecida por fumo brabo é uma pequena árvore nativa dispersa em toda a América do Sul, principalmente em clareiras, bordas da floresta e beiras de estradas. Este estudo teve por objetivo caracterizar a estrutura e diversidade genética de quatro populações naturais de *S. mauritianum* no Estado de Santa Catarina com o uso de marcadores alozímicos. Os principais resultados gerados por 18 locos alozímicos foram: 72,2% locos polimórficos; média de 2,72 alelos por loco e heterozigosidade observada média de 0,265. Obteve-se ainda, um alto índice de fixação ( $F_{IS} = 0,068$ ), significativamente diferente de zero, indicando que as populações se encontraram fora do equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW). O índice de fixação para o conjunto das populações ( $F_{IT} = 0,118$ ), também detectou desvio do EHW para as populações. Da mesma forma, a divergência genética entre as populações ( $F_{ST} = 0,112$ ) indicou que 88,8% da diversidade genética se encontra distribuída dentro das populações, visto que o índice de fixação ( $F_{IS}$ ) por população detectou que as populações estão EHW. A estabilidade genética apresentada pela espécie, aliada à baixa endogamia e à baixa divergência genética entre as populações, indica que as populações de fumo brabo apresentaram-se em bom estado de conservação. Adicionalmente, a presença de alelos exclusivos nas populações, sugere que todas as populações deveriam ser consideradas como importantes para a conservação da espécie. Devido as suas propriedades farmacológicas, o fumo brabo se constitui como mais um recurso florestal nativo alternativo que pode incrementar a renda das propriedades agrícolas. Se manejado de forma sustentável, contribuirá de forma decisiva para a conservação e valoração dos recursos florestais autóctones.

**Palavras-chave:** Isoenzimas, Espécie pioneira, Floresta Estacional Decidual, Solanaceae, Solasodina

**Abstract**

*Solanum mauritianum*, popularly called fumo brabo, is a small native tree naturally occurring across South America, mainly in forest gaps and borders, and edges of highways. This study aimed to characterize the genetic structure and diversity of four natural populations of *S. mauritianum* species in the State of Santa Catarina, with the use of genetic allozyme markers. The main results, which encompassed 18 alleles were: 72.2% as the mean of polymorphic loci; 2.72 as the mean of allele per locus, and average observed heterozygosity of 0.265. The fixation index was high ( $F_{IS} = 0,068$ ), differ significantly from zero, indicating that the sampled populations were not in balance of Hardy-Weinberg (EHW). The fixation index for all populations together ( $F_{IT} = 0.118$ ) was significantly different from zero, suggesting no EHW. In the same way, the genetic divergence among populations ( $F_{ST} = 0.112$ ) showing that 88.8% of genetic diversity is distributed within populations. Thus, the fixation index ( $F_{IS}$ ) per population found that populations are EHW. The genetic stability, allied with the low inbreeding index and the low genetic divergence among populations, indicated the good genetic conservation status of *S. mauritianum* populations. Additionally, the presences of exclusive allele per population suggest that all populations must be included in the species conservation strategies. Furthermore, considering its pharmacological properties, *S. mauritianum* should be considered as one of native forest resources that can constitute as an alternative resource of income of the family farming. If managed in a sustainable way, it will contribute, in crucial way for the conservation and valuation of the autochthonous forest resources.

**Keywords:** Allozyme, Pioneer species, Seasonal Deciduous Forest, Solanaceae, Solasodine

<sup>1</sup>Pesquisador Doutor na Embrapa Amazônia Oriental - Travessa Dr. Enéas Pinheiro, s/n - Caixa Postal 48 - Belém, PA - 66095-100 - E mail: [ruschel@cpatu.embrapa.com.br](mailto:ruschel@cpatu.embrapa.com.br)

<sup>2</sup>Mestre - Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos - CNRF - Prédio do CNIC - Av. Revolução de outubro - Caixa Postal 10825 - (BG) Luanda - Angola - E mail: [cnrf@ebonet.net](mailto:cnrf@ebonet.net)

<sup>3</sup>Professor Titular - Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais - Caixa Postal 476 - Florianópolis, SC - 88040-900 - E-mail: [nodari@cca.ufsc.br](mailto:nodari@cca.ufsc.br)

## INTRODUÇÃO

*Solanum mauritianum* Scop. é uma arvoreta que comumente atinge dois a quatro metros de altura (SMITH e DOWNS, 1966), podendo, no entanto, alcançar altura superior a 10 m e diâmetro superior a 20 cm (HALEY, 2006). É nativa no Sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e norte da Argentina, apresenta reprodução parcialmente autogâmica (RAMBUDA e JOHNSON, 2004). A espécie é tipicamente pioneira, comum às áreas antropizadas (beira de estradas, borda de florestas e roças abandonadas), excepcionalmente abundante na Floresta Estacional Decidual da Mata Atlântica. Nesta tipologia imprime à paisagem da floresta secundária um aspecto característico e próprio (IBGE, 1990). Produz frutos praticamente durante todo ano, os quais são avidamente consumidos principalmente por pássaros (WILDY, 2006) e, segundo Cheida (2005), é uma das principais espécies vegetal da dieta do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*). Deve-se destacar também a abundante entomofauna que interage com a espécie, pois Olckers *et al.* (2002) e Pedrosa-Macedo *et al.* (2003) constataram pelo menos 34 espécies de insetos em associação com a planta.

Vários atributos conferem a *S. mauritianum* um alto valor ecológico: polinização entomófila, sementes ortodoxas, banco de sementes no solo (SCHERER e JARENKOW, 2006), germinação estimulada pelo fogo, rápido crescimento (com menos de um ano pode tornar-se reprodutiva), longevidade de até 15 anos (HALEY, 2006) e ampla área de dispersão. Embora, fora do seu habitat natural, *S. mauritianum* é considerado daninha e representa um problema ambiental pela agressividade, rusticidade e elasticidade na ocupação em áreas abertas, é também considerada planta tóxica e hospedeira de pragas à horticultura (SAMWAYS *et al.*, 1996; OLCKERS e ZIMMERMANN, 1991; OLCKERS, 1999; OLCKERS, 2003; OLCKERS *et al.*, 2002; PEDROSA-MACEDO *et al.*, 2003; HALEY 2006; WILDY, 2006).

