

# Dinâmica da Coleção de Germoplasma de Seringueira: modelo computacional.

## Dynamics of Germplasm Collection of Rubber Tree: computational model.

Dr. Luis Alberto Ambrósio<sup>1</sup>, Dra Elaine C.P. Gonçalves<sup>2</sup>, Dr. Antônio L.M. Martins<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro APTA Bovinos de Leite, Instituto de Zootecnia, APTA/SAA

<sup>2</sup> Polo Regional Alta Mogiana – Colina - APTA

<sup>3</sup> Polo Regional Centro Norte – Pindorama - APTA

ambrosio@iz.sp.gov.br, elainegoncalves@apta.sp.gov.br, lmartins@apta.sp.gov.br

--Recibido para revisión 20 agosto 2012, aceptado fecha, versión final noviembre 2012--

**Resumen**— O Programa de Melhoramento Genético da Seringueira do Estado de São Paulo, Brasil, depende da disponibilidade de diversidade na Coleção de Germoplasma. As fontes de diversidade das coleções são: a coleta de novos materiais na Amazônia, o intercâmbio de clones entre instituições internacionais e os clones superiores selecionados pelo próprio programa. O entendimento da dinâmica da evolução da coleção de germoplasma é base fundamental para se estabelecer políticas estratégicas. A dinâmica de sistemas foi utilizada como ferramenta para construir um modelo consensual sobre o sistema e simular sua evolução considerando dois cenários de desflorestamento da Amazônia: “Base Line” (A) e “Governança” (B) e dois cenários de coleção de germoplasma: “Base Line” (1) e “Gestão Estratégica” (2) os quais formam quatro “storyline”. A modelagem participativa da dinâmica do sistema de coleções de germoplasma permitiu criar consenso entre os pesquisadores da equipe sobre o sistema e estabelecer estratégias para políticas de pesquisa. Concluiu-se que a gestão estratégica da coleção de germoplasma permite a alavancagem do sistema. Se mantiver a taxa de desflorestamento da Amazônia e se não houver adoção de políticas que programem as estratégias avaliadas resultará num cenário que limita a obtenção de progênies em 50% do potencial dos caracteres produtivos no ano de 2050; caso contrário, em cenário otimista, alcançaria 95% do potencial no ano de 2045, mas com ganhos significativos para a produção comercial nos próximos 10 a 15 anos.

**Palavras Chave**— Hevea brasiliensis, Melhoramento genético, Programa de pesquisa, Simulação, SIMILE.

**Abstract**— The Breeding Program depends on the availability of rubber tree diversity in

Germplasm Collection. The sources of this diversity of collections are a collection of new material in the Amazon, the exchange of clones between international institutions and superior clones selected by the program itself. Therefore the knowledge of the dynamics of the evolution of germplasm collection is a fundamental basis for establishing strategic policies. The system dynamics was used as a tool to build a consensus model of the system and simulate their evolution considering two scenarios of deforestation in the Amazon: The (A) "Base Line" and (B) "Governance" and two scenarios collection of germplasm: (1) "Base Line" and (2) "Strategic Management" which forms four storylines. The participatory modeling the dynamics of the system germplasm collections helped to create consensus among researchers team's on the system and establish strategies for policy research. It was concluded that the strategic management of germplasm collection allows the leverage of the system. If keeping the rate of deforestation in the Amazon and there is no adoption of policies that program strategies evaluated then will result in a scenario that merely obtain progenies in 50% of the potential in the year 2050; otherwise, in the optimistic scenario, 95% of the potential reach in the year 2045, but with significant gains for commercial production in the next 10 to 15 years.

**Keywords**— Breeding, Hevea brasiliensis, Research Program, Simulation, SIMILE.

## 1. INTRODUÇÃO

A eficácia do Programa de melhoramento genético da seringueira [(*Hevea brasiliensis* Willd. ex A. L. Juss.) Müll. Arg.] depende da disponibilidade de diversidade na Coleção de Germoplasma. Esta diversidade permite a obtenção de clones com alto potencial de produção, resistentes às doenças, com melhor qualidade de produtos e adaptados às condições ambientais adversas, dentre outros atributos. A floresta amazônica é o centro de diversidade genética da seringueira e vem sendo ameaçada pelo desmatamento, isto compromete a expansão das coleções de germoplasmas, principalmente em termos de novos atributos valorizados na heveicultura. A entrada de novos materiais na Coleção de Germoplasmas minimiza os efeitos da erosão da variabilidade genética e da perda de materiais na Coleção, conforme o modelo conceitual da Coleção de Germoplasma de Seringueira [1]. Entretanto, a coleta de materiais na Floresta Amazônica tem sido realizada de forma esporádica, sem considerar que populações com diferenciações genéticas importantes deixaram de existir devido ao desmatamento intenso da Floresta Amazônica [2].

O Intercâmbio de Germoplasma é um fator positivo para o desenvolvimento da coleção de germoplasma de seringueira, pois incorporam nas coleções os germoplasmas com altos potenciais produtivos usados em outros países. Os atuais cultivares em usos no Brasil e, principalmente, no Estado de São Paulo, Brasil, são originários de clones obtidos por meio de intercâmbio.

