

Inclusão da Diversidade Genética na Restauração em APPs e RLs

Paulo Kageyama
LARGEA/ESALQ/USP

**V Simpósio de Restauração
Ecológica – IBt/SMA/SP
07 Novembro 2013**



LARGEA/ESALQ/USP: Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas

- **Objetivos:** Estudos da Biodiversidade e da Estrutura Genética de Espécies Arbóreas Tropicais, através de Genética Quantitativa e Molecular;
- **Aplicação:** Uso desse conhecimento científico em Projetos Socioambientais de Restauração Ecológica e de Agroflorestas com Comunidades;

Projetos Principais: i) Restauração para Créditos de Carbono – AES Tietê.
ii) SAFs em Assentamentos Rurais no Pontal do Paranapanema e na Bahia;



- **INTRODUÇÃO**

- RESTAURAÇÃO E MODELOS DE DIVERSIDADE - 25 ANOS !
- PESQUISA EM GENÉTICA DE POPULAÇÕES: AVANÇOS ?

- **DESAFIOS ATUAIS**

- DIVERSIDADE TANTO DE ESPÉCIES COMO GENÉTICA !
- QUEREMOS RESTAURAR UMA FLORESTA DE NOVO?

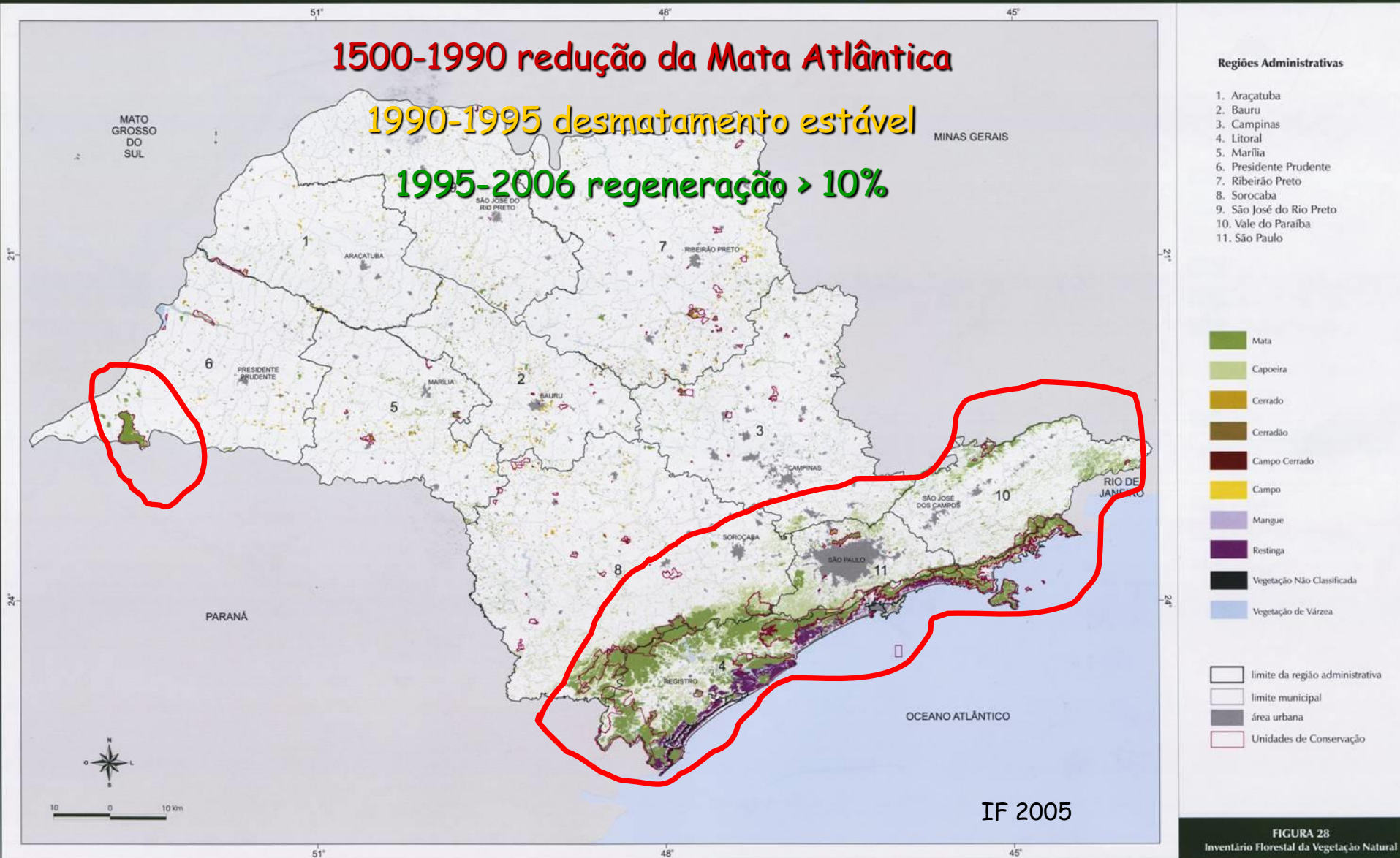
- **AVANÇOS E QUESTIONAMENTOS**

- AVANÇOS NOS ESTUDOS GENÉTICOS MOLECULARES !
- USO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA RESTAURAÇÃO ?

- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- ABASTECER A ALTA DEMANDA DE SEMENTES FUTURA ?
- PRIORIDADES PARA PESQUISA E POLÍTICAS PÚBLICAS?

Estado de São Paulo – Status e Prioridades ?



Hoje restam < 23% da área original, o demais degradados ou em estágio inicial de sucessão e altamente fragmentada.