Nas duas últimas décadas, esta espécie e outras do gênero *Solanum* receberam especial atenção pela comunidade científica, em razão de que as solanáceas contêm alcalóides-esteroidais (solasodina) de grande interesse farmacêutico (VIEIRA, 1989; LEWIS, 1989; JÄGER *et al.*, 1996; LINDSEY *et al.*, 1999; VIEIRA e CARVALHO, 1993). Solasodina é uma substância análoga a diosgenina, droga correntemente usada

pela indústria farmacêutica para síntese de hormônios, em particular para anticoncepcionais. O alto potencial medicinal foi mostrado por Vieira (1989), que mediu a concentração de solasodina em frutos verdes de *S. mauritianum* e detectou uma concentração de 2,0% a 3,5% sobre o peso seco. Tradicionalmente as folhas novas são usadas para baixar a febre e inflamações e a espécie é consumida pelo gado, o que explica a sua não ocorrência em pastagens (SMITH e DOWNS, 1966).

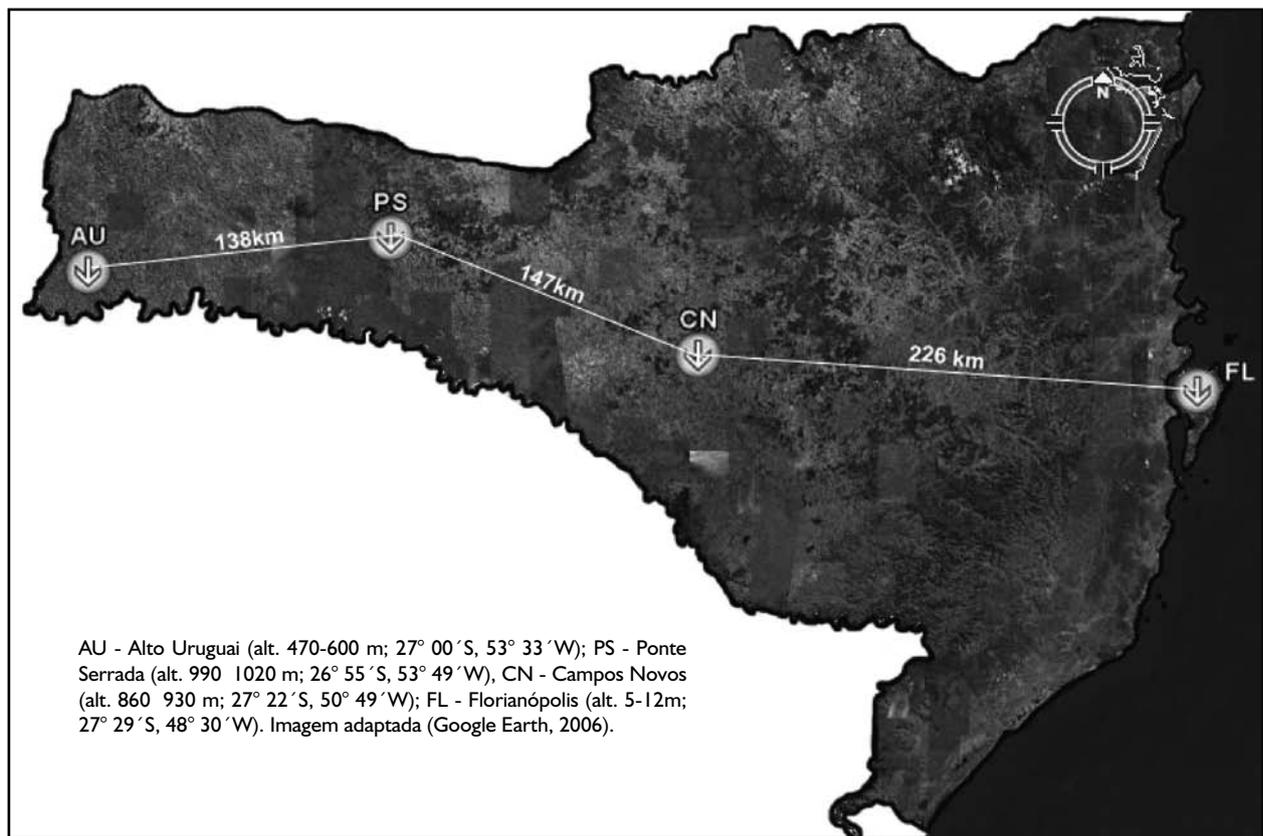
Consideradas as características ecológicas associadas à *S. mauritianum*, supõe-se que devido ao seu rápido dinamismo (polinizadores abundantes e reprodução parcialmente autogâmica, resiliência ambiental, abundante produção de sementes e dispersão zoocórica), a diversidade genética é maior dentro do que entre populações naturais da espécie. Por outro lado, a fonte de propágulos responsáveis à perpetuação da espécie é limitada a poucos indivíduos isolados que se encontram sob constante pressão de redução populacional em razão das atividades agropecuárias. Tais eventos podem influenciar a estrutura genética das populações remanescentes.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi investigar os níveis de diversidade genética e a sua distribuição entre e dentro de populações naturais de *S. mauritianum*, por meio do marcador genético isoenzimáticos. Os resultados obtidos poderão se constituir em subsídios para as estratégias de conservação e de uso sustentável da espécie tanto na produção de fitofármacos como para a recuperação de áreas degradadas ou inclusão em sistemas agroflorestais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Áreas e material vegetal estudado

Foram amostradas quatro populações naturais de *S. mauritianum*, localizadas no Estado de Santa Catarina: AU, na região do Alto Uruguai, tipologia Floresta Estacional Decidual; PS, Ponte Serrada e CN, Campos Novos, pertencentes à tipologia Floresta Ombrófila Mista e FL, Florianópolis, Ilha de Santa Catarina, tipologia Floresta Ombrófila Densa (Figura 1). Em cada população, a coleta das amostras foliares de cerca 30 indivíduos por população foi realizada de forma aleatória, abrangendo apenas os indivíduos adultos reprodutivos residentes nas áreas de estudo.