A criação de agrobiodiversidade é um processo dinâmico e, portanto, o trabalho de conservação dos recursos genéticos tem que ser contínuo [3]. A dinâmica e a crescente complexidade do sistema de Coleção de Germoplasma demandam políticas públicas fundamentadas em estratégias formuladas de modo sistêmico. Neste aspecto, a construção de um modelo computacional, usando a metodologia de Dinâmica de Sistemas permite a análise de cenários que auxiliam a gestão estratégica da Coleção de Germoplasma de Seringueira.

O objetivo geral deste trabalho é de apresentar o modelo computacional do Sistema de Coleção de Germoplasma de Seringueira, baseado no modelo conceitual [1], que tem o propósito de ser usado como uma ferramenta auxiliar para a pesquisa com seringueira com enfoque sistêmico, no Estado de São Paulo.

A importância da modelagem da dinâmica de sistemas, como ferramenta para a pesquisa científica e tecnológica para o Programa de Seringueira de São Paulo, reside em criar consenso sobre o sistema, entre os participantes do processo de modelagem; facilitar o estabelecimento de prioridades para os programas de pesquisa; testar *ex ante* as hipóteses dos experimentos, melhorando o planejamento dos delineamentos experimentais; e avaliar o impacto da inovação tecnológica nos sistemas de produção e na cadeia de produção.

O objetivo específico é o de construir um modelo computacional de dinâmica de sistemas que permita simular cenários da evolução da Coleção de Germoplasma para diferentes esforços de coleta, intercâmbio e preservação. Estabelecer estratégias de ampliação, manutenção e conservação da Coleção de Germoplasma para suporte ao Programa de Seringueira de São Paulo.

Neste trabalho, apresenta-se o modelo computacional da dinâmica da evolução da Coleção de Germoplasma, conforme formulado no modelo conceitual [1]. Descreve-se a estrutura básica do modelo; apresenta-se o diagrama de estoques e fluxos e as equações do modelo; descrevem-se como os dados experimentais são extraídos para a parametrização do modelo e apresentam-se os resultados da calibração do modelo.

## 2. METODOLOGIA DA DINÂMICA DE SISTEMAS

A estrutura de um modelo computacional de Dinâmica de Sistema contém as variáveis de estoques (que representam o estado do modelo em um determinado tempo) e as variáveis de fluxos (que representam as taxas de mudanças dos estoques). As variáveis de estoque são as acumulações (ou inventários) de um sistema, enquanto que as variáveis de fluxo representam os fluxos nos sistemas (ou taxas de ordem de produção) as quais são os subprodutos dos processos de tomada de decisão. A estrutura do modelo e as variáveis que quantificam suas inter-relações são representadas pelos diagramas de estoque-fluxo, conhecidos como Diagramas de Forrester. A especificação matemática de um diagrama de estoque-fluxo, na Dinâmica de Sistemas, ocorre por meio de um sistema de equações diferenciais o qual é numericamente resolvido durante a simulação do modelo computacional [4 e 5]. O modelo computacional que apresenta o diagrama de Forrester do sistema

e executa a simulação do modelo “Coleção de Germoplasma” foi construído no software Simile o qual foi escolhido por apresentar algumas vantagens para a modelagem de sistemas complexos em relação a outros softwares.

## 2.1. OBJETIVO DO MODELO

Objetivo do modelo computacional é o de simular cenários da evolução da Coleção de Germoplasma para diferentes esforços de coleta, intercâmbio e preservação, para auxiliar no estabelecimento de estratégias de ampliação, manutenção e conservação da Coleção de Germoplasma como suporte ao Programa de Seringueira de São Paulo (APTA/IAC).

## 2.2. LIMITE DO MODELO

O modelo se restringe aos aspectos macros do “sistema de recursos genéticos” que influenciam na diversidade da coleção de germoplasma de seringueira que é fundamental para o sucesso do programa de seringueira. Suas principais variáveis são: área da floresta amazônica, desflorestamento, gene pool de Hevea, coleta, intercâmbio, melhoramento genético, atributos das progênesis selecionadas e coleção de germoplasma.

## 2.3 COMPORTAMENTOS DAS VARIÁVEIS

O desflorestamento da Floresta Amazônica causa a redução do gene pool. As tendências de desflorestamento são apresentadas em estudos do INPE, conforme mostra a **Figura 1**. No período de 1988 a 2010 estima-se que foram desmatados 385.234 km<sup>2</sup> na Amazônia Legal.



Fonte dos dados: Projeto PRODES [6].

