

O AGRONÔMICO

Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônômico - Volume 74 - 2022 - Série Técnica APTA - ISSN 0365-2726

ANOS
135 IAC
INSTITUTO AGRONÔMICO

Se tem **transformação**
de impacto positivo,
tem **IAC**.



IAC



INSTITUTO AGRÔNOMICO

MISSÃO

Gerar e transferir ciência, tecnologia e produtos para otimização dos sistemas de produção vegetal, com responsabilidade ambiental, visando ao desenvolvimento socioeconômico e à segurança alimentar por meio da pesquisa, da formação de recursos humanos e da preservação do patrimônio.

www.iac.sp.gov.br

ÍNDICE

Páginas Azuis	1
BLUEIN: Ambiente Inovador em Prol do Setor Agro.....	7
1. Cultivares IAC 2022.....	10
2. A Horticultura no Instituto Agrônômico: Contribuições Históricas, Atuais e Futuras.	20
3. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais: Qualidade de Material Propagativo de Seringueira Começa no Instituto Agrônômico	60
4. Programa Cana IAC: Geração de Conhecimento e Inovação Voltados à Canavicultura Brasileira	69
5. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Engenharia e Automação	79
6. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita.....	90
7. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade	115
8. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Frutas: Constante Busca de Alternativas Sustentáveis para a Fruticultura.....	127
9. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Grãos e Fibras: Pesquisa e Fomento da Inovação no Agronegócio Brasileiro	146
10. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais: Bases para a Produção Agrícola e Sustentabilidade	162
11. Do DNA ao Produto Tecnológico: Contribuições do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais à Agricultura.....	179
12. O Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" na Pauta de um dos Maiores Negócios do Estado de São Paulo	196
13. O Programa Café do Instituto Agrônômico (IAC)	213

O AGRÔNOMICO

v. 74 | 2022

Editorial

Elaborado em comemoração dos 135 anos do Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA-SP), esta edição de O Agrônomo apresenta algumas contribuições históricas que tornaram essa casa pública de ciência e tecnologia em uma das instituições de pesquisa agrícola mais renomadas do planeta. Ao adentrar nos textos que compõem esta revista, o(a) leitor(a) poderá perceber que está vislumbrando apenas parte das contribuições e que toda a relevância social, ambiental e econômica dessa Instituição, fundada por D. Pedro II ao final do século XIX, não cabe em pouco mais de 200 páginas. Além dessas contribuições históricas, esta edição também evidencia o atual engajamento do IAC aos desafios socioambientais do século XXI. Dessa forma, são apresentadas pesquisas que objetivam minimizar o impacto agrícola das mudanças climáticas, promover o uso racional da água na agricultura, dar suporte à segurança alimentar e à geração de emprego e renda da população brasileira, entre tantas outras.

Longe de ter a pretensão de sintetizar toda relevância histórica dessa Instituição, esta edição de O Agrônomo apenas tenta homenagear todos aqueles e aquelas que contribuíram e contribuem para a grandeza desse Instituto de pesquisa. Tal homenagem não é feita pela citação de todos os nomes que construíram e constroem essa história. É feita pela ligação entre o passado e toda potencialidade futura do IAC. Que venham os próximos 135 anos. Boa leitura a todos!

Editores



Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agrônomo

Governador do Estado de São Paulo
Rodrigo Garcia

Secretário de Agricultura e Abastecimento
Francisco Matturo

Secretário-executivo de Agricultura e Abastecimento
Adriano Quêrcia Soares

Subsecretário de Agricultura
Orlando Melo de Castro

Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Sergio Luiz dos Santos Tutui

Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônomo
Marcos Guimarães de Andrade Landell

O AGRÔNOMICO
(Instituto Agrônomo)
Campinas, SP
1941-1; 1949-2011 1-63
(Série Técnica APTA)

A partir do v. 52, n. 1, faz parte da Série Técnica APTA da SAA/APTA.
A eventual citação de produtos e marcas comerciais não expressa, necessariamente, recomendação de seu uso pela Instituição.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte. A reprodução total depende da anuência expressa do Instituto Agrônomo.

O AGRÔNOMICO
Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo
Volume 74 - 2022
Série Técnica APTA
ISSN 0365-2726
oagronomico@iac.sp.gov.br

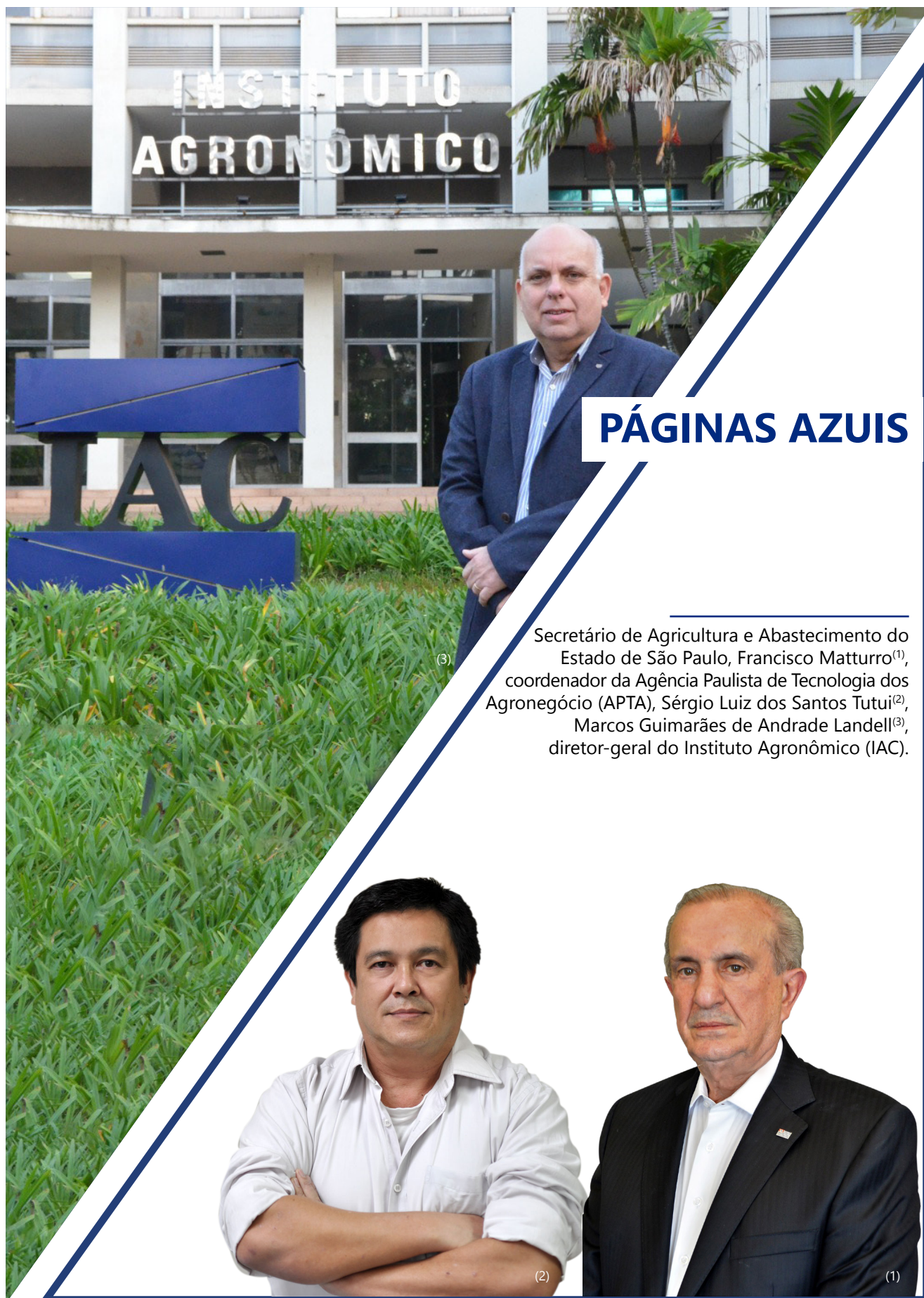
Editores
Gabriel C. Blain
Lúcia Helena Signori Melo de Castro
Patrícia Cia

Editoração, arte final eletrônica
Cintia Rafaela Amaro - Amaro Comunicação - Fone: (19) 99142-8371

Capa
Impulsa Comunicação

Revisão
Lúcia Helena Signori Melo de Castro





PÁGINAS AZUIS

Secretário de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Francisco Matturro⁽¹⁾, coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Sérgio Luiz dos Santos Tutui⁽²⁾, Marcos Guimarães de Andrade Landell⁽³⁾, diretor-geral do Instituto Agrônomico (IAC).

Celebrar os 135 anos do Instituto Agrônomo (IAC), órgão da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo é jogar luz sobre a excelência da ciência agrônoma. É valorizar esta área do conhecimento que é peça indispensável na engrenagem responsável pela segurança alimentar no Brasil e no mundo.

Comemorar mais de um século de uma instituição científica brasileira, com atuação ininterrupta, desde 27 de junho de 1887, é mostrar à população que ciência é uma “corrida de bastão” que se mantém em movimento com o intuito de estar preparada para os desafios que chegam sem aviso prévio.

Quando D. Pedro II, um admirador das ciências, implantou a então chamada Imperial Estação Agrônoma de Campinas, seu objetivo era, àquele momento, instrumentalizar a economia paulista, baseada na agricultura cafeeira, para enfrentar os problemas então existentes para a cultura. A médio e longo prazo, seu olhar se fez “ver” pelos olhos daqueles profissionais que assumiram a condução da primeira casa de pesquisa agrônoma brasileira. O último Imperador do país definiu o destino de Campinas como polo científico e tecnológico, em um momento em que se buscava o desenvolvimento no Brasil no âmbito da agricultura.

Daquela *start*, vieram muitos outros começos na pesquisa que proporcionaram a retomada para os agricultores paulistas, quando a crise de 1929 esfriou o café e suas economias. Quando esse chacoalhão atingiu o mercado, as equipes do IAC já vinham se debruçando sobre os estudos com algodão. O objetivo era justamente pavimentar esse caminho de mudança para outra cultura agrícola e torná-lo mais “macio”, naquilo que fosse possível, com o desenvolvimento das primeiras cultivares de algodão.

Foi assim que o IAC se tornou o precursor da agricultura tropical no Brasil. Já em suas primeiras décadas de atuação, o Instituto Agrônomo criou novas opções para a agricultura brasileira. Além das cultivares de algodão, que trouxeram novas oportunidades aos agricultores em prejuízo com o café, o Instituto também desenvolveu cultivares de espécies de subsistência, como trigo, arroz e mandioca, além de citros e café. Para apoiar os agricultores, as cultivares vinham acompanhadas de recomendações de manejo.

Esses pacotes de esforços da primeira Instituição de ciência agrônoma geraram conhecimentos e tecnologias que viabilizaram a adaptação das culturas para as condições tropicais do Brasil. Isso porque não bastava trazer as espécies dos Estados Unidos e

de outros países. Era necessário adaptá-las para as condições de solo e clima brasileiros.

Nessa trajetória percorrida de maneira pioneira pelo Instituto Agrônomo é que foi construído o modelo de agricultura tropical no Brasil, que criou as bases para o sucesso do país agro conhecido atualmente. Tudo foi desenvolvido no Instituto Agrônomo! As equipes introduziam as espécies, montavam os Bancos de Germoplasma, que são coleções de plantas vivas indispensáveis ao trabalho de melhoramento genético. A partir dessas coleções, os profissionais começavam a cruzar esses materiais vegetais e fazer as seleções. Muito trabalho para chegar a resultados que mostrassem as características desejáveis para este país tropical. Vale destacar que essas coleções são mantidas até hoje pelo IAC, ação que requer muita dedicação das equipes e investimentos em infraestrutura e em contratação de recursos humanos.

Por que foi necessário criar esse modelo?

As principais culturas em estudo, a exemplo do trigo, eram de clima mais ameno. Então, o IAC foi identificando espécies que poderiam ser introduzidas na alimentação brasileira e mundial e

trabalhando para desenvolver sistemas que viabilizassem o cultivo exitoso dessas plantas. Foram essas ações que resultaram na elaboração da base da agricultura tropical. O Brasil é a grande agricultura tropical do mundo e o estabelecimento das tecnologias que proporcionaram esse resultado foi realizado pelo IAC.

Todas essas contribuições vieram antes de a EMBRAPA ser criada, em 1972, assim como outras instituições, como EPAMIG e IAPAR, serem implementadas. Quando a Embrapa foi inaugurada, o IAC já tinha 85 anos de atuação, até então como única instituição no Brasil de ciência agrônoma. A ESALQ já existia, mas seu foco era a formação de recursos humanos. Portanto, essas outras instituições agrômicas foram criadas com essa fundamentação para desenvolver a agricultura tropical. Elas, no entanto, tiveram o privilégio de seguir em um caminho que o IAC já estava trilhando há oito décadas. Essas instituições puderam se espelhar no IAC, o que o valoriza ainda mais como referência no Brasil.

Para se ter ideia do cenário em que o Instituto já atuava e acumulava experiências, nas décadas de 1930, 1940 e 1950, quando o IAC já desenvolvia cultivares, a agricultura era de subsistência. Em 1957, a população mundial somava 3 bilhões de pessoas e

hoje são 8 bilhões. O contexto mundial foi drasticamente alterado e a agronomia se tornou importante por ser a grande fomentadora de pacotes tecnológicos no cenário da produção de alimentos.

Por esse retrospecto e pela atuação moderna e competente do IAC é que se tem muito a comemorar por seus 135 anos. O Instituto Agrônomo segue liderando em várias áreas da ciência agrônoma, como café, cana-de-açúcar, citros, solos, biotecnologia e outras.

Comemora-se não somente uma Instituição reconhecida pelos pares nacionais e internacionais, mas também pela admiração de pessoas, integrantes da população em geral, que não poupam elogios quando visitam o Instituto e podem ver e entender a origem de seus alimentos e de tantas matérias-primas de dezenas de produtos presentes em seu cotidiano.

É um grande privilégio comemorar essa longevidade com competência, excelência científica e persistência de equipes que dão vida a esse templo da ciência chamado IAC. De Campinas, irradia credibilidade e confiança por esse país afora e para tantas outras nações, onde há resultados de pesquisas do IAC e parcerias atuais com diversas instituições de pesquisa e ensino.

Vale relatar que a primeira reforma do Instituto Agrônomo ocorreu em

1927, há 95 anos. A nova estrutura passou a destacar as áreas básicas, como solos e genética, que viriam a ter grande importância nos anos seguintes. Portanto, transcorridos quase um século, o IAC traz como contribuição para o agronegócio brasileiro 1.153 cultivares de 110 espécies, abrangendo todas as principais cadeias do agro paulista e brasileiro.

Nos últimos anos, mesmo período que o Instituto recebeu investimentos recordes do Governo paulista, o IAC desenvolveu 40 novas cultivares, incluindo feijão, mandioca, cana, videira, batata-doce, lima, *Lippia alba* e gergelim. Isso significa a disponibilização em média de uma cultivar por mês (12,7/ano)! É um resultado fantástico, que demonstra quão produtiva é esta instituição, apesar de todos os desafios enfrentados.

Esse cenário mostra que as decisões na pesquisa agrícola têm reflexos positivos ou negativos por décadas ou até séculos. Daí a relevância de um olhar perene e estratégico associado a ações públicas que proporcionem condições para que os institutos públicos de pesquisa possam manter essas contribuições. Nesse sentido, o IAC recebeu investimentos recentes inéditos do Governo de São Paulo em sua infraestrutura e tem aprovado um novo concurso para

contratar pesquisadores científicos. Paralelamente a esses aportes, empresas e agências de fomento seguem apoiando as pesquisas, prova incontestável da vitalidade desse Senhor IAC, que soma experiência e inovação para se manter referência em todas as suas frentes de trabalho.

No IAC, ao longo de sua existência, foram desenvolvidas as variedades de frutas de clima tropical ou temperado, criando oportunidades aos pequenos fruticultores paulistas e proporcionando condições para a viticultura do Nordeste. É também resultado do trabalho do IAC o feijão carioca, o tipo mais consumido no Brasil, que já está em sua cultivar de número 51, desde o início do melhoramento genético. O mesmo sucesso nessa linha de pesquisa alcança as espécies de milho, trigo, mandioca, arroz, cana-de-açúcar, citros, seringueira, plantas aromáticas e medicinais. O melhoramento genético é o carro-chefe do IAC, mas essas atividades são apoiadas pelas áreas das pesquisas em solo, clima, fitossanidade, recursos genéticos, engenharia e mecanização.

Toda celebração é oportunidade para destacar que ciência é atividade de longo prazo. Chegar às soluções buscadas demanda tempo, que varia de meses a alguns anos ou décadas, e equipes capacitadas e treinadas.

Por que a agricultura brasileira está sedimentada sobre ciência e tecnologia sustentável e viável economicamente?

Porque desde o início da atuação do IAC existe o olhar para os futuros desafios e demandas, com ações fincadas no presente e amadurecidas por meio da interação com os setores de produção.

No IAC se originaram não apenas os recursos tecnológicos mais eficientes para a agricultura deste País como também aqui foram inspiradas muitas das instituições de pesquisa que nos seguiram ao longo da história.

Não por acaso, o agronegócio brasileiro responde por cerca de 30% do PIB nacional. Também não é fruto do acaso o salto na produção agrícola brasileira em 140% em pouco mais de 15 anos, com apenas 23% a mais de área cultivada para atingir esse crescimento.

O Brasil conta com agricultores persistentes, que lutam com suas restrições, sim. Mas, são privilegiados por poderem contar com aporte tecnológico fruto de instituições de pesquisa que poucos países oferecem.

No Instituto Agrônomo é perene também o orgulho por essas contribuições compartilhadas com São Paulo e outros estados. Esta Casa vive com

uma equipe altamente comprometida com os elos das cadeias de produção da agricultura: o trabalho visa oferecer aos agricultores as melhores tecnologias, que se ajustem às diversas realidades. Às indústrias, a pesquisa é direcionada para gerar produtos que tenham as melhores características relacionadas à qualidade, durabilidade e tempo de prateleira. Para os consumidores, o papel da pesquisa é contribuir com a geração de produtos que eles desejam ter em suas mesas, com qualidade, disponibilidade e sustentabilidade. Tudo programado na ciência para que esses produtos e serviços não onerem as produções e não impactem mais o ambiente.

Qualidade industrial, nutricional e fitossanitária, rastreabilidade, sustentabilidade, viabilidade econômica - são aspectos presentes nos resultados científicos IAC e transferidos aos setores de produção e que contribuem para fazer da agricultura brasileira ainda mais competitiva.

Verdade é que são muitas as razões para comemorar os 135 anos deste Instituto, que é orgulho nacional em terras campineiras. Onde quer que esteja um cidadão brasileiro, ele certamente tem no seu dia um resultado de pesquisa IAC, uma razão para agradecer, um feito para aplaudir. Que orgulho poder fazer parte desta história! Tão longa e tão próspera!

Talvez nem D. Pedro II pudesse imaginar que a semente por ele plantada tivesse lavoura tão perene e tão produtiva. Que venham outros 135!

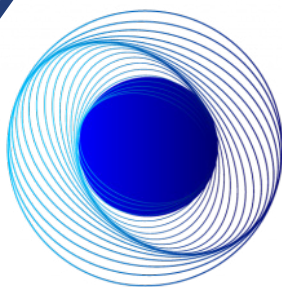




BLUEIN: Ambiente Inovador em Prol do Setor Agro

Alessandra Alves de Souza Della Coletta*
Ricardo Baldassin Junior
Lilian Cristina Anefalos
Patricia Cia
Vangri de Oliveira Camargo
Gabriel Constantino Blain

*alessandra.coletta@sp.gov.br



BLUEIN

PLATAFORMA ABERTA IAC DE SOLUÇÕES PARA O AGRO

VENHA PARA O AZUL, VENHA PARA O IAC

No aniversário de 135 anos, o Instituto Agrônomo (IAC) lançou a **BLUEIN - Plataforma Aberta IAC de Soluções para o Agro**, um ambiente inovador para fomentar parcerias com empresas, startups e novos negócios no setor agro.

Por meio da Plataforma, o IAC busca facilitar o acesso às suas expertises em pesquisa, assim como às tecnologias e serviços de apoio à inovação oferecidos pela Instituição, impulsionando as parcerias público-privadas.



Figura 1. BLUEIN: ambiente descomplicado de acesso às expertises para o Desenvolvimento de Projetos em Parceria e as Tecnologias IAC.

O nascimento da **BLUEIN** é resultado da necessidade de maior conexão e interação entre as áreas do conhecimento e o direcionamento dos esforços e dos recursos públicos e privados para o atendimento das demandas do setor do agro e da sociedade, em especial para a produção sustentável de alimentos e a inovação.

Referência nacional e internacional em agricultura tropical, com mais de 100 pesquisadores doutores e ampla infraestrutura e tecnologia de ponta para pesquisa agrícola, a Plataforma apresenta, em uma página descomplicada (<https://bluein.iac.sp.gov.br>), um rol de expertises do IAC para o **DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM PARCERIA** com o setor privado, ao longo de seis grandes áreas:

1. Proteção de plantas.
2. Solos, Nutrição e Fisiologia de plantas.
3. Biotecnologia.
4. Desenvolvimento e adaptação de cultivares.
5. Eficiência no uso da água.
6. Desenvolvimento de novos produtos, processos e tecnologia.

Como fruto do pioneirismo nacional em pesquisa inovadora na agricultura do IAC, aliado à competência dos seus pesquisadores e dos resultados da sua pesquisa, a Plataforma também apresenta o **PORTFÓLIO DE TECNOLOGIAS IAC**, onde é possível acessar as principais tecnologias desenvolvidas pela Instituição e disponíveis para comercialização e/ou transferências, como cultivares, patentes e marcas, programas de computadores e os serviços técnicos especializados de apoio à inovação.

Durante a navegação pela Plataforma é possível entrar em **CONTATO** com os pesquisadores do Instituto Agrônomo (IAC), assim como conhecer algumas **EMPRESAS PARCEIRAS** do IAC e os principais **EVENTOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS** organizados pela Instituição, nos quais as empresas e instituições podem atuar como parceiros, na forma de patrocinador, apoiador e/ou integrante da equipe coordenadora.

Acesse, conheça e seja nosso parceiro para inovarmos juntos no agro.

**BLUEIN - venha para o azul,
venha para o IAC**



1. Cultivares IAC

Adriano Tosoni da Eira Aguiar*
Charleston Gonçalves

*adriano.aguiar@sp.gov.br



O Instituto Agrônômico, em 2022, disponibilizou 19 cultivares, atendendo às diversas cadeias produtivas do agronegócio, com características inovadoras, e outras relacionadas à produtividade, à resistência às doenças e pragas, longevidade pós-colheita e cultivo sustentável.

Videira IAC Ribas



A cultivar IAC Ribas é uma uva branca com sementes, de sabor neutro agradável, polpa fundente, película delgada, porém resistente ao rachamento das bagas, recomendada para elaboração de vinhos brancos tranquilos e espumante. O índice médio de fertilidade de gemas entre as 4ª e 5ª, em podas em varas, é de 2 cachos/broto, em condições de clima tropical. Os cachos possuem em média 100 g, são medianamente soltos, com comprimento médio de 11 cm e largura média de 4,8 cm. As bagas tem película média e sem adstringência no final da maturação.

Apresenta teor médio de açúcar/acidez, o que agrada os consumidores. Pode atingir teor de sólidos solúveis de 19 a 23,5 °Brix e acidez total titulável média em torno de 0,79 a 0,85 g 100 g⁻¹ de ácido tartárico (90 a 110 mEq L⁻¹), com pH em torno de 3,5.

Feijão IAC 2152



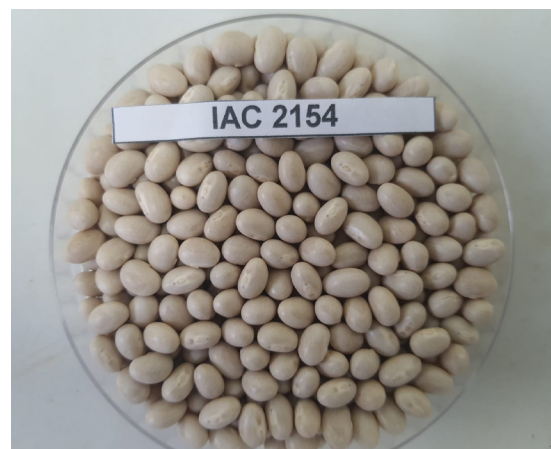
A cultivar IAC 2152 foi desenvolvida para atender demanda de mercado voltada para outros tipos de grãos, diferentes do tipo carioca e preto, considerando não só outros nichos do mercado interno brasileiro, como também para a exportação de grãos vermelhos denominados *Small red*. A cultivar apresenta grãos vermelhos com tamanho semelhante ao feijão carioca tradicional. A cultivar IAC 2152 ampliará a diversidade de tipos de feijões ao mercado brasileiro, considerando o alto potencial produtivo e a tolerância ao estresse hídrico observado nos experimentos realizados.

Feijão IAC 2153



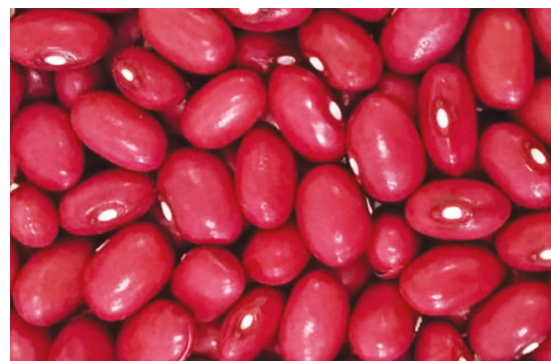
A cultivar IAC 2153 apresenta como principal característica a morfologia do grão, pois no mercado brasileiro existe apenas a cultivar IAC Nuance com características semelhantes, grãos tipo *Cranberry* (grãos arredondados de coloração creme e listras vermelhas, massa de 1.000 sementes de 500 gramas, calibre contendo 180 grãos em uma amostra de 100 gramas). Apresenta hábito de crescimento determinado tipo I, sem gavinhas ou cipó, folhas largas, vagens largas contendo em média cinco sementes, porte baixo (máximo 50 cm), vagens verdes com listras vermelhas durante a maturação morfológica e creme na maturação fisiológica. Apresenta resistência genética para as raças fisiológicas 65, 83 e 89 de *Colletotrichum lindemuthianum*.

Feijão IAC 2154



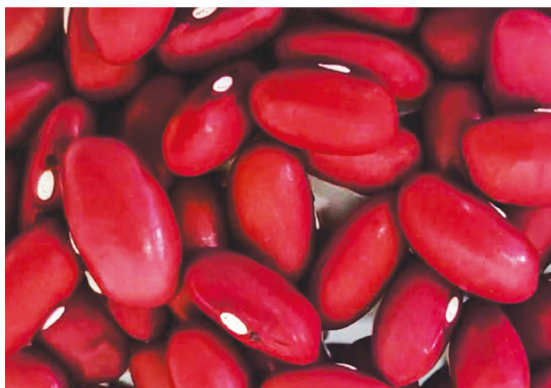
A cultivar IAC 2154 foi desenvolvida para atender demanda de mercado voltada para outros tipos de grãos, diferentes do tipo carioca e preto, direcionado exclusivamente para o comércio exterior de grãos brancos e pequenos, denominados como *Navy Beans*. A IAC 2154 foi a primeira cultivar brasileira registrada junto ao RNC com grãos tipo *Navy Beans*.