- **INFORMAÇÕES DE BIODIVERSIDADE E DE GENÉTICA PARA USO NA RESTAURAÇÃO – PRIORIDADES !**
 - TIPOS DE ESPÉCIES DE PLANTAS A UTILIZAR NO PROJETO;
 - ESPÉCIES DE ANIMAIS E MICRORGANISMOS A CONSIDERAR;
 - GRUPO DE ESPÉCIES: SUCESSÃO, RARIDADE, POLINIZAÇÃO
 - NÚMERO MÍNIMO DE ESPÉCIES A SER UTILIZADO NO TOTAL;
 - TAMANHO MÍNIMO DE POPULAÇÃO DE CADA ESPÉCIE (N_e);
 - DISTÂNCIA DE USO DA SEMENTE DE CADA POPULAÇÃO;
- **QUESTÕES SOBRE OS MODELOS DE RESTAURAÇÃO**
 - SEMEADURA DIRETA DEVE SUBSTITUIR O PLANTIO DE MUDAS?
 - A NUCLEAÇÃO DEVE SUBSTITUIR O MODELO SUCESSIONAL?
 - ESPÉCIE EXÓTICA DEVE SER TOLERADA NA RESTAURAÇÃO?
 - POLÍTICAS PARA DIVERSIDADE GENÉTICA NA RESTAURAÇÃO?
 - COMO ABASTECER AS DEMANDAS DE SEMENTES QUE VIRÃO?

FOTO: Carvalho (1996)

Grupos Ecológicos da Sucessão e Estudos Genéticos de Populações LARGEA/ESALQ - 25 Anos

Grupos ecológicos: Estudos Genéticos

BUDOWSKI (1965)

Pioneiras: Clareiras grandes, Pleno sol,
Crescimento rápido, Dormência de sementes

Secundárias Iniciais: Clareiras pequenas,
Pleno sol, Crescimento rápido.

Secundárias tardias: Clareiras pequenas,
Sombra no início, Crescimento lento

Climácicas: Não clareiras, Sombra, Ciclo
longo, Crescimento muito lento.

Pioneira



FOTO: Carvalho (1996)

Cecropia pachystachya

Secundária



FOTO: Roberto Tardzi

Cedrela fissilis

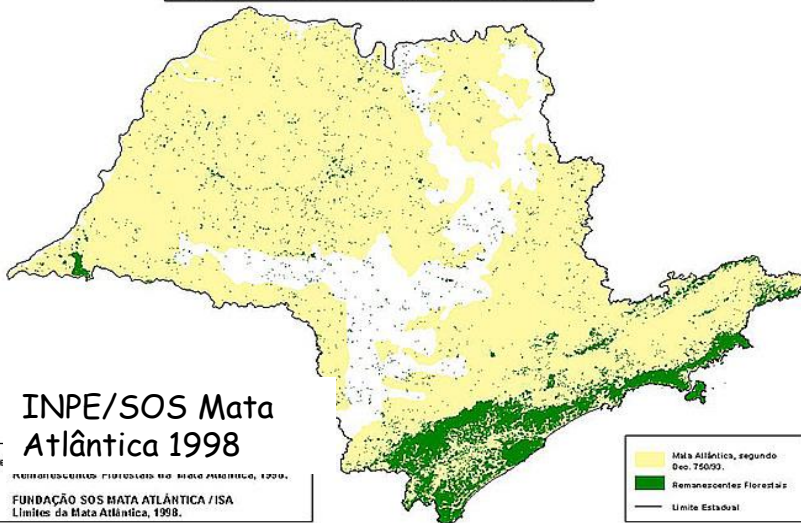
Climácica



FOTO: Roberto Tardzi

Ocotea catharinensis

Atlas da Evolução da Mata Atlântica
Carta Síntese do Estado de São Paulo



INPE/SOS Mata
Atlântica 1998

Fonte:
MATERIAIS CITEADOS POR ROBERTO TARDZI, 2009.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA / ISA
Limites da Mata Atlântica, 1998.

— Mata Atlântica, segundo
Dec. 750/99.
— Remanescentes Florestais
— Limite Estadual