**Figura 1.** Tendência de desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira.

O comportamento do estoque de gene pool é influenciado positivamente pela evolução genética das populações no ambiente natural e negativamente pelo desflorestamento. A estimativa de inventário florestal de seringueira natural, para toda a Amazônia, é baseada em estudos disponíveis. O inventário florestal na Floresta Estadual do Antimari (FEA), localizada no centroleste do estado do Acre, com 66.168 ha,

mostrou que 544 estradas de seringa, com média estimada de 114,5 árvores de seringueiras por estrada, portanto, com 0,94 árvores de seringueira por hectare [7 e 8]. “A seringueira encontra-se distribuída em toda a área da FEA, predominando *Hevea brasiliensis*” [7]. Com base nos dados disponíveis para *Hevea brasiliensis* (seringueira), uma espécie com densidade de indivíduos por hectare muito baixa (muito rara) da Amazônia, calcula-se o tamanho mínimo de área para conservação dos recursos genéticos arbóreos tropicais. Para tais árvores, o tamanho de uma população ocupa uma área de 25 mil hectares, já que se tem considerado um número mínimo de 500 indivíduos não endogâmicos para representar uma população para a conservação. Para uma área de 100 hectares de floresta onde ocorre a seringueira, tem-se em média uma área total de 400 hectares de floresta, ou seja, para cada unidade de área onde ocorre a espécie, existem três unidades sem a espécie [9].

## 3. DESCRIÇÃO BÁSICA DO MODELO

Identificam-se no modelo conceitual [1] dois submodelos, que interagem entre si, de interesse para a construção do modelo computacional. O primeiro submodelo, denominado de “Conservação” contém as variáveis que representam os estoques de gene pool de seringueira na Floresta Amazônica que depende do estoque de área de floresta existente em cada momento. O estoque de gene pool abastece o estoque de populações, com diferenciação genética, ainda disponível para coleta de novos materiais que abastecerão a coleção de germoplasmas.

### 3.1. MODELO COMPUTACIONAL: COLEÇÃO DE GERMOPLASMA

A complexidade do sistema que envolve o uso e a formação de coleção de germoplasma resultou na formulação de hipóteses dinâmicas, designando-se os limites do sistema, o comportamento das variáveis estado e os ciclos de retro-alimentação descritos nos itens acima. As hipóteses dinâmicas são formalmente apresentadas no modelo computacional, denominado de Coleção de Germoplasma de Seringueira, o qual foi construído com dois submodelos: Conservação e Coleção de Germoplasma, **Figura 2**.

