

CAPÍTULO

1

Produção de Borracha Natural de Seringueira: Histórico e Caminho a Seguir

Rivaldalve Coelho Gonçalves
Saulo Emilio Almeida Cardoso
Ivo Cairo Cabral Júnior

Foto: Rivadave Coelho Gonçalves



Introdução

A seringueira é uma árvore da família Euphorbiaceae na qual estão 11 espécies só no gênero *Hevea*. A espécie mais produtiva em látex é *Hevea brasiliensis* (Willd. ex. Adr. de Juss.) Muell. - Arg., e árvores dessa espécie podem atingir 50 m de altura total e 1,50 m de diâmetro à altura do peito (DAP) (Gomes; Albuquerque, 2000).

O interesse pela seringueira surgiu inicialmente desvinculado de seu valor econômico, uma vez que a borracha natural foi descoberta a partir de vários objetos de uso pessoal das primeiras nações da Amazônia e, só posteriormente, com a vulcanização, obteve-se a valoração econômica da borracha natural crua e sua classificação como matéria-prima. Muito tempo depois, desenvolveu-se também o mercado de madeira serrada de seringueira que hoje representa um importante espaço econômico de valorização dessa árvore.

A descoberta da vulcanização representou um avanço significativo para a humanidade e pode-se dizer que é uma transformação química comparável a tão sonhada “fórmula” de transformar chumbo em ouro, pois a partir dessa descoberta sociedades inteiras se formaram em torno das riquezas geradas pela borracha natural.

Como se vê na mensagem de Charles Marie de La Condamine à Academia de Ciências de Paris, feita em 1736, o preparo de folhas defumadas, calçados, bolas, bolsas e outros objetos era conhecido pelos Omáguas, nação indígena peruana, bem como pelas primeiras nações indígenas do Pará. Em uma tradução livre, o relato pode ser assim descrito:

Muitos são os outros usos que desta resina fazem os Omáguas, no centro da América do Sul e que têm se espalhado pelos índios do Pará, onde os portugueses deram à árvore que a produz o nome de pau-seringa, porque dela se fabrica “jeringa” (=moringa), em forma de pequeno globo no qual se adapta uma cânula. Moldam também figuras de animais, bolas vazias e bolas maciças, adornadas de relevo e de diferentes maneiras, balões para licores, à semelhança das perras de couro para a chicha que em português se chama borracha, daí que na língua portuguesa se chama borracha o produto de *Hevea* ou seringueira, reservando o nome caucho para extrativos de outras árvores. Como os mexicanos, os Omáguas cobrem as suas telas com esta substância à semelhança dos encerados de hoje e preparam sapatos impermeáveis aos quais a defumação lhes dá o mesmo aspecto do couro. (La Condamine, 1736, tradução nossa).

Primeiros problemas de pesquisa e primeiras patentes

Os primeiros problemas de pesquisa que surgiram foram aqueles relativos à transformação da borracha natural defumada em uma borracha com propriedades físicas e químicas apropriadas aos produtos industriais desejados na época da revolução industrial.

As tentativas de utilizar a borracha natural na fabricação de objetos para uso diário tinham como impedimento a alteração rápida nas propriedades físicas dos produtos. Portanto, estava claro para os cientistas da época o problema de pesquisa: a borracha natural de seringueira em condições de alta temperatura derrete e em baixa temperatura endurece ao ponto de inviabilizar seu uso. Além desse fato, os produtos da borracha natural sofrem a degradação microbológica quando não devidamente tratados. Portanto, os cientistas iniciaram as investigações para atingir uma meta primária que era obter um produto com alta resistência às variações de temperatura e à degradação microbológica. Em 15 de junho de 1844 foi concedida a Patente US3633, nos Estados Unidos da América, ao inventor da vulcanização, Charles N. Goodyear, que descreveu o processo em detalhes, incluindo proporções, preparo dos ingredientes, equipamento e método utilizado. Ele também resumiu seu invento da seguinte forma: “Inventei uma nova e útil maneira melhorada de preparar tecido de borracha natural”.

Tendo assim descrito completamente a natureza do processo pelo qual eu preparei o meu tecido de borracha melhorado, eu declaro que não reivindico agora a combinação de enxofre com a borracha, quer na proporção da sua designação ou em qualquer outra, tendo sido esta combinação objeto de uma patente concedida a mim em 24 de fevereiro de 1839. (Goodyear, 1844, tradução nossa).

A vulcanização em seu método primário é uma tecnologia bem distinta do tratamento que os índios faziam do látex com a fumaça (transformação do látex em borracha extremamente durável). Entretanto, é possível deduzir que a descoberta da vulcanização pode ter partido de ensaios que continham componentes normalmente encontrados na fumaça, a exemplo do enxofre, os quais eram misturados isoladamente ou em combinações ao látex em reações químicas com aquecimento progressivo até se descobrir a mistura perfeita e o tecido perfeito para as diferentes finalidades. Assim, estabeleceu-se um método factível para a indústria em grande escala vulcanizar a borracha, ao ponto de atender a qualidade dos produtos industriais desejados, de suportar alta pressão, alta tensão, plasticidade, altas e baixas temperaturas bem como a resistência à degradação microbológica. Parte do processo de vulcanização original, portanto, foi definido pela mistura de látex + enxofre + carbonato de

chumbo ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$), naturalmente como hidrocerussita, sob aquecimento, até a obtenção da borracha resistente.

Superado o impedimento tecnológico para a fabricação de bens duráveis, transcorreu a fase de criação dos mais diferentes objetos para a composição de produtos utilizados por toda a humanidade, como, por exemplo, pneus, câmaras, autopeças, peças de eletrodomésticos, mangueiras, luvas, calçados, curativos, folha de isolamento, contraceptivos de barreira e outros. Deve-se reconhecer, no entanto, que o desenvolvimento de cada produto tecnológico que tem borracha natural em sua composição constitui trabalho oriundo sempre a partir de um problema de pesquisa a ser resolvido.

Vale registrar que a primeira patente de pneu foi concedida em 1891 a Edouard Michelin, na França, e ao mesmo detentor em 1893, nos EUA, no código US497453A. O pneu foi descrito à época como um produto composto de uma câmara de ar elástica, formada por um tubo completo envolto por uma capa protetora externa feita em camadas que, além de envolver a câmara de ar, formam a superfície de rolamento e fixam-se à roda por meio de suas bordas internas. Em 1888 o cirurgião veterinário de Belfast John Boyd Dunlop patenteou o pneu de bicicleta (Priyadarshan, 2011), e o pneu para diversos veículos foi patenteado em julho de 1894 também nos EUA sob o código US523270 por esse inventor, apesar da patente anterior. Desde então, a exemplo de outras grandes invenções da humanidade, o mundo nunca mais foi o mesmo e tornou-se dependente da borracha natural de seringueira. Apesar de parecer uma tecnologia simples, fácil de inventar e desprovida de qualquer possibilidade de evolução, o pneu ainda hoje continua a ser modificado em sua forma e composição para se adequar a diferentes situações de mercado definidas por critérios de sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Os demais problemas de pesquisa surgiram primeiramente no Sudeste Asiático, para onde a seringueira foi levada em 1875 e os pesquisadores procuraram entender as técnicas apropriadas para o cultivo da seringueira. Entre essas técnicas foram observados como deveria ser realizada a domesticação da espécie, a tecnologia a ser utilizada para a sangria das árvores, o espaçamento entre as árvores na floresta plantada, a combinação de fertilizantes e época de aplicação, como controlar as doenças das árvores e outros. Nenhuma patente foi oriunda desses conhecimentos, processos e tecnologias, e ainda é relativamente baixa a frequência de proteção do conhecimento e de tecnologias empregadas no setor primário da economia, embora seja o que sustente em grande parte direta e/ou indiretamente o setor secundário e o terciário da economia mundial. No contexto de proteção de cultivares de seringueira, no entanto, é importante ter tecnologias sem proteção e de domínio público imediato, de modo a compensar, mesmo que parcialmente, as vantagens financeiras de outras cadeias de valor industrial e do setor terciário. Paralelamente ao mercado de tecnologias

livres, devem-se também proteger alguns clones para a arrecadação de recursos destinados a pagar parte dos investimentos feitos na pesquisa científica.

Da produção inicial de borracha natural à domesticação da seringueira

No Continente Americano, grande parte da borracha natural era obtida de seringueira e uma pequena parte era coletada de caucho (*Castilla elastica* C. C. Berg ou *Castilla ulei* Warb.), árvores presentes em floresta primária na Amazônia, à exceção de *C. elastica* existente na América Central.

Para abastecer a ávida indústria de produtos que utilizava a borracha natural de seringueira como matéria-prima, um grande esforço de exploração foi empreendido nas florestas da Bacia Amazônica enquanto não se tinha a domesticação da espécie florestal para romper com a inelasticidade da oferta do produto oriundo de extrativismo. Ao tempo da viabilidade econômica da borracha natural de seringueira em floresta primária, um intenso esforço de ocupação e colonização humana da região Amazônica foi dispendido pelas populações dos países detentores do germoplasma nativo (Pando, 2013), havendo inclusive forte disputa territorial intra e entre países nos locais de maior produtividade.

A borracha era produzida em países como o Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa (Pando, 2013). Contudo, houve relativo desenvolvimento das cidades localizadas na frente de exploração da borracha natural, muito mais, no entanto, nas capitais do Amazonas (Manaus) e do Pará (Belém). Deve-se citar também o desenvolvimento da cidade de Ibéria, no Departamento Madre de Dios, Peru, onde a escultura “Shiringuero”, estabelecida na Praça de Armas, valoriza a importância do ofício de extração de látex e lembra o importante histórico dos trabalhadores da floresta. A cidade de Puerto Maldonado, capital do mesmo departamento e localizada na margem posterior do Rio Madre de Dios (Rio Madeira) sentido Rio Branco-Cusco, também se desenvolveu sobremaneira à época. Na Bolívia, desenvolveu-se a cidade de Cobija, capital do Departamento de Pando, onde se estabeleceu o limite da fronteira com o Brasil após a assinatura do Tratado de Petrópolis, vindo a constituir um importante centro comercial até a atualidade.