Feijão IAC 2155



A cultivar IAC 2155 apresenta grãos arredondados de coloração vermelha, denominado como Bolinha Vermelho, demandado nos estados de Santa Catarina, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Agricultores do sudoeste de Santa Catarina solicitaram ao IAC o desenvolvimento desse tipo de feijão para atendimento do alto consumo regional, bem como formalizar o sistema de produção e comércio de sementes, reduzindo o uso de sementes salvas e de baixa qualidade.

Feijão IAC 2156



A cultivar IAC 2156 apresenta hábito de crescimento determinado tipo I, ciclo de 78 dias, sendo considerada precoce, não apresenta gavinhas ou cipó, folhas grandes, vagens compridas contendo em média cinco sementes, folhas de coloração verde-escuro, porte

baixo (máximo 50 cm), vagens de coloração verde durante a maturação morfológica e creme na maturação fisiológica. Apresenta grãos tubulares de coloração vermelha e massa de 1.000 sementes de 500 gramas, correspondendo a um calibre próximo de 170 grãos em uma amostra de 100 gramas. Apresenta resistência genética para as raças fisiológicas 65, 83 e 89 de *Colletotrichum lindemuthianum*. Possui como principal característica a morfologia do grão correspondente ao tipo DRK (*Dark Red Kidney*), pois existe apenas uma cultivar registrada no RNC/MAPA com este tipo de grão denominada BRS Embaixador, registrada pela EMBRAPA. No mercado brasileiro é muito difícil encontrar sementes certificadas desse tipo de grão, sendo utilizada muita semente salva pelos agricultores. Dessa forma, a cultivar vem para agregar no fornecimento de sementes certificadas de cultivares de feijão de outros tipos de grãos, com qualidade e produtividade, oferecendo ao agricultor uma nova opção de cultivo, pois o feijão de tegumento tipo DRK, no ano de 2020, quando comparado aos demais tipos exportáveis, foi o que apresentou o maior valor agregado no mercado externo.

Feijão IAC 2157



A cultivar IAC 2157 apresenta hábito de crescimento determinado tipo I, ciclo de 78 dias sendo considerada de ciclo precoce, não apresenta gavinhas ou cipó, folhas grandes, vagens compridas contendo em média cinco sementes, folhas de coloração verde escuro, porte baixo (máximo 50 cm), vagens de coloração verde durante a maturação morfológica e de coloração creme na maturação fisiológica. Apresenta grãos tubulares de coloração branca e massa de 1.000 sementes de 450 gramas, correspondendo a um calibre próximo de 185 grãos em uma amostra de 100 gramas. Apresenta resistência genética para as raças fisiológicas 65, 83 e 89 de *Colletotrichum lindemuthianum*.

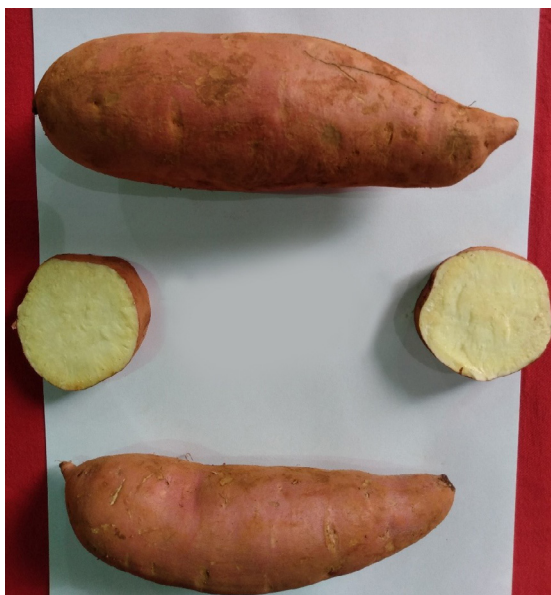
Batata-doce IAC134 AL01



A batata-doce IAC 134 AL01 pode ser uma oportunidade de mercado para os produtores brasileiros, tanto para suprir uma lacuna no mercado nacional, quanto para exportação. Cabe enfatizar que o consumo de 25 a 50 gramas de batata-doce IAC 134 AL01 supre as necessidades diárias de betacaroteno que, no organismo humano, vai originar a vitamina A, uma substância antioxidante muito importante para a saúde, pois previne distúrbios oculares e doenças da pele, auxilia no crescimento e fortalece a defesa contra infecções. Evidenciou-se concentração de betacaroteno de até 107,83 $\mu\text{g g}^{-1}$, em raízes frescas nos diferentes experimentos, sendo que na média apresentou-

se com 98,06 $\mu\text{g g}^{-1}$. A testemunha que apresentou maiores valores de betacaroteno foi a SRT 338 Uruguaiana, com teor de 1,19 $\mu\text{g g}^{-1}$, ou seja, a cultivar IAC 134 AL01, possui teor de betacaroteno 82,40 vezes superior.

Batata-doce IAC Santa Elisa



Possui um bom aspecto comercial das raízes tuberosas e sabor agradável e característico de batata-doce. Foi selecionada por apresentar as seguintes características: elevado pegamento de suas ramas, raiz tuberosa com formato longo elíptico regular, cor da pele rosada clara, cor da polpa amarelo pálido com sabor agradável e elevada produtividade. Apesar de ser recomendada para

fins industriais (produção de farinha, fécula e glucose) também pode ser destinada ao consumo in natura. Apresenta alta porcentagem de matéria seca nas raízes tuberosas. Este fator está correlacionado com o rendimento industrial. A IAC Santa Elisa possui 29,36% de matéria seca, ou seja, 20,2% superior à testemunha SRT 334 Canadense (principal cultivar do estado de São Paulo).

Batata-doce IAC Ametista



A cultivar IAC Ametista pode ser uma oportunidade de mercado para os produtores brasileiros, tanto para suprir uma lacuna no mercado nacional, quanto para exportação. Seu principal diferencial é a polpa roxa. As batatas-doces de polpa roxa vêm

ganhando espaço, já que possuem boa produção, além de preços mais acessíveis, em comparação com as cultivadas atualmente. Apresenta, em média, 30,94% de matéria seca nas raízes tuberosas, ou seja, 24,24% superior à testemunha SRT 334 Canadense (principal cultivar do estado de São Paulo).

Batata-doce IAC Clara



A cultivar IAC Clara apresenta produtividade média de raízes comerciais de 40 t ha⁻¹, superando a testemunha Londrina em mais de 22% no ciclo de verão/outono e 110% no ciclo outono/inverno. A cultivar apresenta formato e sabor de suas raízes tuberosas conforme os consumidores (regionais, nacionais e internacionais) atendidos pelos produtores regionais desejam. Possui raízes tuberosas com película roxa e polpa amarelo-pálida.

Batata-doce IAC Lavínia



A cultivar IAC Lavínia apresenta raízes tuberosas com película roxa e polpa amarelo-pálida, sabor adocicado e agradável. A produtividade média de raízes comerciais é de 35 t ha⁻¹, superando em mais de 166% e 389% as testemunhas Uruguaiana e Londrina, respectivamente, no ciclo de outono/inverno. No ciclo da primavera/verão a produtividade comercial foi inferior às testemunhas.

Batata-doce IAC Prudentina



A cultivar IAC Prudentina apresenta raízes tuberosas com película roxa e polpa amarelo-pálida e sabor agradável. A cultivar

apresenta produtividade média de raízes comerciais de 41 t ha⁻¹, superando em mais de 28% e 58% as testemunhas Uruguaiana e Londrina, respectivamente.

Mandioca IAC 90



A IAC 90 apresenta resistência à bacteriose (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*) principal doença que acomete as lavouras de mandioca para indústria causando perdas significativas de produtividade. Possui raízes com película suberosa clara, polpa branca, alta produtividade no campo e elevado rendimento industrial (alto teor de matéria seca nas raízes tuberosas), gerando renda no campo e garantindo a qualidade dos produtos da industrialização (farinha, fécula e polvilho). É resistente à bacteriose e pouco sensível ao esfaceloma (*Sphaceloma manihoticola*).

Feijão Mungo-preto IAC VM211



Apresenta ciclo anual com florescimento médio aos 28 dias e maturação aos 85 dias após a emergência, altura média de planta (75 cm), com gavinhas, porte ereto e arbustivo. Apresenta vagens na maturação desuniforme e colheita quando se apresentarem com 80%-85% com coloração amarelas ou pretas/marrons. Peso médio de 1.000 sementes de 62 gramas e tegumento de coloração preto característico da espécie *V. mungo*. Permite a semeadura normal em linhas espaçadas em 0,5 m ou adensadas em linhas com 0,3 m de espaçamento (até 40 plantas m⁻²). Há uma forte demanda por uma cultivar com sementes de origem genética dessa espécie de *Vigna* com sementes pretas para produção de

grãos como fonte de proteína para exportação, bem como ocupação do solo e rotação de culturas com baixo investimento em adubação e demais tratos culturais. Apresenta suscetibilidade à podridão cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*).

Feijão Mungo-verde IAC VR 211



Apresenta ciclo anual com florescimento médio aos 28 dias e maturação aos 70 dias após a emergência, altura média de planta (75 cm), porte ereto e arbustivo, com presença de gavinhas, com vagens na maturação desuniforme e colheita quando as vagens se apresentarem com 80%-85% com coloração amarelas ou pretas/marrons. Peso médio de 1.000 sementes de 56 gramas e tegumento de coloração verde. Recomenda-se para a região

Sul/Sudeste nos estados do PR, SP e MG e na região Centro-Oeste nos estados de MT, MS, GO, TO e DF. O ciclo rápido e sistema de cultivo de sequeiro são comuns em várias lavouras no Centro-Oeste brasileiro. É susceptível à podridão cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*).

Feijão-arroz IAC VU211



Possui um ciclo anual com florescimento médio aos 35-45 dias e maturação aos 80 a 90 dias após a emergência, altura média de planta (75 cm), porte ereto e arbustivo, com presença de gavinhas, com vagens na maturação desuniforme e colheita quando as vagens se apresentarem com 80%-85% com coloração amarelas ou pretas/marrons. Peso médio de 1.000 sementes de 98 gramas e tegumento de coloração verde-amarelada. A forte

demanda para a cadeia produtiva de pulses, bem como para a exportação, são fatores relevantes nessa pesquisa. É a primeira cultivar com sementes verde-amarelo-bamboo registrada no RNC/MAPA.

Feijão-arroz IAC VU212



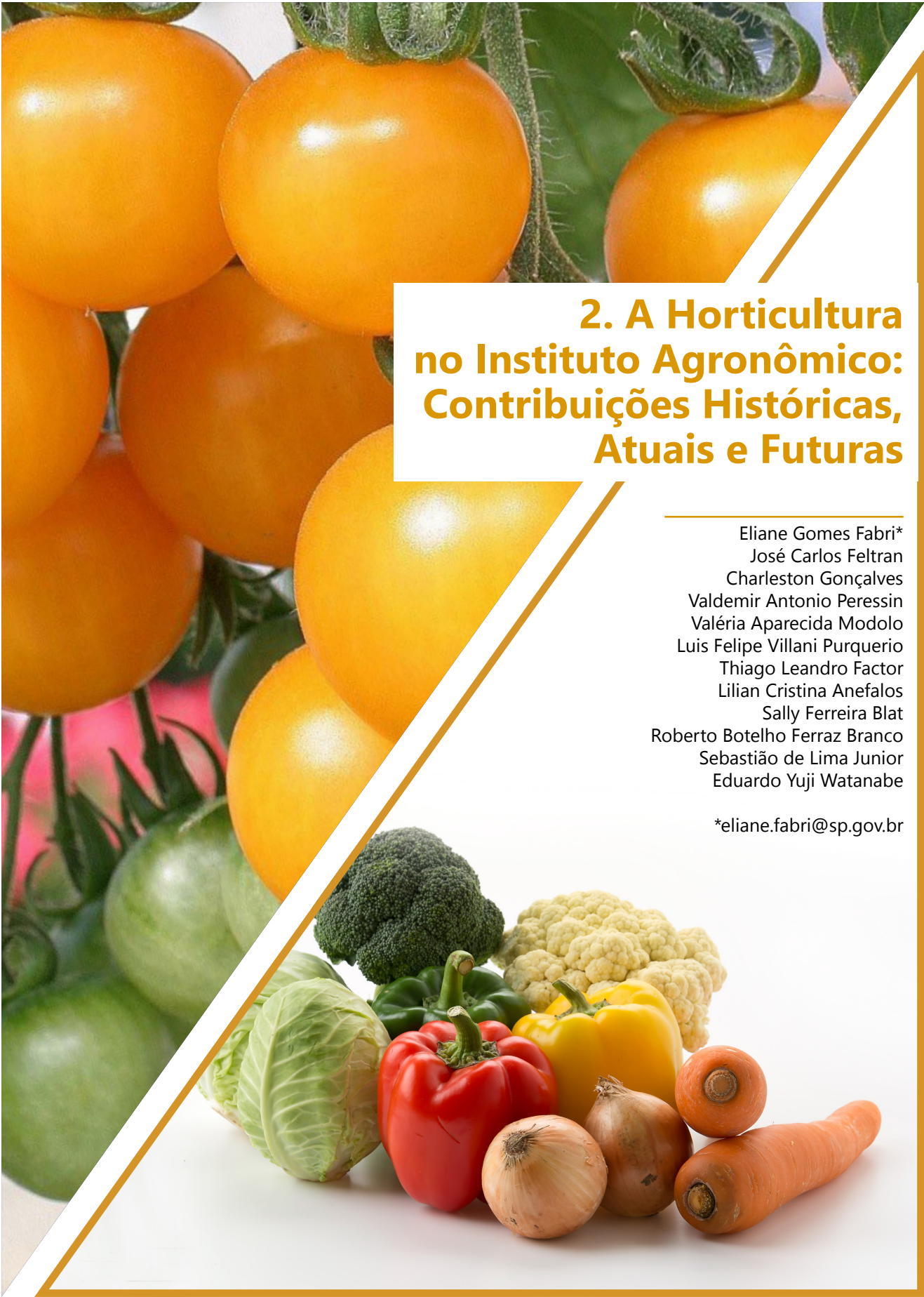
A cultivar IAC VU212 apresenta ciclo anual com florescimento médio aos 35-45 dias e maturação aos 80 a 90 dias após a emergência, altura média de planta (75 cm), porte ereto e arbustivo, com presença de gavinhas, com vagens na maturação desuniforme e colheita quando as vagens se apresentarem com 80%-85% com coloração amarelas ou pretas/marrons. Peso médio de 1.000 sementes de 103 gramas e tegumento de coloração vermelha. Recomendada para época de safrinha para as regiões

Centro-Oeste, Nordeste e Norte do Brasil, bem como para os estados da região Sudoeste sem restrição de temperatura.

Mandioca IAC 118 95



Esta cultivar apresenta resistência à bacteriose, principal doença que acomete as lavouras de mandioca para a indústria causando perdas significativas de produtividade. Com raízes de película clara e tons rosados, polpa branca, formato cônica cilíndrica regular, pouca presença de fibras, alta produtividade no campo e elevado rendimento industrial (alto teor de matéria seca nas raízes tuberosas), gerando renda no campo e garantindo a qualidade dos produtos na industrialização. Apresenta resistência à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*, pouco sensível ao esfaceloma (*Sphaceloma manihoticola*) e ao apodrecimento de raízes por encharcamento do solo.



2. A Horticultura no Instituto Agrônômico: Contribuições Históricas, Atuais e Futuras

Eliane Gomes Fabri*
José Carlos Feltran
Charleston Gonçalves
Valdemir Antonio Peressin
Valéria Aparecida Modolo
Luis Felipe Villani Purquerio
Thiago Leandro Factor
Lilian Cristina Anefalos
Sally Ferreira Blat
Roberto Botelho Ferraz Branco
Sebastião de Lima Junior
Eduardo Yuji Watanabe

*eliane.fabri@sp.gov.br

Introdução

A horticultura tem uma história muito rica que começou na antiguidade com as atividades inerentes à horta e à jardinagem. Desde os primórdios da agricultura e ao longo dos séculos, o cultivo de espécies hortícolas evoluiu para um processo de interação entre homem e planta. Assim, a história da horticultura é, em grande parte, a história da civilização, ainda que, quando comparada com as de outras espécies vegetais, pode-se dizer que a horticultura é uma atividade agrícola recente.

A horticultura é uma mistura de ciência, tecnologia e estética e, por essa razão, seus produtos têm alto valor agregado. Em geral, são comercializados in natura ou minimamente processados e têm forte apelo visual, tornando o consumidor um elo importante dos segmentos que integram a cadeia hortícola.

Sob o ponto de vista econômico, a produção hortícola está concentrada, principalmente, na agricultura familiar e, se comparada às demais atividades agrícolas extensivas, utiliza espécies de cultivo intensivo, possibilitando alto rendimento por hectare, e maior valor agregado do produto, caso tenha alto investimento tecnológico.

Na atualidade, o papel da horticultura tem se destacado pela sua forte interação com o bem-estar humano e como fonte de lazer. Outra característica essencial da horticultura relaciona-se com os benefícios nutricionais de seus produtos, cuja importância vem sendo amplamente demonstrada pela pesquisa científica, como fator primordial para uma dieta saudável.

O IAC tem atuado fortemente nesse setor, sob a liderança do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Horticultura. Este Centro tem como missão gerar, adaptar e transferir conhecimento científico e tecnológico para sustentação e ampliação da competitividade das cadeias de produção do agronegócio paulista da horticultura, com ênfase no agronegócio familiar, nas áreas de hortaliças, flores e plantas ornamentais, raízes e tubérculos, plantas aromáticas, condimentares e medicinais e palmeiras produtoras de palmito. Dentro desse escopo, o IAC está, inclusive, alinhado aos objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2030 da ONU, em especial ao de número 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e ao de número 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e aos novos desafios frente à pandemia de Covid 19.

As atividades de pesquisa em horticultura, no IAC, foram iniciadas na década de 1920 com base no livro de registro de introdução de plantas do Centro de P&D de Horticultura. Ao longo de sua existência, o IAC, sob a coordenação do Centro, atuou fortemente com base em sua vocação para o melhoramento genético clássico, abrangendo a introdução e a aclimação de espécies e cultivares nativas e exóticas, sua preservação, bem como a exploração dessa variabilidade para fins hortícolas e com foco na sustentabilidade. Outras relevantes áreas de atuação do IAC em horticultura, incorporadas às suas atividades ao longo do tempo, foram tecnologia da produção agrícola, solos e nutrição de plantas, fitossanidade e biotecnologia.

Desde a criação das áreas de pesquisa que hoje integram o Centro, tem havido um trabalho ininterrupto de introdução, conservação e aprimoramento de materiais genéticos das diferentes espécies hortícolas, a partir das coleções de germoplasma do IAC. E, foi graças a esse precioso acervo, que o IAC, por intermédio do Centro de P&D de Horticultura, desenvolveu cultivares que, foram devidamente registradas e disponibilizadas ao setor produtivo, transformaram o panorama varietal hortícola do estado

de São Paulo e do Brasil e consolidou o nome do IAC dentro e fora do país. Destaca-se, ainda, que devido ao rico acervo genético, muitas das cultivares IAC foram utilizadas por outras instituições públicas de pesquisa e por entidades privadas como fonte principal para a obtenção de novas cultivares.

Atualmente, o IAC, sob a coordenação do Centro de P&D de Horticultura, continua com programas de melhoramento vegetal de elevada relevância para o setor produtivo, desenvolvendo cultivares de espécies hortícolas com teor mais elevado de nutrientes e com alta produtividade e resistência a doenças e ao estresse hídrico, com características altamente demandadas pelo mercado, como mandioca e batata-doce de mesa e para indústria e batata. Além disso, tem aberto novos nichos de mercado para o segmento de flores tropicais a partir do desenvolvimento de novas cultivares de helicônias, gengiberáceas, bastão-do-imperador e, mais recentemente, cultivares de batata-doce ornamental. A partir do trabalho do IAC para a seleção de genótipos de urucum com alto teor de bixina (corante natural), alto teor de geranilgeraniol e de tocotrienol, temos a prospecção de novos produtos para o mercado

alimentício e cosmético, abrindo novas oportunidades para o setor hortícola brasileiro. Desta forma, pela agregação dessas pesquisas em conjunto com as áreas de fitotecnia, sistemas de produção, manejo de pragas e doenças, controle de plantas daninhas, o IAC tem disponibilizado ao setor recomendações técnicas e pacotes tecnológicos para os diversos segmentos hortícolas de interesse para o mercado.

Atentos às demandas por alimentos mais saudáveis e seguros, novos sistemas de produção vêm sendo estudados para contribuir para o aprimoramento tecnológico da horticultura como o cultivo *indoor*, agricultura urbana e periurbana.

Destaques das contribuições da pesquisa em horticultura do IAC: relatos históricos

Os programas de melhoramento de hortaliças do IAC deram grande contribuição ao agronegócio desse segmento no Brasil, extrapolando as fronteiras do estado de São Paulo, com suas cultivares sendo plantadas em todo o país e até mesmo no exterior.

Na década de 1940, foram iniciados os programas de melhoramento de morango e alho. As pesquisas se intensificaram a partir de 1960 quando os programas de quiabo (1961), pimentão e pimenta (1961), tomate (1962) e alface (1968) foram delineados e suas atividades passaram a ser executadas.

Entre as conquistas tecnológicas da pesquisa em horticultura no IAC podem ser citadas 44 cultivares de hortaliças que impactaram esse segmento, incluindo tomate, alface, alho, cebola, couve-brócolos do tipo ramoso, morango, quiabo, pimentão e pimenta, destacadas a seguir.

O tomate de mesa do grupo Santa Cruz originou-se de um cruzamento natural entre as cultivares Rei Humberto e Redondo Japonês ou Chacareiro, ocorrido em lavoura de produtores de tomate em Suzano e Mogi das Cruzes (SP), no final da década de 1930. Ao observar plantas atípicas, tiveram a iniciativa de selecionar e multiplicar as sementes separadamente. Com o deslocamento de horticultores nipônicos de São Paulo para o Rio de Janeiro, passou a ser cultivado em Santa Cruz, nome com o qual passou a ser conhecido. A nova cultivar teve aceitação imediata e sendo largamente cultivada inclusive em São Paulo. A cultivar Santa Cruz

provocou uma mudança radical no panorama varietal do segmento de tomate de mesa.

A grande mudança no grupo Santa Cruz ocorreu após o lançamento das cultivares Ângela Gigante (1969) e Santa Clara (1985), ambas desenvolvidas pelo programa de melhoramento do tomate de mesa do IAC. Estas cultivares lideraram o segmento de tomate de mesa no Brasil até a segunda metade da década de 1990.

As contribuições do IAC para o melhoramento de alface também são notáveis. As pesquisas com o melhoramento da alface tinham como foco a obtenção de cultivares do tipo manteiga com resistência ao vírus do mosaico da alface e ao calor. A primeira cultivar oriunda desse programa foi Brasil 48 que, em 1973, já havia conquistado a preferência dos produtores paulistas. Nos anos subsequentes, outras cultivares da série Brasil designadas de Brasil 202, Brasil 221, Brasil 303 e Brasil 311 tiveram idêntico sucesso comercial, assim como suas versões comerciais Áurea, Aurora, Floresta entre outras, lançadas pelo setor privado de sementes de hortaliças.

No programa de melhoramento de pimentão, em 1968, foi lançada a cultivar Agrônômico 8, a primeira da série Agrônômico com resistência múltipla às estirpes do vírus do mosaico do pimentão (PVY). Da série, destacou-se a cultivar Agrônômico 10G, disponibilizada em 1971. Por mais de uma década, essa cultivar e as seleções Magda e Margareth, diretamente derivadas da Agrônômico 10G, foram as mais plantadas em todo o país. A Agrônômico 10G foi, ainda, uma fonte de resistência muito utilizada em programas de melhoramento de pimentão em vários países.

Entre as pimentas, merecem destaque as cultivares, Agrônômico 11 e Cambuci IAC Ubatuba. A Agrônômico 11 é uma pimenta cujo diferencial foi introduzir no mercado paulista, uma pimenta doce e longa que logo agradou ao consumidor, para uso como pimenta verde, conhecida no mercado como pimenta americana. Permaneceu em cultivo durante duas décadas, sendo substituída por híbridos comerciais, sendo, hoje, utilizada tanto verde quanto madura. Por ser resistente ao vírus Y foi, também, usada como fonte para a obtenção de outras cultivares desse segmento.

O melhoramento do morangueiro foi liderado pelos pesquisadores Dr. Leocádio de Souza Camargo e Dr. Francisco Antonio Passos. A cultivar IAC Campinas, lançada em 1960, tornou-se referência devido à produtividade, precocidade, sabor e aroma do fruto, liderando o mercado até o início da década de 1990. A cultivar IAC Guarani, lançada em 1979, atendeu ao mercado do morango congelado inteiro e, em 1989, foi lançada a cultivar Princesa Isabel.

O programa de melhoramento genético da batata no IAC foi constituído antes da criação da Seção de Raízes e Tubérculos, mas suas ações foram intensificadas após sua constituição, ocorrida em 1935, sob a coordenação do Eng. Agr. Dr. Olavo José Boock.

Inicialmente os trabalhos se concentraram no estudo do comportamento de cultivares introduzidas. Todavia, a partir de 1949 iniciaram-se os cruzamentos, seleção preliminar de *seedlings* em canteiros da Seção de Raízes e Tubérculos do IAC, em Campinas, e seleções avançadas em diferentes zonas de produção daquela época. Nesta fase, foram obtidas as cultivares Aracy (IAC 2) e Jacy (IAC 474), derivadas do cruzamento da cultivar norte-americana Katahdin com a cultivar holandesa Profijt.

A cultivar Aracy, selecionada principalmente por sua rusticidade é, ainda hoje, já depois de seu cinquentenário, uma das principais integrantes do elenco de cultivares do IAC. É resistente à requeima, e muito resistente à pinta preta, sendo considerada padrão nacional de resistência a esta doença para ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso) para registro de cultivares e obtenção do RNC (Registro Nacional de Cultivares) junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Outro destaque é a cultivar IAC Ibituaçu, lançada em 1980, a partir de campos de seleção do IAC no município de Itararé, atualmente denominado Núcleo Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Itararé. Esta cultivar, com alto teor de matéria seca e aptidão culinária para fritura, é considerada, atualmente, como um dos genótipos com maior nível de resistência à principal doença da batata, a requeima (*Phytophthora infestans*), utilizada pelos diferentes programas de melhoramento nacionais como fonte de resistência à requeima para obtenção de novas cultivares. Além dessas duas importantes cultivares, consideradas como fonte de resistência para a bataticultura de clima tropical, cabe também destacar a cultivar IAC

Itararé (IAC 5986), em 1972, a IAC Aracy Ruiva, em 1986 (um mutante da cultivar Aracy) e a IAC Vitória, lançada em 2010.

O programa de melhoramento genético para batata-doce no IAC teve seu início em 1935. As primeiras recomendações para o cultivo da batata-doce, no estado de São Paulo, iniciaram em 1941, entre elas, forrageiras (duas), de mesa (duas) e para indústria (duas).