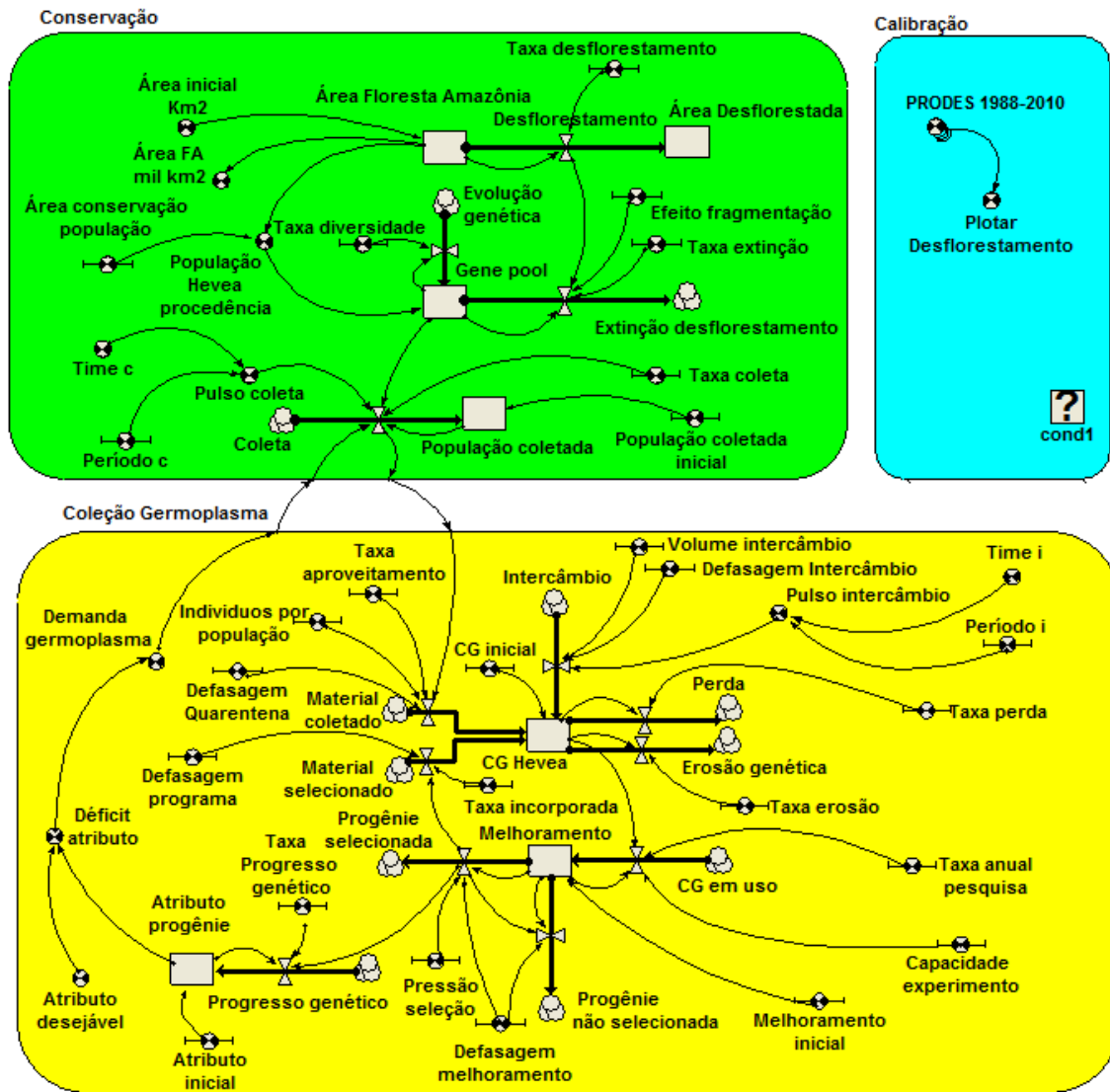


Figura 2. Modelo computacional do Sistema de Coleção de Germoplasma de Seringueira.

O submodelo Conservação contém a variável “Área Floresta Amazônia” que representa o estoque de floresta, em km<sup>2</sup>, que sofre o processo de desflorestamento a uma taxa anual igual a 0,00452, calibrada com dados do PRODES-IBGE [6] no período de 1988 a 2010. A variável “Área Desflorestada” acumula a perda de floresta no período simulado. A diversidade do “Gene pool” de seringueira, relevante para o melhoramento genético, tem como *proxis* o estoque de populações que apresenta evolução genética extremamente baixa, porém a extinção das populações é intensamente afetada pelo processo de desflorestamento e de fragmentação da floresta, representados pelo fluxo “Extinção desflorestamento”. Assume-se que a coleta de

material tem como foco as populações de seringueira potencialmente existentes na Amazônia Brasileira. O fluxo de coleta, por hipótese, pode ocorrer de modo contínuo ou esporadicamente gerando pulsos no comportamento do sistema e gerando um estoque de “População Coletada”, pois se assume apenas um evento de coleta por população.

O submodelo Coleção Germoplasma contém a variável “CG Hevea” que representa o estoque de germoplasma disponível para o programa de melhoramento da seringueira, o qual é afetado por três fluxos de entrada de material: Material coletado, Material Selecionado e Intercâmbio (que apresentam grandes defasagens no tempo) e por dois fluxos de saída de material: “Erosão

genética” e “Perdas”. Em função das prioridades da pesquisa, parte do estoque “CG Hevea” é usada no melhoramento (gerando um estoque de germoplasma na variável “Melhoramento”) produzindo-se um fluxo de “Progênie selecionada” (afetada pela taxa de “Pressão de seleção”) que em parte será incorporada à “CG Hevea”. As progênies selecionadas e recomendadas para os produtores, em cada ciclo de melhoramento que tem uma defasagem de 25 anos, contribuem positivamente para o fluxo de “Progresso genético” do programa de melhoramento de seringueira. A “Taxa de Progresso genético” de um programa de melhoramento, em termos anuais, pode ser estimada conforme método proposto por Vencovsky et al. (1986). O progresso genético gera um ganho no valor do atributo (variável estoque “Atributo progênie”), que, no modelo, é considerado como um índice na escala de 0 a 100. O progresso genético do programa de melhoramento tem comportamento sigmóide ao longo do tempo e continuará crescente até que se alcance o valor desejável do índice de atributo produtivo dos cultivares recomendados para plantio.

#### 4. RESULTADOS DE SIMULAÇÕES

Apresentam-se, neste trabalho, as estratégias para conservação e coleta de germoplasma de seringueira, priorizando a maximização da diversidade, estabelecidas para dois cenários de desflorestação: (A) “Base Line” e (B) “Governança” e dois cenários de coleção de germoplasma: (1) “Base line” e (2) “Gestão Estratégica” os quais formam quatro “storyline”. Outros cenários estão sendo trabalhados pela equipe de pesquisadores. Na construção dos cenários consideram-se as interações entre fatores de desflorestamento; esforços e periodicidade de introdução de acessos provenientes de coletas, intercâmbio e do programa de melhoramento; nível de atendimento de demanda por atributos; capacidade e recursos do programa de melhoramento. As simulações anuais compreendem um período de 70 anos a partir de 1988, devido a calibração do desflorestamento e por incluir o início do atual Programa de Melhoramento de Seringueira APTA/IAC. Os cenários de desflorestamento da Amazônia foram baseados nas tendências encontradas por [10].