No primeiro ciclo econômico brasileiro da borracha natural (1879–1912), o Brasil fornecia ao mundo grande quantidade de borracha natural de seringueira utilizada pela humanidade devido à distribuição natural da espécie na Bacia Hidrográfica do Amazonas e à extensão territorial do País. Os dados de exportação de borracha natural a partir do Brasil mostram um ponto inicial de 31 t em 1827 e um pico de 42.286 t em 1912. A partir desse ano, a quantidade exportada é decrescente até atingir apenas 500 t em 1967, ano em que a produção mundial de borracha natural foi de 2.522.500 t (Homma, 1989). Ainda assim, de 1887 a 1917 a borracha natural de seringueira era o segundo produto da pauta de exportações brasileiras (Homma, 1989). Por outro lado, a importação de borracha natural sólida se inicia em 1951 com 5.498 t (Homma, 1989), atinge 243.708,248 t em 2008 (MDIC) e em 2019 alcança 225.362,340 t (Brasil, 2020). Na análise de dados dos últimos 13 anos do ciclo da borracha (1879–1912) pode-se observar que a participação do Brasil no mercado externo foi de 53% em 1900 a 36% em 1912, atingindo o pico de 66% em 1901 e 1902 (Figura 1A). Pode ser que em anos anteriores a esse período a participação da borracha brasileira no mercado global tenha sido maior que 66%, mas a informação precisa carece de dados registrados e acessíveis nesse momento. A quantidade de borracha natural exportada pelo Brasil a taxas variáveis foi crescente por 34 anos (Figura 1B) (Homma, 1989). Em 1905, 99,7% da borracha natural produzida no mundo era da Amazônia e, em 1922, apenas 6,9%, em empreendimentos falidos (Drummond, 2009).

Contudo, a alta demanda por borracha natural de seringueira colocou a humanidade diante do segundo grande problema de pesquisa: a domesticação da seringueira para cultivo em grande escala fora da Floresta Amazônica. O extrativismo em floresta primária apresenta diferentes fases, ou seja, a fase de início e crescimento ou expansão da produção, a fase de produção estabilizada por um tempo e a fase de declínio da produção (Homma, 1990). Esse conhecimento, associado ao potencial de enriquecimento com o controle da maior parte da oferta da matéria-prima, pode ter sido o fator principal para a missão de coleta do material genético de seringueira em 1875. Como se viu no caso da seringueira, por uma questão de lógica econômica, previsível, as diferentes fases do extrativismo em floresta primária devem ser acompanhadas do progresso tecnológico com a domesticação das espécies para evitar o esgotamento do recurso natural, suprir a demanda do mercado quase sempre maior que a oferta e trazer o desenvolvimento econômico.

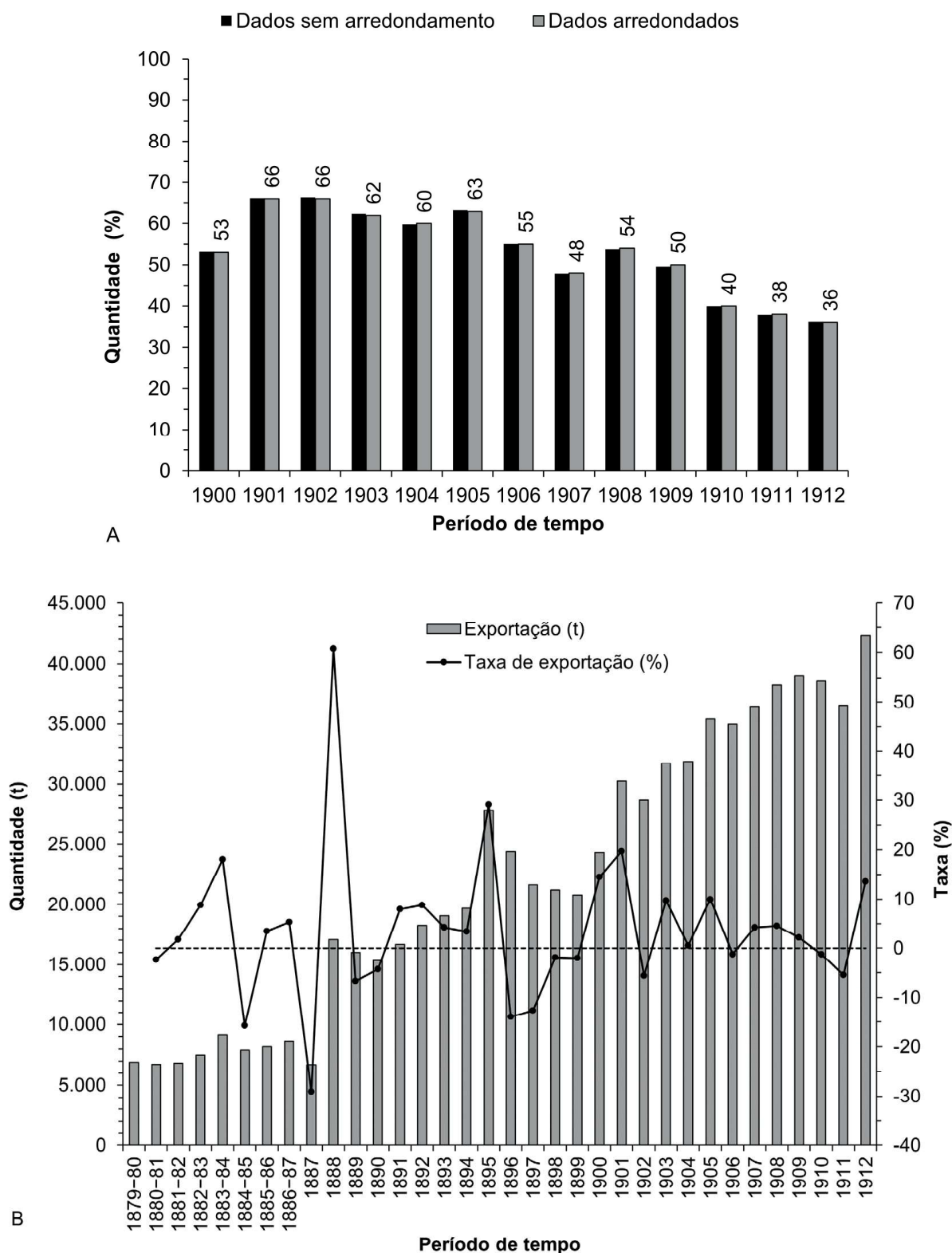


Figura 1. Razão entre a quantidade de borracha natural exportada pelo Brasil e a produção mundial no período de 1900 a 1912 (A) e quantidade de borracha natural exportada pelo Brasil no período de 1879 a 1912 com a respectiva taxa de exportação (B).

Os dados do ano de 1887 referem-se ao segundo semestre.

Fonte: Homma (1989).

Naquela época do extrativismo da borracha natural na Amazônia, parte do Sudeste Asiático era de colônias dos ingleses, holandeses e franceses, de modo que a domesticação da seringueira foi vista como o grande passo estratégico a ser dado. Após duas tentativas frustradas de transferência de sementes de seringueira para o Jardim Botânico de Kew, por outras pessoas, o inglês Henry Alexander Wickham transportou em 1876, do porto de Santarém, PA, aproximadamente 70 mil sementes embaladas em cestas de taquara forradas com folhas de bananeira silvestre para Londres, onde 2.889 sementes germinaram, ou seja, 4% (Dean, 1989; Clément-Demange et al., 2000; Priyadarshan, 2011). Desse total, 1.911 plântulas saudáveis foram transferidas para Sri Lanka (antigo Ceilão) e Cingapura (Priyadarshan, 2011) onde se iniciou a domesticação da seringueira com considerável base genética, portanto. Soma-se a esse fato a coleta de milhares de plântulas de seringueira na região de Belém na época (Clément-Demange et al., 2000) que também foram enviadas para o Sudeste Asiático (Sri Lanka, Malásia e Java) após quarentena vegetal, para formar a coleção de germoplasma inicial a ser utilizada na constituição de recursos genéticos. A transferência das sementes para Londres foi realizada 30 anos antes da descrição do fungo *Pseudocercospora ulei*, o maior risco biológico da seringueira e, mesmo assim, foram empregadas as medidas de defesa vegetal para evitar a transferência do patógeno do mal das folhas da seringueira e dos patógenos de outras doenças junto com as plantas.

O método de quarentena vegetal no Jardim Botânico de Kew, em Londres, foi decisivo para evitar a introdução do fungo *Pseudocercospora ulei* no Sudeste Asiático, dado que essas sementes colhidas no Vale do Rio Tapajós, local de ocorrência de seringueiras muito suscetíveis à doença mal das folhas da seringueira, podiam conter o fungo e transmiti-lo às mudas. O fungo *Pseudocercospora ulei* foi observado e coletado em 1900 por Ernst Heinrich Georg Ule no Brasil e no Peru e descrito por Paul Christoph Hennings em 1904, sem que provavelmente ainda não fosse prevista a dimensão do risco biológico que representava.

Dada a grande importância da cultura para a humanidade, novas introduções de germoplasma foram realizadas na Malásia em 1951, 1952, 1966 e 1995 e uma coleta bem ampla coordenada pelo Institute of Rubber Research and Development Board (IRRDB) foi realizada em 1981 (Clément-Demange et al., 2000). Para a Costa do Marfim (África), as introduções de seringueira foram por meio de clones obtidos de árvores de floresta primária amostradas em projetos executados em 1974 e 1985 que contavam com a participação dos governos do Brasil e da França (Clément-Demange et al., 2000).

Produção de borracha natural no Acre

A produção de borracha natural de seringueira a partir de floresta primária ainda continua a existir no Brasil e no Acre. A produção de látex líquido no sistema de produção de floresta primária está quantificada apenas a partir de 2009 no Acre (Figura 2A), com 69 mil quilogramas em 2009 e 93 mil quilogramas em 2014, enquanto a produção no Brasil é apresentada de 1990–2014 (Figura 2B).

A produção da borracha natural úmida (látex coagulado ou simplesmente coágulo) de seringueira em sistema de produção de floresta primária também apresenta uma taxa decrescente no Brasil, embora os dados do Acre mostrem taxa crescente de 2009 a 2014 decorrente da política pública de incentivo à produção com subvenção econômica. No Acre a produção que era de 11.844 t em 1990 foi para 177 t em 2014 (Figura 3A) e no Brasil a produção caiu de 22.896 t em 1990 para 1.446 t em 2014 (Figura 3B).

A produção brasileira total de 93 t de látex líquido mais 1.446 t de borracha úmida em floresta primária, em 2014, representa aproximadamente 803,6 t de borracha seca, produção correspondente a menos de 1.000 ha cultivados no Brasil, inclusive no Acre. A diminuição da exploração da borracha e do látex líquido na floresta primária é uma tendência histórica coincidente com o êxodo da floresta para as cidades por diversos motivos, entre eles, a diminuição de renda no sistema de produção em razão da baixa frequência de árvores por hectare. O incremento na produção de látex conservado em amônia foi uma resposta positiva no incentivo governamental que pagava a título de subvenção econômica diferentes valores por quilograma de borracha seca para o látex líquido (látex de campo), CVP e FDL (Tabela 1).