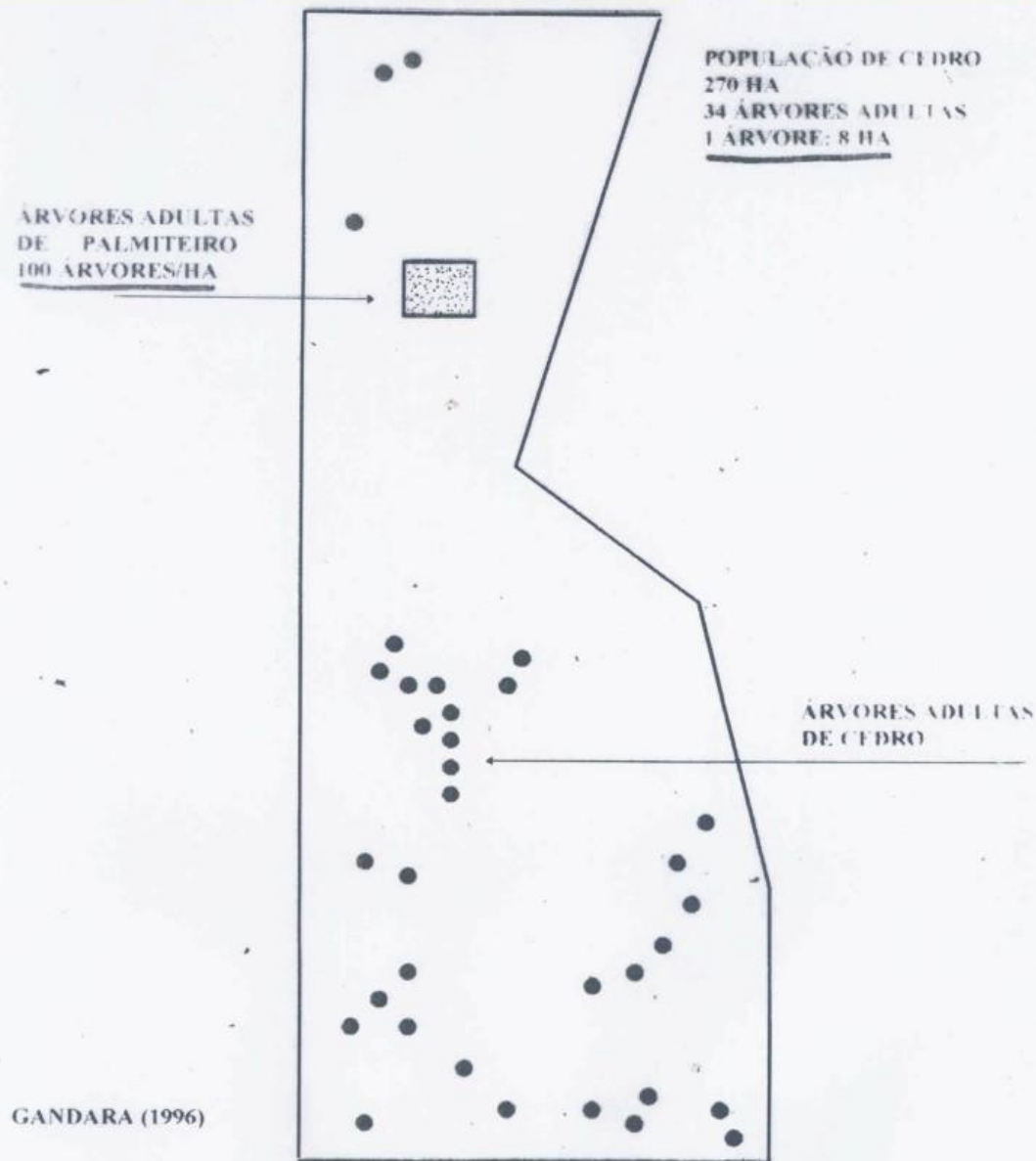
Estimativas para o Est. de São Paulo

Pioneiras - 20% (de espécies) ?

Secundárias - 60% (de espécies) ?

Climácicas - 20% (de espécies) ?

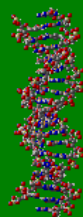
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UMA ESPÉCIE RARA SECUNDÁRIA (CEDRO) E UMA COMUM CLÍMAX (JUÇARA)



FLUXO GÊNICO DE UMA ESPÉCIE RARA SECUNDÁRIA (CEDRO) E DE UMA ESPÉCIE COMUM CLÍMAX (JUÇARA)

Espécie	Taxa Cruzamento	<u>Dist. Pólen</u>	Heterozigosidade
● <u>Cedrela fissilis</u> (1 indiv./ 8 Ha)	0,92	<u>950 M</u>	0,224
● <u>Euterpe edulis</u> (100 ind./Ha)	0,99	<u>56 M</u>	0,342

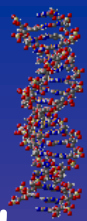
FONTE: Gandara, F. (1996); Reis, M. (1996)



Restauração Genética

Estudos na Mata Atlântica

Espécie	A	P%	H _o	H _e	Autor
<i>Bowdichia virgiloides</i>	1,20	28,00	0,126	0,126	Herritt (1991)
<i>Cariniana legalis</i>	1,42	30,00	0,140	0,140	Herritt (1991)
<i>Cordia trichotoma</i>	1,45	40,00	0,184	0,184	Herritt (1991)
<i>Johanesia princeps</i>	1,45	27,00	0,141	0,141	Herritt (1991)
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	2,80	66,70	0,160	0,358	Moraes (1993)
<i>Bauhinia forficata</i>	3,80	100	0,451	0,503	Santos (1994)
<i>Cedrela fissilis</i>	2,31	76,90	0,222	0,243	Gandara (1996)
<i>Euterpe edulis</i>	3,40	100	0,496	0,463	Reis (1996)
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	2,00	50,00	0,238	0,270	Maltez (1997)
<i>Chorisia speciosa</i>	2,20	77,80	0,245	0,284	Souza (1997)
<i>Genipa americana</i>	1,63	50,00	0,195	0,182	Sebben (1997)
<i>Cryptocaria moschata</i>	2,00	85,00	0,323	0,351	Moraes (1998)
<i>Araucaria angustifolia</i>	2,00	73,30	0,072	0,084	Auler <i>et al.</i> (2002)
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	2,74	95,12	0,324	0,536	Moraes <i>et al.</i> (2002)
<i>Ocotea porosa</i>	2,07	71,43	0,277	0,301	Silva <i>et al.</i> , (2003)
<i>Ocotea odorifera</i>	2,36	67,80	0,358	0,360	Kageyama <i>et al.</i> , (2003)
<i>Ocotea catharinensis</i>	2,20	83,30	0,383	0,426	Tarazi <i>et al.</i> , (2005)
<u>Cerca de 50 espécies foram estudadas com ferramentas genéticas na M Atlântica</u>			0,280	0,310	



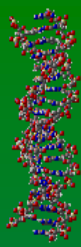
Caracterização Genética

Estágios sucessionais

Estimativas de parâmetros do sistema de reprodução em cinco espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais.

Espécies	Pop.	$\hat{t}_m$	$\hat{t}_s$	$\hat{t}_m - \hat{t}_s$	$\hat{r}_s$	$\hat{r}_{p(m)}$
<i>T. micrantha</i>	1	0,819	0,749	0,071	0,368	0,606
	2	0,966	0,844	0,123	0,072	0,602
<i>C. pachystachya</i>	1	1,000	0,820	0,180	0,0	0,159
	2	1,000	0,801	0,199	0,0	0,514
<i>C. fissilis</i>	1	0,882	0,691	0,191	0,149	0,125
<i>C. legalis</i>	1	0,990	0,899	0,091	0,101	0,324
	2	0,976	0,916	0,059	0,093	0,295
	3	0,901	0,830	0,070	0,076	0,212
<i>E. leiocarpa</i>	1	0,925	0,859	0,051	0,099	0,986
	2	0,997	0,937	0,061	0,104	0,749

$\hat{t}_m$ taxa de cruzamento multiloco, $\hat{t}_s$ taxa de cruzamento uniloco, $\hat{t}_m - \hat{t}_s$ taxa de cruzamento entre parentes, $\hat{r}_s$ correlação de autofecundação, $\hat{r}_{p(m)}$ correlação de paternidade.



Caracterização Genética - Resumo

Estágios Sucessionais

Para ecossistemas de alta diversidade de spp, a escolha de espécies para estudos passa a ter alta importância, para extrapolar os resultados e interpretar a comunidade.

A diversidade genética em diferentes grupos sucessionais mostra que a sucessão, densidade populacional e a reprodução podem indicar espécies arbóreas modelos.