**Figura 1.** Altitude e localização das populações de *Solanum mauritianum* amostradas no Estado de Santa Catarina.  
**Figure 1.** Altitude and localization of the sampled *Solanum mauritianum* populations in the State of Santa Catarina.

### Eletroforese de isoenzimas

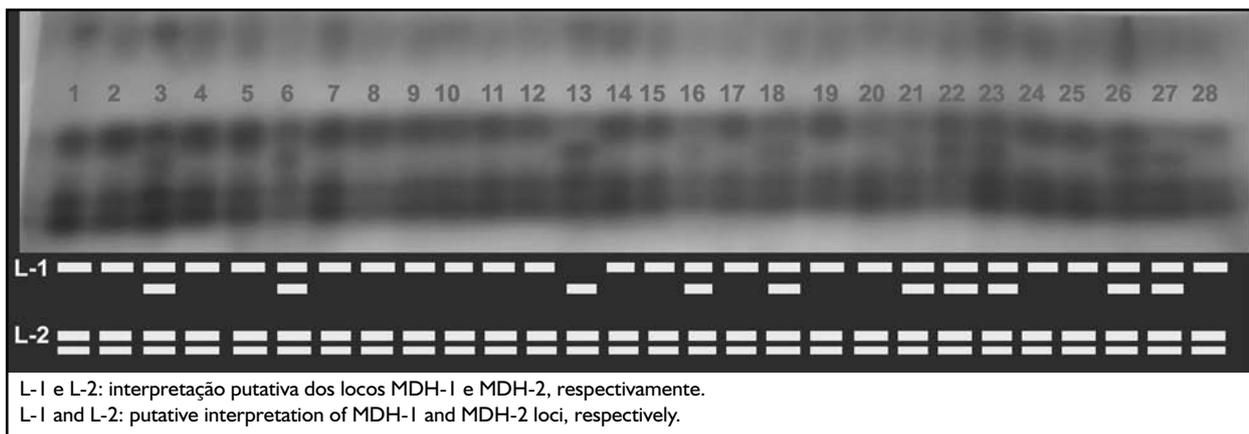
A solução de extração nº 1 de Alfenas (1998) foi utilizada para a extração e solubilização das enzimas. As enzimas foram separadas e resolvidas em gel de amido de milho a 13% (penetrose 30), associado ao Citrato de Morfolina (CM) como solução-tampão de corrida. Os 12 sistemas isoenzimáticos utilizados foram: GOT-Aspartate Aminotransferase-EC.2.6.1.1; DIA-Diaforase-EC 1.8.1.4; EST-Esterase-EC 3.1.1.1; F EST-Esterase Fluorescente-EC 3.1.1.1; PGM-Fosfoglucomutase-EC 5.4.2.2; PGI-Fosfogluco Isomerase-EC 5.3.1.9; IDH-Isocitrato Desidrogenase-EC 1.1.1.42; MDH-Malato Desidrogenase-EC 1.1.1.37; EM- Enzima Málica-EC 1.1.1.40; PRX-Peroxidase-EC 1.11.1.7; 6PGDH 6 Fosfogluconato Desidrogenase-EC 1.1.1.44; SKDH-Xiquimato Desidrogenase-EC 1.1.1.25, que revelaram 18 locos passíveis de interpretação.

Com base na interpretação dos zimogramas e com o auxílio do programa BIOSYS-2 (SWOFFORD e SELANDER, 1997), foram calculadas as frequências alélicas, os índices de diversidade populacional (porcentagem de locos polimórficos, número médio de alelos por loco, número efetivo de alelos por loco polimórfico e índice de fixação), as heterozigosidades observada e esperada (NEI, 1973), bem como as estatísticas F de Wright (1951). A aderência ao equilíbrio de Hardy Weinberg (EHW) por loco foi calculada

com base no teste  $\chi^2$  (LEVENE, 1949). O índice de fixação ( $F_{is}$ ) por população foi calculado com o programa FSTAT, versão 2.9.3.2 (GOUDET, 2008) e significâncias ao EHW ( $P < 0,05$ ) foram testadas usando o teste de Bonferroni (Rice, 1989), abordagem contemplada no FSTAT. Posteriormente, as distâncias genéticas entre as quatro populações foram estimadas de acordo com Nei (1972) e a análise de agrupamento destas distâncias foi realizada com base na média aritmética não ponderada das distâncias (método UPGMA; SNEATH e SOKAL, 1973, utilizando se o programa NTSYS-pc (ROHLF, 2000).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os produtos enzimáticos revelados nos géis apresentaram-se de acordo com o esperado para plantas, a exceção aos locos da enzima MDH. A enzima MDH comumente apresenta locos diméricos (KEPHART, 1990). O loco MDH-1 comportou-se como monomérico apresentando três alelos. Intrigantemente, no loco MDH-2 duas bandas foram reveladas em todos os indivíduos (Figura 2), devido a este fato, o loco foi eliminado desta análise. Estudos adicionais de bioquímica e de padrões de segregação deste loco, baseado em cruzamentos controlados podem elucidar este padrão incomum de bandas.



**Figura 2.** Zimograma alozímico de Malato Desidrogenase (MDH) de 28 plantas da população Florianópolis (FL) de *Solanum mauritianum*.

**Figure 2.** Allozyme Zymogram of Malate Dehydrogenase (MDH) of 28 plants of *Solanum mauritianum* from Florianópolis population (FL).

A análise das frequências alélicas (Tabela 1) revelou que os locos 6PGDH, IDH e SKDH 2 eram monomórficos nas quatro populações. O atributo de polimórfico e monomórfico aos locos PGM 1 e MDH 1, respectivamente, na população Ponte Serrada (PS) não ocorreu nas demais populações. Adicionalmente, a população de Florianópolis (FL) apresentou outros quatro locos monomórficos (PGM 2, PGI 1, PGI 2 e PRX 3), os quais foram polimórficos nas demais três populações, sugerindo maior diferenciação genética da população FL, comparativamente às demais populações estudadas. Tais resultados indicam a fixação de alelos, ou por outro lado, a existência de alelos raros, já que certos alelos foram detectados em uma única população: locos PRX-1 (dois alelos) e DIA 1 (três alelos) na população FL; loco PRX 2 (um alelo) na população AU; loco PGM 1 (um alelo) na população PS e locos PGI 2 (um alelo) e MDH 1 (um alelo) na população CN.