Essa política estatal só foi possível a partir da criação da Lei nº 1.277 de 13 de janeiro de 1999 (Lei Chico Mendes) que dispõe sobre concessão de subvenção econômica aos produtores de borracha natural bruta do estado do Acre, como um suporte legal à política pública de fixação de famílias no campo e conservação da floresta. Na Figura 4, observa-se como o mercado tem-se organizado para viabilizar o comércio do látex e da borracha natural de seringueira no Acre.

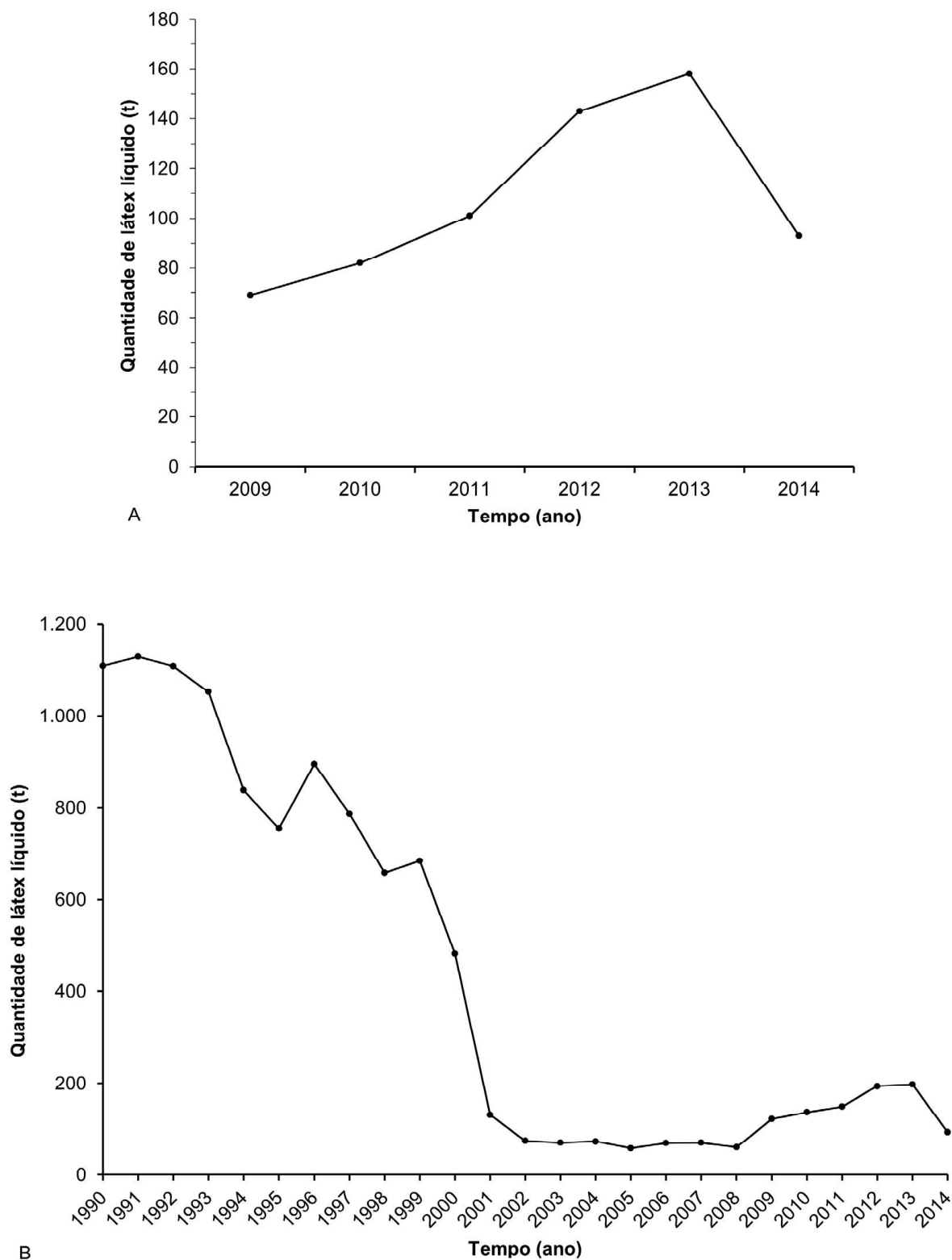


Figura 2. Produção de látex líquido (DRC≈40%) de seringueira a partir da floresta primária no Acre (A) e no Brasil (B) na série histórica de 1990 a 2014.

Fonte: IBGE (2016a).

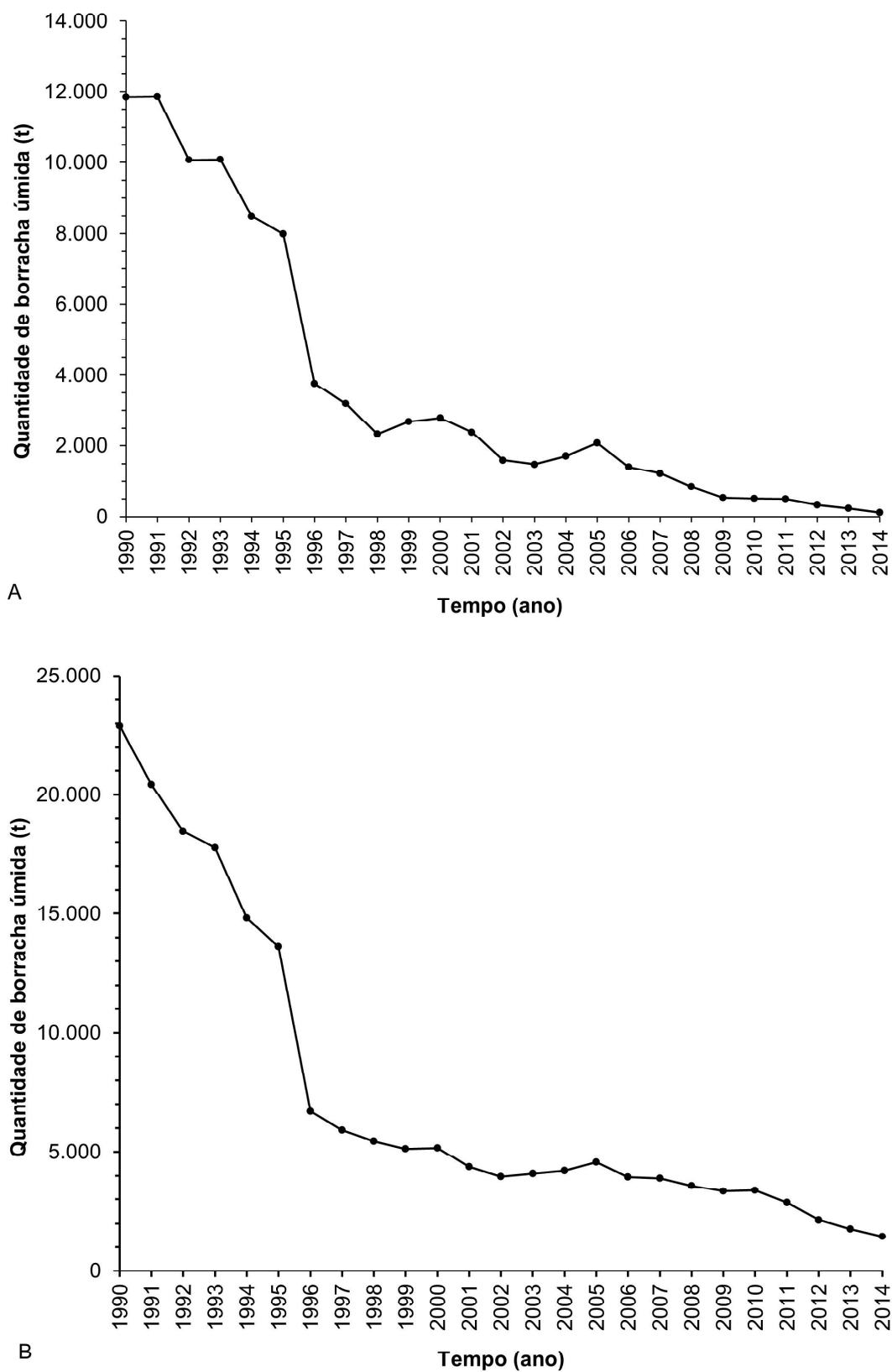


Figura 3. Produção de borracha natural úmida ($DRC \approx 53\%$) da seringueira em floresta primária no Acre (A) e no Brasil (B) na série histórica de 1990 a 2014.

Fonte: IBGE (2016b).

Tabela 1. Preço recebido pelo produtor de látex e borracha natural de seringueira no Acre durante a primeira fase de vigência da Lei nº 1.277 de 13 de janeiro de 1999.

Produto ⁽¹⁾	Sistema de produção	Preço de mercado local (R\$)	Subvenção econômica (R\$)	Total (R\$)
Borracha CVP	Floresta primária	3,82	0,90	4,72
Borracha CVP	Floresta plantada	3,82	0,70	4,52
Borracha FDL	Floresta primária	7,0	0,70	7,70
Látex de campo	Floresta primária	3,60	4,20	7,80

⁽¹⁾CVP = Coágulo virgem prensado. FDL = Folha defumada líquida.