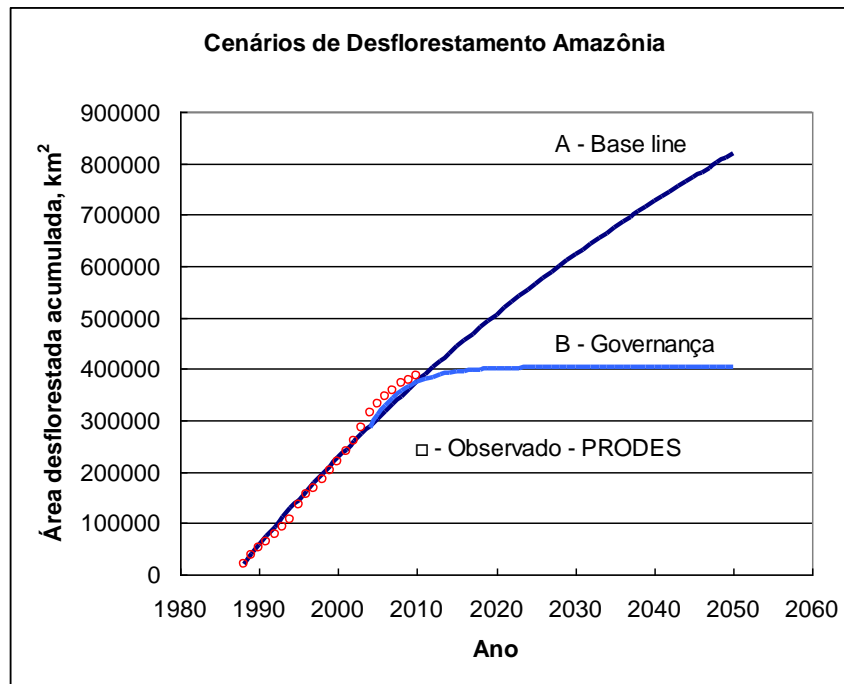
Tabela 1. Valores das variáveis do modelo para cada *storyline*..

Variáveis	Cenário Desflorestamento A		Cenário Desflorestamento B	
	Cenário Coleção 1	Cenário Coleção 2	Cenário Coleção 1	Cenário Coleção 2
Área inicial , km2, 1988 e 2004	3823093	3823093	3520666	3520666
Taxa_desflorestamento_anual	0,0049	0,0049	0,0237	0,0237
Máximo de desflorestamento, km <sup>2</sup>	2000000	2000000	404000	404000
Taxa diversidade	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
Taxa extinção	0,002	0,002	0,002	0,002
Taxa coleta	0,01	0,015	0,01	0,015
Área_conservação_população	1000	1000	1000	1000
População_coletada_inicial	20	20	30	30
Efeito fragmentação	1,15	1,15	1,15	1,15
Período coleta, anos	20	5	20	5
Volume intercâmbio, unid.	20	50	20	50
Defasagem Intercâmbio, anos	4	4	4	4
Taxa perda	0,02	0,015	0,02	0,015
Taxa erosão	0,01	0,01	0,01	0,01
Defasagem programa, anos	12	12	12	12
Taxa anual pesquisa	0,01	0,02	0,01	0,02
Pressão seleção	0,1	0,2	0,1	0,2
Defasagem melhoramento, anos	25	12	25	12
Taxa Progresso genético	0,01	0,012	0,01	0,012
CG inicial	100	100	100	100
Melhoramento inicial	10	10	50	50
Defasagem Quarentena	5	5	5	5
Indivíduos por população	1000	1000	1000	1000
Período intercâmbio	10	5	10	5
Taxa aproveitamento	0,025	0,05	0,025	0,05
Taxa incorporada	0,1	0,1	0,1	0,1

A “storyline” A1 é o “Base Line” que considera as tendências históricas de desmatamento no período de 1988 a 2010 e de evolução histórica da coleção de germoplasma de seringueira do Instituto Agronômico de Campinas - IAC. O *storyline* A2 considera efeitos otimistas da governança sobre a proteção da floresta, seguindo as tendências observadas no período de 2004 a 2010 e a evolução histórica da coleção de germoplasma de seringueira do IAC. O *storyline*

B1 considera as tendências históricas de desmatamento no período de 1988 a 2010 e ampliação nas ações para aumentar a diversidade da coleção de germoplasma. Finalmente o *storyline* B2 considera efeitos otimistas da governança sobre a proteção da floresta e ampliação nas ações para aumentar a diversidade da coleção de germoplasma. Os valores assumidos para as variáveis do modelo, para cada *storyline*, são apresentados na Tabela 1.

### Simulação do Desflorestamento da Floresta Amazônica.



**Figura 3.** Desflorestamento da Floresta Amazônica, em termos de área de floresta, em hectares, acumulada a partir do ano de 1988. Os dados simulados (linhas contínuas) foram ajustados aos dados de desflorestamento bruto do PRODES (linha pontilhada). No modelo, a área desflorestada é representada pelo compartimento de estoque denominado de “Área Desflorestada”.