Dada à amplitude da dispersão de *S. mauritianum*, as informações coletadas foram capazes de identificar diferenciação genética entre populações (Tabela 1 e Figura 2). Tal diferenciação pode estar associada às diferenças entre as tipologias florestais e, da mesma maneira, ao isolamento geográfico via gradiente altitudinal e espacial, que proporcionaram diferenças entre as populações estudadas. A população AU, pertencente à tipologia Floresta Estacional Decidual, ocorre em altitudes de 200 a 600 m, foi diferente das demais populações da Floresta Ombrófila Mista (PS e CN), que ocorrem em altitudes superiores de 600 m, e da população FL da Floresta Ombrófila Densa, que ocorre em altitude inferior a 300 m. Reis *et al.* (2000a) também observaram diferenciação genética ao comparar a distribuição de *Euterpe edulis* em diferentes

gradientes altitudinais. Tais resultados indicam que a distribuição geográfica e/ou as diferentes condições ambientais influenciam na diversidade genética das espécies. Da mesma forma, Hall *et al.* (1996) observaram que o isolamento espacial provocou um aumento nas taxas de autopolinização e diferenciação genética nas pequenas populações comparativamente às grandes populações de *Pithecellobium elegans*. Supõe-se que o mesmo pode estar ocorrendo nas populações de *S. mauritianum*.

Os locos estudados apresentaram de um a seis alelos, sendo que o número médio de alelos por loco variou de 1,94 a 2,28 nas populações FL e CN, respectivamente (Tabela 2). Porém, observaram-se valores bem menores (da ordem de 30%) para o número efetivo de alelos, indicando o grande número de alelos com baixa frequência (alelos raros). As taxas de alelos de baixa frequência podem estar indicando insuficiência amostral ou indícios da progressiva erosão genética para a espécie. Contudo, resultados contrastantes com os presentes, foram obtidos por Ribas e Kageyama (2004) com *Trema micrantha*, uma espécie tipicamente pioneira e de clareiras, que geralmente ocorre associada a *S. mauritianum*, pois os autores detectaram alta heterozigosidade e diversidade genética às populações fragmentadas.

As estimativas da aderência dos locos enzimáticos ao EHW (equilíbrio de Hardy Weinberg, teste  $\chi^2$ ;  $P < 0,05$  - Tabela 1) detectaram na população do AU o maior número de locos em equilíbrio (83%), seguindo das populações PS (78%), FL (72%) e CN (61%). Os índices de diversidade genética intrapopulacional (Tabela 2) indicaram que a percentagem de locos polimórficos foi similar para três das quatro populações de *S. mauritianum*, sendo que a população de FL revelou valores praticamente 20% inferiores ao

observado nas demais populações em termos de similaridade genética. Tomando-se os alelos com frequência superior a 5%, a população AU não se diferenciou das populações de PS e CN, no quesito percentagem de locos polimórficos.

Entretanto, quando o critério de polimorfismo tem como base a presença de alelos, independentemente da frequência, a população AU se torna mais polimórfica (77,8%) que as demais (72,2% em CN e PS; e 55,6 em FL) (Tabela 2).

**Tabela 1.** Frequência alélica e número de plantas amostradas por loco alozímico em quatro populações naturais de *Solanum mauritianum* em Santa Catarina.

**Table 1.** Allele frequency and number of sampled plants per allozym locus in four natural populations of *Solanum mauritianum* in Santa Catarina.

Enzima/Pop.	AU	PS	CN	FL	Enzima/Pop.	AU	PS	CN	FL
<b>Est-1 (N)</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>Est-2 (N)</b>	<b>39</b>	<b>23*</b>	<b>29**</b>	<b>28**</b>
a	0,250	0,259	0,129	0,482	a	0,551	0,239	0,397	0,946
b	0,725	0,704	0,823	0,50	b	0,423	0,261	0,310	0,054
c	0,025	0,037	0,048	0,018	c	0,026	0,500	0,293	0,000
<b>Est-Flu (N)</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>32**</b>	<b>38</b>	<b>ME (N)</b>	<b>41**</b>	<b>28**</b>	<b>32**</b>	<b>38**</b>
a	0,167	0,136	0,188	0,171	a	0,756	0,893	0,844	0,947
b	0,463	0,614	0,531	0,829	b	0,195	0,071	0,094	0,053
c	0,370	0,250	0,281	0,000	c	0,049	0,036	0,063	0,000
<b>6PGDH (N)</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>IDH (N)</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>38</b>
a	1,000	1,000	1,000	1,000	a	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>GOT (N)</b>	<b>33</b>	<b>25**</b>	<b>32**</b>	<b>38**</b>	<b>PGM-1 (N)</b>	<b>38</b>	<b>27**</b>	<b>31</b>	<b>38</b>
a	0,258	0,440	0,438	0,487	a	1,000	0,944	1,000	1,000
b	0,742	0,560	0,563	0,513	b	0,000	0,056	0,000	0,000
<b>PGI-1 (N)</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>PGM-2 (N)</b>	<b>38</b>	<b>26</b>	<b>32</b>	<b>38</b>
a	0,938	0,946	0,953	1,000	a	0,197	0,115	0,094	0,000
b	0,063	0,054	0,047	0,000	b	0,803	0,885	0,906	1,000
<b>PGI-2 (N)</b>	<b>38</b>	<b>27</b>	<b>31**</b>	<b>38</b>	<b>MDH-1 (N)</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>38</b>
a	0,158	0,019	0,065	0,000	a	0,000	0,000	0,016	0,000
b	0,842	0,981	0,903	1,000	b	0,902	1,000	0,922	0,829
c	0,000	0,000	0,032	0,000	c	0,098	0,000	0,063	0,171
<b>PRX-1 (N)</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>32**</b>	<b>38</b>	<b>PRX-3 (N)</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>30**</b>	<b>38</b>
a	0,556	0,522	0,406	0,855	a	0,435	0,708	0,417	1,000
b	0,444	0,457	0,547	0,000	b	0,565	0,250	0,566	0,000
c	0,000	0,022	0,047	0,079	c	0,000	0,042	0,017	0,000
d	0,000	0,000	0,000	0,013					
e	0,000	0,000	0,000	0,053					
<b>PRX-2 (N)</b>	<b>27**</b>	<b>23</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>DIA-1 (N)</b>	<b>40**</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>38**</b>
a	0,407	0,652	0,750	0,934	a	0,488	0,396	0,407	0,395
b	0,556	0,326	0,250	0,000	b	0,237	0,271	0,278	0,079
c	0,019	0,022	0,000	0,066	c	0,275	0,333	0,315	0,039
d	0,019	0,000	0,000	0,000	d	0,000	0,000	0,000	0,224
					f	0,000	0,000	0,000	0,197
					g	0,000	0,000	0,000	0,066
<b>SKDH-1 (N)</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>36**</b>	<b>SKDH-2 (N)</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>36</b>
a	0,743	0,815	0,808	0,556	a	1,000	1,000	1,000	1,000
b	0,257	0,185	0,192	0,444					