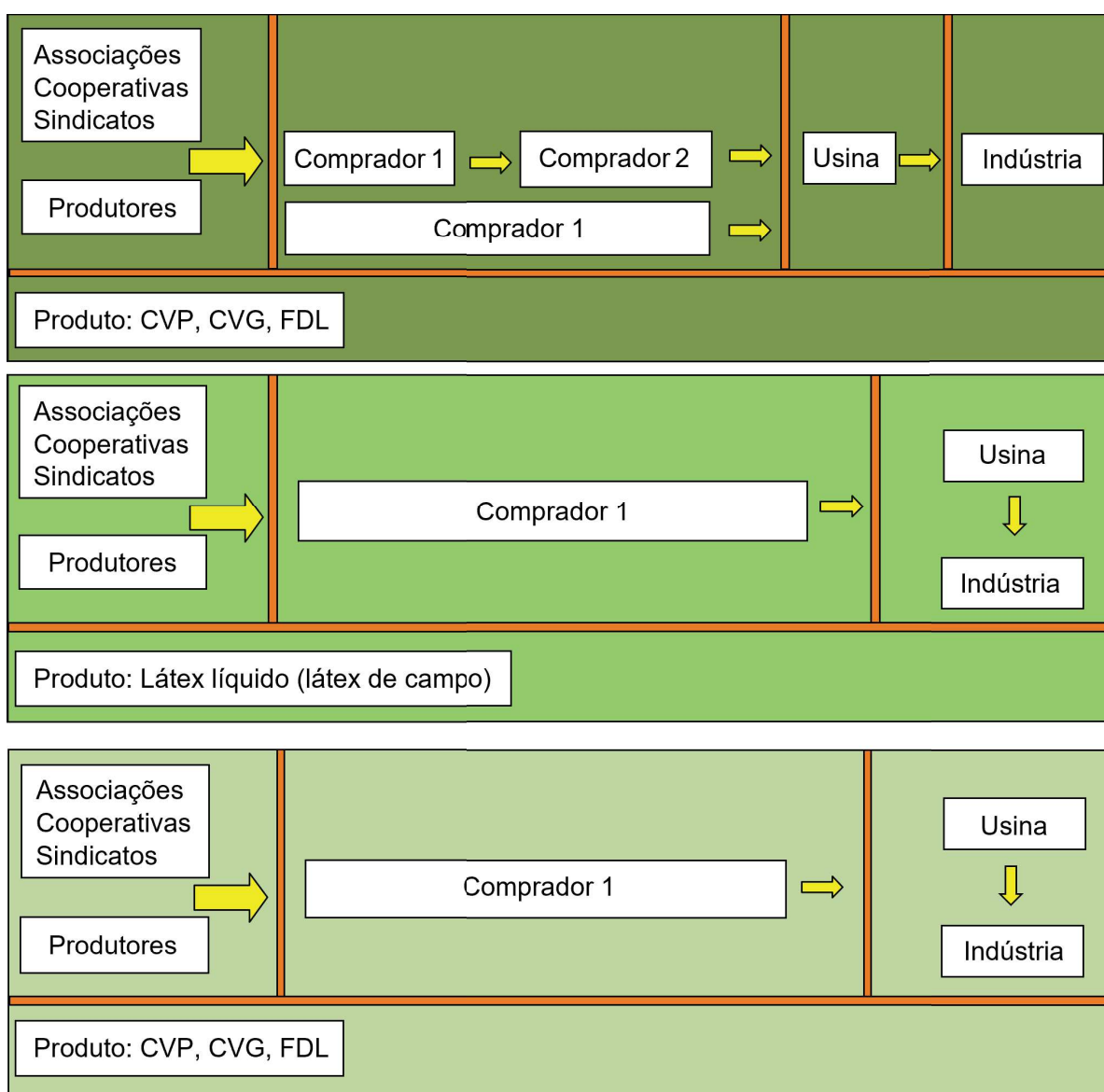


Figura 4. Organização e fluxo de produto na cadeia de valor do látex e da borracha natural de seringueira no Acre.

CVP = Coágulo virgem prensado. CVG = Coágulo virgem a granel. FDL = Folha defumada líquida.

Domesticação da seringueira no Brasil

A domesticação da seringueira ocorreu inicialmente no Sudeste Asiático, na Malásia, onde toda a tecnologia de melhoramento genético para a espécie foi criada e os primeiros clones primários foram produzidos e implantados paralelamente aos plantios seminais com sementes de árvores não melhoradas naquele país. Desse modo, uma ampla base genética foi estabelecida a partir da qual foram realizadas coletas de material propagativo com alto potencial de adaptação local e de sustentação contínua de programas de pesquisa focados na produção de borracha natural.

Paralelamente aos trabalhos no Sudeste Asiático, o Brasil, por meio do setor estatal, desenvolveu um grande esforço de pesquisa com resultados significativos. A primeira floresta de seringueira plantada experimentalmente no Brasil foi no estado da Bahia, em 1908, na Escola Agrícola São Bento das Lages, localizada no Recôncavo Baiano e dirigida por Leo Zehntner (Ceplac, 2017).

Em Santarém, no Pará, a Ford Company começou suas pesquisas e plantios em 1927 e o Instituto Agrônomo do Norte (IAN), criado em 1939, em Belém, PA, iniciou seus trabalhos no dia 7 de março de 1941. Para a Ford Company ganhar tempo, a estratégia adotada foi a introdução, em 1934, em Belterra, PA, de 53 clones selecionados em florestas da Goodyear localizadas em Sumatra, Indonésia (Dean, 1989).

Após surtos severos da doença mal das folhas da seringueira nas plantas das florestas da Ford Company e conflitos resultantes de dificuldades de acordo com os trabalhadores para seguirem um ritmo de trabalho determinado pela companhia, o empreendimento foi transferido para o governo do Brasil. O IAN foi convertido em cinco instituições assim identificadas: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte (Ipean) e Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP), localizados em Belém no Pará; Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Leste (Ipeal) e Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec), localizados na Bahia; e Instituto de Pesquisas Agropecuárias da Amazônia Ocidental (IPEAAOc), em Manaus, Amazonas.

Por meio da Lei nº 5.227 de 18 de janeiro de 1967 o governo do Brasil criou a Superintendência do Desenvolvimento da Borracha (Sudhevea), regulamentada pelo Decreto nº 77.386 de 5 de abril de 1976, quando então passou a ser efetivamente aplicada. Dentre as funções da Sudhevea estava a consolidação da heveicultura no País, e para tanto, além do apoio às pesquisas, foi dado suporte a um amplo programa de fomento denominado Programa de Incentivo à Produção de Borracha Vegetal (Probor), em três fases denominadas Probor I, Probor II e Probor III. Na Embrapa, o programa de pesquisa com seringueira também

teve considerável avanço no Centro Nacional de Pesquisas de Seringueira (CNPSe), criado em 1975, em Manaus (Embrapa, 1975), no qual foram tomadas as decisões relativas às atividades satélites, ou seja, atividades de pesquisa no Brasil que estavam fora e dentro do CNPSe.

Inicialmente, a programação de pesquisa do Ipean foi fundida e residida na FCAP, em Belém, e a programação de pesquisa do Ipeal foi incorporada à do Cepec em Ilhéus onde permanece ainda com excelentes resultados. Na área do ex-IPEAAOc, em Manaus, onde se instalou a Embrapa, foi recuperado em 1975 um jardim clonal com aproximadamente 80 plantas dos clones IAN717, IAN873, Fx3810, Fx3899, Fx4098 e PFB05 (Embrapa, 1975). Para se ter uma ideia do investimento na época no CNPSe, além do pessoal administrativo, havia uma equipe operacional considerável e três pesquisadores no primeiro ano de funcionamento para se dedicarem à pesquisa com seringueira (Tabela 2).

Tabela 2. Equipe de trabalhadores contratada pelo governo brasileiro para iniciar as pesquisas com seringueira no Centro Nacional de Pesquisas de Seringueira, em Manaus, Amazonas, em 1975.

Função	Quantidade
Pesquisador em Fitotecnia	1
Pesquisador em Fisiologia Vegetal	1
Pesquisador em Economia Agrícola	1
Técnico agrícola I	6
Mestre rural	1
Operário rural	2
Auxiliar rural I	20
Técnico de laboratório I	1
Técnico de laboratório II	1
Operador de máquinas e veículos I	3
Operador de máquinas e veículos II	1

Desde então, foram desenvolvidas várias tecnologias que permitem o cultivo da seringueira em locais de ocorrência do mal das folhas da seringueira (Moraes; Moraes, 2008; Moraes et al., 2008, 2013). Essas tecnologias são clones de alta resistência genética a *Pseudocercospora ulei* obtidos em pesquisa de melhoramento genético, os quais apresentam compatibilidade com clones de painel selecionados para cultivo em área livre ou de escape do mal das folhas da seringueira. A técnica de formação da planta tricomposta foi introduzida no Brasil em 1937 pelo fitopatologista da Ford, ex-funcionário do Serviço Florestal Americano,

James Robert Weir, quando atuava no projeto da empresa, no Pará, uma vez que havia utilizado essa técnica há uma década no Sudeste Asiático (Dean, 1989). A técnica, conforme Moraes e Moraes (1998), foi muito utilizada em experimentos em Manaus, no campo experimental da Embrapa, e em Pontes e Lacerda, Mato Grosso, na Fazenda Triângulo.

Na Embrapa, em Manaus, a tecnologia de planta tricomposta, que faz uso da enxertia de clone de copa resistente ao mal das folhas da seringueira, continua sendo desenvolvida pelo pesquisador Everton Rabelo Cordeiro e sua equipe, com importantes resultados obtidos (Cordeiro et al., 2011, 2012; Moraes et al., 2013, Cordeiro; Muniz, 2019). Em 2010, foi iniciado na Embrapa um grande projeto de transferência dessa tecnologia para alguns municípios estratégicos do Amazonas, com financiamento da Fundação de Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), tendo como objetivo viabilizar o emprego da tecnologia no campo.

A criação de muitos clones utilizados na enxertia de copa no Brasil e a implantação de muitos experimentos de plantas tricompostas contaram com o trabalho do pesquisador Vicente Haroldo de Figueiredo Moraes, da Embrapa Amazônia Ocidental, e sua equipe, que ao longo de muitos anos se dedicaram à pesquisa. Na Figura 5A observa-se um experimento instalado em Manaus pela equipe do pesquisador Vicente Haroldo de Figueiredo Moraes, utilizando muda do tipo toco alto de raiz nua enxertada com clone de copa, e na Figura 5B uma árvore tricomposta formada a partir de muda bicomposta enxertada diretamente no campo, em experimento de sistema agroflorestal, no Acre.

Na Fazenda Triângulo, estado do Mato Grosso, em 2011, chegou a ter 500 ha de plantas tricompostas tendo como clone de painel o RRIM600 e como clone de copa o IAN6543. A experiência com os talhões formados com essa tecnologia, PÉ-FRANCO+RRIM600+IAN6543, mostrou que esse tipo de árvore deve ser plantado apenas em linha simples e não em linha dupla, devido ao tamanho e à arquitetura da copa. Em 2009, foram feitas a visita ao experimento e o registro fotográfico da placa indicando o seu ano de montagem e as árvores do clone PR255 com visível variação diamétrica na linha próxima ao cafeeiro (Figura 6).