Estágio sucessional	Fl Gênico Pólen	Tamanho População	Ocorrência	Dispersão sementes	Divergência ϕ_p
Pioneiras	Curto	Pequena	Agregada	Média distância	Alta (20%)
Secundárias	Longo	Muito Grande	rara	Intermediária	Intermediária (10%)
Climácicas	Médio	Grande	comum	Longa distância	Baixa (5%)

A background image of a forest with many thin tree trunks and green foliage, slightly blurred to make the text stand out.

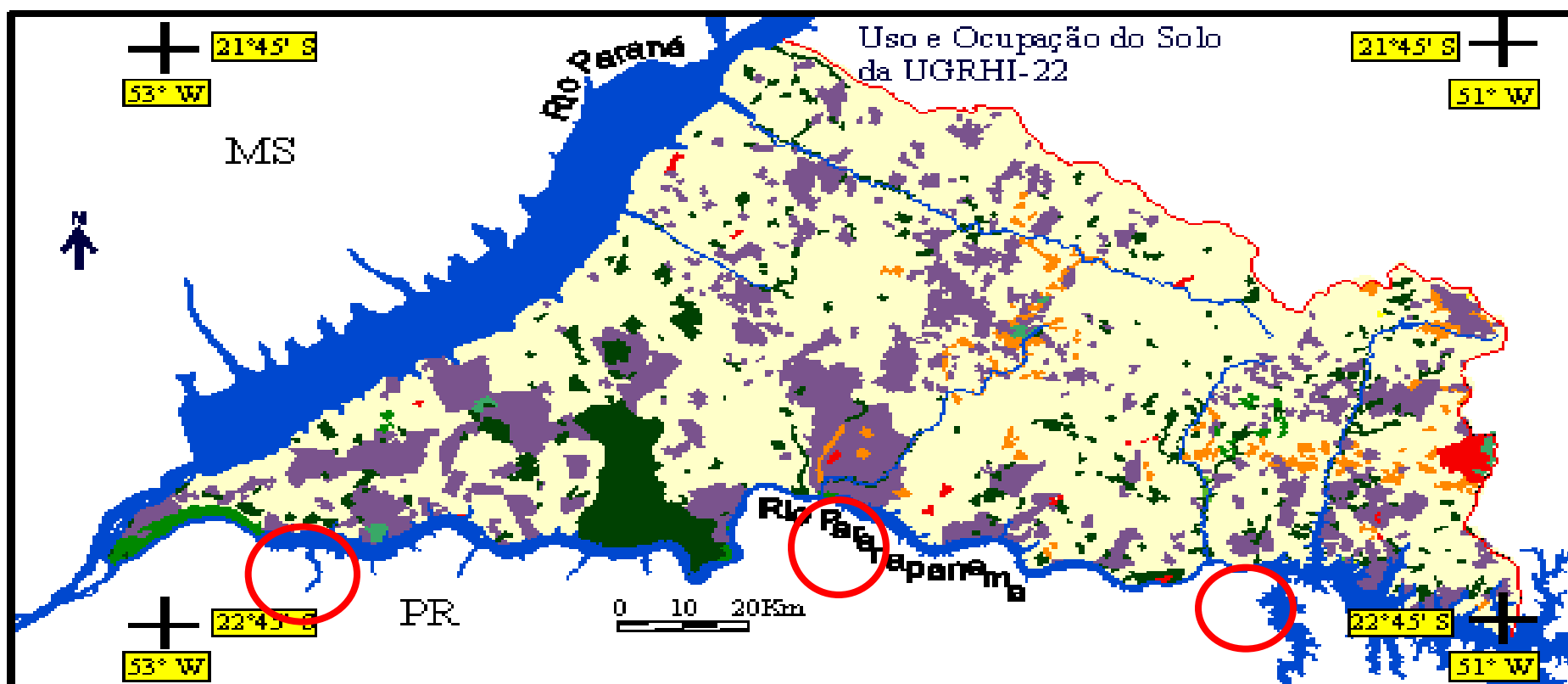
**Lianas e Epífitas em Florestas em
Processo de Restauração com
diferentes idades no Pontal do
Paranapanema – Damasceno (2006)**