\* P < 0,05; \*\* P < 0,01 significância estatística pelo teste  $\chi^2$  de acordo com o equilíbrio de Hardy-Weinberg.

**Tabela 2.** Valores médios e desvio padrão (SD  $\pm$ ) para número de plantas (n), número de alelos aparente ( $A_p$ ) e efetivo ( $A_e$ ) por loco, percentagem de locos polimórficos (Pol), heterozigotidade observada ( $H_o$ ) e esperada ( $H_e$ ), e índice de fixação ( $F_{IS}$ ) observada em quatro populações naturais de *Solanum mauritianum* de Santa Catarina, com base em 18 locos alozímicos.

**Table 2.** Mean values and standard deviation (SD  $\pm$ ) of number of plants (n), apparent ( $A_p$ ) and effective ( $A_e$ ) number of allele per loci, percentage of polymorphic locus (Pol), observed ( $H_o$ ) and expected ( $H_e$ ) heterozygosity, and fixation index ( $F_{IS}$ ), observed in four natural populations of *Solanum mauritianum* in Santa Catarina, based over 18 allozyme loci.

Pop.	n	Alelos/loco		Locos Pol (%)*	Heterozigotidade		FIS
		$A_p$	$A_e$		$H_o$	$H_e$	
AU	35,7 ( $\pm 1,4$ )	2,17 ( $\pm 0,2$ )	1,62 ( $\pm 0,5$ )	77,8 (77,8)	0,302 ( $\pm 0,06$ )	0,323 ( $\pm 0,05$ )	-0,186ns
PS	25,7 ( $\pm 0,5$ )	2,22 ( $\pm 0,2$ )	1,58 ( $\pm 0,6$ )	72,2 (77,8)	0,310 ( $\pm 0,07$ )	0,290 ( $\pm 0,06$ )	-0,015 ns
CN	30,5 ( $\pm 0,6$ )	2,28 ( $\pm 0,2$ )	1,62 ( $\pm 0,6$ )	72,2 (77,8)	0,251 ( $\pm 0,06$ )	0,300 ( $\pm 0,06$ )	-0,120 ns
FL	36,7 ( $\pm 0,8$ )	1,94 ( $\pm 0,3$ )	1,41 ( $\pm 0,7$ )	55,6 (55,6)	0,219 ( $\pm 0,08$ )	0,192 ( $\pm 0,07$ )	-0,047 ns
Meta-Pop.	128,6 ( $\pm 2,0$ )	2,72 ( $\pm 0,3$ )	1,56 ( $\pm 0,6$ )	72,2 (83,3)	0,265 ( $\pm 0,06$ )	0,302 ( $\pm 0,06$ )	-

\* Inclui os locos polimórficos, nos quais a frequência do alelo mais comum não excedeu 95% e entre parêntese incluiu todos os locos polimórficos. (ns) valores não diferem do EHW (P < 0,05), significância estatística calculada pelo teste de Bonferroni no FSTAT.

A diversidade genética estimada pela heteroziguidade observada ( $H_o$ ) apresentou o maior valor na população PS (0,310) e a menor na população de FL (0,219). Já valores da heteroziguidade esperada ( $H_e$ ) foram menores do que os de  $H_o$ , com exceção nas populações AU e CN, que apresentou déficit de heterozigotos em relação ao EHW (Tabela 2). A maior diferença observada entre as populações estudadas foi no índice de fixação ( $F_{IS}$ ), que variou de -0,186 na população AU a 0,015, em PS, significando um leve excesso de heterozigotos em todas as populações. Apesar de alguns valores do índice de fixação serem altos, não foram estatisticamente diferentes de zero nas populações estudadas.

O índice de fixação total para o conjunto das populações estudadas ( $F_{IT}$ ) foi alto e significativamente diferente de zero (0,118;  $P > 0,05$ ), apenas um terço dos locos encontrava-se em EHW (Tabela 3). Tal diferença deve-se aos valores individuais por loco que variaram fortemente: -0,684 em GOT 1 e 1,0 no loco EM 1. Ainda, considerando se os valores do índice de fixação médio dentro das populações ( $F_{IS}$ ), a proporção de locos em EHW foi praticamente de dois terços. A média dos índices de fixação foi de 0,068 (estatisticamente diferente de zero), indicando um leve excesso de homozigotos dentro das populações. Os valores individuais por loco variaram de -0,743 em GOT 1 a 1,0 no loco EM 1.

Diferenças genéticas entre as populações da mesma região foram observadas, principalmente nos valores de diversidade genética, sendo que os valores do grau polimorfismo e o número de locos em EHW foram maiores na população AU (FED) em relação às demais. Esta constatação é corroborada pela maior abundância da espécie nesta região, comparativamente as demais tipologias. A grande amplitude das variações de alelos dentre os locos entre as populações aponta para a importância que tem cada população para a conservação da diversidade genética da espécie. Por outro lado, isso pode estar indicando também que há deficiência no fluxo gênico entre estas populações.