Para a aplicação da técnica de enxertia no campo, na Fazenda Triângulo, as hastes marrons, com as extremidades parafinadas, eram armazenadas em caixas de isopor e o pegamento era considerado baixo devido à dificuldade de manter as hastes resfriadas. A planta tricomposta formada por uma planta oriunda de semente que forma a raiz e o colo da árvore e mais dois outros clones, um sobre o outro, é sem dúvida a tecnologia de maior resistência genética descoberta até o momento para o controle de doenças foliares na seringueira.



Fotos: Rivaldaive Coelho Gonçalves

Figura 5. Árvores do experimento com plantas tricompostas de diversos clones na Embrapa, em Manaus, Amazonas (A), e do experimento implantado em Xapuri, Acre (B).

Foto: Rivaldave Coelho Gonçalves



Figura 6. Parte de um experimento implantado em 1997, destinado a avaliar a tecnologia de plantas tricompostas na Fazenda Triângulo, em Pontes e Lacerda, Mato Grosso, com 11.520 plantas, e parcela do clone PR255 (Proesfstation voor Rubber) em faixa com cafeeiro na aleia interior.

Na Bahia, essa tecnologia também foi desenvolvida e experimentada (Bahia; Gomes, 1981) e, no Acre, no início da década de 2000 foi realizado um trabalho com o objetivo de avaliar a eficiência das tecnologias clones de copa CPAA C18 sobre clones de painel Fx4098 e CNSAM7905, em área de produtor rural, sem sucesso, devido à taxa de pegamento da enxertia de copa ter sido menos de 10%. Posteriormente, também no Acre, foi reiniciado por duas vezes o trabalho de pesquisa para adoção da tecnologia de plantas tricompostas no campo experimental da Embrapa Acre, mas falhas em pegamento de enxertia de clones de painel geraram resultados insatisfatórios até o momento.

A ineficiência técnica na operacionalização da produção da muda da seringueira tricomposta, seja no campo definitivo ou em viveiro, exige mão de obra operacional, com habilidade, treinamento e dedicação quase exclusiva. No Acre, esses clones desenvolvidos na Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus, estão conservados em Banco Ativo de Germoplasma e representam um ativo econômico de alto valor para a sociedade acreana. Em algum momento esses clones podem compor as tecnologias experimentais e no futuro as tecnologias em uso em áreas de produtor. Posteriormente, outros estados brasileiros

perceberam a possibilidade de geração de renda no campo com o cultivo da seringueira e investiram em projetos de pesquisa e de extensão rural. Nos estados da Bahia, São Paulo, Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Mato Grosso, a heveicultura desenvolveu-se graças ao trabalho e à dedicação de pessoas com afinidade pela seringueira, associados ao sentimento de que essa planta representa um importante recurso da biodiversidade capaz de conciliar o desenvolvimento econômico, com justiça social e equilíbrio ambiental (Pereira, 1980; Pereira et. al., 2001; Marques et al., 2007; Virgens Filho, 2008; Galvêas, 2009; Oliveira et al., 2009; Gonçalves, 2010).

Contribuições da Bahia para a heveicultura nacional

O estado da Bahia, por meio do Cepec e da Michelin, apresenta importante contribuição para o cultivo da seringueira no Brasil, inclusive no Acre. O histórico do programa de melhoramento da seringueira no Cepec/Ceplac a partir da Estação Experimental Djalma Bahia (EDJAB) encontra-se relatado, e clones altamente produtivos e com resistência ao mal das folhas da seringueira estão disponíveis para a sociedade naquela região. Ressalta-se ainda que pesquisas de melhoramento genético para resistência ao mal das folhas da seringueira também foram realizadas no sul da Bahia (Bahia; Gomes, 1981) e somente a Ceplac desenvolveu um clone indicado para o cultivo com dupla finalidade de aproveitamento, ou seja, borracha natural e madeira (Marques, 2017).

Esse clone é o SIAL1005, de *Hevea brasiliensis*, recomendado para cultivo no sul da Bahia em sistemas agroflorestais, para sombreamento do cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). É importante observar que durante as avaliações das plantas para a seleção, o pesquisador José Raimundo Bonadie Marques considerou as características denominadas copa menos densa e ramos laterais mais fechados. Essas características somadas às atividades silviculturais de poda de ramos laterais até 8 m de altura determinam a arquitetura de copa ideal para cumprir a função de sombreamento qualificado ao cacaueteiro, além de permitir à árvore ter um fuste retilíneo de 8 m de altura, útil para a serraria ao final do ciclo econômico de produção da borracha. Outras características que o clone SIAL1005 apresenta é o vigor exuberante, a produtividade elevada, ausência de problemas fitossanitários significativos, alta tolerância à seca de painel, boa regeneração de casca e expansão em diâmetro mesmo após entrar em sangria estimulada (Marques, 2017).

Contribuições da Michelin para a heveicultura nacional

A Michelin é uma empresa mundialmente conhecida que atua na produção de pneus lisos, mistos e *off road* para veículos leves, veículos de carga, tratores agrícolas e máquinas diversas, além de pneus de avião. Por utilizar a borracha natural de seringueira como matéria-prima para a fabricação de pneus, a empresa também atua no melhoramento genético da seringueira. A Michelin iniciou seus trabalhos de melhoramento genético da seringueira em 1990 nas fazendas da Bahia e do Mato Grosso, que já eram da sua propriedade desde a década de 1980. Na Bahia, o projeto iniciou com a aquisição de uma fazenda de cerca de 9 mil hectares, anteriormente pertencente à Firestone, localizada em Igrapiúna, BA, denominada Fazenda Três Pancadas, devido à grande cachoeira existente no local. A fazenda foi compartimentalizada com destinação de 3 mil hectares para uma reserva natural de biodiversidade e mil hectares para pesquisas. Os 5 mil hectares restantes foram divididos em 12 propriedades médias de, aproximadamente, 400 ha cada e vendidas aos 12 funcionários mais graduados da empresa com financiamento do Banco do Nordeste. Contando com excelente infraestrutura de estradas, alto nível educacional dos proprietários, mão de obra qualificada para exploração, facilidade de escoamento da produção e acordo de compra da borracha, essa mudança de proprietário deu certo e poucas seriam as chances de dar errado.

A fazenda do Mato Grosso foi adquirida em 1981 com uma área de aproximadamente 10 mil hectares, onde originalmente foram desenvolvidos trabalhos de grande importância para a heveicultura nacional. Nessa plantação, localizada em uma área considerada apropriada para escape ou evasão por local, para o controle da doença mal das folhas da seringueira, foram realizados diversos cruzamentos entre materiais diferentes geneticamente por meio da técnica de “polinização artificial controlada” que possibilitou a criação de novos genótipos de seringueira atualmente plantados em campos de seedlings na Bahia e no Mato Grosso. Esse programa de melhoramento genético, formalmente denominado Programa CMB (Cirad-Michelin-Brasil) de Melhoramento Genético da Seringueira, desenvolvido pela Michelin com a cooperação técnica do Cirad, teve como base 36 clones de seringueira importados da Guatemala e da Libéria, pela Firestone, na década de 1970, além de 10 clones brasileiros, 15 asiáticos e 3 africanos presentes no Brasil.

O programa conta ainda com a participação, intermitente, de parceiros de grande importância na avaliação das tecnologias produzidas, para uso em outros locais no Brasil como a Embrapa nos estados do Acre e Goiás, a Ceplac na Bahia e no Espírito Santo e o IAC em São Paulo. Esse programa de melhoramento genético continua sendo realizado pela Michelin tendo à frente da pesquisa, desde 2013, o engenheiro-agrônomo Ivo Cairo

Cabral Júnior e uma equipe dedicada de 14 pessoas. Existem 9 campos de avaliação de seedlings (CAS), 7 campos de clones em grande escala (CCGE) e 12 campos de clones em pequena escala (CCPE) implantados na fazenda da Bahia. Quatro CCPEs já estão em sangria e com materiais genéticos que vêm apresentando resultados promissores em relação à produtividade e resistência ao mal das folhas da seringueira.

Na área de pesquisa do Mato Grosso ainda preservada e mantida pela Michelin, existem 10 CCPEs em avaliação de crescimento e produção, com objetivo de selecionar clones de alta produtividade para áreas consideradas escape ou evasão por local no Brasil.

O programa de melhoramento genético continua sendo realizado pela Michelin, na Bahia, tendo à frente do projeto o engenheiro-agrônomo Carlos Raimundo Reis Mattos e sua equipe (Tabela 3).

Tabela 3. Equipe de funcionários do programa de melhoramento de seringueira na empresa Plantações Michelin da Bahia Ltda., em Igrapiúna, Bahia.

Função	Número de funcionários
Gerente da pesquisa	1
Chefe do setor de pesquisa	1
Supervisor do laboratório	1
Supervisor de campo	1
Avaliador de campo	1
Supervisor dos ensaios de sangria	1
Operário de campo	4

Nessa equipe estavam Carlos Raimundo Reis Mattos, Saulo Emilio Almeida Cardoso, Luciano Santos da Conceição, Luan Santos Silva, Wilton Santos Silva e Marinaldo de Assunção Canela, entre outros que fizeram um grande trabalho no sul da Bahia, contando sempre com pesquisadores das melhores instituições de pesquisa do mundo. Por parte do Cirad, o programa contava com a participação dos pesquisadores Dominique Garcia, Vincent Le Guen e Franck Rivano. No auge do programa de melhoramento, a equipe operacional contava com 20 operários de campo, 6 funcionários de nível médio, 1 biólogo e 1 engenheiro-agrônomo. A área disponível para a pesquisa compreendia 53,02 ha em Itiquira, MT, e 934 ha em Ituberá, BA. Uma particularidade interessante do programa era que, por se tratar de uma região com histórico de epidemias severas do mal das folhas da seringueira, o método de seleção de plantas resistentes necessitava de algumas pulverizações de fungicidas nas

plantas até os 90 dias, para em seguida, passado o efeito residual dos produtos, serem iniciadas as avaliações de resistência e suscetibilidade.

Na Embrapa Acre, na fase de formação da primeira população de melhoramento genético, dentro do projeto denominado Melhoramento Genético de Seringueira no Brasil, as plantas estabelecidas em abril de 2016 não apresentaram intenso ataque de *Pseudocercospora ulei* e, portanto, não foi feito tratamento com fungicidas. O uso de fungicidas no estabelecimento de plantas de seringueira em programas de melhoramento depende de cada situação e tem-se optado por não aplicá-los nessa primeira fase.