**Avaliação da Evolução da Biodiversidade
na Restauração - Modelo CESP**

até aos 16 anos de Idade

**(Avaliação Emergética até aos 26 Anos
Tese T. Roncon, 2014)**

Pontal do Paranapanema



Legenda Básica

- Rios Principais
- Limite da UGRHI-22

Coordenadas

- Geográficas

Projeção UTM

Méridiano Central 51° W

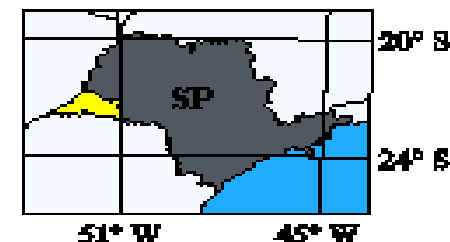
Datum Vertical: Indúda, SC

Datum Horizontal: Corrego Alegre, MG

Legenda Temática

- Mata
- Banhado
- Pastagem
- Agricultura
- Cerrado
- Reflorestamento

Localização no Estado de São Paulo



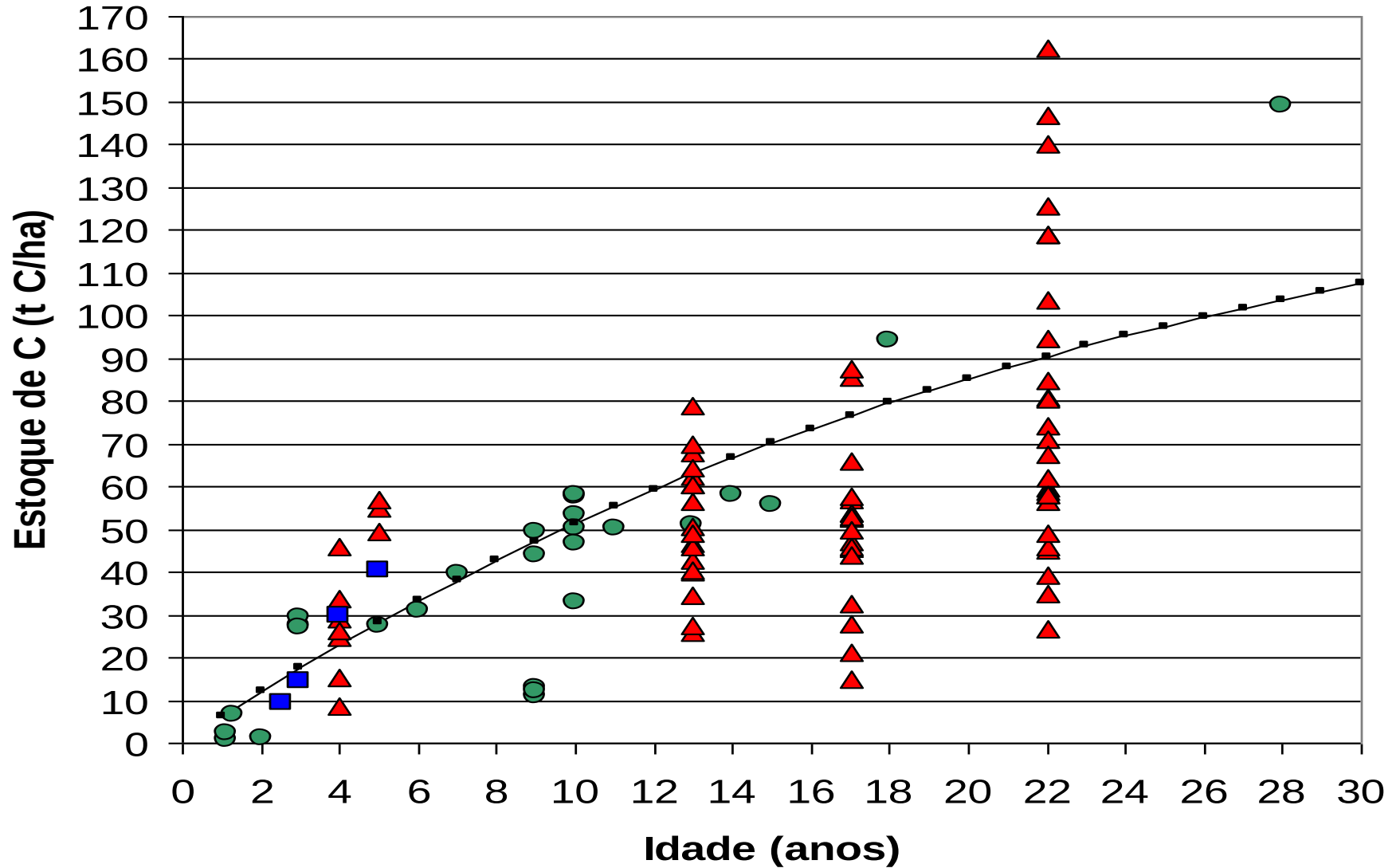
PESQUISAS BÁSICAS E APLICADAS

- **17 ANOS APÓS PRIMEIROS PLANTIOS DA CESP:** PRESENÇA DE LIANAS E EPÍFITAS NOS TALHÕES DA CESP (MSc - DAMASCENO, 2006).
- **TALHÕES DE 6, 11 E 16 ANOS,** MESMO MODELO SUCESSIONAL E 100 ARBÓREAS POR HECTARE;
- **LIANAS NAS ÁRVORES:**
 - LIANAS: AOS 16 ANOS 64,9% DAS ÁRVORES POSSUÍAM LIANAS EM SUAS COPAS;
- **EPÍFITAS NAS ÁRVORES:**
 - EPÍFITAS: 2 INDIVÍDUOS AOS 6 ANOS E 1 AOS 11 ANOS DE UMA BROMÉLIA *TILLANDSIA*; E 1 PLANTA DE PTERIDÓFITA (16 ANOS);
- **PONTAL PARANAPANEMA:** REGIÃO COM MAIOR FREQUÊNCIA DE FRAGMENTOS SIGNIFICATIVOS.

**Pesquisa em Crescimento e
Sequestro de Carbono em
Plantios de Restauração
CESP e AES Tietê
(Monitoramento de Carbono
- Tese E. Gusson, 2014)**