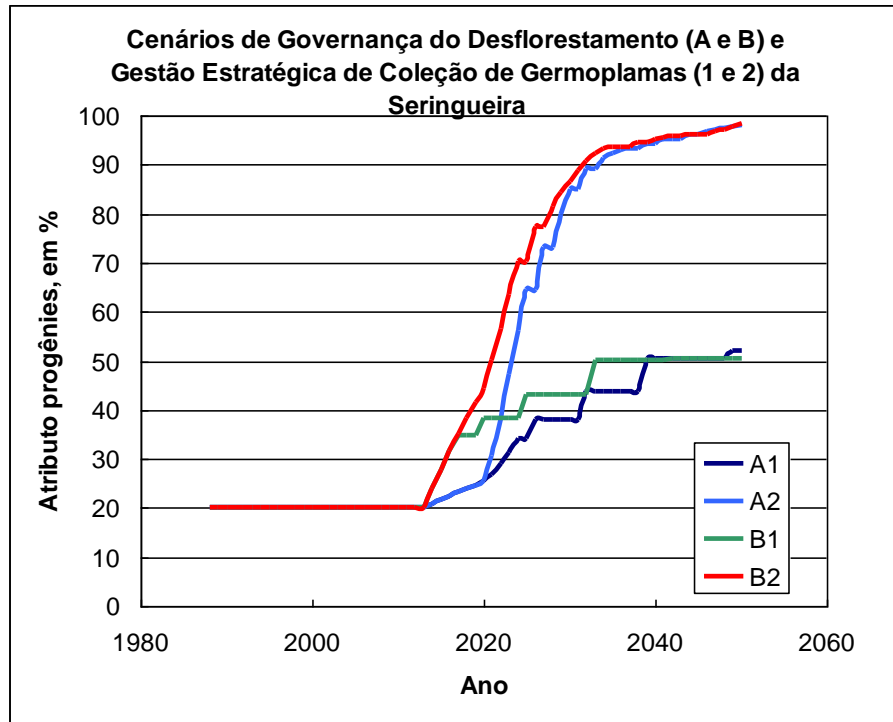
As projeções para o desflorestamento da Floresta Amazônica diferem muito em termos de cenários, se a tendência histórica continuar (Cenário A) poderá haver uma área de floresta desmatada acumulada de 900 mil km<sup>2</sup> no ano de 2050. O que representa 100% do se obteria de o cenário otimista (B Governança) prevalecesse, Figura 3. [11].

A tendência projetada pelo cenário otimista vem se confirmando conforme dados atuais sobre o desmatamento da Amazônia Legal Brasileira. O Sistema de Alerta de Desmatamento – SAD – considera que o “calendário de desmatamento” se inicia no mês de agosto e termina no mês de julho de cada ano. O mês de agosto de 2012 teve uma redução de 3% (232 km<sup>2</sup>) na área desmatada em relação a agosto de 2011 (239 km<sup>2</sup>). Dados de

período anterior também indicam diminuição nas taxas de desmatamento. O desmatamento acumulado no período de agosto de 2011 a janeiro de 2012 totalizou 600 km<sup>2</sup>. Houve uma redução de 30% em relação ao mesmo período do ano de 2011 quando o desmatamento acumulado foi de 856 km<sup>2</sup> [12].

A tendência de diminuição do desmatamento da floresta amazônica que se manifesta desde 2004 tem como principais causas a maior intensificação pelo poder público da fiscalização e monitoramento de queimadas e mais recentemente devido à crise financeira mundial que diminuiu a demanda por produtos agropecuária da Amazônia.

### Simulação da dinâmica dos atributos das progênes



**Figura 4.** Simulação da dinâmica dos atributos das progênes para os cenários de governança do desflorestamento da Amazônia e de gestão estratégica da coleção de germoplasma.

Observa-se na Figura 4, para os cenários estabelecidos, que a governança do desflorestamento (curvas B) afetam positivamente os atributos das progênes em relação aos efeitos do desflorestamento, considerando sua tendência histórica. Isto ocorre por que a governança permite maior conservação do “gene pool” ampliando as possibilidades de introdução de materiais coletados e consequentemente aumentando a diversidade da coleção de germoplasma e melhor eficiência do programa de melhoramento. O efeito do desflorestamento não é muito intenso devido à imensidão da floresta amazônica conter muitas populações de seringueira; estima-se que atualmente foram coletados materiais em apenas 0,5% destas populações.

A gestão estratégica da coleção de germoplasma considera maior frequência de coleta de germoplasma associado com melhoria e ampliação das atividades do programa de melhoramento da seringueira, dentre elas aumentar o intercâmbio de clones, ampliar a coleção com clones superiores obtidos no Programa de Melhoramento, aumentar a capacidade de experimentação (cruzamentos e

testes de progênes) e melhoria nas técnicas de trabalho incluindo cuidadosa manutenção das coleções de germoplasma. Os efeitos esperados levam ao crescimento exponencial dos atributos desejados das progênes. Sendo este o ponto de alavancagem do sistema [5]. Estima-se que a gestão estratégica pode produzir progênes com os atributos desejados no ano de 2040. Por outro lado, se nada for melhorado, no mesmo período seriam obtidas progênes com apenas 50% dos atributos potenciais.

Estratégias gerais para a coleção de germoplasma.

- 1 – Realizar expedições de coleta de materiais de modo contínuo.
- 2 – Ampliar e facilitar o intercâmbio internacional de clones.
- 3 – Intensificar as atividades de cruzamento de materiais.
- 4 – Intensificar as quantidades de clones em experimentação.
- 5 – Ampliar a equipe de trabalho incluindo pesquisadores e auxiliares.