O campo de seedlings da empresa Plantações Michelin da Bahia Ltda., tem espaçamento de 2 m x 2 m e apresenta 9 plantas de cada família por bloco e número variável de bloco em função do número de sementes de cada cruzamento. No CAS 06 (campo de avaliações de seedlings) foram plantadas as progênies resultantes dos cruzamentos entre si de 13 clones e mais os cruzamentos desses 13 clones com clones orientais (Tabela 4).

Tabela 4. Organização de famílias por cruzamentos de gametas de diferentes clones no programa de melhoramento da Michelin, utilizando três clones como exemplo didático.

Família	Descrição do cruzamento
1	Progênies do cruzamento do pólen do clone 1 no ovário do clone 2
2	Progênies do cruzamento do pólen do clone 2 no ovário do clone 1
3	Progênies do cruzamento do pólen do clone 1 no ovário do clone 3
4	Progênies do cruzamento do pólen do clone 3 no ovário do clone 1
5	Progênies do cruzamento do pólen do clone 2 no ovário do clone 3
6	Progênies do cruzamento do pólen do clone 3 no ovário do clone 2

Um campo de clones em pequena escala (CCPE) foi plantado em 2005 no espaçamento de 8 m x 2,5 m, mas a partir do CCPE 07 todos foram plantados no espaçamento 6 m x 3 m, sempre com 4 repetições de 10 plantas cada (Figura 7). Em alguns locais do CCPE, *Desmodium* spp. foi plantada e mantida como forrageira protetora do solo.

Em 2012, 80% da área de 10 mil hectares da fazenda da Michelin, localizada no Distrito Ouro Branco do Sul, município de Itiquira, no Mato Grosso, foi vendida para o Grupo Maggi, em uma negociação que teve por parte da vendedora a justificativa de que a fazenda não era lucrativa tanto quanto se esperava, devido à baixa produtividade decorrente do clima seco e à dificuldade em superar esse problema. A empresa chegou a ter aproximadamente 1.500 empregados envolvidos no negócio, no auge da produção e, na época, manteve apenas a área de pesquisa equivalente a 150 ha aproximadamente.



Foto: Rivaldaive Coelho Gonçalves

Figura 7. Experimento com clones de seringueira obtidos no programa de melhoramento genético Cirad-Michelin-Brasil (CMB), no município de Igrapiúna, Bahia.

Nos estudos da doença mal das folhas da seringueira na Bahia, realizados por Mattos et al. (2003), visando entender melhor as raças de *Pseudocercospora ulei*, é possível verificar por exemplo que o clone Fx2784 (F4542, *Hevea benthamiana* x Avros363, *Hevea brasiliensis*) é considerado altamente suscetível a uma única raça de *Pseudocercospora ulei*. Sendo essa questão de raça algo complexo para se definir nesse patossistema, é possível que esse clone apresente uma reação diferencial bem marcante como suscetível a um grupo de isolados de *Pseudocercospora ulei*. Mesmo assim, os estudos comprovaram que há isolados desse fungo com até dez fatores de virulência, e alguns isolados causam doença em severidade máxima em clones sul-americanos e em menor intensidade em clones orientais.

É necessário reconhecer que o programa de melhoramento genético da Michelin foi e continua sendo extremamente importante para a Bahia e para outros estados brasileiros, à medida que pode conter clones com estabilidade apropriada para cultivo em vários locais do Brasil. O fato é que esses clones precisam estar em um programa nacional de melhoramento genético para terem a possibilidade de constituir uma tecnologia para cultivo inclusive na Amazônia.

Contribuições de São Paulo para a heveicultura nacional

O programa de melhoramento da seringueira no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no estado de São Paulo, tem um histórico longo e profícuo e pode-se dizer que nasceu das observações de pesquisadores do IAC feitas em árvores de seringueira plantadas na Fazenda Santa Sofia, em Gavião Peixoto, onde se constatou a adaptação de *Hevea brasiliensis* àquela região. Essa floresta foi iniciada em 1917 com a germinação das primeiras sementes de seringueira, enviadas do estado do Mato Grosso, pelo Marechal Cândido Rondon ao Coronel José Procópio Ferraz, dono da Fazenda Santa Sofia. Já no início da década de 1940, atividades de melhoramento genético são realizadas com os primeiros plantios de seringueira no Centro Experimental Central de Campinas, Fazenda Santa Elisa, Campinas, SP, Pindorama e Ribeirão Preto para avaliações em experimentos em São Paulo (Scaloppi Junior et al., 2017).

Durante muitos anos e ainda hoje o trabalho de Paulo de Souza Gonçalves, pesquisador da Embrapa e ex-integrante da equipe do antigo Centro Nacional de Seringueira, localizado em Manaus, AM, foi fundamental no avanço do programa de melhoramento genético da seringueira. Em Campinas, em 2011, Paulo de Souza Gonçalves divulgou os clones da série 500 do IAC, de alta produtividade e precocidade de 5 anos para cultivo em região escape ao mal das folhas da seringueira (Gonçalves et al., 2011b), os quais eram comercializados pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. No grupo de clones da série 500 o clone IAC500 foi o que mais se destacou com 38% a mais de produção de borracha em relação ao clone RRIM600, além de apresentar baixa intensidade de danos por ventos, baixa incidência de secamento do painel de sangria, antracnose na folha e antracnose no painel (Gonçalves et al., 2011b). A produção total acumulada em 10 anos de sangria dos clones da série 500 mostra que o clone IAC502 produziu 10,96% a mais que o clone IAC500, mas ambos, separadamente, acumularam uma produção muito superior ao clone RRIM600.

Antes dos clones da série IAC500 (IAC15, IAC35, IAC40, IAC56) e das séries IAC100, IAC200, IAC300 e IAC400 foram desenvolvidos e estudados, e alguns desses se encontram recomendados para plantio em São Paulo, em pequena escala ou escala moderada, todos com alta produtividade, superior ao clone RRIM600, totalizando 31 clones IAC registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Em 2011, foi publicado em São Paulo um trabalho mostrando que a irrigação, combinada com bons tratamentos silviculturais, pode reduzir perdas nos dois primeiros anos e diminuir o tempo de formação da floresta de seringueira até a entrada em sangria (Gonçalves et al., 2011a).

Em 4 de dezembro de 2013 é assinado o Decreto nº 59.869 para a criação do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Seringueira e Sistemas Agroflorestais do IAC, em Votuporanga, na fazenda onde já vinha sendo realizada parte da pesquisa de melhoramento genético com a seringueira, em São Paulo, com um claro indicativo de que além de ser o maior produtor de borracha, o estado elevou a seringueira a um grau maior de importância para a sua economia. O Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais do IAC conta com um Banco Ativo de Germoplasma com aproximadamente 200 acessos e centenas de clones em avaliação em campo na própria fazenda.

Na Universidade Estadual de Campinas, a equipe liderada pela professora Anete Pereira de Souza prossegue nos estudos para a seleção de genes envolvidos na tolerância ao frio, além de construir um mapa genético molecular com marcador microssatélite (SSR) para a seringueira. As pesquisas realizadas por essa equipe têm como foco detectar no genoma da seringueira genes que favoreçam o crescimento das árvores em clima com estação de baixa temperatura e baixa umidade no solo onde está implantada a maior área de florestas de seringueira no Brasil. Essa abordagem da pesquisa tem como origem a aplicação da medida de controle do mal das folhas da seringueira denominada escape, pois a baixa temperatura média do mês mais frio (15 °C) limita o fungo *Pseudocercospora ulei* a produzir esporos em quantidade suficiente para surtos constantes.

É um trabalho de enorme valor para o Brasil e para o mundo, pois ao desenvolver um mapa genético dessa natureza cria-se a tecnologia consubstanciada em conhecimento e o know-how até então inexistente no Brasil para trabalhos com a seringueira utilizando marcador microssatélite. Vale ressaltar que esse trabalho também contou com a participação dos pesquisadores franceses, Dominique Garcia e Vincent Le Guen, do Centre Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), os quais desenvolveram e publicaram os primeiros *primers* microssatélites genômicos para a seringueira. Posteriormente, no Brasil, mais *primers* foram desenvolvidos e publicados, tornando possível a construção do mapa genético usando a população de indivíduos de mapeamento oriunda do cruzamento realizado pelo Cirad na Tailândia e implantado na fazenda da empresa Plantações Edouard Michelin, em Itiquira, no Mato Grosso. Esse trabalho de construção do mapa foi realizado em São Paulo, no Laboratório de Biologia Molecular e Engenharia Genética (CBMEG), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), liderado pela equipe da professora Anete Pereira de Souza.

Conforme se percebe, o desenvolvimento de tecnologias para o cultivo da seringueira teve maior esforço de pesquisa em região escape, e o esforço no desenvolvimento de cultivares para plantio em regiões com incidência constante de *Pseudocercospora ulei* (Amazônia e municípios localizados na região de Mata Atlântica) foi menor. Contudo, na Bahia,

estudos importantes foram realizados para entender a diversidade de raças fisiológicas do fungo *Pseudocercospora ulei* (Mattos et al., 2003), e tecnologias para o cultivo de seringueira consorciada com cacau produzidas pela Ceplac têm viabilizado uma heveicultura de sucesso, servindo como modelo para outros estados brasileiros, a exemplo de São Paulo que por meio de um centro de pesquisa exclusivo para a seringueira passou a adotar a estratégia de SAFs também no Vale do Ribeira, região de ocorrência do mal das folhas da seringueira.

Nova fase da pesquisa com seringueira no Brasil

Um grupo de pesquisadores de diferentes instituições, com predominância da Embrapa, reuniu-se em Brasília no ano de 2012, a pedido do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Empresa, para elaborar o projeto Melhoramento Genético da Seringueira no Brasil, contando com a valiosa colaboração do consultor externo professor Marcos Silveira Bernardes da Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq).

O projeto no formato de macroprograma foi elaborado e submetido para avaliação de revisores ad hoc, sendo liberado para execução no início de 2014. Grandes frutos foram colhidos desse projeto de melhoramento genético, o qual possibilitou aos pesquisadores o espaço institucional necessário para trabalhar com essa cultura de extrema relevância para a economia nacional e mundial, para o meio ambiente e o meio social. Em 2017, no *V Congresso Brasileiro de Heveicultura*, houve o merecido reconhecimento aos trabalhos realizados com a seringueira em Goiás pelo pesquisador Ailton Vitor Pereira (Embrapa), com apoio do grupo Moraes e Ferrari e da empresa OL Látex Ltda., consumando as avaliações de experimentos nos quais se avaliou a produção de borracha natural durante 10 anos.