Sequestro de C em reflorestamentos heterogêneos com espécies nativas



● Melo e Durigan, 2006 —■— CURVA AES ▲ Dados AES ■ Suganuma, 2007

Pesquisa em Produção e Coleta de Sementes para Restauração Ecológica

PRODUÇÃO DE SEMENTES PARA RESTAURAÇÃO

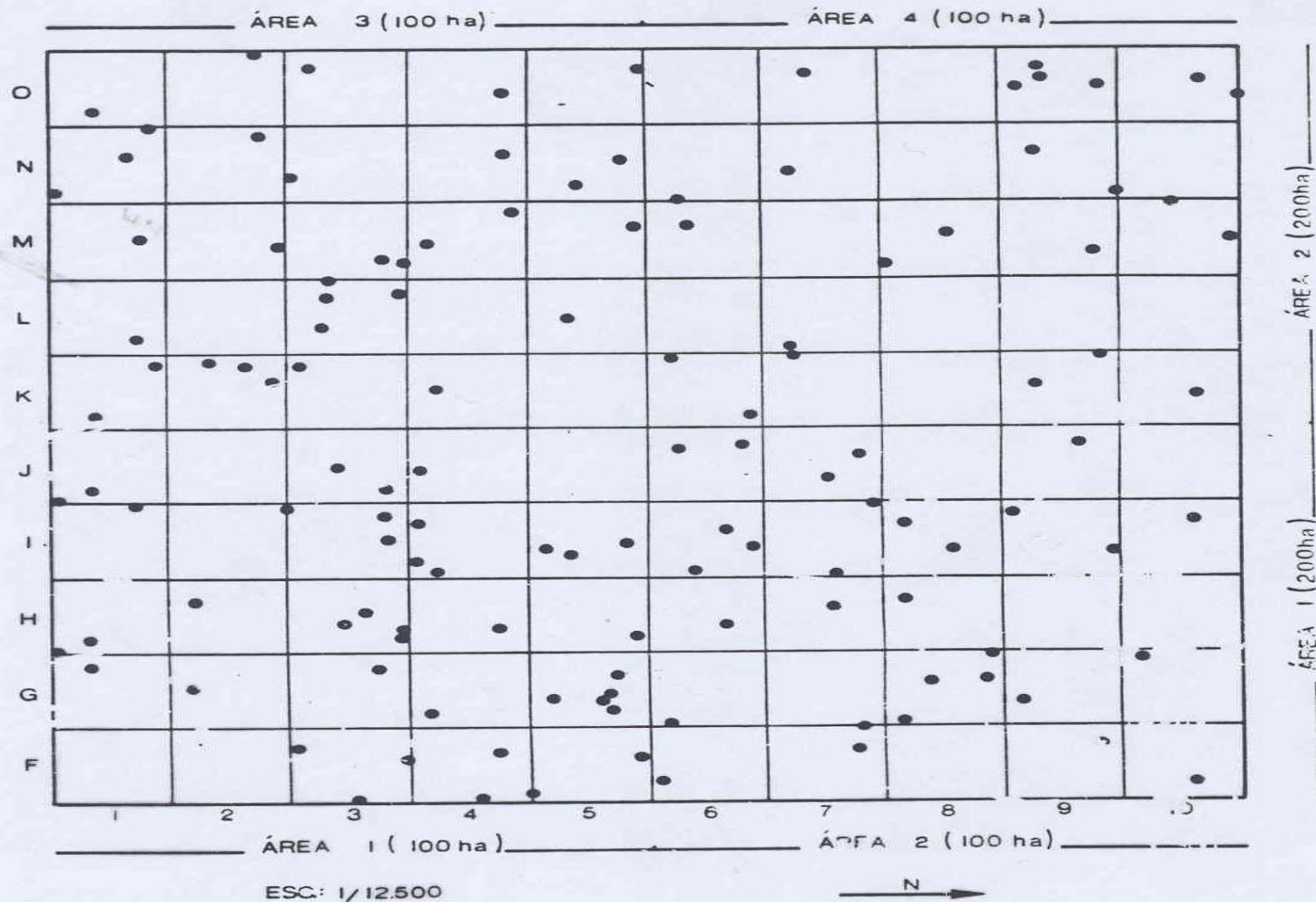
- “MARCAÇÃO” DE MATRIZES PARA COLETA DE SEMENTES DE NATIVAS PARA RESTAURAÇÃO: REPRESENTATIVIDADE DAS POPULAÇÕES;
- SELEÇÃO EM POPULAÇÕES NATURAIS NÃO TEM EFEITO NA QUALIDADE DAS SEMENTES; FENÓTIPO DA MATRIZ NÃO É CORRELACIONADO COM A SUA QUALIDADE GENÉTICA;
- PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO PODEM SER ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SEMENTES, SE IMPLANTADOS COM BOA QUALIDADE GENÉTICA;
- POLÍTICAS PÚBLICAS EFETIVAS EM PRODUÇÃO E QUALIDADE GENÉTICA DE SEMENTES: USO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO – É POSSÍVEL?

PRODUÇÃO DE SEMENTES PARA RESTAURAÇÃO

- COLETA DE SEMENTES: GRAVES PROBLEMAS; A MAIORIA DOS COLETORES NÃO LEVA EM CONTA A QUALIDADE GENÉTICA DAS SEMENTES; POUCAS POPULAÇÕES ADEQUADAS SÃO “DISPONÍVEIS”;
- POPULAÇÕES NATURAIS PRIMÁRIAS: NESTES CASOS PODE-SE CONSIDERAR NÃO ENDOGAMIA E PANMIXIA NESSAS POPULAÇÕES: A COLETA SERIA ENTÃO DE NO MÍNIMO 12 ÁRVORES MÃES (IGUAL QTDDE/ÁRVORE);
- TAMANHO EFETIVO GENÉTICO (N_e): COLETA DE MAIS DE 50 SEMENTES POR ÁRVORE = N_e IGUAL A 4; PORTANTO: 12 ÁRVORES X 4 = N_e DE 50;
- MUITOS SABEM DA REGRA; POUCOS COLETORES E VIVEIRISTAS TÊM USADO ESTE PROCEDIMENTO, QUANDO PODEM, O QUE É MUITO DIFÍCIL DE ADEQUAR; RESULTADOS GENÉTICOS LONGO PRAZO;