Em 1935, as pesquisas se intensificaram e deu-se início à formação da coleção de germoplasma de batata-doce, com introduções trazidas de outras instituições, inclusive do exterior, e pela introdução de plantas enviadas por diversos agricultores do estado de São Paulo e do país. A partir de então, foram desenvolvidas recomendações técnicas para diversas cultivares para o estado, dentre as quais podemos citar: Enxuta (SRT 29) e Jacaré (SRT 72). A primeira destacando-se pelas qualidades culinárias e a segunda, pela produtividade. Concomitante a estas atividades de pesquisa, iniciou-se o programa de melhoramento genético da batata-doce, com seleção inicial dos genótipos introduzidos na coleção genética do IAC e, posteriormente, selecionando

genótipos derivados de sementes botânicas. Desses resultados foram obtidas duas cultivares: IAC 66-118 (Monalisa), lançada em 1966, e IAC 2-71 (conhecida como Americana), em 1986 (IAC, 2022).

O programa IAC de pesquisa com mandioca é um dos mais antigos do mundo. O primeiro trabalho foi publicado em 1899, sobre o uso em alimentação animal. Na época, foram desenvolvidas, também, pesquisas com espécies selvagens de mandioca para produção de látex. Na primeira e na segunda década do século XX, as pesquisas do IAC descreviam as principais pragas e doenças para a cultura da mandioca.

Em 1935, os pesquisadores do IAC Edgar Sant'Ana Normanha e Arakem Soares Pereira, foram os pioneiros na pesquisa sobre mandioca. Nessa mesma época, criou-se a Coleção de Germoplasma de Mandioca do IAC, inédita no Brasil, que serviu de modelo para outras instituições e, inclusive, viabilizou a preservação da rica diversidade existente no País, que teria se perdido com o êxodo rural.

O programa de melhoramento genético de mandioca teve início na década de 1940. Uma das principais cultivares de mandioca para indústria, recomendadas pelo IAC, foi a Branca de Santa Catarina, que foi

hegemônica de 1950 a 1970. Além do melhoramento, pesquisas fitotécnicas com a cultura, tornaram o Brasil exportador de amido, após a Segunda Guerra Mundial. Levada para África, hoje faz parte da genealogia das principais variedades de mandioca desenvolvidas pelo International Institute of Tropical Agriculture (IITA).

O programa de melhoramento de mandioca para indústria do IAC objetivou selecionar clones de mandioca para fins industriais que apresentem alta capacidade produtiva e resistência à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), além de outras características agronômicas de interesse como arquitetura de plantas adaptadas ao plantio mecânico, raízes com alto teor de matéria seca, resistência a doenças fúngicas como superalongamento (*Sphaceloma manihoticola*) e podridão de raízes (*Phytophthora spp*, *Rosellinia spp*), facilidade de colheita e raízes com película branca.

A cultivar 24-2 Mantiqueira foi considerada pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), após vários experimentos, a melhor cultivar da América Latina e Caribe, difundindo-a para outros países, com a denominação CMC-40.

A cultivar de mandioca de mesa IAC 576-70, revolucionou o mercado brasileiro de mandioca de mesa na década de 1990. Rica em vitamina A e carotenoides, resistente a doenças e ocupando praticamente 100% da área cultivada, viabilizou a exportação de mandioca de mesa do Brasil para a Europa e impulsionou a indústria de congelados e alimentos processados. Além disso, vale destacar que, na década de 1980, a cultivar IAC 576-70 viabilizou um projeto agrônômico do IAC, de cunho social, desenvolvido em parceria com Prefeituras, com o objetivo de aumentar a produção de alimentos produzidos pela agricultura periurbana, com foco na população de baixa renda e déficit nutricional.

No programa de melhoramento genético de mandioca para indústria, destacamos a cultivar IAC 12, com alto teor de matéria seca e de grande importância para o Cerrado Brasileiro, viabilizando as farinheiras de pequeno e grande porte. Na área fitotécnica para o cultivo da mandioca, o IAC tem estudado e recomendado o conceito de precocidade obtido pelo manejo do espaçamento e da matéria seca.

As principais cultivares de mandioca de mesa e indústria lançadas pelo IAC, estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Histórico da liberação de cultivares de mandioca para indústria e de mandioca de mesa pelo Instituto Agrônomo (IAC), desde 1935 a 2021

Cultura	Cultivar	Ano liberação	Características	Referência	Registro RNC
Mandioca de mesa	Vassoutinha (SRT nº 1)	1935	Produtividade e qualidade culinária	O Agron. v. 32	
Mandioca para indústria	Branca de Santa Catarina	1935	Produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162	9648
Mandioca de mesa	Guaxupé (SRT nº 454)	1941	Produtividade e qualidade culinária	Circ. IAC 91	
Mandioca de mesa	Carapé (SRT nº 521)	1944	Resistência à bacteriose	Circ. IAC 91	
Mandioca de mesa	Verdinha (IAC 14-18)	1958	Produtividade e resistência à bacteriose	O Agron. v. 32 e Bol. Tec. IAC, 162	9645
Mandioca de mesa	Ouro do Vale (SRT nº 797)	1958	Polpa amarela de boa palatabilidade	O Agron. v. 32 e Circ. IAC 91	
Mandioca de mesa	Jaçanã (IAC X-352-7)	1959	Produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162 e Circ. IAC 91	9646
Mandioca de mesa	Jacira (IAC X-319)	1961	Qualidade culinária	Circ. IAC 91	
Mandioca de mesa	Mantiqueira (IAC 24-2)	1962	Resistência à bacteriose	O Agron. v. 32 e Bol. Tec. IAC, 162	9647
Mandioca	IAC 352-6	1962	Produtividade elevada para forragem	Circ. IAC 91	
Mandioca para indústria	IAC-12 (clone 12-829)	1963	Alto teor de matéria seca das raízes	O Agron. v. 37 (2) e Bol. Tec. IAC, 162	9652
Mandioca de mesa	Iracema (IAC 7-127)	1969	Alta produtividade e resistência à bacteriose	O Agron. v. 23	9649
Mandioca de mesa	Preta (IAC 59-210)	1969	Produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162	9644
Mandioca para indústria	Taquari (SRT nº 1099)	1969	Elevada produtividade	O Agron. v. 32	
Mandioca para indústria	Caapora (IAC 105-66)	1976	Alta resistência à bacteriose	Rel. IAC (SRT) - 1972/73	9650
Mandioca para indústria	Mico (SRT-1105)	1976	Produtividade e precocidade	Bol. Tec. IAC, 162	
Mandioca de mesa	IAC 576-70	1984	Alta produtividade e qualidade culinária	O Agron. v. 37 (2) e Bol. Tec. IAC, 162	9643
Mandioca para indústria	IAC 13	1996	Alta produtividade e alto teor de matéria seca	Bol. Tec. IAC, 162	9651
Mandioca para indústria	IAC 14	1996	Alta produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162	9653
Mandioca para indústria	IAC 15	2000	Alta produtividade, resistência à bacteriose	O Agron. v. 53 (1)	
Mandioca para indústria	IAC 90	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose		49695
Mandioca para indústria	IAC 118-95	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose		50174
Mandioca de mesa	IAC 6-01 Vitaminada	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose		50935
Mandioca de mesa	IAC 28-00 Bruta	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose		50936

Além do programa de melhoramento para mandioca de mesa e para indústria, diversos trabalhos foram desenvolvidos a partir de 1988, quando foi elaborado um projeto que

objetivou estudar a matocompetição na cultura da mandioca, no primeiro e no segundo ciclos da cultura. No segundo ciclo envolvendo tratamentos com e sem a utilização

da poda drástica das plantas. Foram realizados experimentos em Campinas e Assis (SP). Esses estudos forneceram subsídios para a identificação das principais espécies e determinar os danos ocasionados pelas plantas daninhas à cultura da mandioca, em termos de redução de produtividade da cultura.

A partir de 1997, iniciaram-se os estudos referentes à seletividade e eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura da mandioca, sob a liderança do pesquisador Dr. Valdemir Antonio Peressin. Foram estabelecidas diversas parcerias público-privadas entre o IAC, dado o know-how da equipe, o que possibilitou que as empresas da área de defensivos agrícolas efetivassem o registro de novos produtos. Antes de 1988 existiam apenas três formulações de herbicidas no mercado e, atualmente, são 82 formulações de herbicidas registrados para a referida cultura, com contribuição efetiva do IAC para esse resultado.

A floricultura no IAC, iniciou-se em 1940, com estudos dirigidos às floríferas anuais, orquídeas e rosas. Em 1948, Dr. Hermes Moreira de Sousa, em iniciativa pioneira, começou a organizar as coleções de plantas e de germoplasmas, formadas

por espécies do mundo todo. Com a criação da Seção de Floricultura e Plantas Ornamentais do IAC, em 1960, uma das principais áreas de atuação foi a catalogação desses germoplasmas, para o início do programa de melhoramento genético de espécies como: amarílis, antúrio, helicônia e alstroemeria.

Na década de 1980, o IAC realizou um trabalho que impactou a floricultura nacional: a pesquisa com plantas ornamentais tropicais. O lançamento de novas cultivares de antúrio e helicônias, entre outras, transformou-se em uma grande escola de floricultura tropical, com reflexos no mercado nacional.

O IAC é o responsável pela mudança do perfil da cultura do antúrio, com lançamento de 25 cultivares, entre elas os antúrios Astral, Cananéia e Eidibel, que foi umas das cultivares mais produzidas no Brasil.

As pesquisas com palmeiras produtoras de palmito no IAC começaram a ter destaque a partir de 1972. Os trabalhos iniciais foram desenvolvidos pela pesquisadora Dra. Marilene Leão Alves Bovi, com as palmeiras juçara (*Euterpe edulis*), açaí (*Euterpe oleracea*). Naquela época formou-se a coleção de germoplasma de palmeiras produtoras de palmito.

Devido à alta demanda por palmito das espécies do gênero *Euterpe* (juçara e açaí) e a real ameaçada de extinção provocada pelo extrativismo descontrolado, no início da década de 1980, fez com que muitos empresários agrícolas, buscassem na pupunheira (*Bactris gasipaes*), espécie amazônica, uma alternativa para a produção de palmito.

Referência internacional em pesquisas com palmeiras, Dra. Marilene liderou a divulgação da pupunheira para plantio comercial, a partir do início de 1990. As pesquisas na área do melhoramento genético, nutrição, fitossanidade, sementes e fisiologia da produção, contribuíram para a expansão das lavouras no estado de São Paulo, com destaque para o Vale do Ribeira. A contribuição de palmito de pupunha para o mercado nessa época foi superior a 20%. As pesquisas com palmeiras produtoras de palmito foram continuadas sob a liderança da pesquisadora Dra. Valéria Aparecida Modolo.

O Instituto Agrônomo (IAC) pesquisa há mais de 80 anos plantas com propriedades aromáticas, condimentares, medicinais e inseticidas, contribuindo e inovando para o desenvolvimento da agricultura e da alimentação mais saudáveis. As

pesquisas tiveram início com plantas inseticidas na antiga Seção de Fumo do IAC, criada em 1935, incorporando os estudos com piretro, realizados na década de 1940. A partir do piretro, que era a principal matéria-prima para inseticidas da época, outras espécies com propriedades aromáticas, medicinais e condimentares passaram a fazer parte do elenco de pesquisas desenvolvidas pela Seção, aumentando significativamente o tamanho e a importância da coleção dessas plantas no IAC.

A partir da década de 1960, a Seção de Plantas Medicinais e Aromáticas do IAC promoveu importante apoio ao desenvolvimento da produção de óleos essenciais, desenvolvendo tecnologia industrial para extração das essências, bem como novos materiais genéticos, a partir do melhoramento de espécies com maior potencial socioeconômico. A adoção em larga escala da cultivar de *Mentha arvensis* IAC-701 pelos produtores possibilitou que o Brasil se tornasse o maior produtor mundial de mentol na década de 1970. Posteriormente, a indústria química desenvolveu o processo de mentol sintético, para substituir a produção natural. Nos últimos anos observa-se crescente tendência mundial, em busca do uso mais apropriado de

insumos naturais, em substituição aos sintéticos, o que tem aberto novas oportunidades a partir das demandas por mentol natural.

Destacamos que entre 1980 e 1990, importantes pesquisas fitotécnicas foram realizadas no IAC, com a cultura do urucum, hoje amplamente usado nas indústrias alimentícias e de corantes naturais, com o objetivo principal de aumentar a qualidade das sementes. Com base nessas pesquisas, o IAC contribuiu, de forma efetiva, para a introdução e estabelecimento da cultura no estado de São Paulo.

As contribuições do Instituto Agrônomo na área da horticultura no passado foram extremamente importantes e de grande relevância para o estado de São Paulo e Brasil, nas mais diferentes cadeias de produção de plantas hortícolas.

Houve mudanças nas linhas de pesquisas e priorizou-se os programas de melhoramento vegetal de plantas hortícolas pelas quais as grandes empresas sementeiras do segmento de hortaliças não tem interesse em desenvolver. Em sua maioria espécies de propagação vegetativa, mas de grande importância para a sustentabilidade nutricional, principalmente em países

em desenvolvimento como o Brasil.

Principais inovações da pesquisa em horticultura do IAC: atualidades e futuro

O mercado de produtos hortícolas tem se aprimorado ao longo dos anos, e propiciado a abertura de novas frentes de atuação por parte do setor privado, especialmente para a oferta contínua de novos tipos de sementes de hortaliças de espécies mais conhecidas, inclusive com a importação de sementes genéticas e sua adaptação em território nacional, com vistas a atender às demandas por parte dos produtores rurais. Desta forma, novas rotas tecnológicas têm sido estruturadas pelo IAC, com o intuito de fortalecer os programas de melhoramento vegetal de plantas hortícolas, não fortemente acompanhados pelo segmento das empresas sementeiras de hortaliças, constituindo, atualmente, como a principal diretriz do Centro de P&D de Horticultura. Destacamos os programas de melhoramento de mandioca (mesa e indústria), palmito, batata, batata-doce, flores tropicais, plantas aromáticas e medicinais (com ênfase em urucum e melaleuca).

Na área do melhoramento de hortaliças como alho, quiabo, cebola, morango, pimentas, pimentões e tomates, as coleções de germoplasma passam por um processo de reorganização para inserção mais dinâmica de novos produtos no mercado para melhor atender às demandas do setor produtivo.

Programa de melhoramento genético de batata-doce - IAC

Em 2016, o IAC reativou o seu programa de melhoramento de batata-doce, tendo lançado 11 cultivares, sendo que seis são destinadas ao consumo como batata-doce de mesa e/ou industrial e cinco cultivares para o cultivo como ornamental (MAPA, 2022). Tal pesquisa evidencia a atual abrangência do IAC, na área de melhoramento da cultura de batata-doce, ou seja, dos 43 cultivares registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 11 são do IAC.

A batata-doce é rica em vitamina C, ferro, potássio, fibras, vitamina B1, B2 e ácido pantotênico. As variedades com polpa alarajanda em especial, contêm elevados teores de β -caroteno (pró-vitamina A) e são utilizadas em diversos países no combate à deficiência de vitamina A em crianças,

um micronutriente essencial à saúde humana devido à sua importância em vários processos fisiológicos. A vitamina A é fundamental ao sistema imunológico, auxilia na acuidade visual, proliferação e diferenciação celular e na expressão gênica. Entre os mais vulneráveis à carência de vitamina A encontram-se crianças menores de cinco anos, gestantes e lactantes.

Em 2019 cerca de 2 bilhões de pessoas não tiveram acesso regular a alimentos de boa qualidade nutricional ou mesmo puderam alimentar-se. Esta condição de escassez retrata um estado de moderada à severa insegurança alimentar. Pessoas que se enquadram neste grupo não têm acesso físico, social e econômico à alimentação segura, nutritiva e suficiente em todos os momentos, a fim de que tenham uma dieta suficiente para uma vida saudável e ativa. Como consequência da insegurança alimentar essas pessoas podem ser vítimas da “fome oculta”, situação de má nutrição decorrente da ingestão deficiente de micronutrientes essenciais à vida.

Devido a toda essa problemática, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo investiu em um amplo programa de melhoramento, objetivando a

biofortificação da cultura da batata-doce. A biofortificação é o processo utilizado para aumentar o conteúdo nutricional de micronutrientes, como vitaminas e minerais específicos, das porções comestíveis das plantas utilizadas como alimentos, o que pode ser feito por meio de técnicas de melhoramento convencional de plantas ou da biotecnologia.

Como resultado desses trabalhos, o Instituto Agronômico (IAC) lançou, em 2021, seis cultivares de batata-doce, a partir da liderança dos pesquisadores Dr. Valdemir Antonio Peressin e Dr. José Carlos Feltran, do IAC e da Dra. Amarilis Beraldo Rós, da APTA Regional, a partir de ações em parceria.

IAC 134 AL01 - Apresenta casca avermelhada, polpa alaranjada

e formato longo elíptico e potencial produtivo superior a 35 t ha⁻¹. Teor de matéria seca próximo a 25%. Seu ciclo é de 120 a 150 dias na primavera/verão e de 150 a 180 dias no outono/inverno. O formato de raiz é padrão para o mercado de mesa com peso médio das raízes em torno de 200 g (extra AA). Possui sabor acentuado. Excelente para consumo na forma cozida e assada. Ideal para alta gastronomia e também para indústria de compotas e doces (Figura 1). A cultivar IAC 134 AL01 apresenta 82,40 vezes mais carotenoides - provitamina A - do que as cultivares mais plantadas no país. Ou seja, a IAC 134 AL01 pode ser uma oportunidade de mercado para os produtores brasileiros, tanto para suprir uma lacuna no mercado nacional, quanto para exportação.

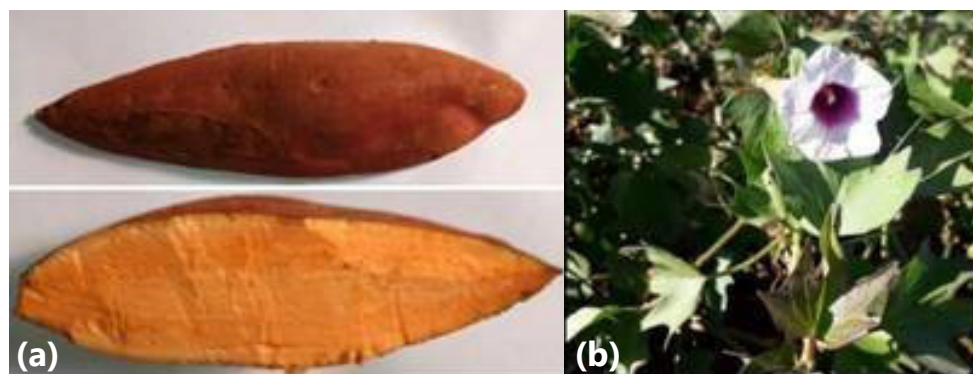


Figura 1. Cultivar de batata-doce IAC 134 AL01. Foto da raiz: Peressin, V. A. (a) e da planta: Bernacci, L. C (b).

IAC Ametista - Possui casca roxa escura, polpa roxa e formato longo elíptico. Apresenta potencial produtivo superior a 30 t ha⁻¹. Teor de matéria seca próximo a 30%. Seu ciclo é de 120 a 150 dias na primavera/verão e de 150 a 180 dias no outono/inverno. De sabor acentuado, ideal para a indústria de alimentos (doces e farinhas) e também para a alta gastronomia (Figura 2). Seu principal diferencial é a

polpa roxa. As batatas-doces de polpa roxa vêm ganhando espaço, já que possuem boa produção, quantidades expressivas de substâncias bioativas, como as antocianinas e os compostos fenólicos, que são compostos associados à redução do risco de doenças degenerativas, além de terem preços mais acessíveis do que outras fontes de antocianinas, como o mirtilo, por exemplo.



Figura 2. Cultivar de batata-doce IAC Ametista. Foto da raiz: Peressin, V. A. (a) e da planta: Bernacci, L. C (b).

IAC Santa Elisa - Possui casca rosada, polpa amarela clara e formato redondo elíptico e potencial produtivo próximo a 50 t ha⁻¹. Teor de matéria seca próximo de 30%. Seu ciclo é de 120 a 150 dias na primavera/verão e de 150

a 180 dias no outono/inverno. Ideal para a indústria de farinha e fécula (Figura 3). Seu principal diferencial é a alta produtividade, embora seja muito saborosa, podendo ser utilizada como batata-doce de mesa.

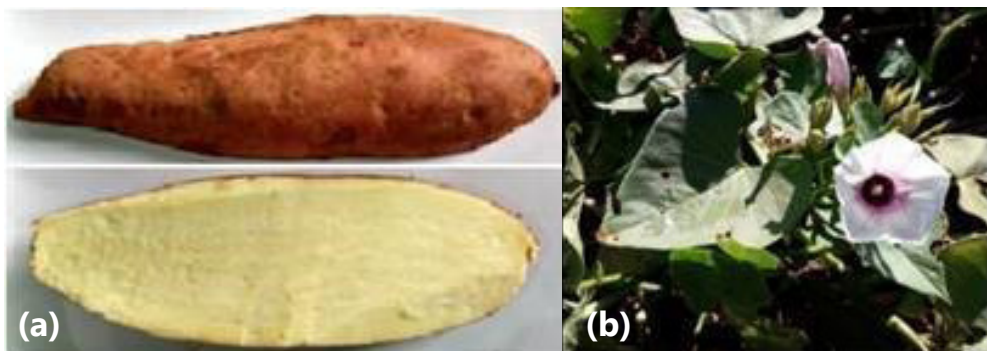


Figura 3. Cultivar de batata-doce IAC Santa Elisa. Foto da raiz: Peressin, V. A. (a) e da planta: Bernacci, L. C (b).

IAC Lavínia - Possui casca roxa, polpa amarelo-pálida e formato longo elíptico e potencial produtivo comercial superior a 30 t ha⁻¹ na primavera/verão e 40 t ha⁻¹ no

inverno. Seu ciclo é de 120 a 150 dias na primavera/verão e de 150 a 180 dias no outono/inverno. Excelente para uso culinário (Figura 4).



Figura 4. Cultivar de batata-doce IAC Lavínia. Foto: Rós, A. B.

IAC Prudentina - Possui casca roxa, polpa amarelo-pálida e formato longo elíptico e potencial produtivo comercial superior a 40 t ha⁻¹ na

primavera/verão. Seu ciclo é de 120 a 150 dias na primavera/verão e de 150 a 180 dias no outono/inverno. Excelente para uso culinário (Figura 5).



Figura 5. Cultivar de batata-doce IAC Prudentina. Foto: Rós, A. B.

IAC Clara - Apresenta casca roxa, polpa amarelo-pálida e formato longo elíptico e potencial produtivo comercial superior a 40 t ha⁻¹ na

primavera/verão. Seu ciclo é de 120 a 150 dias na primavera/verão e de 150 a 180 dias no outono/inverno. Excelente para uso culinário (Figura 6).



Figura 6. Cultivar de batata-doce IAC Clara. Foto: Rós, A. B.

Programa de melhoramento genético de batata - IAC

A produção brasileira de batata está baseada no uso de

cultivares de *Solanum tuberosum* ssp. desenvolvidas em países de clima temperado, sob condições de dias longos e temperatura amena, que, quando introduzidas no Brasil,

vieram parcialmente satisfazer alguns elementos de adaptação.

A batata em países de clima temperado tem apenas um plantio por ano, sendo que após a colheita o inverno é suficientemente severo para eliminar qualquer planta voluntária, havendo, portanto, uma interrupção no ciclo das doenças e pragas da parte aérea que afetam a cultura. Em condições tropicais como as do Brasil, dependendo da altitude local, é possível plantar e colher batata o ano todo, em uma escala sucessiva de cultivos, favorecendo a incidência constante de pragas e doenças, agravando o processo de degenerescência da batata-semente e consequente redução da produtividade ao longo dos ciclos de produção, além da necessidade de número excessivo de intervenções fitossanitárias para se produzir satisfatoriamente. É comum encontrar produtores com mais de 25 aplicações de defensivos durante o ciclo da batata (90 a 110 dias), ou seja, uma aplicação a cada 4 a 5 dias. É urgente, portanto, que os programas de melhoramento preconizem selecionar cultivares mais resistentes e adaptadas às nossas condições de cultivo e de inovadores e eficientes sistemas de produção de batata-semente sejam desenvolvidos no país.

Novas cultivares de batata do IAC

A aparência dos tubérculos há muitos anos tem dominado sem concorrência o mercado de batata no Brasil. Consumidores preferem sem titubear batatas que tenham película amarela, casca lisa e brilhante e cor da polpa creme. Nos últimos anos, no entanto, com a crescente valorização de alimentos com valor funcional, assim como a expansão e popularização da gastronomia, tem aumentado o interesse por batatas não convencionais, isto é, batatas com características singulares, tais como multiplicidade de cor de película, cor de polpa, formato de tubérculo e aptidão culinária diferenciada, estão despertando interesse no mercado nacional.

Assim, face ao eminente interesse do mercado brasileiro por esse tipo de batata, o programa de melhoramento genético de batata do IAC, sob a coordenação do Centro de P&D de Horticultura, em conjunto com as unidades de pesquisa do IAC, localizadas em Mococa e Itararé e em parceria com a APTA Regional de Monte Alegre do Sul, tem buscado a introgressão de genes dos caracteres cor púrpura e vermelha de casca e polpa em germoplasma nacional, principalmente do IAC, mais adaptado

às condições do Sudeste do Brasil, visando disponibilizar aos produtores mais uma opção de produção e oportunidade de negócio.

Além das variedades de polpa e pele coloridas, o IAC tem trabalhado em novos materiais para o mercado de produtos orgânicos. Considerada uma das culturas hortícolas de maior dificuldade na produção orgânica, a batata, exige atualmente um grande número de aplicações de defensivos agrícolas para sua produção, uma vez que utiliza cultivares importadas, sobretudo da Europa. Assim, a

produção de batata orgânica sempre foi um grande desafio.

Graças ao trabalho de inovação, liderado pela equipe de pesquisadores do IAC, Dr. Thiago Leandro Factor, Dr. José Carlos Feltran, Dr. Sebastião de Lima Junior e Dra. Sally Ferreira Blat, os produtores de batata já podem contar com duas cultivares para a produção orgânica e de pequena escala e duas cultivares coloridas em 2022 (Figura 7). Essas quatro cultivares encontram-se em fase de registro e proteção junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).



Figura 7. Amostras das cultivares em fase de registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Foto: Factor, T. L.

Programa de melhoramento genético de mandioca de mesa e para indústria - IAC

As ações mais relevantes feitas pelo programa de melhoramento genético de mandioca no IAC foi o desenvolvimento de novas cultivares de mandioca de mesa mais produtivas e mais nutritivas as quais tem polpa amarela e alaranjada (ricas em carotenoides pró-vitaminicos como o β -caroteno). Por exemplo o clone IAC 6-01 tem cerca de 800 UI de vitamina A por 100 g de polpa de raízes (FAPESP, 2012). Por outro lado, o clone IAC 28-00 destaca-se por seu elevado potencial produtivo e apresenta cerca de 210 UI de vitamina A por 100 g de polpa de raízes (MEZETTE et al.,

2009) (Figura 8). As pesquisas foram realizadas em Pindorama, Presidente Prudente, Assis, Monte Alegre do Sul e Pindamonhangaba, em parceria com as respectivas unidades da APTA Regional, com a liderança dos pesquisadores do IAC, Dr. José Carlos Feltran e Dr. Valdemir Antonio Peressin. Recentemente foi solicitado o registro destes dois clones no Registro Nacional de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (RNC/MAPA), os quais foram registrados como IAC 6-01 Vitaminada (RNC 50935) e IAC 28-00 Bruta (RNC 50936). Outro ponto de interesse é o cozimento das raízes que ao lado da produtividade qualificam o clone (Figura 9).