Individualmente, os valores ( $F_{ST}$ ) para um quinto dos locos não foram estatisticamente diferentes de zero (Tabela 3). A média de divergência genética entre as populações ( $F_{ST}$ ) foi de 11,2%, indicando que a maior parte da diversidade (88,8%) se encontra dentro das populações. Os valores individuais de divergência genética por loco variaram de 28,4% no loco PRX 3 a 1,7% em PGI 1.

**Tabela 3.** Estatísticas F de Wright em populações naturais de *Solanum mauritianum* de Santa Catarina, com base em 15 locos alozímicos. Índice de fixação para o conjunto das populações ( $F_{IT}$ ), média entre população ( $F_{IS}$ ) e divergência entre populações ( $F_{ST}$ ).

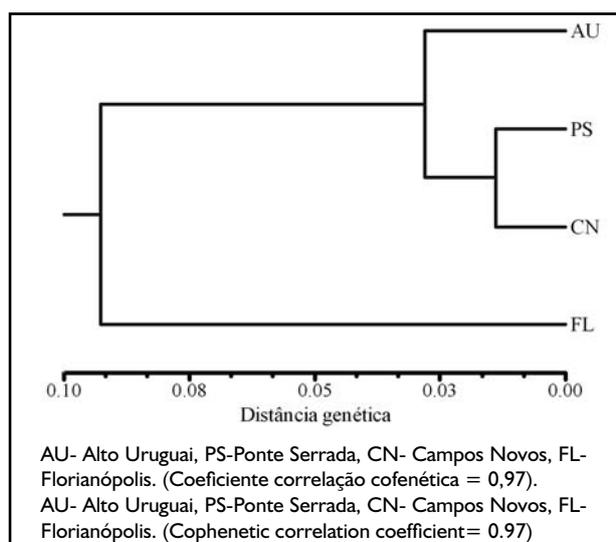
**Table 3.** F Statistics of Wright for natural populations of *Solanum mauritianum* in Santa Catarina, based on 15 allozyme loci. Fixation index for all populations together ( $F_{IT}$ ), within population ( $F_{IS}$ ) and genetic differentiation among populations ( $F_{ST}$ ).

Loco	$F_{IT}$	$F_{IS}$	$F_{ST}$
EST-1	0,174 $P < 0,002$ df 3: $\chi^2$ 15,3	0,118 ns df 3: $\chi^2$ 0,9	0,063 $P < 0,002$ df 12: $\chi^2$ 31,8
EST-2	0,505 $P < 0,000$ df 3: $\chi^2$ 121,4	0,381 $P < 0,035$ df 3: $\chi^2$ 8,6	0,200 $P < 0,000$ df 12: $\chi^2$ 95,2
FLU-1	0,109 ns df 3: $\chi^2$ 5,7	0,030 ns df 3: $\chi^2$ 0,1	0,081 $P < 0,000$ df 12: $\chi^2$ 38,6
GOT-1	-0,684 $P < 0,000$ df 1: $\chi^2$ 119,8	-0,743 $P < 0,000$ df 1: $\chi^2$ 17,4	0,034 ns df 6: $\chi^2$ 8,7
SKD-1	-0,157 $P < 0,013$ df 1: $\chi^2$ 6,0	-0,226 ns df 1: $\chi^2$ 1,6	0,056 $P < 0,028$ df 6: $\chi^2$ 14,1
MDH-1	-0,014 ns df 3: $\chi^2$ 0,1	-0,059 ns df 3: $\chi^2$ 0,2	0,042 $P < 0,025$ df 12: $\chi^2$ 23,4
PGI-1	-0,042 ns df 1: $\chi^2$ 0,5	-0,059 ns df 1: $\chi^2$ 0,1	0,017 $P < 0,584$ df 6: $\chi^2$ 4,7
PGI-2	0,156 $P < 0,005$ df 3: $\chi^2$ 13	0,098 ns df 3: $\chi^2$ 0,7	0,064 $P < 0,001$ df 12: $\chi^2$ 34,3
EM-1	1,000 $P < 0,000$ df 3: $\chi^2 > 1000$	1,000 $P < 0,000$ df 3: $\chi^2 > 1000$	0,037 ns df 12: $\chi^2$ 20,6
PGM-1	0,663 $P < 0,000$ df 1: $\chi^2$ 118	0,647 $P < 0,000$ df 1: $\chi^2$ 14,2	0,045 ns df 6: $\chi^2$ 12,1
PGM-2	0,218 $P < 0,000$ df 1: $\chi^2$ 12,8	0,1661 ns df 1: $\chi^2$ 0,9	0,062 $P < 0,011$ df 6: $\chi^2$ 16,6
DIA-1	0,038 ns df 15: $\chi^2$ 1,9	-0,023 ns df 15: $\chi^2$ 0,1	0,060 $P < 0,000$ df 30: $\chi^2$ 77,4
PRX-1	0,074 ns df 10: $\chi^2$ 5,3	-0,111 ns df 10: $\chi^2$ 1,5	0,166 $P < 0,000$ df 24: $\chi^2$ 159,4
PRX-2	-0,054 ns df 6: $\chi^2$ 2,1	-0,298 ns df 6: $\chi^2$ 7,9	0,188 $P < 0,000$ df 18: $\chi^2$ 135,4
PRX-3	0,514 $P < 0,000$ df 3: $\chi^2$ 121,5	0,322 ns df 3: $\chi^2$ 6,0	0,284 $P < 0,000$ df 12: $\chi^2$ 130,6
Média	0,118 $P < 0,000$ df 58: $\chi^2 > 1000$	0,068 $P < 0,000$ df 58: $\chi^2$ 100,2	0,112 $P < 0,000$ df 270: $\chi^2$ 802,7

O fato de que a estrutura genética da espécie exibiu distribuição não aleatória, conforme os valores de fixação endogâmica dentro da população ( $F_{IS}$ ) e entre as populações ( $F_{ST}$ ), sugere, portanto, que na colonização de áreas abandonadas ocorrem agrupamentos de indivíduos aparentados, o que indica estreitamento da base genética (estrutura-de-família), evento esse similar ao efeito fundador (FUTUYMA, 1997), em que poucos indivíduos contribuem para a colonização da área. Tudo indica que a erosão genética devido à diminuição e fragmentação populacional está ocorrendo em *S. mauritianum*. É relevante ressaltar que a espécie possui distri-

buição agrupada e alta densidade, características estas, que em outros estudos conferiram reduzidas distâncias genéticas entre populações (KAGEYAMA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2000a; MANTOVANI *et al.*, 2006; e RUSCHEL *et al.*, 2007).