PRODUÇÃO DE SEMENTES PARA RESTAURAÇÃO

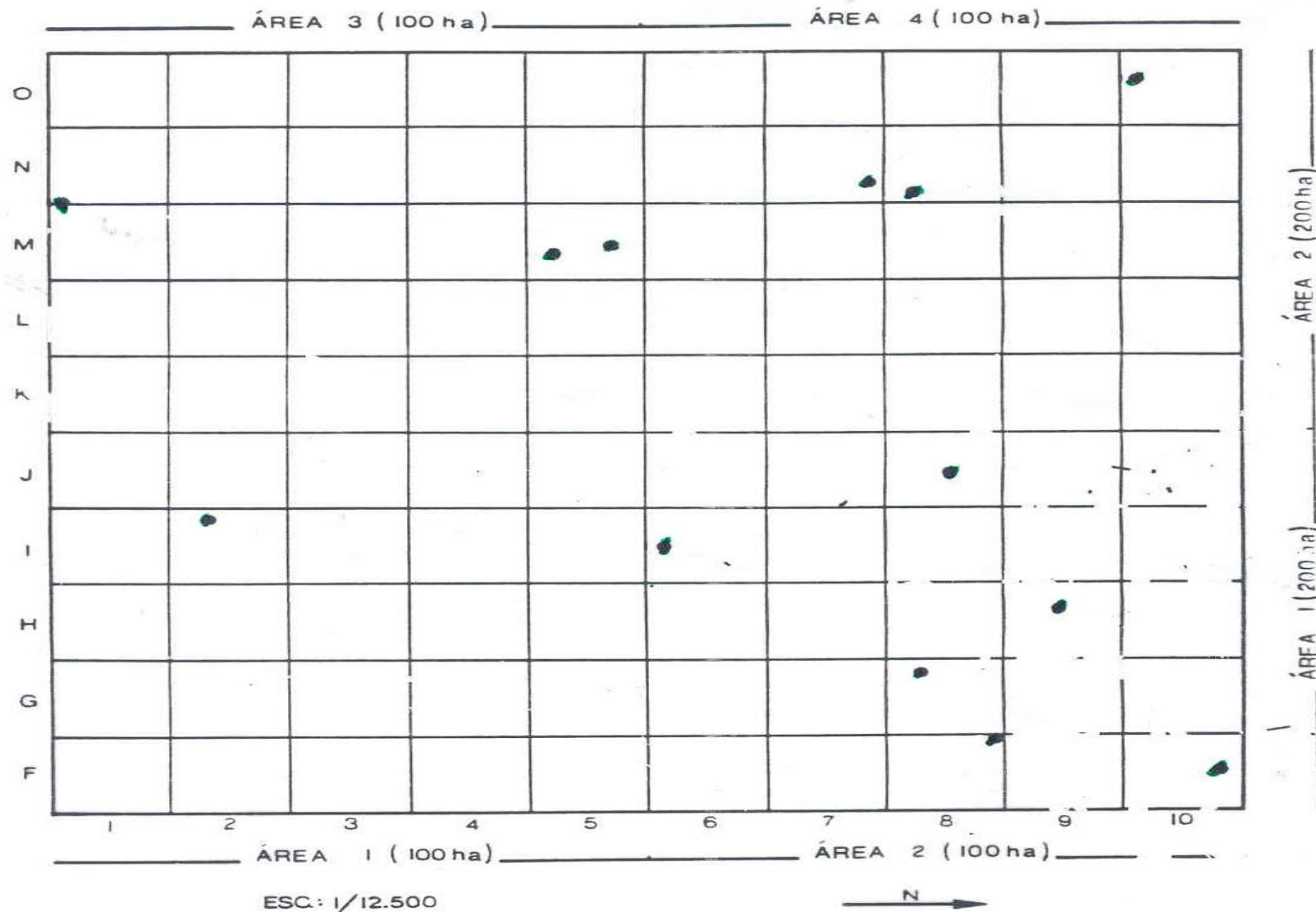
- **PRODUÇÃO E COLETA DE SEMENTES DE QUALIDADE GENÉTICA E REPRESENTATIVAS DAS POPULAÇÕES: ENTENDIMENTO DA DIVERSIDADE GENÉTICA:**
- **ESPÉCIES CLÍMAX:** ÁRVORES COMUNS NAS MATAS NATURAIS; POPULAÇÕES SOFREM GRANDES IMPACTOS COM A EXPLORAÇÃO E DESMATAMENTO; **Muito Difícil ter Populações de Ne Adequado e com Pouco Impacto;**
- **ESPÉCIES SECUNDÁRIAS:** ÁRVORES RARAS NA MATA NATURAL; POPULAÇÕES MUITO GRANDES; **Difícil Coleta de Quantidade Adequada de Cada Árvore para Formar 1 Lote;**
- **ESPÉCIES PIONEIRAS:** SÃO COMUNS NAS CLAREIRAS GRANDES E EM ÁREAS SECUNDÁRIAS; PRODUÇÃO PRECOCE DE SEMENTES; **Fácil Produção e Coleta em Escala; Área Restaurada Produz Grde Qtdade de Sementes.**



1Δ/3 ha

Figura 29 - Localização espacial das árvores de Vochysia maxima - quaruaba-verdadeira na área total experimental de 400 ha na Floresta Nacional do Tapajós - Santarém, PA.

LEÃO (90)



1 Δ / 30 ha

Figura 26 - Localização espacial das árvores de *Ceiba pentandra* - sumatana na área total experimental de 400 ha na Floresta Nacional do Tapajós - Santarém, PA.

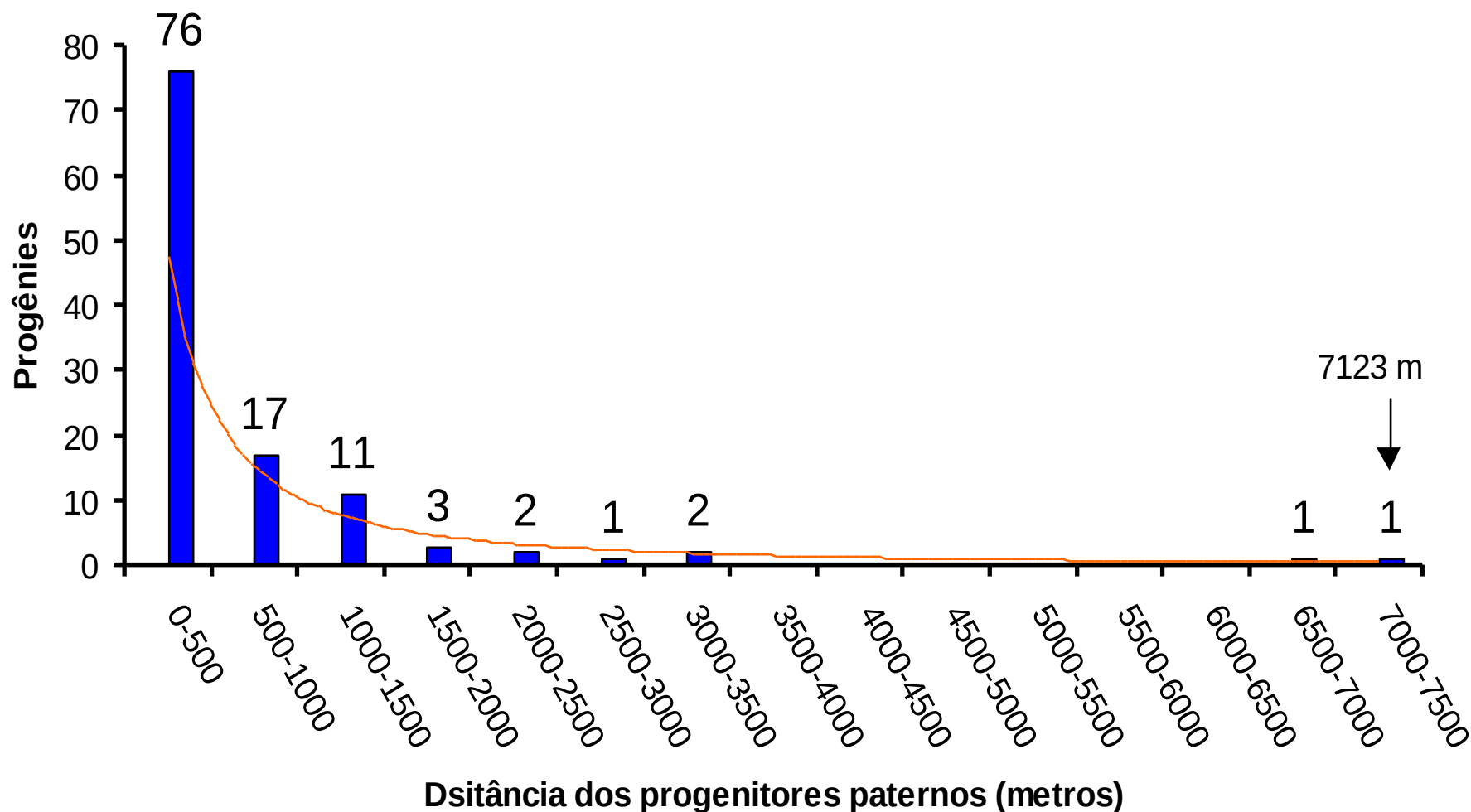
Pesquisa em Fluxo Gênico para Restauração