Figura 8. Aspecto visual das plantas de mandioca da cultivar IAC 6-01 e da cultivar IAC 28-00 aos 12 meses de idade. Monte Alegre do Sul (SP). Safra 2018-2019. Foto: Arquivos IAC (2020).

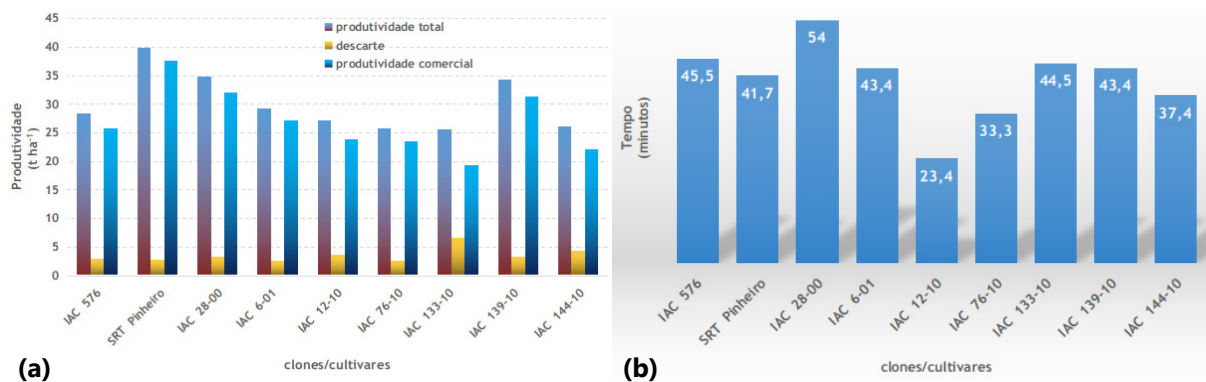


Figura 9. Produtividade total, descarte e produtividade comercial de raízes tuberosas (a) e, tempo médio de cozimento de toletes de raízes de mandioca de mesa em panela aberta com água em ponto de fervura (b). São José do Rio Pardo (SP). Safra 2018-2019. Fonte: Relatórios internos do CP&DH-IAC - dados não publicados.

Com relação a mandioca para indústria, o programa de melhoramento genético do IAC obteve novos clones e cultivares mais produtivos e com maior teor de matéria seca nas raízes, ou seja, com maior produção de fécula (amido) por hectare. Além do mais, esses clones e cultivares são adaptados ao plantio mecanizado e

têm colheita precoce (11-12 meses de ciclo), como ocorre, por exemplo, com as cultivares IAC 118-95 e IAC 90 (Figura 10). Esses trabalhos têm sido realizados sob a liderança dos Pesquisadores do IAC, Dr. José Carlos Feltran e Dr. Valdemir Antonio Peressin, e da APTA Regional, Dr. Sérgio Doná.



Figura 10. Aspecto visual das plantas de mandioca para indústria da cultivar IAC 118-95 (a); aspecto visual das plantas de mandioca da cultivar IAC 90 (b). Foto: Arquivos IAC (2020).

Essas cultivares foram registradas no RNC/MAPA sob os números RNC 49695 (IAC 90) e RNC 50174 (IAC 118-95). No entanto, outros

clones promissores de mandioca de mesa e para indústria estão em fase de avaliação como o clone IAC 20-12, IAC 03-12 e IAC 95-12 (Figura 11).



Figura 11. Aspecto visual de clones promissores de mandioca para indústria. Foto: Arquivos IAC (2020).

Esses clones e cultivares apresentam produtividade elevada e alta renda, medida indireta do teor de amido em balança hidrostática

(Figuras 12 e 13). Na tabela 1, temos a relação das cultivares de mandioca lançadas em 2021.

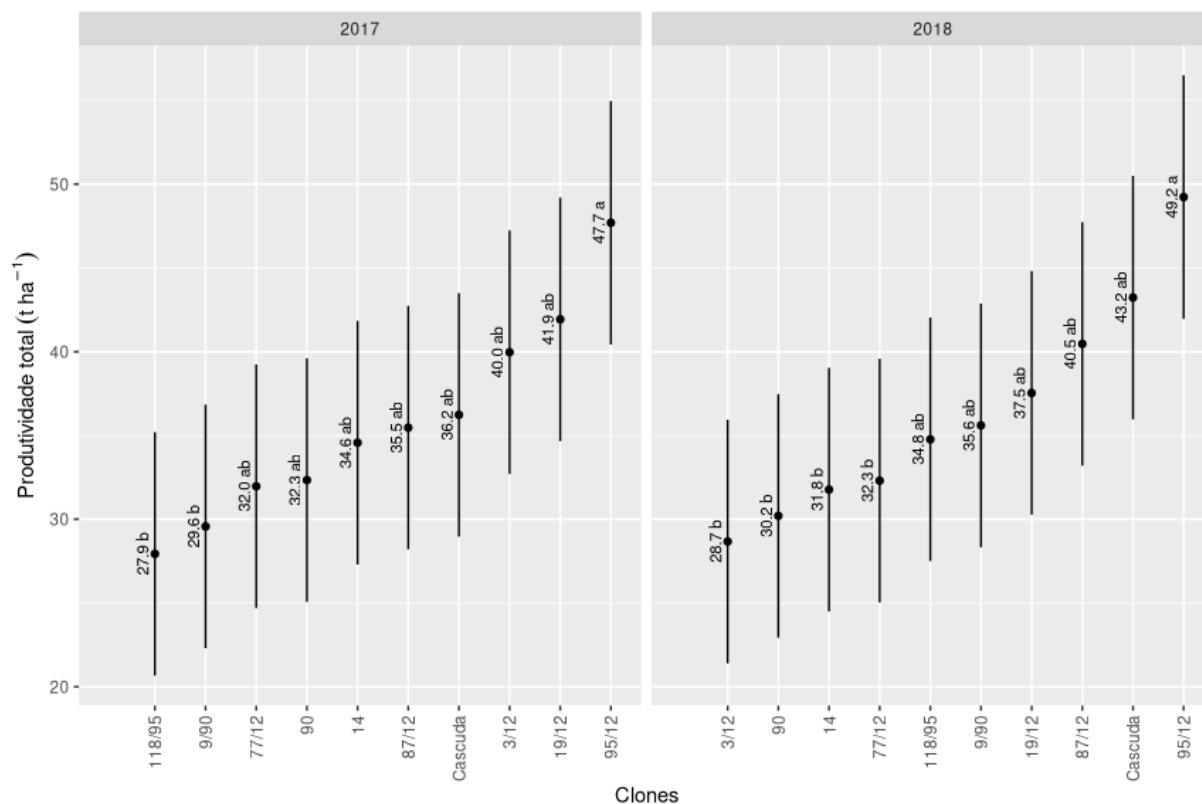


Figura 12. Médias de produtividade total de raízes tuberosas com os intervalos de confiança dos clones de mandioca para indústria para cada ano de experimentação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de t (LSD), a 5% de probabilidade. Fonte: Relatórios internos do CP&DH-IAC - dados não publicados.

Na área de sistemas de produção, manejo e controle de plantas daninhas na cultura da mandioca, as pesquisas não param. Em 2022 foi publicado o livro "Manejo integrado de plantas daninhas em mandioca: um desafio ambientalmente correto". A publicação está disponível em [http://](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iac_livro_mandioca.pdf)

www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iac_livro_mandioca.pdf. O livro aborda diversos temas relacionados à biologia e do manejo das plantas daninhas, como a matocompetição, o plantio direto, os métodos de controle de plantas daninhas.

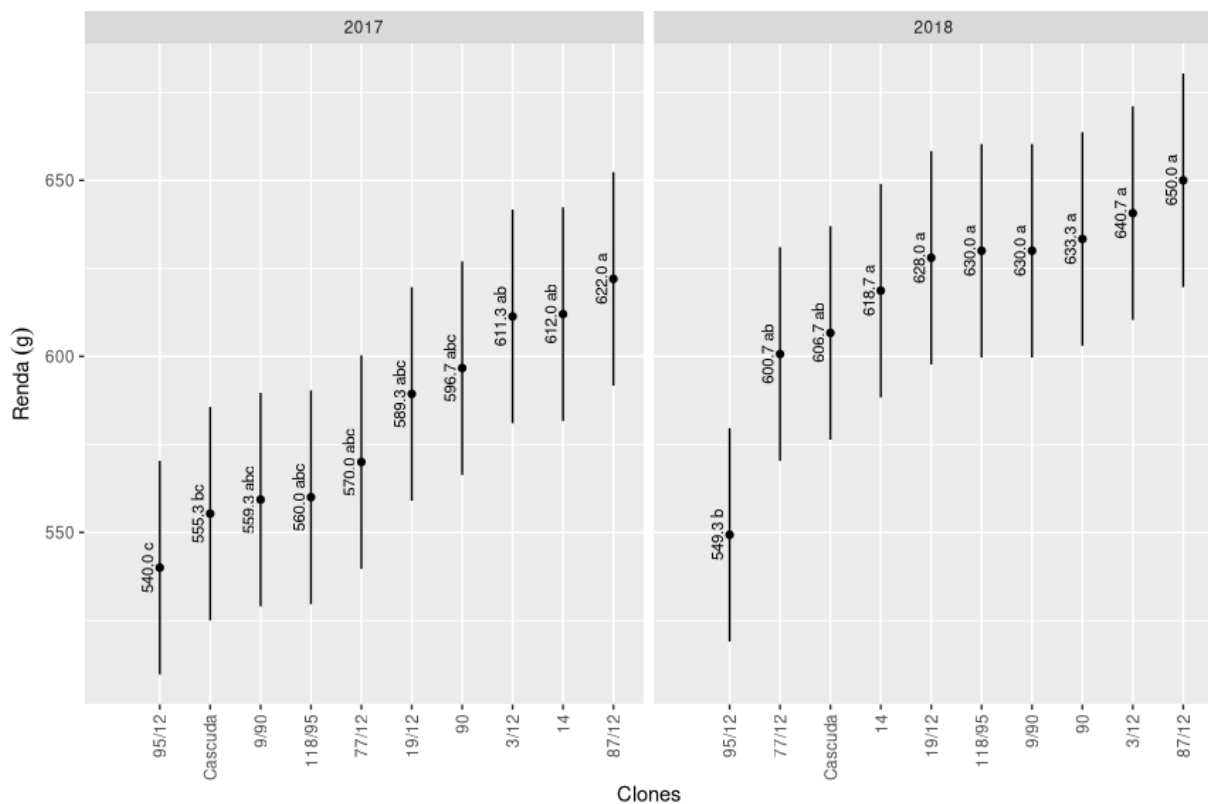


Figura 13. Médias dos valores de renda das raízes tuberosas com os intervalos de confiança dos clones de mandioca para indústria para cada ano de experimentação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de t (LSD), a 5% de probabilidade. Fonte: Relatórios internos do CP&DH-IAC - dados não publicados.

Programa de melhoramento genético de palmito

O palmito, produto obtido da extremidade superior do estipe de certas palmeiras, já era consumido pelos indígenas no Brasil e em outros países da América do Sul e Central, desde épocas remotas. As pesquisas desta hortaliça no IAC ocorrem desde a década de 1960 e permearam as principais espécies produtoras: a

palmeira juçara (*Euterpe edulis*), o açai (*Euterpe oleracea*), a pupunheira (*Bactris gasipaes*) e a palmeira real australiana (*Archontophoenix* spp).

Toda palmeira produz palmito, mas para que a espécie se destaque como produtora é preciso que tanto o palmito seja apreciado, como a palmeira seja adaptada ao cultivo ou ao manejo. Com a introdução de novas espécies produtoras (pupunheira

e palmeira real australiana) e aprimoramento da tecnologia de produção houve a possibilidade de produção precoce de palmito. Quatro espécies do gênero *Roystonea* entram nesse cenário como cultivo viável e rentável em termos agrícolas e podem representar uma nova

alternativa para produção precoce de palmito. O cultivo é feito adensado (Figura 14) e as características do palmito são favoráveis tanto para a industrialização (Figura 15) como para o consumo in natura (Figura 16), e podem oferecer uma nova opção ao mercado, um novo sabor.



Figura 14. Vista geral do cultivo de *Roystoneas* na APTA Regional de Pariquera-Açu, em setembro/2021. Foto: Modolo, V. A.



Figura 15. Palmito de espécies de *Roystoneas* industrializado. Foto: Modolo, V. A.



Figura 16. Palmito de espécies de *Roystoneas* in natura. Foto: Modolo, V. A.

Além de outros sabores de palmito o IAC também tem estudado a pupunheira que, entre as espécies cultivadas, é atualmente a principal para produção de palmito. No Brasil, novos plantios são feitos somente a partir de sementes, cuja produção ainda é insuficiente para suprir a demanda gerada pelo crescimento das áreas de plantio. A tecnologia de produção de sementes no estado de

São Paulo foi pesquisada e encontra-se disponível on-line no Boletim Técnico IAC 220 - Produção de Sementes de Pupunheira no Estado de São Paulo, disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/palmito.php>, preenchendo uma lacuna que existia sobre produção de sementes fora da região de origem da cultura.

Programa de melhoramento genético de flores tropicais

A área de pesquisa de floricultura e plantas ornamentais do IAC, sob coordenação do Centro de P&D de Horticultura, está pautada no desenvolvimento de novos produtos, sob a liderança do pesquisador Dr. Charleston Gonçalves.

O programa de melhoramento genético de plantas ornamentais, conta com a Coleção de Zingiberales Ornamentais, de ampla variabilidade

entre seus acessos, e por meio das atividades de pesquisa tecnológica, selecionou e registrou nos últimos anos (2015-2022) 17 cultivares de plantas ornamentais, que foram selecionadas para sua inserção no mercado, para fomentar o estabelecimento de novos patamares de qualidade e competitividade para a floricultura nacional.

Entre as plantas registradas para corte e paisagismo temos: bastão-do-imperador, gengibre ornamental e batata-doce ornamental (Figura 17).



Figura 17. Batata-doce ornamental (a), gengibre ornamental (b) e bastão-do-imperador (c). Foto: Gonçalves, C. e Peressin, V. A.

Programa de melhoramento genético de plantas aromáticas, condimentares e medicinais

A seleção de genótipos de urucum com elevado teor de corante

natural (bixina), e de outros compostos de interesse da indústria farmacêutica como: geranilgeraniol e tocotrienol, foi retomado a partir de 2010. Aspectos agrônômicos são avaliados, para que seja em breve ofertadas

novas cultivares de urucum para os produtores nacionais. O Instituto Agrônomo, mantém em parceria com a Unidade Regional de Pesquisa

e Desenvolvimento de Pindorama (SP), a coleção de germoplasma, da qual se obtêm a coleção de trabalho no melhoramento (Figura 18).



Figura 18. Coleção de germoplasma de urucuzeiro do IAC, mantidos na APTA Regional de Pindorama (SP), seleção de genótipos com alto teor de bixina e elevada produtividade. Foto: Fabri, E. G.

Os óleos essenciais estudados no IAC há mais de 80 anos, são uma área com demanda crescente pelo setor produtivo. A necessidade de bioprospecção de espécies nativas e de estudos de adaptabilidade de espécies exóticas com alta demanda de mercado, como lavanda (Figura 19), gerânio (Figura 20), alecrim (Figura 21), manjerição (Figura 22), dentre outras, se fazem necessário para que se consolide, tornando o Brasil um produtor de óleos essenciais de espécies diversas e não

somente como grande produtor de óleo essencial de laranja e eucalipto, por serem subprodutos de outras cadeias produtivas. Para atender à demanda crescente neste segmento, o IAC tem desenvolvido sistemas de produção adaptados às diferentes regiões, sob a liderança da pesquisadora Dra. Eliane Gomes Fabri, contribuindo de forma efetiva para difusão de sistemas de referência para sua adequada adoção pelos produtores.



Figura 19. Campo experimental de *Lavandula dentata* ou lavanda comum no Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa" - IAC, Campinas (SP). Foto: Fabri, E. G.



Figura 20. Campo experimental de *Pelargonium graveolens* ou gerânio comum, em Guaratinguetá (SP). Foto: Fabri, E. G.



Figura 21. Campo experimental de *Rosmarinus officinalis* ou alecrim quimiotipo 1, em Bom Sucesso de Itararé (SP). Foto: Fabri, E. G.



Figura 22. Campo experimental de *Ocimum basilicum* ou manjeriço quimiotipo linalol, em Bom Sucesso de Itararé (SP). Foto: Fabri, E. G.

Estabelecer um programa de melhoramento para espécies aromáticas diversas é de grande importância e relevância para o setor produtivo. Nesse sentido, o IAC, sob

a coordenação do Centro de P&D de Horticulrura, tem trabalhado na seleção de clones avançados de melaleuca (Figura 23).



Figura 23. Campo experimental de *Melaleuca alternifolia*, seleção de genótipos, em Bom Sucesso de Itararé (SP). Foto: Fabri, E. G.

Para os estudos com óleos essenciais, foi inaugurado em dezembro de 2021 a “Planta Piloto - Agroindústria de Extração de Óleos Essenciais”, o que fortalece o desenvolvimento de processos e protocolos de extração dos óleos essenciais para o setor produtivo.

A transferência de tecnologia de produção, desenvolvida pelo IAC, é realizada com palestras, dias de campo, cursos de capacitação e projetos de desenvolvimento em

parceria público-privada. Na última década mais de uma dezena de parcerias público-privadas foram estabelecidas.

A necessidade de melhor divulgar informações para os produtores, foi disponibilizado, em 2021, o livro: Plantas Aromáticas: Contribuições científicas e tecnológicas para a cadeia produtiva de óleos essenciais, que está disponível em <https://fundag.br/produto/plantas-aromaticas-contribuicoes-cientificas->

e-tecnologicas-para-a-cadeira-produtiva-de-oleos-essenciais, contribuindo com informações científicas para a cadeia produtiva de plantas aromáticas e medicinais no Brasil.

Novas tecnologias IAC para os sistemas de produção hortícola

Na área de horticultura, a busca por produtos de maior qualidade nutricional e valor agregado tem aberto novas frentes de pesquisa. Nesse sentido, o IAC tem contribuído com novas linhas de pesquisa, com foco no desenvolvimento de tecnologias, em especial, para melhorar cada um dos processos do sistema de produção, e disponibilizar alternativas e novas soluções para o mercado na forma de produtos e processos. A seguir, estão relacionados relevantes destaques do IAC, sob a liderança do Centro.

Inovações na produção de batata-semente

Historicamente, o país não é autossuficiente na produção de batata-semente, sendo que boa parte ainda é importada. Além do alto custo, importando batata-semente corre-

-se o risco de introduzir organismos fitopatogênicos exóticos em nosso território, assim como as variações cambiais, greves portuárias, ou pior ainda, não ter batatas-sementes disponíveis para compra. Assim, o desenvolvimento de sistemas mais eficientes para a multiplicação inicial de tubérculos de alta sanidade pode ser uma alternativa à batata-semente importada, além de melhorar a produtividade e garantir a segurança alimentar no país.

Nesse sentido, uma das tecnologias desenvolvidas pelo Centro de P&D de Horticultura e colocada à disposição do produtor é o sistema de produção em aeroponia (Figura 24). Neste sistema, as raízes das plantas ficam suspensas em uma bancada/caixa, necessariamente no escuro, ou seja, sem a entrada de luz, onde recebem uma solução nutritiva completa (macro e micronutrientes).

Uma das principais vantagens deste sistema é a possibilidade de colheita escalonada, além do aumento da taxa de multiplicação de tubérculos ou da produtividade. Enquanto no solo/substrato são produzidos de 3 a 6 tubérculos por planta, no sistema aeropônico podem ser obtidos até 50 minitubérculos por planta, a depender da cultivar e época de cultivo.

Com apoio financeiro da FAPESP, o IAC foi pioneiro nesta técnica e desenvolveu o primeiro sistema de produção em aeroponia para batata-semente do Brasil. Este sistema está instalado em Mococa, no atual Núcleo Regional de Pesquisa de Mococa, a cerca de 60 km de Vargem Grande do Sul (SP), principal região produtora de batata do estado. A partir de sua divulgação, esta unidade do IAC recebeu várias visitas e foi alvo de muitas inserções na mídia, inclusive

matéria do Jornal Nacional (<https://globoplay.globo.com/v/6937690/>), culminando em adoção desse sistema por produtores e empresas especializadas na produção de batata-semente no país. Atualmente, são produzidos cerca de 5 milhões de minitubérculos/ano por meio desta técnica, contribuindo para redução da importação de batata-semente e para aumento da segurança alimentar no país.



Figura 24. Sistema de produção de minitubérculos de batata em aeroponia. Foto: Factor, T. L.

Olericultura Conservacionista - conservação dos recursos naturais do solo e água para produção de hortaliças

A metodologia tradicional de cultivo de hortaliças no campo

envolve diversas técnicas agrônômicas que vão desde o preparo do solo, cultivo das plantas até a colheita e comercialização da produção vegetal. O preparo do solo convencional, com arado e grade, expõe o solo mais intensamente ao processo erosivo, o

que leva a perdas significativas de solo ao longo dos anos de cultivo. Além da perda de solo, o processo erosivo causa a contaminação, assoreamento e eutrofização dos recursos hídricos da bacia hidrográfica. No entanto, técnicas agronômicas que visam a conservação do solo e da água na produção agrícola são de extrema importância para garantir a produção de alimentos, fibra e energia para toda sociedade e futuras gerações.

Nesse contexto, a Olericultura Conservacionista, liderada pelo pesquisador Dr. Roberto Botelho Ferraz Branco, busca integrar a produção de hortaliças nos três conceitos agronômicos de plantio direto ou preparo mínimo do solo, rotação de culturas e manutenção permanente de palha na superfície do solo, que formam dessa maneira a base conceitual da Agricultura Conservacionista.

Com relação ao preparo do solo deve haver no sistema de produção implementos que realizem operações de semeadura e transplante de mudas de forma que conservem o melhor possível a estrutura do solo e que mantenha a palha na superfície do solo. Na rotação de culturas recomenda-se sempre que possível o cultivo de plantas de cobertura de espécies como as crotalárias,

mucunas, milheto, aveia e tremoço. Com a aplicação desses conceitos, o produtor rural seguramente trará a sua propriedade benefícios ambientais de redução significativa de perda do solo e proteção da qualidade dos recursos hídricos, que proverão melhorias na fertilidade química, física e biológica, e na infiltração e armazenamento de água no solo. Ressalta-se, também, a redução dos custos de produção e o aumento do sequestro de carbono no sistema produtivo, que contribuem para redução da emissão de gases de efeito estufa e possibilitam a captação de recursos em planos governamentais como Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), além da possibilidade de certificação de boas práticas na agricultura como o Global G.A.P. (Good Agricultural Practices).

Assim pesquisas científicas focadas em metodologias conservacionistas de preparo do solo e cultivo das hortícolas, como o tomate, alface e melancia, entre outras, vêm sendo realizadas pelo IAC, com apoio de fundações de apoio à pesquisa e, também, com parcerias público-privadas. Os resultados desses trabalhos são muito promissores e estão sendo divulgados por meio de palestras, dias de campo e boletins técnicos, além da publicação de

artigos científicos. Destacam-se os experimentos com tomate nesse

sistema de cultivo e os excelentes resultados obtidos (Figura 25).



Figura 25. Tomate produzido em sistema de produção conservacionista. Foto: Branco, R. B.

Cultivo *indoor* vertical, com iluminação artificial em LED e a inauguração do laboratório - IAC

Segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial em 2050 pode chegar a mais de 10 bilhões de pessoas, resultando em redução das terras agrícolas per capita em diferentes regiões do mundo. Os efeitos das mudanças climáticas, a crescente extensão geográfica de terras secas e a redução no

suprimento de água associado à migração para os centros urbanos são outros fatores que intensificam essa redução. Dentro do contexto de mudanças climáticas e seus efeitos, alternativas de sistemas de produção protegidos ou *indoor* capazes de atender às demandas necessárias são estratégicos para a produção de alimentos e material de propagação de alta sanidade, sustentabilidade e eficiência no uso de recursos naturais.

O cultivo *indoor* tem se difundido nos últimos anos, por conta do seu

potencial produtivo e uso eficiente dos recursos naturais. Trata-se do cultivo de plantas em um ambiente fechado, com luz artificial (total ou complementar), temperatura e fornecimento de água controlados, não estando sujeito a adversidades climáticas. O cultivo *indoor* em maior escala, nas chamadas *plant factories*, possui vantagens sobre o sistema convencional de produção: maior produtividade, redução do ciclo de cultivo, redução do uso de recursos naturais, como a água e redução das perdas pós-colheita, indo ao encontro dos objetivos da "Agenda 30", que estabeleceu metas de desenvolvimento sustentável que devem ser cumpridas nas próximas décadas. Logo, a configuração e a otimização de protocolos específicos para o cultivo *indoor* são um passo importante para melhorar a sustentabilidade desses sistemas, que dependem do uso eficiente de energia, água e fertilizantes. Dentro desses protocolos, o fornecimento adequado de luz é um fator chave para garantir maior produtividade e qualidade nutricional dos vegetais.

Com a rápida redução nos preços verificada nos últimos anos, os LEDs tornaram-se uma opção de iluminação artificial competitiva. Em estudo publicado na revista *Nature*,

Pattisson et al. (2018) verificaram a viabilidade econômica do cultivo *indoor* em função da densidade de fótons por massa seca produzida. Concluíram que plantas de ciclo rápido como microverdes, *baby leaf*, hortaliças folhosas e tomate são viáveis, em detrimento a culturas de ciclo longo. Material de propagação de diversas culturas como mudas, estacas e mini-tubérculos de extrema sanidade vegetal de culturas de alto valor agregado e relacionadas à segurança alimentar também podem ser uma opção.

Nesse sentido, depois de diversas visitas em 2018/2019 de empresários que viriam a constituir empresas de agricultura urbana, com dúvidas a respeito do cultivo *indoor*, foi realizado o *I Workshop Urban Farming* no IAC, para criar um fórum oficial de discussão. A segunda edição foi atrasada pela pandemia COVID-19, e aconteceu em 12/05/2022, com grande presença de público e empresas atuantes e interessadas nesse novo sistema de cultivo.

Após o evento de 2019 em 2020/2021, foram iniciados estudos no laboratório de cultivo vertical *indoor* no IAC, sob a coordenação do Centro de P&D de Horticultura, liderado pelo pesquisador Dr. Luis

Felipe Villani Purquerio. Foram desenvolvidos protótipos de *growth chambers*, entre outras estruturas/equipamentos, necessárias à produção *indoor* na vertical.

Com auxílio de uma equipe multidisciplinar e que envolve a participação de parceiros públicos e privados, foram realizados estudos com produção de alimentos como microverdes, *baby leaf*, tomate, para produção de mudas e de plantas de ciclo longo, com alto valor agregado e ambiência.

Dentro desse escopo, pode-se mencionar a avaliação de diferentes densidades de fluxo de fótons fotossintéticos correspondentes a 50, 100, 150, 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e densidades de semeadura para produção de microverdes de girassol, rabanete e repolhos verde e roxo, que resultou em dissertação de Mestrado da Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do IAC. Vale, também, mencionar outra linha de pesquisa do IAC, relacionada ao cultivo *indoor* do lúpulo. No primeiro ciclo de cultivo, as plantas se desenvolveram de forma satisfatória e preencheram a maior

parte da região superior da *growth chamber* em até 90 dias. Em julho de 2021, com as plantas plenamente desenvolvidas, o fotoperíodo foi reduzido de 16 para 10 horas e em 6 dias foi possível observar o florescimento das plantas.