A maior distância genética entre as populações estudadas foi observada em relação à FL. Nesta, foi detectado uma diferenciação de aproximadamente 8,5% com as demais populações (Figura 3). As populações PS e CN apresentaram a maior similaridade genética e este subgrupo apresentou diferenciação de aproximadamente 3,5% com a população do AU.



**Figura 3.** Dendrograma de distância genética (NEI, 1972), com base em 18 locos alozímicos, de quatro populações naturais de *Solanum mauritianum* de Santa Catarina, agrupadas pelo método UPGMA.

**Figure 3.** Dendrogram of genetic distance (NEI, 1972), based of 18 allozyme loci, of four natural populations of *Solanum mauritianum* in Santa Catarina, grouped by UPGMA method.

Os índices de diversidade genética revelados pelos marcadores alozímicos podem ser considerados altos para as quatro populações de *S. mauritianum* estudadas. Já grande parte da diferenciação entre as mesmas está associada à tipologia florestal onde residem. Desta forma, a estratégia de conservação de áreas das diversas tipologias florestais inclui automaticamente a conservação da maior parte da diversidade genética existente na espécie.

Os resultados em termos de diversidade genética encontrados nesta análise sugerem que existe a possibilidade de uso sustentável sem que ocorra a erosão genética, desde que índices técnicos de manejo sustentável sejam desenvolvidos, a exemplo do que foi feito ou está em desenvolvimento para outras espécies, como *Euterpe edulis* (REIS *et al.*, 2000b),

*Maytenus ilicifolia* (SCHEFFER, 2001), *Euterpe precatoria* (ROCHA e VIANA, 2004), *Rumohra adiantiformis* (RIBAS e MIGUEL, 2004), *Piper cernuum* (MARIOT *et al.*, 2002; MARIOT *et al.*, 2007) e *Sorocea bonplandii* (RUSCHEL *et al.*, 2006; RUSCHEL *et al.*, 2007).

Sugere-se que estudos adicionais sobre a auto-ecologia, e principalmente fitofarmacológicos sejam realizados, dado o potencial já observado, e da mesma forma, estudos adicionais sobre a toxicidade que a espécie pode proporcionar ao homem quando em contato direto. Portanto, tomando-se em conjunto as suas propriedades farmacológicas, espécie altamente promissora à produção de Solasodina (VIEIRA e CARVALHO, 1993), e ecológica como espécie facilitadora à recuperação de áreas abandonadas/degradadas (REIS e KAGEYAMA, 2003), o fumo brabo poderá futuramente representar mais um recurso florestal nativo, que juntamente com outras espécies, pode incrementar a renda das propriedades agrícolas. E, se manejada de forma sustentável, contribuirá, ao mesmo tempo, de forma decisiva para a conservação e valoração dos recursos florestais autóctones.

## CONCLUSÃO

Destaca-se a existência de altos níveis de variabilidade genética dentro e entre as quatro populações naturais (AU, PS, CN, FL), embora com baixos níveis de endogamia e a presença de alelos exclusivos por população, sugere que todas as populações devem participar nas estratégias de conservação da espécie. Adicionalmente, sugere-se conservar pelo menos uma população em cada uma das tipologias florestais onde a espécie ocorre naturalmente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Brasil) pelas bolsas concedidas aos autores e ao financiamento deste projeto. Agradecem também ao Centro de Ciências Agrárias -NPFT/UFSC, pelo suporte logístico e institucional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A.C. Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: UFV, 1998. 574p.

- CHEIDA, C.C. **Dieta e dispersão de sementes pelo lobo guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) em uma área de campo natural, Floresta Ombrófila Mista e Silvicultura, Paraná, Brasil.** 2005. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- FUTUYMA, D.J. **Biologia evolutiva.** 2.ed. Ribeirão Preto: SBG/CNPq, 1997. 631p.
- GOUDET, J. **FSTAT: a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3.2).** Lausanne: Department of Ecology & Evolution, 2005. Disponível em: <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.html>. Acesso em 15 Abril 2008.
- HALEY, N. **Weed control methods: *Solanum mauritianum*.** Rotorua: Department of Conservation, Environment BOP (Bay of Plenty Regional Council). Disponível em: [http://www.boprc.govt.nz/land/media/pdf/Fact\\_Sheet\\_PP01.pdf](http://www.boprc.govt.nz/land/media/pdf/Fact_Sheet_PP01.pdf). Acesso em: 20 julho 2006.
- HALL, P.; WALKER, S.; BAWA, K. Effect of forest fragmentation on genetic diversity and mating system in a tropical tree, *Pithecellobium elegans*. **Conservation Biology**, Cambridge, v.10, p.757-768, 1996.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v.2 419p.
- JÄGER, A.K.; HUTCHINGS, A.; VAN STADEN, J. Screening of Zulu medicinal plants for prostaglandin-synthesis inhibitors. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v.52, p.95-100, 1996.
- KAGEYAMA, P.Y.; SEBBENN, A.M.; RIBAS, L.A.; GANDARA, F.B.; CASTELLEN, M.; PERECIM, M.B.; VENCOSKY, R. Diversidade genética em espécies tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.64. p.93-107, 2003.
- KEPHART, S.R. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analyses of techniques. **American Journal of Botany**, New York, v.77, p.693-712, 1990.
- LEVENE, H. On a matching problem arising in genetics. **Annals of Mathematical Statistics**, Beechwood, v.20, p.91-94, 1949.
- LEWIS, D.A. Anti-inflammatory drugs from plant and marine sources. **Agents Actions Supplements**, Bloomfield, v.27, p.3-373, 1989.
- LINDSEY, K.; JÄGER, A.K.; RAIDOO, D.M.; VAN STADEN, J. Screening of plants used by Southern African traditional healers in the treatment of dysmenorrhoea for prostaglandin-synthesis inhibitors and uterine relaxing activity. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v.64, p.9-14, 1999.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, L.P.C.; REIS, M.S. Internal genetic structure and outcrossing rate in a natural population of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Journal of Heredity**, Washington, v.97, p.466-472, 2006.
- MARIOT, A.; DI STASI, L.C.; REIS, M.S. Genetic diversity in natural populations of *Piper Cernuum*. **Heredity**, London, v.93, p.365-369, 2002.
- MARIOT, A.; ODORIZZI, J.; NASCIMENTO, J.V.; REIS, M.S. Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: 2- estrutura demográfica e potencial de manejo em floresta primária e secundária. **Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas**, Botucatu, v.9, p.13-20, 2007.
- NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, p.3321-3323, 1973.
- NEI, M. Genetic distance between populations. **The American Naturalist**, Chicago, v.106, p.283-292, 1972.
- OLCKERS, T. Assessing the risks associated with the release of a owerbud weevil, *Anthonomus santacruzi*, against the invasive tree *Solanum mauritianum* in South Africa. **Biological Control**, Amsterdam, v.28, p.302-312, 2003.
- OLCKERS, T. Biological control of *Solanum mauritianum* Scopoli (Solanaceae) in South Africa: a review of candidate agents, progress and future prospects. **African Entomology Memoir**, Pretoria, v.1, p.65-73, 1999.