Consequências Genéticas da Fragmentação sobre Populações de Espécies Arbóreas Raras

	Consequências ecológicas	Consequências genéticas	Melhor maneira de quantificar a fragmentação	
<i>Cedrela fissilis</i>	Densidade aumenta	Formação de estrutura familiar, aumento de endogamia	Estudos de autocorrelação espacial I de Moran foi 0 em floresta primária e 0,43 em perturbada	Gandara <i>et al.</i> (1997)
<i>Ceiba speciosa</i>	Densidade aumenta	Perda de alelos raros com a fragmentação, aumento da divergência genética	Estudos de divergência genética 5% em fragmentos grandes 15% em fragmentos pequenos	Souza <i>et al.</i> (1997)

Espécies Arbóreas Raras e Fluxo Gênico

Distância de fluxo gênico via pólen em *H. courbaril*, no Pontal do Parnapanema SP.



FLUXO GÊNICO E CORREDORES ECOLÓGICOS

- **FLUXO GÊNICO VIA PÓLEN E/OU SEMENTES:** NOSSO PROBLEMA E TAMBÉM A NOSSA SOLUÇÃO NA ÁREA DE RESTAURAÇÃO;
- **MATA ATLÂNTICA:** ALTA FRAGMENTAÇÃO DE POPULAÇÕES DAS ESPÉCIES SEM TAMANHO MÍNIMO VIÁVEL PARA AS ESPÉCIES RARAS;
- **CORREDOR ECOLÓGICO:** RESTAURAÇÃO PARA REFAZER O FLUXO GÊNICO NAS POPULAÇÕES FRAGMENTADAS NA PAISAGEM RURAL;
- **DISTÂNCIA DE FLUXO GÊNICO:** CURTA, MÉDIA E LONGA DISTÂNCIAS E SUA IMPORTÂNCIA NA INSTALAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS;

FLUXO GÊNICO E RESTAURAÇÃO

- ESPÉCIES PIONEIRAS: PRIVILEGIADAS COM A FRAGMENTAÇÃO, AUMENTANDO A DIVERSIDADE GENÉTICA NAS NOVAS POPULAÇÕES;
- FLUXO GÊNICO VIA SEMENTES DE LONGA DISTÂNCIA (PÁSSAROS/MORCEGOS) DO GRUPO: BOA QUALIDADE GENÉTICA DAS SEMENTES;
- ISSO FACILITA A SUA UTILIZAÇÃO TANTO PARA PLANTIO POR MUDAS E POR REGENERAÇÃO NATURAL (BIANCONI E MIKICH, 2011);
- AS ESPÉCIES PIONEIRAS SÃO AS QUE TÊM BOAS PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO DE SEMENTES EM LARGA ESCALA A CURTO PRAZO;

Inclusão Social através da Restauração de APPs e RLs

SISTEMAS AGROFLORESTAIS – SAFs - PARA RESTAURAÇÃO

SISTEMAS AGROFLORESTAIS – SAFs - COM DIVERSIDADE E SUCESSÃO

- **RECA (ACRE)** – SAFs MECANIZADOS COM SPP PARA AGROINDÚSTRIAS (5-6 spp);
- **ERNST (BAHIA)** – RECUPERAÇÃO COM SAFs DE ALTA DIVERSIDADE (50 spp)
- **POEMA (PARÁ)** - AGRICULTURA EM ANDARES - CÔCO COM ESPÉCIES FRUTÍFERAS (40 spp);
- **PONTAL (ESALQ)** – SAF COM MACAÚBA MAIS 30 ESPÉCIES FRUTÍFERAS E ALIMENTARES.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A PESQUISA EM BIODIVERSIDADE E GENÉTICA AVANÇOU NA MESMA ESCALA QUE EM RESTAURAÇÃO ? OS CONHECIMENTOS GENÉTICOS DE POPULAÇÕES VÊM SENDO APLICADOS NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA?
- QUAIS OS AVANÇOS NOS ESTUDOS GENÉTICOS QUE PODERIAM SER APROVEITADOS NA RESTAURAÇÃO? SÃO OS VOLTADOS PARA DIVERSIDADE GENÉTICA NAS POPULAÇÕES?; SÃO OS DIRIGIDOS AO FLUXO GÊNICO?
- QUAIS PARÂMETROS E INDICADORES GENÉTICOS QUE MERECEM SER INCLUSOS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS? A REGULAMENTAÇÃO DAS SEMENTES FLORESTAIS DEVE SER NO MAPA OU NO SFB/MMA? COMO ADEQUAR ?
- ESTAMOS PREPARADOS PARA ABASTECER A DEMANDA ALTÍSSIMA DE SEMENTES COM O CÓDIGO FLORESTAL? COMO INTERLIGAR A DEMANDA DE RESTAURAÇÃO COM A DEMANDA DE SEMENTES FLORESTAIS NO ESTADO?

Obrigado !

Pkageyama@usp.br