Ressalta-se que cultivo de plantas *indoor* ainda é incipiente no país e existem poucos estudos nesse sentido, sendo um campo aberto para pesquisa e desenvolvimento, além de negócios para empresas inovadoras e criação de startups. Todavia, o cenário da agricultura do século XXI propõe grande desafio à ciência e à cadeia produtiva, pois necessitamos de multidisciplinaridade para produzir mais com menos e assim atingir alta produtividade de alimento com excelente qualidade, visando o fortalecimento da nutrição humana, num cenário de população crescente e mudanças climáticas.

Destacam-se a seguir imagens do Laboratório de Cultivo *Indoor* inaugurado em 12 de maio de 2022 e imagens das plantas de lúpulos em fase de florescimento (Figura 26).



Figura 26. Vista do laboratório de cultivo *indoor* do Centro de P&D de Horticultura (a), de microverdes de rabanete (b), de plantas de lúpulo na vertical (c) e flor produzida *indoor* (d).

Evolução na nutrição e adubação em tomaticultura

Com o crescimento populacional e aumento do mercado consumidor, os produtores de hortaliças enfrentam o desafio de suprir à demanda em quantidade, qualidade e regularidade. Sendo assim, a utilização de híbridos de tomate mais produtivos, com nutrição e adubação adequadas, tem se tornado um diferencial em termos de mercado.

Devido ao dinamismo do mercado, com base no contínuo lançamento de novos híbridos, com características superiores em relação à resistência/tolerância a pragas e doenças, adaptação a diferentes condições climáticas e melhor aproveitamento dos insumos, há que se intensificar os estudos para disponibilizar recomendações nutricionais mais adequadas para os produtores.

Para atender a essa demanda, o IAC tem realizado estudos de acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo dos novos híbridos lançados, e tem se constituído em ferramentas necessárias para recomendação de adubação refinada, pois possibilita que se determine o melhor momento de aplicação de fertilizantes e evita possíveis deficiências ou uso excessivo de alguns nutrientes.

Ao longo dos últimos dez anos o IAC, sob a coordenação do Dr. Luis Felipe Villani Purquerio, tem atuado em parceria com o setor privado no ramo de sementes e fertilizantes para desenvolver estudos de acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo, culminando com a abertura de oportunidades para novos empreendedores de base tecnológica, em parceria com o IAC.

Análise econômica da cadeia hortícola e prospecção de novos mercados

Em face do dinamismo do setor hortícola frente aos desafios de mercado, o IAC tem integrado os programas de desenvolvimento tecnológico com estudos socioeconômicos para subsidiar análises mais estruturadas inerentes a cada um dos segmentos da cadeia e, inclusive, contribuindo para auxiliar no entendimento dos processos produtivos que envolvem culturas e produtos relevantes para as diferentes regiões do estado de São Paulo, bem como seu impacto no Brasil como um todo.

Nessa linha de pesquisa, liderada pela pesquisadora Dra. Lilian Cristina Anefalos, é importante destacar que, além de elaborar indicadores socioeconômicos para o monitoramento e análise dos principais segmentos hortícolas, a avaliação de impacto das tecnologias geradas pelo IAC é um dos eixos que tem sido trabalhados, inclusive como parte do Balanço Social da APTA, lançado recentemente, relativo ao período de 2018-2021, no qual estão inseridas tecnologias do IAC da área de horticultura.

Como parte dos desdobramentos desses trabalhos, foi desenvolvida a plataforma Hortsustenta SP, cujo programa de computador foi registrado no INPI. Esse sistema tem por objetivo otimizar a busca, visualização e agrupamento de informações relevantes para o setor hortícola, especialmente correlacionadas às tecnologias desenvolvidas no IAC, por meio da criação de diferentes ambientes para consulta e análise, a partir da estruturação de bases de dados integradas e do rol de conhecimentos científicos e tecnológicos acumulados.

Por fim, deve-se ressaltar que as ações em PD&I do IAC em horticultura não estão apenas focadas em espécies hortícolas específicas, mas com forte atuação no fortalecimento do desenvolvimento regional, por meio de novos modelos de gestão hortícola para alavancar arranjos produtivos locais mais fortes.

Agradecimentos especiais

A todos os pesquisadores que fizeram parte da equipe da Horticultura IAC, em todos os seus setores (floricultura, hortaliças, raízes e tubérculos, plantas aromáticas e medicinais), desde o início dos

programas de melhoramento genético.

Além disso, destacamos os nossos agradecimentos aos pesquisadores dos demais Centros de Pesquisa do IAC e instituições parceiras, que contribuíram para a atuação contínua das áreas de pesquisa em Horticultura.

Aos integrantes da equipe de apoio técnico do Centro de P&D de Horticultura no acompanhamento nessa árdua missão de alavancar o setor hortícola, o reconhecimento e agradecimento pelo trabalho contínuo.

Referências

FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Mandioca vitaminada. **Revista FAPESP**, v. 200, n. 10, p. 100-103, 2012.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **CultivarWeb**. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 10 mar. 2022.

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones-

-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 601-609, 2009.

PATTISON, P. M. et al. LEDs for photons, physiology and food. **Nature**, v. 563, p. 493-500, 2018.





3. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais: Qualidade de Material Propagativo de Seringueira Começa no Instituto Agrônômico

Erivaldo José Scaloppi Junior*
Rogério Soares de Freitas
Wander Luis Barbosa Borges

*erivaldo.junior@sp.gov.br

Introdução

Com a missão institucional de gerar e transferir ciência, tecnologia e produtos para otimização dos sistemas de produção vegetal, o Instituto Agrônomo é pioneiro no Brasil em disponibilizar ao setor produtivo material propagativo de seringueira com certificação genética. Esta importante ação de transferência de tecnologia está atrelada ao programa de melhoramento genético da Instituição.

O Instituto Agrônomo (IAC) há décadas tem contribuído para a consolidação da cultura da seringueira em São Paulo, permitindo protagonismo ao estado no cenário nacional. Dentre as marcantes ações institucionais, a introdução de clones superiores oriundos do continente asiático em 1952, aliado ao trabalho de extensão realizado pelos órgãos da Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA da época foi muito importante para disponibilizar para o estado de São Paulo uma nova opção de cultura (Figura 1). Ano após ano, seringais do planalto paulista implantados com os clones elites introduzidos pelo IAC, aliados à determinação dos heveicultores e às condições edafoclimáticas, atingiram

produtividades classificadas dentre as maiores do mundo. A seringueira se consolidou como cultura de destaque no agronegócio e de suma importância para o desenvolvimento regional, especialmente para o oeste do estado de São Paulo. A experiência do sucesso paulista com a heveicultura foi determinante para a expansão da cultura para outras regiões brasileiras, com a introdução de clones asiáticos na década de 1950.

Contudo, sabidamente não seria suficiente para o país ter uma produção sustentável e competitiva nesse mercado. Assim foram iniciados estudos com essa cultura, principalmente de melhoramento genético que resultou em 2005 e 2006 com os primeiros registros de clones totalmente desenvolvidos pelo IAC com destaque para os clones IAC da série 300. Posteriormente, entre 2009 e 2013 a Instituição registrava os clones IAC das séries 400 e 500. Até o momento o IAC desenvolveu e disponibilizou 31 clones. Há outros seis, que o IAC é mantenedor, totalizando 37 clones de seringueira registrados no Registro Nacional de Cultivares - RNC, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).



Figura 1. Cronologia da seringueira no Instituto Agrônomo (IAC): ações, pesquisa e transferência de tecnologia. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, Votuporanga (SP).

A partir de então estava estabelecido um novo padrão de qualidade para a heveicultura. Clones IAC das novas gerações, séries 400 e 500, possuem potencial produtivo acima de 70% em relação aos clones tradicionais, a exemplo do RRIM 600 e vigor para iniciar a sangria até dois anos antes, além da maior resistência às pragas e doenças. Estes fatores levam a heveicultura a um patamar superior de competitividade, possibilitando maior renda e emprego à cadeia produtiva.

Nesse contexto, o IAC vem se estruturando para atender à demanda do setor por material propagativo com qualidade genética e fitossanitária visando à formação de jardins clonais para a produção de mudas, com os novos produtos tecnológicos, de alto potencial produtivo, desenvolvidos pela instituição. O IAC é pioneiro no Brasil ao fornecer ao setor produtivo material propagativo registrado e de acordo com os trâmites legais exigidos no âmbito nacional e estadual.

Clones produtivos com certificado de origem genética é a maior segurança para o setor heveícola

Com a recente inserção de clones IAC das séries 400 e 500 no estabelecimento de novos seringais projeta-se níveis crescentes de produtividade esperada e do valor da produção agrícola para esta commodity. Mais do que isso, o novo cenário que se desenha é interessante também do ponto de vista fitossanitário e ecológico. Em se tratando da seringueira uma espécie perene com longa vida útil, a recomendação agrônômica para ótima condição de estabelecimento de seringais é a diversificação clonal numa mesma área, visando diminuir a resistência das pragas e doenças, devido à natural mutabilidade dos patógenos. Considerando-se a então situação dos seringais paulistas, havia ou ainda prevalece poucos clones tradicionais, com características bem próximas a de um plantio monoclonal. Portanto, a inserção de clones IAC em novos seringais vem contribuir, além do ganho em produtividade, na diversidade genética para redução de doenças no campo.

Este novo cenário de cultivo de seringais que prezam pela redução

e/ou ausência da utilização de produtos químicos e agroquímicos e pelo uso de produtos biológicos, como alternativa mais racional, é importante para a sustentabilidade da cultura frente aos modelos "verdes" de produção agrícola. Selos verdes atestam a qualidade ambiental do meio agrícola em que o produto vegetal está sendo produzido, visando também a saúde dos trabalhadores e o bem-estar social. A garantia de origem de produtos é cada vez mais demandada pela cadeia de transformação e pelos consumidores finais e, certamente, a borracha natural certificada terá precificação diferenciada no mercado.

Atuação do Centro Avançado de P&D de Seringueira e Sistemas Agroflorestais frente à sociedade

A Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA), por meio do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais-IAC, em Votuporanga (SP), da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-CATI e das Unidades Regionais da Agência Paulista de Tecnologia

dos Agronegócios-APTA têm forte atuação na difusão de tecnologia para que os produtos tecnológicos de seringueira sejam efetivamente adotados e estejam realmente inseridos nos empreendimentos heveícolas do estado de São Paulo e do Brasil.

O Centro possui uma Unidade Laboratorial de Referência que realiza pesquisa agrícola e disponibiliza resultados à sociedade com a organização e participação nos principais eventos das linhas de pesquisa afins; atua na promoção da diversidade da produção agrícola; na gestão do patrimônio genético de seringueira com a manutenção e multiplicação de clones; na gestão da transferência de produtos tecnológicos de seringueira com a disponibilização de borbulhas de Plantas Matrizes, atuando na tramitação burocrática junto aos órgãos competentes, nas esferas estadual e nacional, para registro e obtenção de certificação de origem genética e gestão dos lotes de plantas, em função da demanda do setor produtivo; na formação de recursos humanos orientando graduandos e pós-graduandos, além da promoção de eventos.

Passo a passo no desenvolvimento de novos clones e transferência de material aos viveiristas

No processo de melhoramento genético clássico o desenvolvimento de um novo clone de seringueira leva aproximadamente 30 anos. O passo seguinte para a disponibilização aos produtores desses novos clones envolve, de maneira simplificada, o registro do clone pela instituição mantenedora; registro da Planta Básica (a planta original no processo de melhoramento, obtida por propagação vegetativa); implantação de lotes de Plantas Matrizes oriundas da Planta Básica, as quais serão utilizadas para fornecimento de material propagativo ou borbulhas (Figura 2); transferência aos viveiristas de borbulhas de Plantas Matrizes que constituirão os jardins clonais fornecedores de borbulhas para a produção final de mudas dos novos clones IAC (Figura 3).

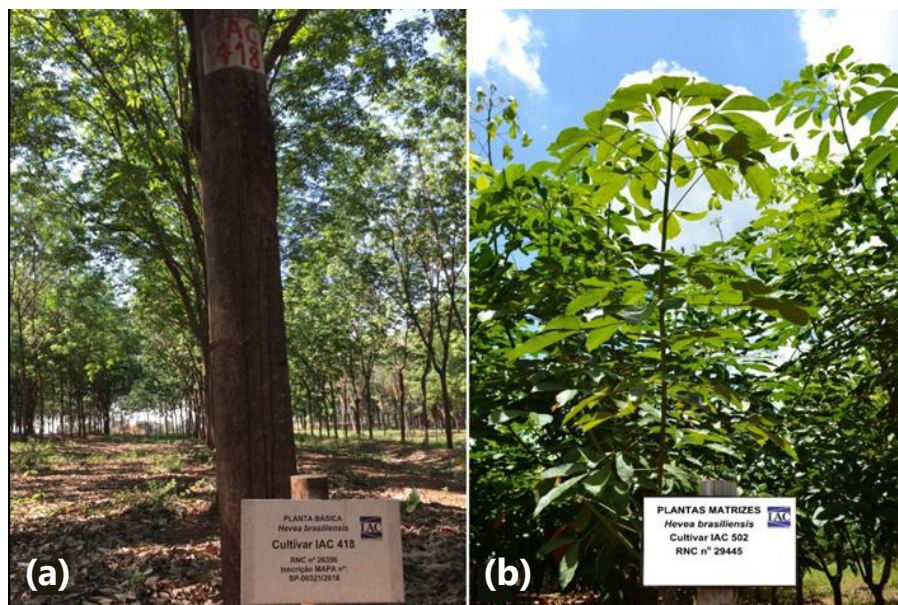


Figura 2. Planta Básica (a) e Plantas Matrizes (b) de clones de seringueira IAC implantadas no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais-IAC, Votuporanga (SP).

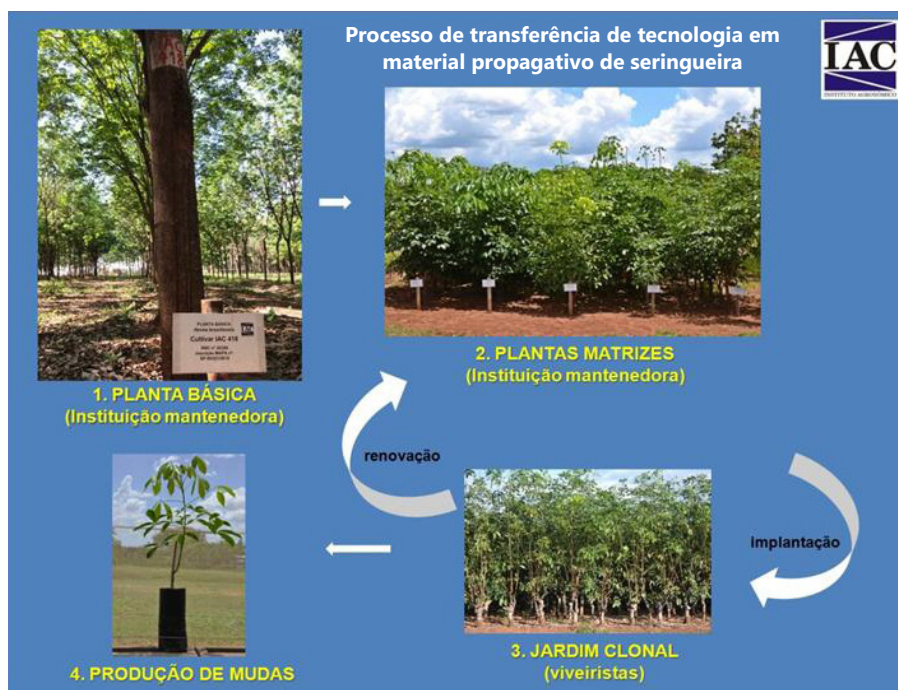


Figura 3. Processo de transferência de tecnologia em material propagativo de clones de seringueira ao setor produtivo. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais-IAC, Votuporanga (SP).

A oferta de material propagativo certificado à sociedade, como ação estratégica na transferência de produtos tecnológicos pelo Centro teve início em 2018. No período de 2018 à 2021 foi contabilizada a difusão de mais de vinte e uma mil borbulhas certificadas de Plantas Matrizes destinadas a viveiros de produção de mudas do estado, de São Paulo e demais unidades da federação. Na figura 4 é possível visualizar o montante individual de borbulhas por clone disponibilizado no período citado. Na contabilização, os clones IAC perfizeram um total de 40% na participação de borbulhas de Plantas Matrizes ofertadas pelo Centro.

A preferência por clones IAC sobe drasticamente quando se trata da demanda direta por mudas nos viveiros que adquiriram os materiais certificados do IAC. Pode-se afirmar que, atualmente, 80% das mudas de seringueira produzidas no estado de São Paulo são de clones IAC, em especial do clone IAC 502, que apresenta excelente potencial produtivo, vigor e resistência às doenças em especial à antracnose, ou complexo *Colletotrichum* spp. (ANTONIO et al., 2021; MAGALHÃES et al., 2021a; MAGALHÃES et al., 2021b; Programa Nosso Campo, 2021; SCALOPPI JUNIOR et al., 2017).

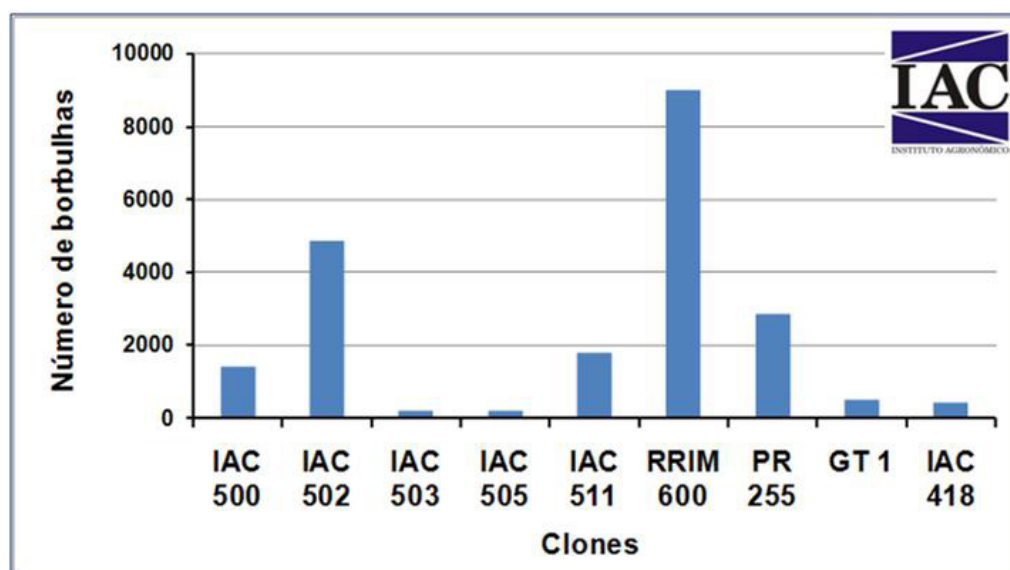


Figura 4. Descrição dos clones de seringueira e respectivo número de borbulhas de Plantas Matrizes disponibilizados no período de 2018 a 2021. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Seringueira e Sistemas Agroflorestais-IAC, Votuporanga (SP).

Além do clone IAC 502 outros clones das séries 500 e 400 têm apresentado excelente desempenho e têm sido recomendados para plantio no planalto do estado de São Paulo. O fato é que muitos seringais em diversos estados do Brasil estão sendo implantados com os clones do Instituto Agrônômico.

No Centro o desenvolvimento de clones de seringueira envolve a participação de importantes instituições estaduais e nacionais de pesquisa e fomento que atuam nas linhas de pesquisa do melhoramento genético, biologia molecular, fitopatologia, fitotecnia e qualidade e monitoramento da borracha natural, em um trabalho harmonioso e integrado que têm gerado conhecimento científico de qualidade internacional e produtos tecnológicos superiores. Enfim, um marco relevante que atesta o sucesso desse esforço conjunto entre pesquisa, extensão e todos os elos da cadeia produtiva é a capilaridade dos plantios de seringueira no estado que está presente em quase a metade dos municípios paulistas, cujas propriedades rurais são de pequenas e médias dimensões e constituídas,

na maioria, pela mão de obra familiar, gerando cerca de 18 mil postos de trabalho direto no campo segundo dados do Instituto de Economia Agrícola com reflexos positivos na economia regional.

Neste sentido, a aposta em um trabalho de longo prazo e persistente é o caminho para atender à competitividade do setor frente a outros mercados. O IAC mantém esforço contínuo para o desenvolvimento de novos clones, estreitando parcerias estratégicas com a visão de continuar sendo determinante para o sucesso da heveicultura paulista.

A SAA e instituições de fomento vêm ao longo de décadas investindo nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e extensão para o crescimento do setor no estado de São Paulo e, para que esses trabalhos continuem impactando o setor produtivo são necessários aportes constantes em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Os resultados ora apresentados atestam que os bons frutos colhidos são compromisso de vida longa ao IAC.

Referências

ANTONIO, G. L.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FISCHER, I. H.; FURTADO, E. L.; FIRMINO, A.C. Clonal resistance of rubber tree to *Colletotrichum* spp.. **Forest Pathology**, p. efp.12685, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/efp.12685>.

MAGALHÃES, D. M. A.; GOMES, M. E.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FISCHER, I. H.; FURTADO, E. L.; MOREIRA, B. R. A.; PRADO, E. P.; FIRMINO, A. C. Pré-penetração e período de latência de *Colletotrichum tamarilloi* em clones de seringueira resistentes e suscetível sob diferentes condições ambientais. **Scientia Forestalis**, v. 49, p. e3630, 2021a. DOI: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v49n131.13>.

MAGALHAES, I. P.; MARQUES, J. P. R.; GOMES, M. E.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FISCHER, I. H.; FURTADO, E. L.; HENRIQUE, R. L. P.; RODRIGUES, F. T. V.; FIRMINO, A. C. Structural and Biochemical Aspects Related to Resistance and Susceptibility of Rubber Tree Clones to Anthracnose. **Plants**, v. 10, p. 1-12, 2021b. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants10050985>.

Programa Nosso Campo. TV TEM. Rede Globo. 08/08/2021. **Uso de clones ajuda a aumentar produtividade nos seringais paulistas**. Disponível em: [https://](https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/nosso-campo/noticia/2021/08/08/uso-de-clones-ajuda-a-aumentar-produtividade-nos-seringais-paulistas.ghtml)

g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/nosso-campo/noticia/2021/08/08/uso-de-clones-ajuda-a-aumentar-produtividade-nos-seringais-paulistas.ghtml.

SCALOPPI JUNIOR, E. J., FREITAS, R. S., GONÇALVES, P. S. Da Amazônia para as terras paulistas: o papel do Instituto Agrônomo para o desenvolvimento da heveicultura. **O Agrônomo** (Campinas), v. 69, p. 56-61, 2017.





4. Programa Cana IAC: Geração de Conhecimento e Inovação Voltados à Canavieira Brasileira

Mauro Alexandre Xavier*

Marcos Guimarães de Andrade Landell

Raffaella Rossetto

Luciana Rossini Pinto

Samira Domingues Carlin

Carlos Alberto Mathias Azania

Silvana Creste

Andressa Bini

Ivan Antônio dos Anjos

Luciana Souza Anjos

Pery Figueiredo

Mário Campana

Leila Luci Dinardo-Miranda

Maximiliano Salles Scarpari

Júlio César Garcia

Márcio Pitta Bidóia

Daniel Nunes da Silva

Denizart Bolonhezi

Fábio Luís Ferreira Dias

Sandro Roberto Brancalião

Glauber José de Castro Gava

Hélio do Prado

José Roberto Scarpelliini

Eduardo Suguino

Érika Auxiliadora G. Scaloppi

*mauro.xavier@sp.gov.br

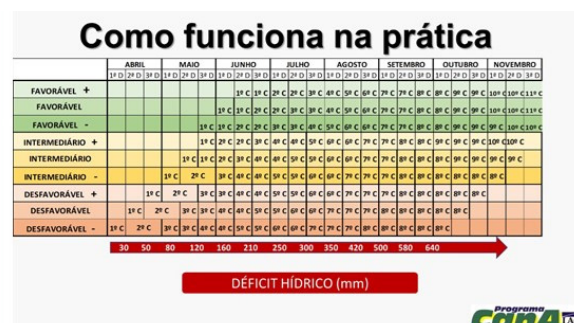
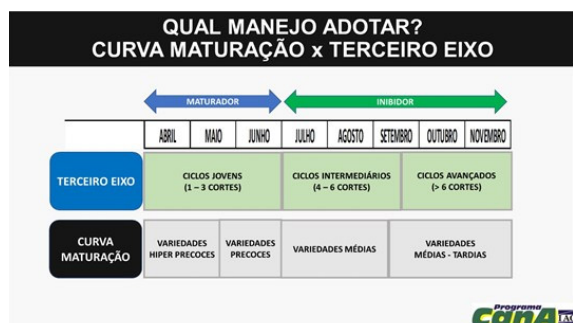
Programa
CANA

Programa Cana IAC

O melhoramento genético de plantas aliado às técnicas de manejo varietal tem promovido a sustentabilidade da produtividade agrícola e se constitui em uma área de pesquisa de natureza multidisciplinar. O Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Cana-IAC pela constante geração de conhecimento científico, tem contribuído de forma significativa no desenvolvimento de novas cultivares de cana-de-açúcar e tecnologias inovadoras para a canavicultura brasileira. O Centro opera em rede, englobando pesquisadores de sua própria unidade e de outras unidades e Centros de Pesquisa do IAC, como por exemplo, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita, o que potencializa a sua forma de atuação na geração de novas tecnologias, assumindo assim o formato de um grande programa denominado Programa Cana IAC.

Nas últimas décadas, a equipe do Programa Cana IAC (PROCANA), sob a coordenação do Dr. Marcos Landell, lançou 30 cultivares de cana-de-açúcar desenvolvidas a partir da estratégia regional de seleção. Tal

estratégia considera as diferentes condições edafoclimáticas das principais regiões canavieiras do país, incluindo as regiões de excessivo déficit hídrico e de restrições químicas dos solos, permitindo, por exemplo, a seleção de cultivares de grande tolerância à seca. Recentemente, a tecnologia do Terceiro Eixo, prática inovadora desenvolvida pelo IAC, tem permitido o aumento da produtividade na casa dos três dígitos. Esta tecnologia propõe a adoção de um sistema de colheita para mitigar e reduzir a exposição dos canaviais ao déficit hídrico, principalmente aqueles com maior potencial de produção, como os de cana-planta e cana-soca de segundo e terceiro corte. O quadro 1 ilustra o conceito do Terceiro Eixo, denominado assim a partir da inclusão de um terceiro fator na matriz que determina o fluxo temporal de colheita de um determinado produtor. O terceiro "fator" é o "ciclo" que se encontra o canavial objeto de estudo, ou seja, é considerado o ciclo do canavial para inferir a maior ou menor capacidade de tolerar condições de déficit hídrico que associado ao conhecimento do ambiente (solo, manejo e regime hídrico regional), permite definir o "fluxo de colheita" para um determinado produtor.



Quadro 1. Ilustração do Terceiro Eixo.