Os resultados de produtividade de muitos clones são impressionantes e podem ser consultados em Pereira et al. (2017), como é o caso do clone PB312 na Fazenda Porteiras, município de Barro Alto, GO, o qual produziu em uma safra 4.753 kg de borracha seca por árvore em espaçamento de 6,0 m entre linhas x 3,0 m entre árvores. Também em Pontes e Lacerda, com apoio da família de Ovídio Miranda de Barros, da empresa Guaporé Agropecuária S.A., um estudo em experimento implantado em 1997 mostrou que vários clones são altamente produtivos naquele município e o PB312 chegou a 5.027 kg de borracha seca por árvore ao ano. Nenhum clone avaliado durante 11 anos produziu menos que 3,0 kg de borracha seca por árvore no espaçamento 13 m x 3 m x 2,5 m (Pereira; Fialho, 2017). Em 2013, o

engenheiro-agrônomo Carlos R. R. Matos deixa a empresa Plantações Michelin da Bahia Ltda. para dedicar-se aos negócios e à família no sul da Bahia, e o engenheiro-agrônomo Ivo Cairo Cabral Júnior assume as atividades de pesquisa na empresa.

As Unidades da Embrapa no Acre, Amazonas, Pará e Goiás avançam com o projeto Melhoramento Genético da Seringueira no Brasil, e as duas primeiras Unidades coletam germoplasma em mata nativa, conservam germoplasma existente e buscam parcerias no setor privado e no setor estatal para a renovação do projeto, em 2018, uma vez que o atual mecanismo de financiamento de projetos é intermitente e desligado de programas de pesquisa de longo prazo.

Na Embrapa Cerrados, em Planaltina, o pesquisador Fábio Gelape Faleiro e sua equipe executaram e publicaram em 2017 um trabalho sobre teste de paternidade, parentesco e identidade genética de dois clones utilizando marcadores morfológicos e marcadores moleculares do tipo Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) e Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), constituindo informação robusta e relevante para a consolidação de um sistema que permita a distinção de plantas muito próximas geneticamente (Faleiro et al., 2017). Também nesse ano a equipe publicou um trabalho mostrando o método de estudo da variabilidade genética de seringueira utilizando marcadores ISSR (Oliveira et al., 2017), que são dominantes, fáceis de utilizar e de baixo custo (Ng; Tan, 2015).

Devido ao fato de que a identificação de clones de seringueira utilizando macromorfologia e até mesmo o fenótipo de isoenzimas apresenta baixo grau de certeza científica, foi feita em 2013, no *III Congresso Brasileiro de Heveicultura*, a indicação da tecnologia de identificação de plantas utilizando marcadores microssatélites, Simple Sequence Repeats (SSRs), visando à certificação genética de jardins clonais de seringueira (Gonçalves et al., 2013), na qual *primers* desenvolvidos pelo Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) foram testados com excelentes resultados na Embrapa Acre. Após esse trabalho, mais estudos para a consolidação dessa tecnologia vêm sendo realizados na Embrapa Acre, enquanto na Colômbia um trabalho também mostra a descoberta de marcadores microssatélites para discriminação varietal de clones (Ruiz-Ávila et al., 2017).

A pesquisa científica para o desenvolvimento de tecnologias próprias para constituírem as florestas do futuro no Acre tem sido continuada na Embrapa Acre, com um foco bem definido sobre a estabilidade e adaptabilidade de clones comerciais de seringueira em experimentos de pequena escala, juntamente com a pesquisa fundamental de formação da primeira população própria de melhoramento como ativo de biodiversidade da Embrapa, por conseguinte, da sociedade brasileira.

Desse modo, o melhoramento genético de seringueira no Acre tem como meta a obtenção de clones estáveis quanto às características produção de borracha, produção de madeira, resistência a doenças e possivelmente tolerância a alguma praga que seja definida como risco biológico significativo. A estabilidade de características desejáveis em árvores de seringueira tem sido objeto de estudo de cientistas em várias instituições de pesquisa no mundo, mas relativamente poucos trabalhos são publicados e por se tratar de estudos de longo prazo o custo relativo é alto.

O aumento do esforço nas instituições de pesquisa na Amazônia para o melhoramento genético de árvores e a instalação dos pomares de sementes clonais com clones devidamente selecionados são alternativas para tornar a aplicação do novo Código Florestal uma medida com probabilidade de viabilidade econômica no curto prazo e, quando se calcula o retorno obtido com as tecnologias desenvolvidas, tem-se a exata noção de quão pouco representam os investimentos em pesquisa em relação ao retorno financeiro, social e ambiental.

Biodiversidade da seringueira conservada como ativo financeiro

O Brasil perdeu parte da biodiversidade da seringueira em coleções de germoplasma. Um grande número de árvores foi destruído por dano ambiental nas florestas naturais e nenhum outro esforço significativo de coleta seguido de conservação ex situ foi realizado desde então. Alguns clones de *Hevea brasiliensis* resistentes ao mal das folhas de seringueira coletados no Acre e identificados inicialmente como Ford 351, Ford 409 e Ford 1717 não foram encontrados até o momento nos bancos de germoplasma no Brasil para serem introduzidos no programa de melhoramento genético da seringueira, evidenciando um descompasso ocorrido no passado quanto à continuidade das pesquisas. Com parte do germoplasma conservado ex situ, na Embrapa Cerrados, em Planaltina, foi realizado um significativo trabalho de verificação da variabilidade genética por marcador molecular do tipo microssatélite genômico, Single Sequence Repeat (SSR), em pouco mais de mil indivíduos, representando cada um deles um germoplasma (Souza et al., 2017). O artigo científico, tido como um ativo científico de conhecimento, somente foi possível graças à existência desse Banco Ativo de Germoplasma conservado na Embrapa.

Nesse trabalho, chegou-se a conclusão de que deveria ser organizada uma coleção de 99 indivíduos representando 85% de germoplasma selvagem para o programa de melhoramento genético da seringueira no Brasil, uma vez que essa coleção reduzida pode conter elevada variabilidade genética e alelos privados importantes para o entendimento

da base genética de locus de características quantitativas (QTLs). Devido à natureza e à qualidade do trabalho realizado, trata-se de uma boa oportunidade para o Brasil fortalecer seu programa de melhoramento genético multiplicando esses 99 germoplasmas e estabelecendo-os nas diferentes regiões climáticas, dentro de instituições sólidas como a Embrapa.

O objetivo é seguir a caracterização silvicultural de cada germoplasma visando selecionar quais dessas plantas podem servir para um incremento nas populações de melhoramento genético. Contudo, é importante ressaltar que o estudo genético molecular realizado não serve de base para a eliminação de germoplasmas do Banco Ativo de Germoplasma de Seringueira (BAGHevea) da Embrapa Cerrados, que se agrupam por similaridade genética, pois os *primers* utilizados não são marcadores moleculares de características silviculturais, vigor, resistência genética e tolerância genética. Fica claro, portanto, que, quando se trata de recursos genéticos, plantas que apresentam similaridade não são genótipos idênticos e somente após a caracterização morfoagronômica e silvicultural, o melhorista tem como decidir sobre a seleção ou não das plantas para a composição de uma população de melhoramento, preservando aquelas que, no presente, não são as melhores. A humanidade convive com alterações em fatores ambientais e biológicos utilizando a riqueza de espécies presentes na biodiversidade, mas se essa biodiversidade não é conservada e continuamente estudada em coleções acessíveis aos pesquisadores, ameaças e danos aos sistemas de produção de borracha natural de seringueira podem reduzir a oferta brasileira ao mercado interno que na média (2013–2017) foi de 46,5% do total consumido no Brasil (Rubber Statistical Bulletin, 2019).

Nesse sentido, a equipe da Embrapa Cerrados, em Planaltina, tem avançado nos estudos de caracterização de germoplasma no BAGHevea em campo, tanto para o registro de clones existentes quanto para o programa de melhoramento genético.

Vale ressaltar que há muitos clones produtivos no mercado, mas poucos que sejam resistentes às doenças, a exemplo do mal das folhas da seringueira (*Pseudocercospora ulei*), do míldio-pulverulento (*Oidium heveae* Steinm.) e da antracnose-foliar (*Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding; Schrenk), ou com tolerância às doenças e pragas importantes, a exemplo dos ácaros, do percevejo-de-renda e das brocas.

Deve-se considerar, contudo, que a formação de uma população de melhoramento é uma atividade complexa e quanto mais árvores avaliadas em campo em relação às características silviculturais de interesse e às características industriais de interesse, maior é a chance de formação de uma população robusta. Pode-se citar como exemplo a seleção de apenas 618 árvores em uma população de mais de 1 milhão na Malásia em 1924, ou seja, menos de 1% das plantas foi selecionado para dar origem aos clones primários, dentre os

quais estão o PB86 e o GT1, muito conhecidos por quem trabalha com melhoramento genético da seringueira no Brasil. Uma pressão de seleção dessa magnitude pode se tornar possível se na Amazônia plantios de seringueira destinados à restauração ecológica de áreas forem realizados com mudas de sementes coletadas em diferentes regiões. Essa fase depende, no entanto, da efetiva aplicação do Código Florestal, contando com a conscientização da sociedade rural principalmente.

Considerações finais

A partir do histórico descrito é possível concluir que o Brasil detém tecnologias, terras, capital e mão de obra para se tornar autossuficiente em látex, borracha natural nas diferentes formas tecnicamente especificadas e em produtos industriais que utilizam essa matéria-prima. Além de autossuficiente o País poderá tornar-se exportador tanto de matéria-prima semielaborada quanto de produtos industriais à base de borracha natural, inclusive de artefatos finos.

É possível concluir também que florestas plantadas de seringueira devem ser manejadas para a colheita de madeira ao final do ciclo de exploração da borracha, uma vez que a árvore de seringueira é essencialmente de uso múltiplo e apresenta madeira de ótima qualidade quando tratada, tal como ocorre com muitas outras espécies de árvores. O cultivo da seringueira em consórcios com plantas alimentícias pode se somar à exploração em floresta primária para superar a inelasticidade da oferta de látex e borracha do setor extrativista que ainda faz a exploração de látex e de borracha natural em floresta primária na Amazônia, de modo a criar escala de produção, inclusão e emancipação social e econômica.

Outra conclusão importante a partir desse histórico é que pesquisas com a seringueira e programas estatais de fomento à heveicultura são executados em diferentes estados do Brasil, mas o País ainda prescinde de programas contínuos de pesquisa de longo prazo nos estados, sem interrupções como ocorreram no passado. Nesse sentido, a conservação de germoplasma ex situ, o intercâmbio de plantas presentes nas coleções brasileiras e o financiamento das pesquisas nos estados brasileiros podem representar importante fonte de riqueza a partir do uso da terra dentro do conceito de sustentabilidade econômica, ambiental e social.