6 – Implementar técnicas de melhoramento que diminuam o processo de avaliação e recomendação dos clones.

A equipe trabalha com simulações específicas para avaliar os impactos das variáveis do modelo e auxiliar no estabelecimento de linhas e projetos de pesquisa em seringueira.

## 5. CONCLUSÕES

A modelagem participativa da dinâmica do sistema de coleções de germoplasma permite criar consenso entre os pesquisadores da equipe sobre o sistema e estabelecer estratégias para políticas de pesquisa.

A redução do desflorestamento da Amazônia contribui para aumentar a eficiência do Programa de Melhoramento da Seringueira.

A gestão estratégica da coleção de germoplasma permite a alavancagem do sistema, possibilitando atingir o potencial de produção da seringueira com maior eficiência.

O desflorestamento da Amazônia e a não adoção de políticas que implementem as estratégias avaliadas limitam a obtenção de progênies com 50% do potencial no ano de 2050, caso contrário se alcançaria 95% do potencial no ano de 2045, mas com ganhos significativos nos próximos 10 a 15 anos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ambrósio, L. A., Gonçalves, E. P. & Martins, A. L. M. 2012. Modelo Computacional da Dinâmica da Coleção de Germoplasma. **In Anais...X Congresso Latinoamericano de Dinâmica de Sistemas - III Congresso Brasileiro de Dinâmica de Sistemas**, Brasília.
- [2] Le Guen, V., Doare, F., Weber, C. and Seguin, M. 2009. Genetic structure of Amazonian populations of *Hevea brasiliensis* is shaped by hydrographical network and isolation by distance. **Tree genetics and genomes**, 5 (4) : 673-68.
- [3] Damania, Adib B. 2008. History, Achievements, and Current Status of Genetic Resources Conservation **Agron. J.** 100:S-27–S-39.
- [4] Senge, P.M. 1990. **The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization**. New York: Doubleday, 1st edition. 424 p.
- [5] Sterman, J.D. 2000. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex**

**World**. USA: Chicago, IL. McGraw Hill companies. 982 p.

[6] Projeto PRODES. 2011. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. INPE/MCT. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodesindex.html>, acesso em 25 de fevereiro de 2011.

[7] Silva, J. de A. 2002. Inventário de seringueiras nativas numa área da Amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**. V. 9, n.1, p.110 - 118, jan./dez..

[8] SEIAM. 2006. **Sistema Estadual de Informações Ambientais do Acre**. Disponível em: <http://seiam.ac.gov.br>. Acesso em: 25/09/2006.

[9] Seoane, C. E. S. 2007. **Efeitos da Fragmentação Florestal sobre a Genética de Populações de Guarantã**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Florestas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Colombo – PR. Documento 159. 80 p.

[10] Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C., Curran, L.M., Cerqueira, G.C., Garcia, R.A., Ramos, C.A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P. & Schlesinger, P. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. **NATURE**. Vol 440.

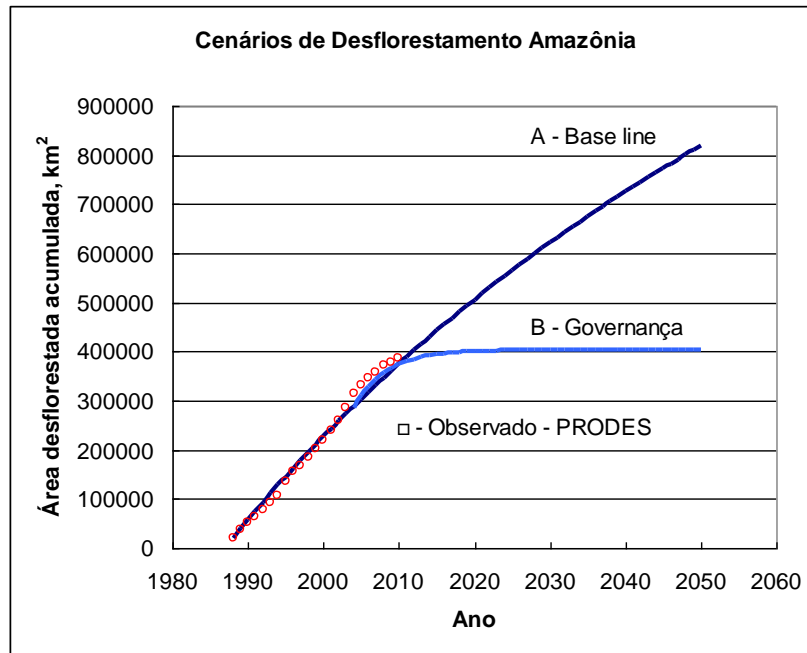
[11] Hayahi, s. et al. 2012. Boletim do Desmatamento (SAD), Janeiro de 2012. Belém. **IMAZON. Boletim Transparência Florestal Amazônia Legal**. Janeiro de 2012. (p.13). Disponível em <http://www.imazon.org.br/publicacoes/transparencia-florestal/boletim-do-desmatamentod-sad-janeiro-de-2012>. Acessado em 10 de setembro de 2012.