Outra contribuição marcante para o setor produtivo foi o desenvolvimento de um novo modelo de multiplicação de cana-de-açúcar, conhecido como mudas pré-brotadas (MPB). Este sistema de multiplicação de cana tem como características a simplicidade no sistema de produção, redução da quantidade de material de propagação e qualificação das operações envolvidas no plantio (Figura 1). Ainda, este sistema exerce

efeitos positivos diretos na logística operacional e na qualidade do material de propagação e indiretos para a rápida introdução de novas cultivares em áreas de produção, transferindo e transformando ganho genético em tecnológico e aumento da produtividade agroindustrial, dinamizando assim o manejo varietal e a inclusão de ganhos tangenciados no projeto de melhoramento genético.



Figura 1. Seleção de plantio de minirebolos (a); sala de brotação (b); gema, gema brotada e MPB (c). Fonte: Xavier et al. (2021).

Na área de nutrição e adubação da cana, destacam-se os estudos clássicos de adubação necessários para atualizar as tabelas de adubação do Boletim 100 do IAC. Experimentos de calibração da adubação N e K para soqueiras foram importantes para trazer subsídios a essas tabelas. O nitrogênio sempre foi um elemento chave para as pesquisas do IAC, uma vez que melhorias na eficiência da adubação representam ganhos em produtividade e também na sustentabilidade. Experimentos de longo prazo avaliam adubações com N e sua eficiência para soqueiras de cana. A fixação biológica de N também foi objeto de estudo observando-se o comportamento de diferentes cultivares IAC e formas de inoculação de microrganismos fixadores. Uma série de experimentos mediram a volatilização de N em diversas condições e a eficiência do uso de inibidores da volatilização e do recobrimento da ureia com polímeros. Outra área de estudos foi a melhoria do ambiente de produção da cana-de-açúcar, como o uso de corretivos, pesquisando novas fontes com adicionalidades frente às fontes tradicionais, calcários finamente moídos, óxido de cálcio ou compostagem com torta de filtro e a aplicação canteirizada e profunda de calcário. Também pesquisou-

-se novas opções como fertilizantes organominerais, compostos com resíduos animais ou fontes de nutrientes como termofosfatos e fosfatos reativos, indicando que se pode obter ganhos em produtividade, de maneira mais econômica, utilizando-se fontes alternativas de fertilizantes, principalmente quando conjugadas com aplicação de resíduos da cadeia da cana, com enormes ganhos ecológicos uma vez que esses fertilizantes são menos solúveis e passíveis de menor perda no sistema solo, planta, atmosfera.

Substratos para o crescimento de mudas pré-brotadas (MPB) de cana, bem como adubação foliar para maior vigor e crescimento de MPB foram estudados. A aplicação foliar e radicular de estimulantes de crescimento mostrou eficiência e ganhos de produtividade em alguns experimentos.

Meio ambiente

Na área ambiental, o IAC tem continuamente desenvolvido ações de pesquisa no manejo de resíduos, como a importância da manutenção da palha na conservação do solo e da umidade e na ciclagem de nutrientes. Na decomposição da palha determinou-se a curva de

decomposição ao longo do tempo. Além disso, estudou-se os efeitos da adubação sobre a palha e a eficiência do uso da vinhaça concentrada, comparada à vinhaça in natura nesse sistema. A mineralização do N da vinhaça concentrada comparada com o N da vinhaça comum também foi objetivo de pesquisa. Avaliou-se que a eficiência agronômica da vinhaça concentrada é igual à da vinhaça in natura e que o N da vinhaça in natura é mais rapidamente mineralizado. O estudo de impactos ambientais como perdas de gases de efeito estufa devido ao uso dos resíduos, associado ou não à adubação, é outro tema abordado nas pesquisas em cana, e contribuem para avaliações de pegada de C e contabilidade de emissões de gases de efeito estufa.

O IAC também pesquisa métodos sustentáveis para preparo do solo em cana e sistema de rotação com plantas para aumentar a biodiversidade e a proteção do solo, subsidiando a agricultura orgânica e o manejo ecológico. Culturas em rotação como soja, amendoim, adubos verdes, e culturas intercalares como feijão são objetivos de estudos. Opções de cultivares de cana para produção de cachaça e açúcar mascavo também são objeto de pesquisa.

Modelagem matemática

Na área de modelagem matemática coordenada pelo Dr. Maximiliano Scarpari, ênfase tem sido dada ao uso da modelagem edafoclimática para a estimativa da produtividade como balizador dos seguros agrícolas paramétricos. Na área de matologia, destaca-se o projeto Matologia IAC, criado em 2005 pelo pesquisador Dr. Carlos Alberto Mathias Azania, e foi incorporado ao Programa Cana IAC. Desde sua criação, este projeto está alicerçado à missão institucional de “gerar e transferir tecnologia” desenvolvendo pesquisas agrícolas direcionadas ao manejo químico das plantas daninhas e sua seletividade em cana-de-açúcar e culturas usadas em rotação, assim como no manejo químico da maturação da cana-de-açúcar. Durante sua trajetória foram equipados dois laboratórios (o de biologia de plantas daninhas, e o de manejo químico de plantas daninhas e maturação da cana-de-açúcar) os quais estão de acordo com a Instrução Normativa nº 42, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e aptos a gerarem laudos de aplicabilidade agronômica. Seus espaços são ocupados com equipamentos para desenvolver estudos de seletividade de herbicidas

e maturadores (técnica isoenzimas), casa de vegetação, sala de crescimento com controle de luz, temperatura, fotoperíodo e CO₂. Para a geração das pesquisas, o projeto Matologia IAC conta com parcerias da iniciativa privada e órgãos de fomento como FAPESP e CNPq. Também atende acadêmicos de graduação e pós-graduação que executam pesquisas de acordo com a demanda do setor sucroenergético.

Manejo de pragas e de nematoides

Nos últimos anos, as pesquisas em Manejo de pragas e de nematoides forneceram informações relevantes para manejo de áreas infestadas por *Sphenophorus levis*, comprovando os efeitos positivos da destruição mecânica da soqueira infestada aliada ao vazio sanitário; além disso, os estudos em soqueira mostraram a eficiência dos inseticidas em função do modo de aplicação no corte da soca, em *drench* ou com a vinhaça. Os trabalhos desenvolvidos no IAC também auxiliam no controle de cigarrinha das raízes, pois a matriz de manejo, que tem por objetivo elencar os canaviais prioritários para levantamento e controle, foi desenvolvida pelo

Centro; os parâmetros usados na elaboração da matriz, que considera a suscetibilidade das cultivares e o porte das plantas ao sofrer o ataque, são frequentemente atualizados em função dos estudos desenvolvidos no IAC. Da mesma forma, o manejo de broca e de nematoides também tem merecido atenção constante e as ferramentas sugeridas pelo IAC em função dos trabalhos desenvolvidos no Centro têm sido amplamente adotadas pelos produtores.

Fitopatologia

Em se tratando da contribuição na área de fitopatologia para o setor sucroenergético, destacamos a relevante interação entre os Institutos Agrônomo e Biológico e diversas outras instituições desde tempos remotos até à atualidade. Historicamente, no início da década de 20, com o surgimento da gomose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vasculorum*) e da epidemia do mosaico da cana (*Sugarcane Mosaic Virus*) sobre as canas nobres (*S. officinarum*), houve a adoção de novas cultivares importadas, como as das siglas POJ e Co. Neste contexto, quando o mosaico era a doença de maior preocupação, o Serviço de Produção de Mudanças Certificadas da Estação

Experimental de Cana de Piracicaba, coordenado pelo pesquisador José Manoel Aguirre Jr., desenvolveu um importante trabalho para produção das conhecidas “mudas purificadas”, como a cultivar Co290-P e outras originadas de plantas rogadas, limpas, sem doenças e pragas, destacando-se o efeito benéfico deste procedimento no controle de doenças e na produtividade, bem como na implantação das lavouras, o que tem sido comprovado até o presente. Na década de 1940, mais de 90% da área de cultivo era ocupada pela Co290-P, situação não recomendada, sendo esta cultivar retirada do cultivo comercial devido ao carvão da cana (*Sporisorium scitamineum* Sydow), doença constatada no estado de São Paulo em 1947. Nesta mesma época, outra cultivar (Co419) também sensível ao mosaico chegou a ocupar extensas áreas devido à preferência das usinas, saindo do cultivo devido ao carvão. Além dessas importantes cultivares, nas décadas de 1970 a 1980, destacou-se a cultivar Argentina NA56-79 muito rica em sacarose e bastante produtiva, ocupando mais de 50% das áreas paulistas. No entanto, por ser intermediária ao carvão e devido à expansão de grandes áreas de forma desordenada para suprir o Programa Nacional

do Alcool - Proálcool, as lavouras ocupadas com essa cultivar sofreram grandes perdas devido a essa doença, fato este que levou o Governo de São Paulo a estabelecer a Comissão de Controle do Carvão da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo, composta por pesquisadores do Biológico, como o Dr. Pery Figueiredo e fitopatologistas e melhoristas do IAC, Planalsucar e Coopersucar. A sua rigorosa atuação contra o uso de cultivares suscetíveis ao carvão e outras doenças possibilitou a condução de canaviais mais sadios em todo estado. No início da década de 1990, o aparecimento da Síndrome do amarelecimento foliar, conhecido como o amarelinho da cana levou a grandes prejuízos econômicos e a substituição da cultivar suscetível SP71-6163, principalmente no estado de São Paulo. Mais tarde descobriu-se que se tratava de uma virose, *Sugarcane Yellow Leaf Virus* - ScYLV.

Biologia molecular e novas tecnologias

Com o advento da biologia molecular, novas tecnologias estão sendo agregadas a área da fitopatologia para o estudo de resistências varietais e patogenicidade,

diversidade genética para vários agentes fitopatológicos, como os causadores das ferrugens alaranjada (*Puccinia kuehni*) e marrom (*Puccinia melanocephala*), do carvão da cana, escaldadura (*Xanthomonas albilineans*) e da Síndrome da murcha da cana, causada possivelmente por *Fusarium* spp. e/ou *Colletotrichum* spp. Nas avaliações quanto a resposta à resistência, a confirmação da presença do patógeno tem sido complementada com os testes de diagnóstico molecular empregando técnicas de Dot-blot, RT-PCR e RT-qPCR. Tais ferramentas e o intercâmbio com as demais instituições tem proporcionado a obtenção de genitores resistentes às principais doenças para os programas de melhoramento genético, treinamento a produtores, técnicos e pós-graduandos e sobretudo tecnologia para enfrentamento das doenças que acometem a cultura da cana-de-açúcar.

Biotecnologia

Na área de biotecnologia, as pesquisas estão voltadas para a solução de problemas associados a estresses bióticos (como pragas e doenças agrícolas) e abióticos (como seca e extremos de temperatura), ocasionados principalmente pelas mudanças climáticas e pela evolução do manejo dessa importante cultura como a colheita mecanizada. Para os estresses bióticos, os estudos são direcionados para as doenças escaldadura das folhas, raquitismo da soqueira, carvão da cana e podridão vermelha. Os trabalhos com as doenças têm como objetivo entender a transmissão, disseminação, a patogenicidade, e os mecanismos de resistência da cana a patógenos. Para a escaldadura-das-folhas e raquitismo-da-soqueira, métodos de detecção, indexação e produção de mudas sadias (tecnologia INVICTA) por cultivo in vitro, são produtos desenvolvidos pelo Centro e já disponibilizados para o setor (Figura 2).

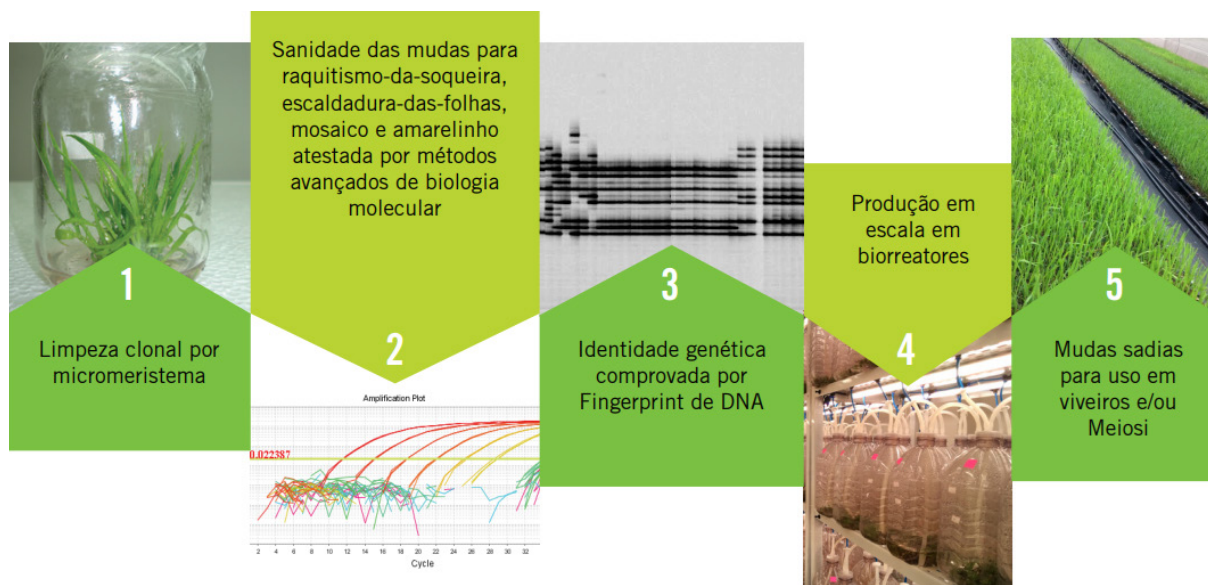


Figura 2. Etapas do sistema de produção de mudas de cana-de-açúcar sadias pela tecnologia INVICTA.

Desafios atuais

Agora o desafio é entender os mecanismos de resistência da cana a esses patógenos, visando obter marcadores capazes de auxiliar a seleção de novos materiais e/ou serem utilizados no desenvolvimento de cultivares geneticamente engenhieradas. Neste contexto, estratégias como o mapeamento genético tem permitido identificar marcadores associados à resistência a doenças como mosaico e amarelinho com potencial de serem aplicados em programas de seleção assistida por marcadores. Pesquisas em parceria com as Universidades (UNICAMP, ESALQ e USP) estão sendo realizadas

com o intuito de viabilizar a seleção genômica no melhoramento, apesar da complexidade genética do genoma da cana-de-açúcar.

Em relação aos estresses abióticos, vários genes capazes de conferir tolerância à seca foram identificados pela equipe de pesquisadores, e plantas transgênicas estão sendo obtidas e avaliadas a campo visando a seleção de cultivares transgênicas com melhor performance em condições restritivas de disponibilidade de água. Além disso, a mais recente técnica de edição gênica, conhecida como Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR/Cas), está sendo implementada

para aumentar a precisão destas manipulações genéticas, visando acelerar o desenvolvimento de cultivares com alta tecnologia agregada para o aumento da produtividade do setor sucroenergético.

Com o pé no presente e o olho no futuro, o Programa Cana IAC sempre esteve atento às demandas do setor, e em 1992, criou o Grupo Fitotécnico de Cana-de-Açúcar. Este grupo atua como um prospector de demandas para o aprimoramento de linhas de pesquisas científicas, reunindo vários atores do setor (fitotecnistas de usinas e cooperativas, pesquisadores, profissionais de empresas, entre outros) para discussões de cunho técnico nos principais temas da canavicultura brasileira (<https://grupofitotecnicodecana.com.br>). É importante destacar, que a atividade de melhoramento genético requer uma visão e exercício de futuro, principalmente, no melhoramento da cana, em que as cultivares hoje plantadas são frutos de hibridações realizadas a pelo menos dez anos atrás.

Referências

XAVIER, M. A.; PIRES, R. M.; ROSSETTO, R.; CARLIN, S. D.; LANDELL, M. G. A. Gemas pré-brotadas da cana-de-açúcar: atualização e inovação.

STAB, Açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 39, n. 4, 2021.





5. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Engenharia e Automação

Hamilton Humberto Ramos*

Afonso Peche Filho

Antonio Odair Santos

Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza

Luiz Marques da Silva Ayroza

Maria Aparecida Lima

Moises Storino

Roberto da Cunha Mello

*hamilton.ramos@sp.gov.br



O Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Engenharia e Automação (CEA) nasceu em 1935, em Campinas, como Seção de Mecânica Agrícola, Irrigação e Drenagem, da Divisão de Solos, Mecânica e Tecnologia, mas ganhou um dinamismo próprio quando, em 14 de julho de 1969, assumiu a estrutura física do extinto Departamento de Engenharia e Mecânica (DEMA), em Jundiaí (SP), elevando seu status, logo no ano seguinte, à Divisão de Engenharia Agrícola. Com a mudança organizacional ocorrida na Secretaria de Agricultura e Abastecimento em 2002, recebeu a denominação de Centro de Engenharia e Automação (CEA).

Se a história do CEA como unidade de pesquisa do IAC pode ser resumida em poucas palavras, o mesmo não seria possível com a história da sua contribuição à agricultura. Entre os muitos desses feitos podem ser citados o 1º ensaio de tratores realizado no Brasil, em 1947; o desenvolvimento do conceito e do primeiro protótipo da atual colhedora mecanizada do café, nas décadas de 1960 e 1970; as pesquisas de controle da ferrugem do café, nas décadas de 1970 e 1980, que em muito auxiliaram no desenvolvimento das bases da atual tecnologia

de aplicação de agrotóxicos; e os trabalhos da mecanização de pequenas propriedades, área na qual o CEA é um dos raros centros de referência. Esse caráter inovador das atuações do CEA, no entanto, não se limita ao passado.

A pesquisa em mecanização e máquinas agrícolas

Na área de ensaio de tratores, por exemplo, a evolução foi grande. O CEA foi credenciado em 1985 pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) para realizar ensaios de tratores agrícolas e de esteiras. De 1969 até hoje, mais de 100 ensaios foram realizados em seus laboratórios. Com o fim da obrigatoriedade, no início da década de 1990, a demanda por esses ensaios foi drasticamente reduzida, mas não paralisada. O CEA continuou inclusive a participar dos processos nacionais de normatização, junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde desde 1960 mantém uma participação ativa. Também foi convidado a representar o Brasil em organismos internacionais de normatização, como a Comissão de Tratores da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), na França, e está

em negociação para integração do Brasil à Rede Europeia de Laboratórios de Avaliação de Máquinas e Implementos Agrícolas (ENTAM), na Itália. Tal estratégia mostrou-se assertiva, uma vez que hoje, considerando-se a atual demanda mundial por qualidade e segurança, tais conhecimentos ganharam nova importância, sendo o CEA a única instituição oficial no Brasil com estrutura e capacidade para realização de tais ensaios. Como a inovação é necessária e hoje novas fontes de energia, além da automação, chegam forte na agricultura, já consta do planejamento estratégico do Centro a ampliação do escopo dos testes e pesquisas para atender máquinas e motores movidos com energias de fontes alternativas e renováveis, como a fotovoltaica, eólica ou biocombustíveis, principalmente com foco em pequenas e médias propriedades.

Aliás, a pesquisa com bioenergia não é novidade. Nos laboratórios do CEA estuda-se, desde 2002, a utilização de óleos vegetais como combustível substituto ou complementar ao óleo diesel; o sistema de carvoejamento semi-contínuo, que além da melhoria no processo pode reduzir sensivelmente a contaminação ambiental, e o

desidratador de frutas com energia solar, que auxilia na agregação de valor à produção agrícola, principalmente em pequenas propriedades rurais.

Além dos tratores e motores, a estrutura do CEA está também adequada ao desenvolvimento e teste de outras máquinas, implementos e seus componentes. Como exemplos da capacidade de inovação por meio do desenvolvimento de novos protótipos, e da sua importância à cadeia produtiva, pode ser citado o trabalho realizado na cultura da videira. No Brasil a adoção da mecanização do manejo na cadeia vitícola, ainda é incipiente, com algumas iniciativas em pontos isolados no Sul e no Nordeste. Como adoção de mecanização parcial ou total do manejo de qualquer cultivo sugere-se uma abordagem sobre as consequências de tais práticas sobre a qualidade da produção, na comparação com o manejo manual. Buscando a participação nesse processo de mecanização, o CEA realizou uma avaliação sobre os impactos da adoção da poda mecanizada da videira. Com os resultados, um protótipo podador foi desenvolvido e tem sido utilizado com sucesso, na operacionalização dessa atividade. Associado ao protótipo, todo um trabalho de fitotecnia, ou seja, de adequação da condução da cultura

à poda mecanizada, também está sendo pesquisada. Como exemplo, as avaliações foram realizadas em um vinhedo da variedade Isabel precoce (Figura 1), em linhas cultivadas em espaldeira, no espaçamento de 3 m na entrelinha e 2 m entre plantas, com linhas de 120 m. O estabelecimento de 3 m na entrelinha foi utilizado visando evitar a compactação do solo próximo à zona radicular da planta; já o espaçamento entre plantas, de 2 m,

objetiva a facilitação da mecanização da limpeza de plantas daninhas na linha de plantio e a altura dos mourões foi estabelecida em 2,20 m acima do solo, o que permite a passagem da máquina de poda com facilidade. A adoção da poda mecanizada tem demonstrado um impacto direto significativo na redução dos custos de produção e na velocidade das operações.



Figura 1. Execução da pré-poda para eliminação dos ramos, com podador desenvolvido no Centro Avançado de P&D de Engenharia Agrícola-IAC.

Outros protótipos em desenvolvimento que merecem destaque são a classificadora de composto orgânico, a semeadora-

-adubadora manual, o dosador de sementes miúdas e o equipamento para testes de fadiga em molas utilizadas em semeadoras.

Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários

A área de tecnologia e segurança, tanto de máquinas e implementos, quanto do trabalhador e também ambiental, apresenta forte atuação do CEA. A ação nessa área envolve a participação de seus pesquisadores em Comissões de Estudos junto à ABNT, desenvolvendo normas de qualidade e segurança e em grupos de trabalho da Delegacia Regional do Trabalho de São Paulo e dos Ministérios da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), Saúde (ANVISA) e Meio Ambiente (IBAMA), que visam a elaboração de regulamentos sobre requisitos de segurança em máquinas, insumos e operações agrícolas. Nos estudos com agrotóxicos, por exemplo, busca-se aperfeiçoar técnicas e equipamentos, reduzindo o volume de água necessário à aplicação e, consequentemente, o custo operacional e o impacto ambiental, mas com a mesma eficácia nos tratamentos fitossanitários. Exemplos desta ação foram as pesquisas desenvolvidas ao longo de mais de 10 anos em parceria com a Fundecitrus para a cultura dos citros, cujos resultados, além de reduzir os volumes de aplicação de 10 a 12 mil litros ha⁻¹ para 2 a 4 mil litros ha⁻¹,

mudaram a forma de pensar o volume na cultura, dos tradicionais litros/planta para mL m⁻³ de copa. Hoje a tecnologia desenvolvida é a base do tratamento fitossanitário em citros, representando apenas no estado de São Paulo uma economia de água que seria suficiente para abastecer uma cidade com aproximadamente 600 mil habitantes durante um ano, além de tornar a citricultura ainda economicamente viável, mesmo em um cenário onde a necessidade de pulverizações anuais foi triplicada. Além deste, merecem destaque também o Provar - Programa de Valorização da Água nas Pulverizações Agrícolas, desenvolvido em parceria com a empresa Basf, na cultura da cana-de-açúcar e o Projeto Pequenas Propriedades, desenvolvido em parceria com a FAPESP na região de Jundiaí (SP), que levaram a reduções no volume de água e quase sempre de agrotóxicos, em proporções que variam de 20% a 70% do originalmente utilizado. Hoje, tais ações continuam no Projeto Pesquisa Participativa, desenvolvido em parceria com a empresa UPL, como parte das atividades do Programa Aplique Bem. Nele, tecnologias simples e alternativas às utilizadas normalmente são comparadas em campos de pesquisa montados diretamente nas propriedades agrícolas, onde

o produtor faz parte da equipe de instalação e avaliação. Os resultados dessas pesquisas são, ao final, transmitidos a outros produtores por meio de dias de campo, para que a técnica gerada possa ser entendida e efetivamente utilizada, mudando o comportamento dos agricultores.

Na área de segurança, em 2006 o CEA implantou, em parceria com a FUNDAG e empresas fabricantes de equipamentos de proteção, o Programa IAC de Qualidade em Equipamentos de Proteção Individual na Agricultura (QUEPIA), com o objetivo de desenvolver, melhorar e certificar materiais e equipamentos adequados à proteção da saúde do trabalhador, sendo criado o Selo IAC de Qualidade. Desde então, mais de R\$ 1 milhão já foram investidos na participação em reuniões e projetos interlaboratoriais de pesquisa para elaboração de normas de qualidade, construção de laboratórios, compra de equipamentos e treinamento de pessoas. O QUEPIA conta hoje com a participação de dez parceiros e é o primeiro processo de certificação voluntária de vestimentas de proteção no Brasil, tornando o Centro referência também nesta área. Em seu laboratório, além das atividades de pesquisa, desde 2010 são elaborados laudos de qualidade para fins da

emissão do Certificado de Aprovação pelo Ministério do Trabalho e Previdência (MTP), sendo atualmente o único laboratório a exercer esta atividade. Pelos dados do QUEPIA, o índice de reprovação das vestimentas caiu de 52% para menos de 20% neste período, evidenciando a melhoria da segurança do trabalhador.

Outra ação muito valorizada pelo CEA, e que faz parte da missão do IAC, é a transferência de tecnologia. Desde 1998, com sua participação no PSSTR - Programa de Segurança e Saúde do Trabalhador Rural, parceria entre a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP) e a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), do Ministério do Trabalho e Previdência e, posteriormente, por meio da parceria com a iniciativa privada, o Centro realiza o treinamento de agricultores em tecnologia e segurança na aplicação de defensivos, com média de três a quatro mil agricultores treinados por ano. Este número se elevou muito após 2007 com o Programa "Aplique Bem", desenvolvido em parceria com a empresa Arysta LifeScience (atualmente UPL), que por meio de laboratórios móveis de pesquisa e treinamento, denominados "Tech Móveis", já levou conhecimento

técnico a mais de 76 mil trabalhadores em 23 diferentes estados. E não apenas isso, desde 2016, tem utilizado a ISO 16122 para avaliação de pulverizadores em uso no campo, sendo pioneiro na aplicação de normas internacionais nesta atividade e o único a trabalhar com diferentes tipos de pulverizadores, o que tem permitido desenvolver um banco de dados sobre a qualidade de pulverizadores em uso, utilizados nas ações de treinamento e avaliação da eficácia das ações do programa. Esse projeto, em função da sua importância e ineditismo, já recebeu diferentes premiações nacionais e internacionais, entre elas o prêmio Agrow (Inglaterra/Reino Unido) como Melhor Programa do Mundo na Área de Segurança na Agricultura, em 2012, e mais recentemente, em 2022, o prêmio de Melhor Boa Prática na área de Responsabilidade Ambiental, entregue pelo MAPA. Mas o CEA entende que não são apenas os agricultores que necessitam de informações de qualidade, mas também os agentes multiplicadores que atendem a estes de forma direta ou indireta. Foi por isso que em 2016 lançou, em parceria com a empresa FonteAgro, a Unidade de Referência (UR) em Tecnologia e Segurança na Aplicação de Agrotóxicos, inicialmente com patrocínio do SINDIVEG -

Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Vegetal, voltada ao desenvolvimento de treinamentos presenciais e a distância para agentes multiplicadores. Vários treinamentos presenciais e on-line já foram realizados, o que permitiu que o projeto se tornasse autofinanciável. Atualmente, com a recente possibilidade de treinamentos a distância estabelecida pela NR31 do Ministério do Trabalho e Previdência, e o lançamento do Programa Nacional de Aplicadores de Defensivos Agrícolas pelo MAPA, denominado de "Aplicador Legal", que estabelece a necessidade de treinamento para todos os aplicadores, a UR já têm sido procurada por parceiros como a Crop Life Brasil (CLB), para o desenvolvimento de treinamentos a distância. Os primeiros treinamentos a distância e presenciais já estão sendo realizados em 2022.