- OLCKERS, T.; MEDAL, J.C.; GANDOLFO, D.E. Insect herbivores associated with species of *Solanum* (Solanaceae) In Northeastern Argentina and Southeastern Paraguay, with reference to biological control of weeds in South Africa and the United States of America. *Florida Entomologist*, Lutz, v.85, p.254-260, 2002.
- OLCKERS, T.; ZIMMERMANN, H.G. Biological control of silverleaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, and bugweed, *Solanum mauritianum* (Solanaceae) in South Africa. *Agricultural Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.37, p.137-155, 1991.
- PEDROSA-MACEDO, J.H.; OLCKERS, T.; VITORINO M.D.; CAXAMBU, M.G. Phytophagous arthropods associated with *Solanum mauritianum* Scopoli (Solanaceae) in the First Plateau of Paraná, Brazil: A cooperative project on biological control of weeds between Brazil and South Africa. *Neotropical Entomology*, Vacaria, v.32, p.519-522, 2003.
- RAMBUDA T.D.; JOHNSON S.D. Breeding systems of invasive alien plants in South Africa: does Baker's rule apply? *Diversity and Distributions*, Matieland, v.10, p.409-416, 2004.
- REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAP, 2003. p.91-110.
- REIS, M.S.; FANTINI, A.C.; NODARI, R.O.; REIS, A.; GUERRA, M.P.; MANTOVANI, A. Management and conservation of natural populations in atlantic rainforest: the palmito study case. *Biotropica*, Lawrence, v.32, p.894-902, 2000b.
- REIS, M.S.; VENCOSKY, R.; KAGEYAMA, P.Y.; GUIMARÃES, E.; FANTINI, A.C.; NODARI, R.O.; MANTOVANI, A. Variação genética em populações naturais de palmito (*Euterpe edulis* Martius - Arecaceae) na Floresta Ombrófila Densa. *Sellowia*, Itajaí, v.49/52, p.131-149, 2000a.
- RIBAS, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. Diversidade e estrutura genética em populações naturais de *Trema mirantha* (L.)B. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.66, p.66-75, 2004.
- RIBAS, R.P.; MIGUEL, L.A. Extração e comercialização de folhagens ornamentais da Mata Atlântica: o caso da verdes (*Rumohra adiantiformis*) no RS. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v.42, p.575-596, 2004.
- RICE, W.W. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, Lancaster, v.43, p.223-225, 1989.
- ROCHA, E.; VIANA, V.M. Manejo de *Euterpe precatoria* Mart. (Açaí) no Seringal Caquetá, Acre, Brasil. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.65, p.1-11, 2004.
- ROHLF, F.J. *NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 2.1*. New York: Exeter Software, 2000. 98p.
- RUSCHEL, A.R.; MOERSCHBACHER, B.M.; NODARI, R.O. Demography of *Sorocea bonplandii* in Subtropical Atlantic Forest fragments in the Southern Brazil. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.70, p.149-159, 2006.
- RUSCHEL, A.R.; NODARI, R.O.; MOERSCHBACHER, B.M. The genetic structure of *Sorocea bonplandii* in Southern Brazilian forest fragments: AFLP diversity. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.56, p.51-58, 2007.
- SAMWAYS, M.J.; CALDWELL, P.M.; OSBORN, R. Ground-living invertebrate assemblages in native, planted and invasive vegetation in South Africa Agriculture. *Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.59, p.19-32, 1996.
- SCHEFFER, M.C. *Sistema de cruzamento e variação genética entre populações e progênes de espinheira-santa*. 2001. 104p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- SCHERER, C.; JARENKOW, J.A. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.29, p.67-77, 2006.
- SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. *Solanáceas: flora ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 321p.

- SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. **Numerical Taxonomy**. San Francisco: Freeman, 1973. 573p.
- SWOFFORD, D.L.; SELANDER, R.B. **Byosys-2: a computer program for the analysis of allelic variation in genetics (users Manual)**. Urbana Champaign: University of Illinois, 1997.
- VIEIRA, R.F. **Avaliação do teor de solasodina em frutos verdes de *Solanum mauritianum* Scop. sob dois solos no estado do Paraná, Brasil**. 1989. 107p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- VIEIRA, R.F.; CARVALHO, L.D.A. Espécies medicinais do gênero *Solanum* produtoras de alcalóides esteroidais. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v.74, p.97-111, 1993.
- WILDY, E. **Alien invader plants within South Africa**. Natal: Wildlife and Environment Society of South Africa (WESSA), Kwa Zulu Natal Region, 2006. Disponível em: <http://www.geocities.com/wessaliens/index.htm>. Acesso 20 julho 2006.
- WRIGHT, S. The genetical structure of populations. **Annals of Eugenics**, London, v.15, p.395-420, 1951.

Recebido em 04/06/2007

Aceito para publicação em 29/04/2008