[12] Martins, H. et al. 2012. Boletim do Desmatamento (SAD), Setembro de 2012. Belém. **IMAZON. Boletim Transparência Florestal Amazônia Legal**. Setembro de 2012. (p.13). Disponível em <http://www.imazon.org.br/publicacoes/transparencia-florestal/boletim-do-desmatamentod-sad-janeiro-de-2012>. Acessado em 15 de outubro de 2012.

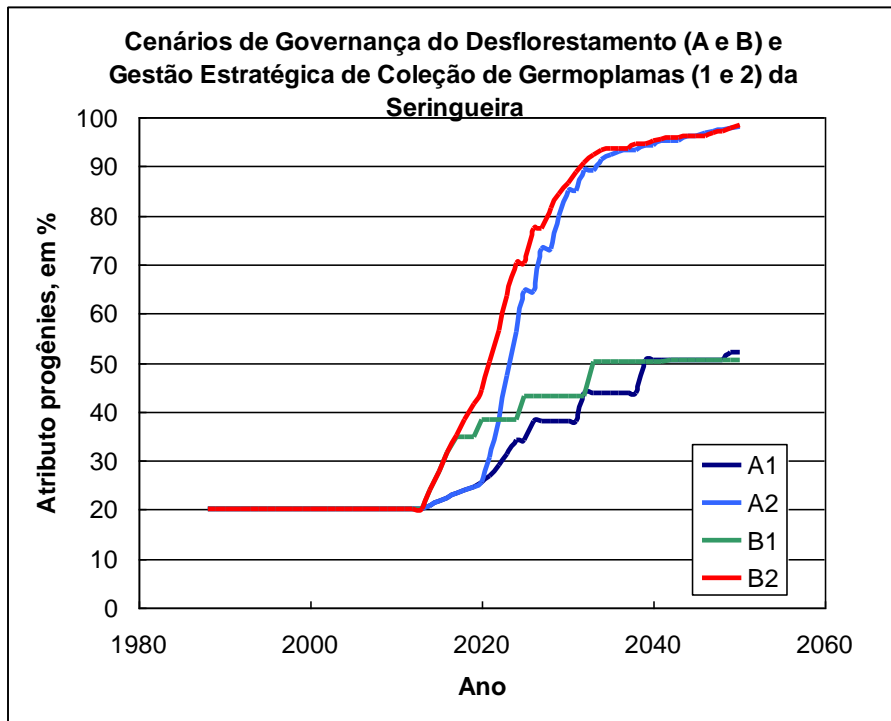


Tabela 1. Valores das variáveis do modelo para cada *storyline*..

Variáveis	Cenário Desflorestamento A		Cenário Desflorestamento B	
	Cenário Coleção 1	Cenário Coleção 2	Cenário Coleção 1	Cenário Coleção 2
Área inicial , km2, 1988 e 2004	3823093	3823093	3520666	3520666
Taxa_desflorestamento_anual	0,0049	0,0049	0,0237	0,0237
Máximo de desflorestamento, km <sup>2</sup>	2000000	2000000	404000	404000
Taxa diversidade	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
Taxa extinção	0,002	0,002	0,002	0,002
Taxa coleta	0,01	0,015	0,01	0,015
Área conservação população	1000	1000	1000	1000
População coletada inicial	20	20	30	30
Efeito fragmentação	1,15	1,15	1,15	1,15
Período coleta, anos	20	5	20	5
Volume intercâmbio, unid.	20	50	20	50
Defasagem Intercâmbio, anos	4	4	4	4
Taxa perda	0,02	0,015	0,02	0,015
Taxa erosão	0,01	0,01	0,01	0,01
Defasagem programa, anos	12	12	12	12
Taxa anual pesquisa	0,01	0,02	0,01	0,02
Pressão seleção	0,1	0,2	0,1	0,2
Defasagem melhoramento, anos	25	12	25	12
Taxa Progresso genético	0,01	0,012	0,01	0,012
CG inicial	100	100	100	100
Melhoramento inicial	10	10	50	50
Defasagem Quarentena	5	5	5	5
Indivíduos por população	1000	1000	1000	1000
Período intercâmbio	10	5	10	5
Taxa aproveitamento	0,025	0,05	0,025	0,05
Taxa incorporada	0,1	0,1	0,1	0,1



**Figura 3.** Desflorestamento da Floresta Amazônica, em termos de área de floresta, em hectares, acumulada a partir do ano de 1988.



**Figura 4.** Simulação da dinâmica dos atributos das progêneses para os cenários de governança do desflorestamento da Amazônia e de gestão estratégica da coleção de germoplasma.



[www.dinamica-de-sistemas.com](http://www.dinamica-de-sistemas.com)

## Libros

## Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



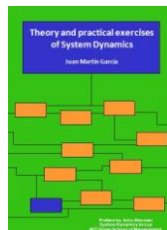
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



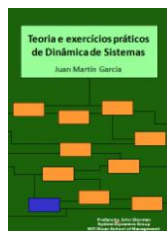
[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)