Desenvolvimento de pesquisa em gestão agroambiental

A pesquisa em gestão agroambiental inclui estudos em diferentes condições ambientais da produção agrícola. Aborda a inovação e desenvolvimento agrícola, considerando as diferentes externalidades, fatores de risco e

proteção relacionados aos processos de prevenção e promoção em saúde ambiental. Atualmente, o foco da pesquisa tem como prioridade estudos relacionados aos impactos ambientais da ocupação e uso das terras em bacias hidrográficas. Os resultados são difundidos por meio de reuniões técnicas, principalmente com a CATI e Prefeituras, e o produto desse trabalho, além de subsídios para políticas de gestão de recursos hídricos e treinamentos para profissionais, permite a sistematização dos conhecimentos gerados na forma de metodologias práticas para iniciar processos de revitalização de nascentes e bacias hidrográficas. Fruto também de parceria com a Unesp-Sorocaba, consolida-se a realização no CEA de duas disciplinas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais: Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas e Recuperação de Áreas Degradadas. Ainda, nessa linha de pesquisa, encontra-se em concepção, mas com resultados concretos de atividades exploratórias, um projeto em parceria com a Sociedade Amigos do Bairro Santa Clara, Jundiaí (SP) denominado Subsídios para Gestão Agroambiental do Complexo Hidrológico da Serra do Japi, propondo a determinação do Índice de Transformação Antrópica (ITA) para as 21 bacias atualmente

identificadas pelo projeto. Com essas informações é possível estabelecer uma nova rodada de estudos a partir da hierarquização das bacias de acordo com os valores do ITA. Nesta fase, avançamos em estabelecer um Plano de Segurança Ambiental (1º PSA) para todo o complexo hidrológico, determinando as necessidades básicas para a Prestação de Serviços Ambientais (2º PSA), que serão utilizadas na capacitação comunitária para habilitar a população a reivindicar o Pagamento por Serviços Ambientais (3º PSA).

A inovação tecnológica, focada em sustentabilidade, também é cada vez mais relevante na agricultura, contribuindo para que as propriedades agrícolas (empresas/organizações) obtenham um sucesso econômico competitivo. No entanto, as questões relacionadas com modelos de gestão ambiental das propriedades carecem de uma reflexão. Apesar da óbvia relação da capacidade produtiva do sistema agrícola com o ecossistema, os resultados deixam a desejar, principalmente quanto à gestão da vida silvestre, solo e água. A drástica redução da biodiversidade, a degradação do solo, a poluição dos mananciais e o clima vêm alertando a todos, e não é de hoje. Para tanto, o CEA vem consolidando

uma proposta metodológica para qualificação e requalificação de espaços em propriedades agrícolas. Duas propriedades pertencentes ao IAC vêm sendo utilizadas como áreas-piloto para sistematizar conhecimento e saberes aplicados no que denominamos Desenvolvimento Metodológico para "Engenharia Agroambiental". Na área do Centro Experimental de Campinas Fazenda "Santa Elisa", os estudos foram voltados para aplicação de conceitos de compartimentação, estratificação e destaques dos meios físico, biótico e antrópico. Os resultados do estudo sugerem que, para elaboração de um "Projeto de Engenharia Agroambiental da Fazenda "Santa Elisa", a propriedade seja compartimentada em seis grandes áreas de acordo com suas características peculiares: 1) áreas de produção; 2) áreas de proteção; 3) áreas de locomoção; 4) áreas construídas; 5) áreas lindeiras e 6) áreas de reserva hídrica. Para cada uma destas áreas realiza-se um inventário de atividades de requalificação (sobre a estrutura existente) e qualificação (novas intervenções) ambientais. Esse inventário é um instrumento poderoso de planejamento operacional, orçamentação e priorização de investimentos, bem como a capacitação para

requalificação produtiva inserida no contexto das exigências ambientais da sociedade contemporânea. A segunda área é a propriedade onde está instalado o Centro Avançado de P&D de Engenharia e Automação, em Jundiaí (SP); neste local os estudos de requalificação e qualificação tiveram como foco a hidrologia e a geração de energia fotovoltaica. Toda a área do Centro foi também compartimentada em espaços peculiares; num primeiro momento os estudos foram voltados para a hidrologia, no sentido de "adequar" toda ocupação e uso ao regime do "ciclo hidrológico", com ênfase na recarga hídrica artificial. Num segundo momento, os estudos voltaram-se para a adequação da propriedade para abrigar uma "usina fotovoltaica" nas suas dependências.

Agricultura familiar

Esta linha de pesquisa inclui três categorias de estudos: uma voltada para questões da agricultura urbana e periurbana; outra relacionada com tecnologias conservacionistas adaptadas a sistemas de produção da pequena propriedade e, uma terceira, voltada à adaptação de sistemas agroflorestais. As atividades com a agricultura urbana e periurbana estão concentradas em áreas da

região metropolitana de São Paulo, mais especificamente em áreas de atuação da CATI-Regional São Paulo. No bairro periférico Jardim Damasceno, um grupo de pequenos agricultores vem experimentando o desenvolvimento de sistemas de produção sem mobilização do solo. O modelo de Gestão Agroambiental proposto pelo CEA tem como base a "agricultura de montanhas" e o uso de "cama sobreposta", com o desafio de manter o solo coberto sempre, prioritariamente com "manta verde" e uma "manta morta" que atenda a uma composição de material seco, semidecomposto, decomposto, húmus e presença abundante de macroinvertebrados na interface solo/cobertura. Em parceria com a CATI, o CEA elaborou mais de 15 PIPs (Planos Individuais de Propriedades). O PIP é um documento norteador de atividades relacionadas com a requalificação e qualificação da propriedade no sentido da ocupação e uso conservacionista. Estas propostas de PIPs preparam os agricultores para entrarem no programa da Secretaria de Agricultura

e Abastecimento para a Transição Agroecológica. Esses proprietários também são parceiros em validação de tecnologias desenvolvidas pelo CEA para manejo de solo e planta, como é o caso de semeadora/adubadora manual, controle de plantas daninhas e outras propostas tecnológicas em desenvolvimento a partir da experiência do agricultor.

As atividades envolvendo a tecnologia da informação adaptadas a sistemas de produção da pequena propriedade, atualmente focam estudos relacionados com a sistematização de saberes para implantação de fruticultura conservacionista, tendo como foco o sistema de plantio e sistemas agroflorestais. Na fruticultura, atividades foram organizadas em cinco grandes programas temáticos: práticas do meio físico; práticas do meio químico; práticas do meio biótico; práticas fitotécnicas e práticas operacionais. No quadro 1 podem ser observadas as propostas e procedimentos.

Práticas do meio físico	Práticas do meio químico	Práticas do meio biótico
Risco climático Avaliação da porcentagem de cobertura Empoçamento (poças/m ²) RSP - Penetrometria Agregação de superficial Infiltração Variabilidade da cor do solo na superfície	Análise química completa (0-20 cm) Análise química completa (20-50 cm) Variabilidade do pH (75 pontos) Determinação da variabilidade do Ca ²⁺ na CTC Determinação da Matéria Orgânica Livre (MOL)	Análise nematológica Análise fitopatológica Incidência de mato Atividade biológica diversificada Manejo integrado (organização)

Práticas filotécnicas	Práticas operacionais
Encomenda de mudas Seleção de viverista Transporte seguro de mudas Recebimento e acomodação de mudas Classificação de plantio Marcação em nível no terreno Coveamento Fertilização Plantio de culturas intercalares Cobertura morta/verde	Aplicação de corretivos e fertilizantes Mobilização de incorporação e nivelamento Marcação de talhões e carregadores Implantação da irrigação Sulcagem e distribuição de orgânico e mineral Distribuição de mudas e plantio Colocação de tutores Semeadura de culturas intercalares

Quadro 1. Sistematização de saberes para fruticultura conservacionista.

A pesquisa em sistemas agroflorestais objetiva a mecanização para instalação e manejo em áreas de produtores. Tem como foco os princípios que norteiam o manejo adaptativo como prática de desenvolvimento. As atividades em curso mostram os resultados práticos da implantação de Sistemas Agroflorestais em Plantio Direto (SAFsPD), na região de Pedro de Toledo (SP) em plena área da Serra do Mar. O trabalho em mutirão permitiu implantar nove áreas em diferentes localidades do município.

Ainda relacionado a atividades de pesquisa em sistemas de produção da agricultura familiar, o CEA promove desenvolvimento de estudos e métodos práticos para melhoria da qualidade da mecanização, avaliação de desempenho de

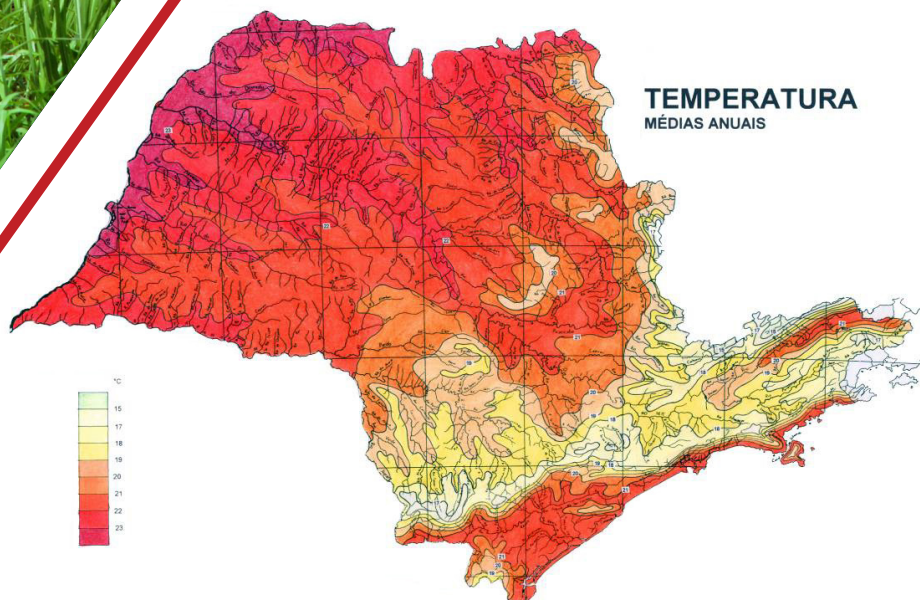
protótipos e máquinas comerciais, como também foca em práticas específicas e sistemas de produção. Nesse sentido, realiza vários estudos relacionados com acompanhamento de operações agrícolas, como é o caso de metodologias práticas para avaliação da distribuição de corretivos e fertilizantes, operações de plantio e sementeira, além de um enfoque especial para a qualidade no manejo da cobertura do solo. O Método de Manta Sobreposta (MMS) vem sendo testado em diversas culturas, como goiaba, uva, seriguela, entre outras. A pesquisa em laboratório também está presente no universo da agricultura familiar, com estudos da qualidade da classificação de sementes comerciais e na avaliação da morfometria de partículas e escoabilidade de fertilizantes químicos e orgânicos.



6. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita

Jane Maria de Carvalho Silveira*
Regina Célia de Matos Pires
Eduardo Caruso Machado
Norma de Magalhães Erismann
Neidiquele Maria Silveira
Eliane Aparecida Benato Rodrigues da Silva
Ilana Urbano Bron
Juliana Sanches de Laurentiz
Patrícia Cia
Sílvia Regina de Toledo Valentini
Angélica Praela Pantano
Gabriel Constantino Blain

*jane.silveira@sp.gov.br



Introdução

A agricultura brasileira incorporou nas últimas décadas transformações tecnológicas, econômicas e socioambientais em que a pesquisa científica contribuiu significativamente para produção de alimentos, fibras e energia, com vistas ao interesse social, atendendo às questões de mudanças climáticas, sustentabilidade ambiental, segurança hídrica, segurança alimentar e alimento seguro.

A importância de pesquisas que abordam a relação planta-ambiente é enfatizada pelo fato de que eventos climáticos tais como secas, ondas de calor e geadas agrônomicas podem levar a importantes quebras de safras, ameaçando a segurança alimentar de diversas regiões do globo terrestre (VOGEL et al., 2019). Esses fenômenos agrometeorológicos podem afetar não apenas a região de ocorrência, uma vez que outras comunidades do planeta podem ser indiretamente impactadas por reduções na exportação de produtos agrícolas e alta nos preços de alimentos (PUMA et al., 2015 e GFSP, 2015). Esse é o caso do estado de São Paulo que é líder mundial na produção de diversas culturas agrícolas, com destaque para cana-de-açúcar e citros.

Nesse contexto, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita nasceu com a missão de gerar e transferir ciência, tecnologia e produtos por meio do estudo da relação planta-ambiente com ênfase em climatologia agrícola, fisiologia vegetal, irrigação e drenagem, sendo em 2017 incorporada ao Centro a área de pós-colheita. Essa unidade de pesquisa apresenta contribuições ao desenvolvimento da agricultura que unem o passado, o presente e o futuro de uma instituição de pesquisa agrícola. Como exemplos citam-se monitoramento climático em várias regiões do estado de São Paulo, estudos pioneiros de resposta de diferentes culturas à irrigação na década de 1950 e introdução em nosso país de conceitos que até hoje são considerados fundamentais para a quantificação das necessidades hídricas das culturas no início da década de 1960, uso racional da água na produção vegetal, e até mesmo para o estudo do impacto das mudanças climáticas globais na produção agrícola de alimentos e na segurança hídrica.

Denominados pelos cientistas de evapotranspiração e balanço hídrico, esses conceitos foram trazidos ao Brasil pelo pesquisador

do Instituto Agrônomo, Dr. Ângelo Paes de Camargo, que publicou já em 1960 o boletim "O balanço hídrico no estado de São Paulo". Esse renomado cientista brasileiro, não apenas introduziu esses conceitos na ciência de nosso país como aprimorou e simplificou a forma de cálculo da evapotranspiração para regiões de clima tropical e equatorial úmidos (CAMARGO 1960; 1961; 1962 e 1978). Atualmente, esses parâmetros agrometeorológicos são utilizados tanto em estudos acadêmicos quanto pelo setor produtivo.

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita também gerencia uma das mais importantes redes de estações meteorológicas do país, a qual engloba um dos postos de coleta mais antigos da América Latina. Essa estação - atualmente automatizada - situa-se em Campinas, estado de São Paulo, e possui início de coleta de dados de temperatura do ar e precipitação pluvial ainda no século XIX (janeiro de 1890). Pode-se notar ao longo deste texto que essa série histórica climática representa simbolicamente a união do passado ao futuro de uma instituição de pesquisa, desenvolvimento e inovação, uma vez que ao caracterizar o clima observado ao longo dos séculos, essa estação

representa oportunidade ímpar para entendimento das atuais alterações nos padrões climáticos, para projeção de padrões meteorológicos futuros e para o estudo da agricultura sob possíveis condições ambientais do século XXI.

Em termos de uso da água na produção agrícola, a tecnologia de irrigação está bem estabelecida nas regiões áridas e semiáridas sendo essencial para a produção agrícola. Já no caso de regiões onde ocorre precipitação, a irrigação torna-se complementar e seu manejo deve atender à demanda das culturas de forma equilibrada e sustentável. Essas preocupações foram base de estudos importantes iniciados na década de 1950 na antiga Seção de Irrigação e Drenagem, atualmente do Centro de P&D de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita (PIRES, 1992 e PIRES e ARRUDA, 1995) os quais utilizaram dados de evapotranspiração de referência e balanço hídrico similar aos estudos apresentados por Camargo (1962) com enfoque em irrigação complementar às chuvas. Estimativas do consumo de água de culturas por meio de área e cobertura foliar, estratégias de manejo de água para promoção de sustentabilidade ambiental, produção e qualidade. Além disso, o cenário de mudanças

climáticas traz riscos de ocorrência de baixas precipitações e aumento na temperatura exigindo maior cuidado no planejamento e manejo da irrigação. O aprimoramento na determinação da evapotranspiração trouxe resultados positivos para o manejo ou monitoramento da irrigação, o qual consiste na determinação da quantidade, momento, método e local da irrigação baseando-se nas condições do solo, planta e clima.

Na década de 1950, sob a coordenação do eminente fisiologista Dr. Coaracy Moraes Franco, na antiga Seção de Fisiologia do IAC, já se estudava aspectos fisiológicos que condicionam a produção do cafeeiro em respostas às condições do ambiente, tais como: a influência da temperatura no sistema radicular, na absorção de água, nutrientes e crescimento do cafeeiro; efeito da baixa temperatura no estrangulamento do caule; respiração das raízes; fatores que promovem a floração e efeito da temperatura no desenvolvimento e maturação de grãos (*Progress Reports, Research on coffee-plant physiology at the Earhart Laboratory, California Institute of Technology, 1956-1957*).

Além da busca por soluções inteligentes para a produção de alimentos, há que se olhar também para o consumo de alimentos de maneira sustentável. O segmento pós-colheita de hortifrutícolas tem atenção especial e ações estratégicas por apresentar elevados índices de perdas, devido à perecibilidade intrínseca dos produtos. A equipe de pós-colheita do Centro atua na avaliação dos principais gargalos tecnológicos e pontos críticos no segmento pós-colheita de hortifrutícolas, desde a produção/campo, manuseio, classificação, transporte até os pontos de comercialização, abrangendo com isso importantes etapas da cadeia produtiva de alimentos.

As contribuições e a visão de futuro de cada uma das quatro grandes áreas do Centro de P&D de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita são apresentadas a seguir. Novamente, notar-se-á que essas áreas convergem em objetivo institucional comum: aprimorar constantemente a produção vegetal com responsabilidade social, ambiental e econômica com vistas à melhoria do bem-estar da população.

Agricultura irrigada

Para atender as necessidades em agricultura irrigada vários estudos vêm sendo realizados pelo Centro de P&D de Biosistemas e Pós-colheita com objetivo de contribuir com o planejamento, gestão e manejo da irrigação tanto no sentido de preservação e conservação dos recursos hídricos como buscar alternativas para o manejo da irrigação visando aumentar a eficiência de uso da água e aumentar a produtividade das culturas garantindo assim sustentabilidade ambiental, econômica e social. A irrigação será cada vez mais necessária para produção sustentável de alimentos e como garantia ao agricultor possibilitando o fornecimento de água para as culturas.

Nesse sentido, as ações desenvolvidas no IAC nessa área priorizam a adoção de equipamentos para monitoramento e sistemas de irrigação eficientes no uso de

água, que de acordo com Waller e Yitayew (2016) devem-se adequar às condições de topografia, clima, tipo de solo e de cultivo, disponibilidade e qualidade de água, mão de obra e energia. Importante relatar que os estudos são, na maioria das vezes, realizados pelo Centro junto ao setor produtivo onde há predominância e representatividade do método de irrigação em cada cultura e região. Dentre os métodos mais utilizados cabe destacar: localizada (gotejamento e microaspersão); aspersão (pivô central, aspersão convencional, carretel), conforme ilustrados na figura 1. Já os métodos de irrigação de superfície como inundação e sulcos têm sido pouco estudados nos últimos anos, haja vista, o cenário de escassez hídrica e necessidade de métodos mais poupadores de água ainda agravado pela falta de mão de obra no campo que a irrigação por superfície requer.

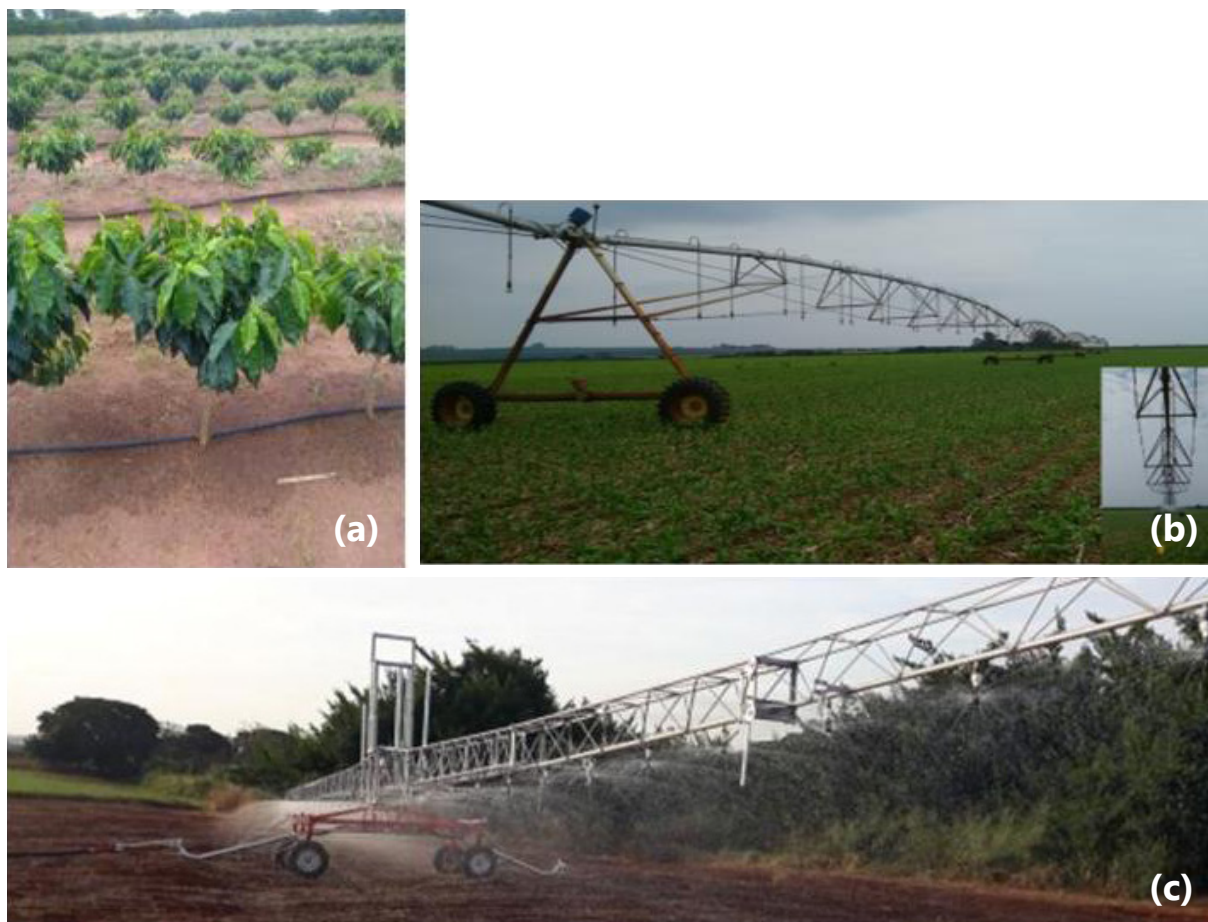


Figura 1. Irrigação por gotejamento em café - Núcleo Regional de Pesquisa de Mococa (SP) (a); irrigação por pivô central em milho, Casa Branca (SP) (b) e irrigação por aspersão - barra irrigadora, Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa", Campinas (SP) (c).

Em relação ao manejo da irrigação são realizados estudos aprofundados para monitoramento frequente das condições de disponibilidade hídrica da cultura, da umidade do solo, evapotranspiração, precipitação, do estado hídrico das plantas e sistema radicular. Os resultados das pesquisas confirmam que estimativas precisas da evapotranspiração e balanço hídrico associados ou não ao monitoramento

da água no solo ou na planta garantem maior eficiência no uso da água contribuindo com a sustentabilidade ambiental em termos de segurança hídrica e economia de água, bem como aumento na produtividade das culturas para atendimento ao crescimento populacional e demanda de alimentos seguros (PIRES, et al., 2011; SAKAI et al., 2015; SILVEIRA et al., 2018, OHASHI et al., 2020).

A busca por precisão no manejo de irrigação tem feito com que os estudos atuais do Centro utilizem ferramentas para monitoramento de caracterização da água no sistema solo-planta-atmosfera (Figura 2), muitas vezes com monitoramento

simultâneo de dados de solo, planta e das condições de clima. Isso melhora a confiabilidade nos resultados e contribui para sustentabilidade ambiental e segurança hídrica frente às adversidades do clima e necessidade de conservação ambiental.

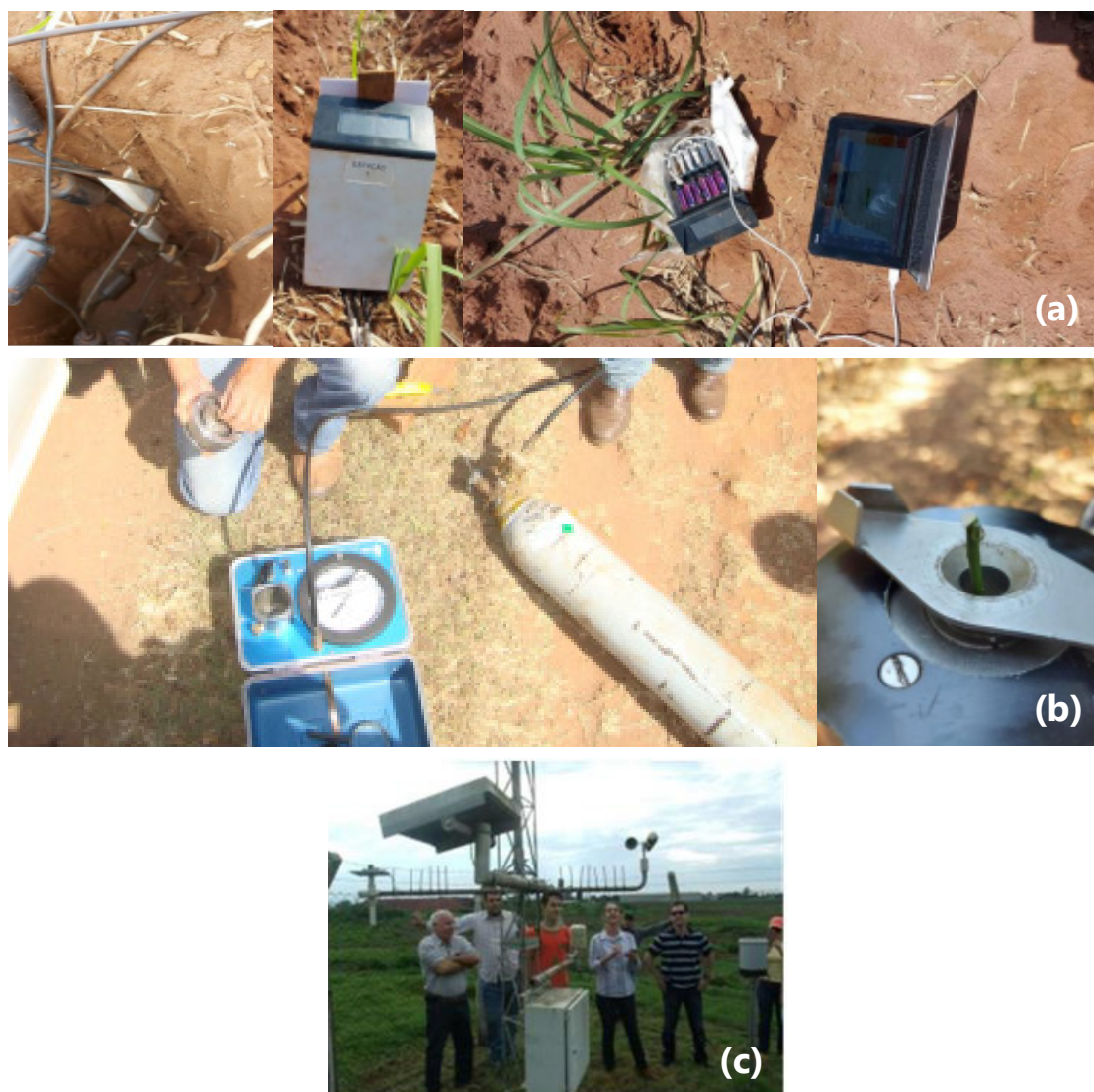


Figura 2. Monitoramento da irrigação via sensor de solo em cana-de-açúcar, Taquaritinga (SP) (a); monitoramento da irrigação via planta - bomba de Scholander em citros, Barretos (SP) (b) e monitoramento do clima para estimativa da demanda de irrigação - Estação agrometeorológica automática de Vargem Grande do Sul (SP) (c).