Referências

BAHIA, D. B.; GOMES, A. R. S. Paineis *versus* copa em alguns clones de seringueira (*Hevea* spp.).

Revista Theobroma, v. 11, n. 3, p. 203-208, 1981.

BRASIL. Ministério da Economia. **Exportação e importação geral**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/14975>. Acesso em: 29 jun. 2020.

CLÉMENT-DEMANGE, A.; LEGNATE, H.; SEGUIN, M.; CARRON, M. P.; GUEN, V.; CHAPUSET, T.; NICOLAS, D. Rubber tree. In: CHARRIER, A; JACQUOT, M; HAMSONS, A. D.; NICOLAS, D. (ed.). **Tropical plant breeding**. Montpellier, France: CIRAD-ORSTOM, 2000. p. 455-480.

CEPLAC. **Antecedentes**. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/radar/heveicultura/heveicultura_antecedentes_e_justificativas.pdf. Acesso em: 5 maio 2017.

CORDEIRO, E. R.; MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; MORAES, V. H. de F. Parâmetros genéticos para produção de borracha em clones de copa de seringueira na Amazônia Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil**: anais. [Búzios]: SBMP, 2011. 4 p. 1 CD-ROM.

CORDEIRO, E. R.; MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A.; SILVA, T. A. C. Seleção de clones de copa de seringueira resistentes ao mal das folhas. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, 2012. Suplemento. Edição do 45º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2012, Manaus. Resumo 850.

CORDEIRO, E. R.; MUNIZ, A. W. Novas tecnologias na produção da borracha natural do Amazonas. In: SILVA, L. de J. de S.; PINHEIRO, J. O. C.; MUNIZ, A. W. (ed.). **Pesquisa e agricultura familiar**: intercâmbio de ações e conhecimentos para transferência tecnológica na Amazônia. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2019. p. 95-123.

DEAN, W. **A luta pela borracha no Brasil**: um estudo de história ecológica. São Paulo: Nobel, 1989. 286 p.

DRUMMOND, J. A. Aventuras e desventuras de um biopirata. **Boletim do Museu do Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 4, n. 3, p. 549-552, set./dez. 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira. **Relatório anual - 1975**. Manaus, 1976. 76 p.

FALEIRO, F. G.; OLIVEIRA, J. da S.; LIMA, W. A. A. de; FIALHO, J. de F.; VEIGA, A. D.; BRAGA, M. F.; PEREIRA, A. V. Teste de paternidade, parentesco e identidade genética entre clones de seringueira usando caracteres morfológicos e moleculares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017. p. 173-177.

GALVÊAS, P. A. O.; TEIXEIRA, C. L.; SOUZA, I. A. de; MARQUES, P. C. **Programa de desenvolvimento da heveicultura capixaba**: PROBORES. Vitória: Incaper, 2009. 5 p. (Incaper. Documentos, 180).

GOMES, J. I.; ALBUQUERQUE, J. M. Características botânicas do gênero *Hevea*. In: VIEGAS, I. de J. M.; CARVALHO, J. G. de (ed.). **Seringueira**: nutrição e adubação no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 17-34.

GONÇALVES, E. C. P. (coord.). **A cultura da seringueira para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: CATI, 2010. 163 p. (CATI. Manual técnico, 72).

GONÇALVES, E. C. P.; FILHO, A. C.; BENESI, J. F. C.; BETTINI, M. de O.; MARTINS, L. Efeito da irrigação nos dois primeiros anos na cultura da seringueira. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 98, n. 96, 2011a.

GONÇALVES, P. de S.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MARTINS, M. A.; MORENO, R. M. B.; BRANCO, R. B. F.; GONÇALVES, E. C. P. Assessment of growth and yield performance of rubber tree clones of the IAC 500 series. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1643-1649, 2011b.

GONÇALVES, R. C.; CAMPOS, T. de; FERREIRA FILHO, J. A. Tecnologia para a identificação de clones de seringueira (*Hevea spp.*) por meio de análise de marcadores microssatélites. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 3., Guarapari, 2013. **[Trabalhos apresentados]**. Guarapari: Cedagro, 2013.

GOODYEAR, C. **Improvement in India-Rubber Fabrics**. US3633. Depósito: 15 jun. 1944.

HOMMA, A. K. O. **A extração de recursos naturais renováveis: o caso do extrativismo vegetal na Amazônia**. 1989. 574 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HOMMA, A. K. O. **A dinâmica do extrativismo vegetal na Amazônia: uma interpretação teórica**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1990. 38 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 53).

IBGE. **Produção de látex líquido de seringueira a partir da floresta primária no Acre e no Brasil, na série histórica de 1990 a 2014**. 2016a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/16/12705?tipo=grafico>. Acesso em: 15 jun. 2019.

IBGE. **Produção de borracha natural úmida da seringueira em floresta primária no Acre e no Brasil, na série histórica de 1990 a 2014**. 2016b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/16/12705?tipo=grafico>. Acesso em: 15 jun. 2019.

LA CONDAMINE, C. M. de. **Comunicación a la Academia de Ciencias de Paris**. Paris, 1736. Y presentado em conferencia citada por el general Rafael Uribe ante la Sociedad Nacional de Agricultura.

MARQUES, P. C.; GONÇALVES, P. S. de; GALVÊAS, P. A. O. **Seringueira: 2ª recomendação de clones para o estado do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2007. 3 p. (Incaper. Documentos, 143).

MARQUES, J. R. B. **Um clone de seringueira com dupla aptidão**. Itabuna: Ceplac-Cepec, [2017]. (Recomendação técnica, 4). Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/radar/folder_seringueira.htm. Acesso em: 5 maio 2017.

MATTOS, C. R. R.; GARCIA, D.; PINARD, F.; LE GUEN, V. Variabilidade de isolados de *Microcyclus ulei* no sudeste da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 502-507, Oct. 2003.

MORAES, V. H. de F.; MORAES, L. A. C. Desempenho de clones de copa de seringueira resistentes ao mal-das-folhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1495-1500, 2008.

MORAES, V. H. de F.; MORAES, L. A. C. **Técnica da enxertia de copa da seringueira**. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 1998. 8 p. (EMBRAPA Amazônia Ocidental. Comunicado técnico, 14).

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. de F.; MOREIRA, A.; CORDEIRO, E. R.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Clones de copa de seringueira resistentes ao mal-das-folhas para o cultivo na Amazônia tropical úmida. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 271-278, 2013.

MORAES, V. H. de F.; MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A. **Cultivo da seringueira com copas enxertadas resistentes ao mal-das-folhas**. Manaus: EMBRAPA-CPAA-AM, 2008. 44 p. (EMBRAPA-CPAA-AM. Documentos, 63).

MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; FONTES, J. R. A.; CORDEIRO, E. R.; MORAES, V. H. de F. Assessment of rubber tree panels under crowns resistant to South American leaf blight. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 466-473, maio 2011.

NG, W. L.; TAN, S. G. Inter-simple sequence repeat (ISSR-Markers): are we doing it right? **Academy of Sciences Malaysia Science Journal**, v. 9, n. 1, p. 30-39, 2015.

OLIVEIRA, A. B. de; CARMO, C. A. F. de S. do; CRUZ, R. B. da. Histórico, situação e potencialidade da cultura da seringueira no estado do Rio de Janeiro. In: OLIVEIRA, A. B. de; CARMO, C. A. F. de S.

do; CRUZ, R. B. da (coord.). **A cultura da seringueira no estado do Rio de Janeiro**: perspectivas e recomendações técnicas. Niterói: Pesagro-Rio, 2009. p. 127-135.

OLIVEIRA, J. da S.; FALEIRO, F. G.; LIMA, W. A. A. de; FIALHO, J. de F.; VEIGA, A. D.; BRAGA, M. F.; PEREIRA, A. V. Variabilidade genética entre clones elite de seringueira com base em marcadores moleculares ISSR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017. p. 64-68.

PANDO, O. P. **Explotacion del caucho-shiringa**: Brasil-Bolivia-Perú: Extrativo-mercantiles en el Alto Acre-Madre de Dios. Wanchak, Cusco: J. L. Editores, 2013.

PEREIRA, J. P. Conservação da viabilidade do poder germinativo da semente da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, n. 2, p. 237-244, fev. 1980.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F.; ALVES, R. T.; TIRABOSHI, G. M. N. **Cultura da seringueira no Cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2001. 59 p.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MARTINS, M. A.; MATOSO, L. H. C. Avaliação de clones de seringueira na região de Barro Alto, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017. p. 130-133.

PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. de F. Avaliação de 11 clones de seringueira na região de Pontes e Lacerda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017. p. 134-138.

PRIYADARSHAN, P. M. Genesis and development. In: PRIYADARSHAN, P. M. (ed.). **Biology of Hevea Rubber**. Switzerland: Springer, 2011. p. 7-16.

RUBBER STATISTICAL BULLETIN, Singapore: IRSG, v. 74, n. 4-6, Oct./Dec. 2019.

RUIZ-ÁVILA, C. A.; GOMÉS-VARGAS, Y.; BURGOS-PAZ, W.; MARTINEZ-SARMIENTO, R.; TAPIERO, A. L. Marcadores microssatélites identificados para la discriminación varietal de clones de *Hevea brasiliensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Goiânia: APROB-GO/TO, 2017. p. 167-172.

SCALOPPI JUNIOR, E. J.; DE FREITAS, R. S.; GONÇALVES, P. de S. Da Amazônia para as terras paulistas: o papel do Instituto Agrônomico para o desenvolvimento da heveicultura. **O Agrônomico**, n. 69, jun. 2017. Disponível em: <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=974>. Acesso em: 5 maio 2019.

SOUZA, L. M. de; LE GUEN, V.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; SILVA, C. C.; MANTELLO, C. C.; CONSON, A. R. O.; VIANNA, J. P. G.; ZUCCHI, M. I.; JUNIOR, E. J. S.; FIALHO, J. de F.; MORAES, M. L. T. de; GONÇALVES, P. de S.; SOUZA, A. P. de. Genetic diversity strategy for the management and use of rubber genetic resources: more than 1,000 wild and cultivated accessions in a 100-genotype core collection. **PLOS ONE**, v. 10, n. 7, e0134607, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4520663/>. Acesso em: 16 jun. 2019.

VIRGENS FILHO, A. C. Sistemas agroflorestais com seringueira. In: ALVARENGA, A. P. de; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa, MG: Epamig, 2008. p. 675-718.