Entre outras ações de pesquisa na área de irrigação do Centro de P&D de Biossistemas Agrícolas e Pós-colheita, os pesquisadores avaliam estratégias com economia no uso da água com a possibilidade de aplicação de volume menor que o necessário para cultura como em citros e cana-de-açúcar (SILVEIRA et al., 2020a; PIRES et al., 2021), eficiência do uso da água de diferentes cultivares e manejo das irrigações para produção de mudas. E, em termos de inovação, estudos recentes e promissores utilizam imagens digitais obtidas por câmeras termográficas e multiespectrais embarcadas em drones para avaliação do estado hídrico das plantas visando auxiliar na tomada de decisão em áreas irrigadas (SILVEIRA et al., 2020b). As pesquisas são realizadas em colaboração com outros Centros de Pesquisa do IAC, bem como com outras Instituições de ensino e pesquisa e com aporte de recursos provenientes de fontes financiadoras de pesquisa e da iniciativa privada.

Climatologia agrícola

As ações de climatologia agrícola do IAC estão presentes em todas as etapas da produção agrícola, desde a escolha da área e da

espécie a ser cultivada até a definição da época de colheita. Todo esse processo é fortemente influenciado pelas condições de tempo e clima locais. Além disso, os estudos da área de Climatologia fornecem informações sobre a relação planta-produtividade-ambiente, variações e mudanças climáticas. Nesse aspecto, ressalta-se que o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biossistemas Agrícolas e Pós-colheita tem realizado diversos estudos voltados à descrição das mudanças climáticas no estado de São Paulo. Considerando-se todo esse contexto, o IAC pode ser visto como um dos pioneiros em detecções climáticas da elevação da temperatura do ar no estado de São Paulo (BLAIN, 2009 e 2011a). Essa elevação pode ser exemplificada pelos dados de temperatura do ar coletados na estação meteorológica de Campinas (Figura 3). De forma pioneira, o IAC demonstrou que no estado de São Paulo o aquecimento global manifesta-se de forma mais marcante nos valores de temperatura do ar observados ao nascer do sol (temperatura mínima), ao passo que valores deste elemento meteorológico observados no início da tarde (temperatura máxima) apresentam uma menor tendência de elevação.

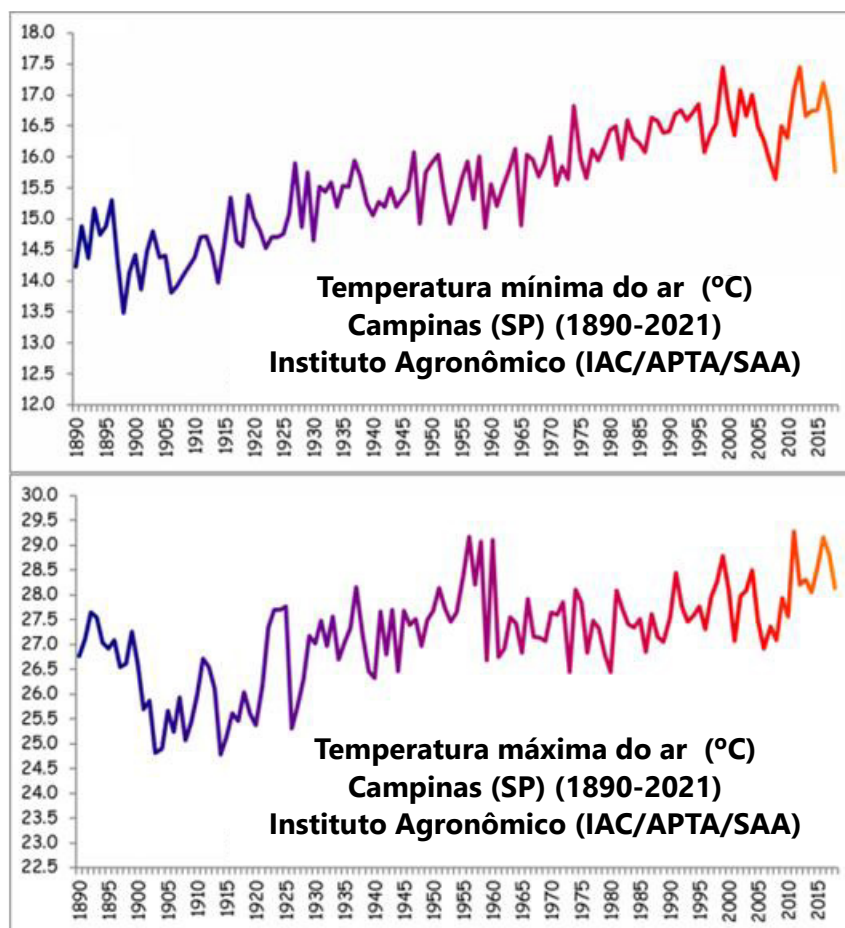


Figura 3. Dados de temperatura do ar coletados em uma das estações meteorológicas mais antigas da América Latina. Campinas (SP), Instituto Agronômico (IAC/APTA/SAA-SP).

Após apresentar essa elevação nas médias anuais da temperatura mínima (Figura 3) torna-se necessário descrever um outro estudo realizado pelo Centro de P&D de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita que aprofundou ainda mais a influência do aquecimento global na agrometeorologia do estado. Considerando-se as características tropicais e subtropicais de nossa agricultura, a ocorrência de uma

única madrugada com temperaturas muito baixas pode resultar em danos agrícolas conhecidos como geada agrônômica. Embora a figura 3 tenha, de fato, demonstrado uma elevação em valores anuais da temperatura do ar no estado, estudos adicionais do IAC (BLAIN, 2011b) demonstram que, dada a dinâmica da atmosfera, o estado de São Paulo ainda pode sofrer o ocorrência de geada em suas áreas agrícolas (Figura 4).

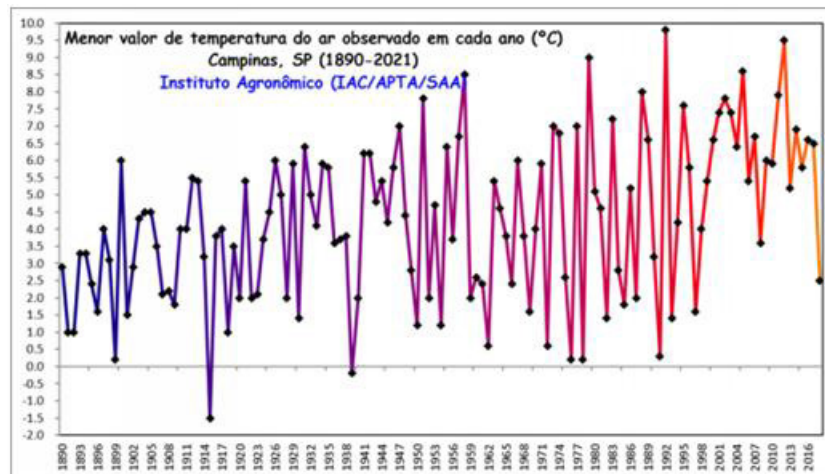


Figura 4. Extremos diários da temperatura mínima do ar coletados em uma das estações meteorológicas mais antigas da América Latina. Campinas (SP), Instituto Agrônômico (IAC/APTA/SAA-SP).

Além das pesquisas voltadas à temperatura do ar, o Centro de P&D de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita também realiza estudos voltados à melhor compreensão do efeito das mudanças climáticas sobre a chuva e, em especial, sobre eventos de seca. Esses atuais esforços (PEREIRA et al., 2017, BLAIN et al., 2022 e SANTOS JR. et al., 2022) também exemplificam a união do passado ao futuro do IAC, uma vez que os conceitos de evapotranspiração e balanço hídricos,

introduzidos no Brasil pelo IAC na década de 1960, são fundamentais para a avaliação do impacto atual e futuro do aquecimento global sobre a ocorrência e severidade de um evento de seca. Esses estudos indicam um quadro que pode ser considerado preocupante para o estado de São Paulo. Conforme exemplificado na figura 5, os círculos da cor vermelho e vermelho-preto indicam elevação na frequência e na intensidade da seca em nosso estado.

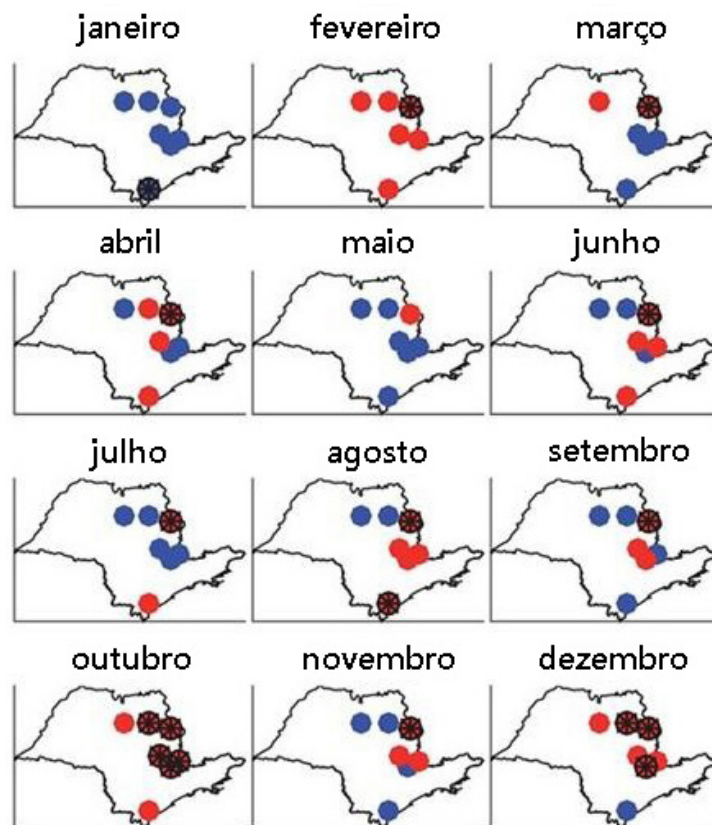


Figura 5. Elevação na frequência e na intensidade da seca (círculos da cor vermelho e vermelho-preto) no estado de São Paulo, Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA-SP).

Conforme citado na introdução deste texto, ressalta-se também que a equipe de pesquisadores dessa unidade do IAC coordena a rede de estações meteorológicas do estado de São Paulo (Clima IAC/CIIAGRO), que possui diversas estações meteorológicas automáticas espalhadas por todo o estado, com a finalidade de realizar o monitoramento climático, disponibilizando dados como temperaturas do ar (máxima e mínima), umidade relativa do ar,

velocidade de vento e precipitação. Estas informações podem ser acessadas na homepage www.clima.iac.sp.gov.br, na qual são disponibilizados mensalmente Boletins Agrometeorológicos das regiões cafeeiras do estado de São Paulo, com informações relevantes sobre as condições registradas no mês corrente como: temperaturas, precipitação, balanço hídrico e condições de seca meteorológica. Com base em dados de previsão do

tempo, também são apresentados os Balanços Hídricos para o próximo período. Além da cultura do café, o Centro colabora em ações de monitoramento climático e pesquisas de outras espécies no estado, como oliveira, batata, milho, entre outras.

Fisiologia da produção frente às mudanças climáticas

Com o aumento previsto da população mundial a produção agrícola precisa atender às demandas de uma população mundial crescente de forma sustentável. Elevar o rendimento das culturas requer o desenvolvimento constante de novas cultivares e mudanças nas práticas de manejo para se ajustar às novas cultivares e condições ambientais. As mudanças climáticas elevam a frequência de eventos ambientais extremos, como altas temperaturas, déficits hídricos, entre outros, que podem limitar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade econômica das plantas.

A fisiologia da cultura concentra-se no estudo dos processos vegetais responsáveis pelo crescimento, desenvolvimento e produção de rendimento econômico pelas plantas cultivadas. A sobrevivência das plantas e produção em condições

adversas é baseada em múltiplos ajustes no metabolismo, na partição de biomassa, na arquitetura e na morfologia da planta, que mitigam as condições estressantes. Estudos recentes têm destacado a importância desses ajustes para compreender a adaptação das plantas a estresses abióticos. O objetivo na pesquisa em fisiologia vegetal no Centro de P&D em Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita é melhorar o desempenho das culturas sob condições naturais aumentando a eficiência de uso dos recursos naturais bem como sob condições estressantes, explorando a variabilidade genética e por meio de novas práticas de manejo. A compreensão de como as plantas respondem aos desafios ambientais e o papel dessas respostas para o seu crescimento e desenvolvimento são essenciais para a elaboração de novas práticas agrícolas que ajudem os programas de melhoramento no lançamento de cultivares ou híbridos.

Nas duas últimas décadas a pesquisa no Centro tem dado maior ênfase aos estudos da fotossíntese, que é o processo responsável pelo acúmulo de toda matéria orgânica das plantas, sendo essencial para a produção agrícola. Está sendo avaliado o efeito das condições do ambiente normais sobre a eficiência

fotossintética, bem como o efeito prejudicial de estresses sobre este processo. Uma maior compreensão da fotossíntese em escala molecular à escala do dossel em plantas cultivadas em ambientes controlados e em biosistemas agrícolas sob condições naturais de campo permite novos conhecimentos, possibilitando a adoção de técnicas de manejo e/ou seleção de cultivares mais adaptadas, representando avanços na produtividade e estabilidade da produção agrícola. Várias contribuições no conhecimento das respostas da fotossíntese das culturas de citros, cana-de-açúcar, café, amendoim, palmeiras produtoras de palmito, feijão, arroz e milho, sob condições de estresse hídrico, de temperatura, nutricional, e diferentes arquiteturas de dossel vegetativo têm sido publicadas pelo Centro. Atualmente, três grandes temas são pesquisados: Efeitos do déficit hídrico em citros, Memória de estresse em plantas e Envolvimento do óxido nítrico na tolerância das plantas aos estresses abióticos.

O cultivo dos citros no Brasil se dá predominantemente sem irrigação e com combinações copa/porta-enxerto que mostram, entre outras características de interesse agrônomo, a tolerância à seca

devido à ocorrência de déficits hídricos temporários em várias regiões citrícolas. Sob déficit hídrico, os porta-enxertos induzem as copas nele enxertadas a adotar tática de tolerar a desidratação, focando na sobrevivência da planta. Uma estratégia eficaz para amenizar os impactos da escassez de água na citricultura é a utilização de porta-enxertos tolerantes à seca. Os três porta-enxertos mais utilizados na citricultura brasileira, o citrumelo Swingle, a tangerina Sunki e o limão Cravo estão sendo utilizados nas pesquisas visando avaliar quais as características que cada um deles confere maior tolerância à seca na produção de laranjeiras. Estão sendo avaliadas as seguintes hipóteses: 1) o metabolismo de carboidratos é mais ativo em raízes de porta-enxertos tolerantes à seca, o que levaria ao maior crescimento desses órgãos e aumentaria a força de dreno. Como consequência, haveria aumento da importação de fotoassimilados nas raízes e estímulo da exportação de fotoassimilados nas folhas em condição de déficit hídrico; 2) espécies e cultivares de copas enxertadas sobre o mesmo porta-enxerto apresentam características hidráulicas diferentes; e a espécie de porta-enxerto altera a suscetibilidade ao embolismo das copas; a condutividade hidráulica

e a vulnerabilidade ao embolismo variam ao longo do ano. Para isso, estão sendo realizados estudos de caracterização hidráulica de diferentes combinações de copa/porta-enxerto com importância para o Brasil, além de um estudo da variação sazonal destas características em plantas no campo; 3) estudos que avaliam os mecanismos de tolerância das plantas à restrição hídrica e a participação de sinais químicos celulares, como o óxido nítrico (NO). Neste contexto, objetiva-se compreender se há relação do limoeiro Cravo com a sinalização do NO, tendo em vista que este radical está associado ao aumento da tolerância das plantas à seca.

Em relação ao segundo tema sobre memória de estresse em plantas, a estabilidade é uma característica chave para o crescimento e desenvolvimento da planta em um ambiente em mudança, envolvendo homeostase e resiliência. Enquanto a homeostase se refere à manutenção da integridade estrutural e funcional interna da planta, a resiliência está associada à habilidade da planta em retornar às condições iniciais após um determinado distúrbio. Em estudos recentes a equipe de pesquisadores demonstrou que plantas de cana-de-açúcar expostas previamente a ciclos

de déficit hídrico e reidratação ou originadas de material vegetal que passou por déficit hídrico tiveram seu desempenho fotossintético e crescimento favorecidos quando expostas novamente à seca (MARCOS et al., 2018a,b). A exposição prévia a eventos estressantes pode desencadear alterações no padrão de expressão de genes que regulam todo o desenvolvimento vegetal e que permitem uma resposta mais eficiente e rápida em casos de estresses recorrentes, sendo esse fenômeno tratado na literatura como memória vegetal. A memória de estresse é definida como a capacidade de plantas estressadas armazenarem informações de forma que possam responder de uma maneira diferente quando expostas novamente ao estresse, geralmente levando a uma melhor performance. Essa memória envolve várias modificações nos níveis fisiológicos e genéticos. Além disso, a formação da memória associada à sensibilidade dos diferentes tecidos e estágios fenológicos ao estresse seria induzida por alterações sustentadas nos níveis dos principais metabólitos de sinalização como os fitormônios, alterações moleculares e fatores de transcrição, que fornecem um indício de como o metabolismo das plantas é alterado e mantido pela exposição ao estresse. Estudos atuais

visam identificar os marcadores moleculares, metabólicos e fisiológicos que estariam associados à memória à seca em cana-de-açúcar em diferentes estádios fenológicos e avaliar a sua persistência em plantas propagadas vegetativamente. A partir dos dados obtidos, pretende-se sugerir novas práticas de manejo de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em condição de viveiro com o intuito de mitigar os efeitos negativos da seca, tornando-as mais tolerantes, além de estabelecer uma plataforma para análise transcriptômica nesta espécie, que servirá de base para a identificação e compreensão dos mecanismos moleculares que permitem a herança da memória a estresses ambientais em cana-de-açúcar.

Conforme já citado neste texto, o tema relacionado aos estresses abióticos considera que as mudanças climáticas, eventos de seca estão sendo observados com maior frequência, e com isso as plantas têm sido cada vez mais expostas a ameaças ambientais que impactam negativamente seu desempenho e sobrevivência. A seca é considerada o principal estresse abiótico em plantas e a que mais influencia de forma negativa, a produtividade das culturas, ameaçando a segurança alimentar.

Estudos realizados pelos pesquisadores do Centro têm demonstrado que plantas têm sua performance melhorada em condições restritivas quando supridas com S-nitrosoglutathione (GSNO) (SILVEIRA et al., 2016; 2017a,b; 2019; 2021a,b). O GSNO é um S-nitrosotiol endógeno que serve como fonte de óxido nítrico (NO), uma potente molécula sinalizadora capaz de aumentar a tolerância de plantas a estresses abióticos pela nitrosilação de proteínas (SILVEIRA et al., 2016, 2017a,b). Assim, plantas poderiam ser “preparadas” quando supridas com moléculas sinalizadoras, o chamado *chemical priming*, um campo promissor na fisiologia do estresse vegetal. O NO é uma molécula multifuncional, agindo em diversos eventos fisiológicos nos vegetais, como na germinação, no crescimento, na floração e na regulação de múltiplas respostas a estresses. Além disso, a combinação de doadores de NO com nanomateriais para fins agrícolas é uma abordagem promissora e relativamente nova que também vem sendo pesquisado. O encapsulamento de doadores de NO surgiu como estratégia para proteger essas moléculas da rápida degradação, além de permitir uma liberação mais controlada. Um estudo recente demonstrou

que a pulverização de S-nitroso-N-acetylcysteine (SNAC) e GSNO - doadores de NO - é uma alternativa para melhorar o desempenho fisiológico das plantas de cana-de-açúcar após o déficit hídrico, o que favorece o crescimento das plantas e a produtividade da cultura devido à rápida recuperação da fotossíntese (SILVEIRA et al., 2021b). Alimentar o mundo de forma sustentável é um dos desafios mais urgentes das próximas décadas e o encapsulamento de doadores de NO representa uma promissora estratégia com grande potencial de uso real em plantações de importância nutricional e econômica, uma vez que temos evidências experimentais de que a nanobiotecnologia pode ser usada para aumentar os benefícios induzidos pelo NO para plantas sob condições estressantes, aliviando o impacto negativo dos estresses abióticos.

As ações descritas acima são desenvolvidas em colaboração com o Prof. Dr. Rafael Vasconcelos Ribeiro do Departamento de Biologia Vegetal da UNICAMP e com os programas de pós-graduação em Biologia Vegetal (UNICAMP), Bioenergia (UNICAMP) e Agricultura Tropical e Subtropical (IAC). Temos também a colaboração da Profa. Dra. Amedea Barozzi Seabra do Centro de Ciências Naturais e Humanas da Universidade

Federal do ABC. Parte das pesquisas são financiadas pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Pós-colheita

As pesquisas em pós-colheita do IAC, integram várias áreas do conhecimento e buscam soluções inovadoras para redução de perdas, tecnologias limpas e produtos e processos alternativos de conservação da qualidade dos produtos vegetais. Exemplo dessas pesquisas são as relacionadas à área de fitopatologia. As doenças pós-colheita, principalmente causadas por fungos, são provenientes de infecções quiescentes, estabelecidas no campo devido a vários fatores como climáticos e sistemas de produção, e/ou de infecções por ferimentos, que podem ocorrer durante a colheita e manuseio. Devido ao processo natural de amadurecimento e senescência dos produtos vegetais, a deterioração microbiana aumenta e pode acarretar perdas significativas, qualitativa e quantitativamente. Neste contexto, vários métodos

de controle de doenças em frutos vêm sendo estudados, destacando-se alguns processos físicos (refrigeração, tratamento térmico, radiação ultravioleta-C, atmosfera modificada), além de produtos alternativos (quitosana, etanol, ácido acético, inibidores da síntese ou ação do etileno, óleos essenciais). Alguns desses podem atuar diretamente no controle de podridões, bem como, por meio da indução de respostas de defesa nos tecidos. Dentre os trabalhos desenvolvidos no IAC, podemos evidenciar o efeito positivo da termoterapia na redução do bolor verde em tangor 'Murcott' (DA SILVA et al., 2020) (Figura 6); de

cera e refrigeração na conservação de tangerina 'Fremont IAC 543' (BARBARÁ et al., 2020); de etanol no controle da antracnose em goiabas Kumagai (PONZO et al., 2018). A radiação UV-C foi eficiente na redução de *Colletotrichum gloeosporioides* em bagas de uva 'Niagara Rosada', sem alterar os atributos físico-químicos dos cachos (CIA et al., 2009). Atividade antimicrobiana de óleos essenciais vem sendo demonstrada sobre vários patógenos, in vitro, bem como, na redução de podridões em frutos, como constatado com a aplicação de óleo de tomilho que reduziu a ocorrência do mofo cinzento em uva 'Itália' refrigerada (LOPES, 2022).



Figura 6. Tratamento térmico no controle de bolor verde em tangerina.

Além da redução de doenças, a correta seleção e classificação dos produtos também minimizam as perdas. Quando se pensa em sustentabilidade econômica, a

indústria hortifrutícola necessita de técnicas não destrutivas para a seleção e certificação de frutas e hortaliças com alta qualidade visando o mínimo de perdas possíveis. Entre as

técnicas não destrutivas que têm sido estudadas na área agrícola está a visão de máquina, cujo escopo é promover a objetividade da classificação dos produtos. O desenvolvimento de metodologias não destrutivas para avaliação da qualidade de frutas e hortaliças, através de imagens digitais é capaz de selecionar o diâmetro, comprimento, calibre e coloração da

casca de frutas e hortaliças. A equipe da pós-colheita, em parceria com pesquisadores de outros Centros do IAC e da UNICAMP, desenvolveu novas metodologias para classificação por tamanho e cor em citros, tomates, pêssegos, nectarinas e ameixas com precisão e confiabilidade (COSTA, 2018) (Figura 7).

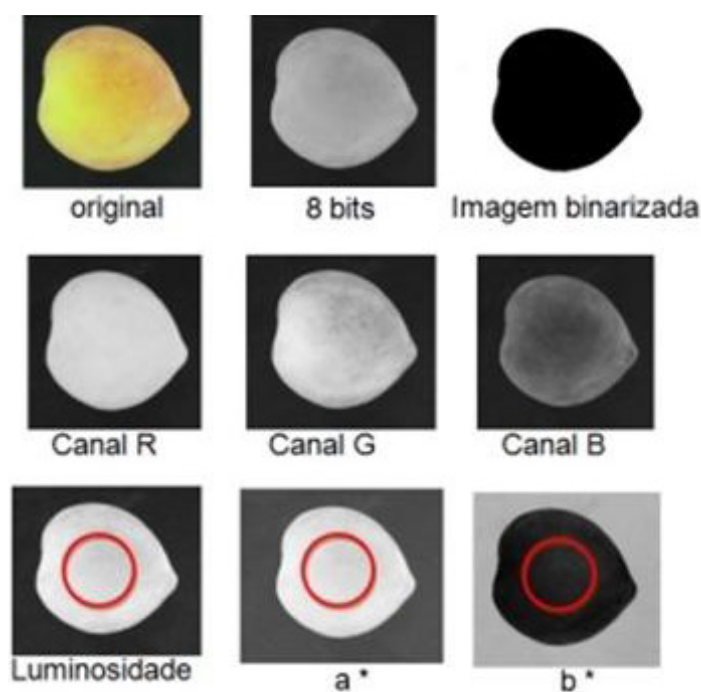


Figura 7. Rotina computacional usando imagem digital para avaliar coloração da casca de pêssegos.

Na busca por alternativas sustentáveis por meio da criação de novas tecnologias, são pesquisadas a eficiência e a viabilidade da aplicação do óxido nítrico incorporado a

matrizes poliméricas por meio de nanotecnologia. A aplicação de óxido nítrico tem se mostrado uma técnica promissora para prolongar a vida pós-colheita de várias frutas e

hortaliças frescas. Considerando-se que os resultados são muito distintos dependendo do tipo de doador de óxido nítrico, da forma de aplicação, da concentração utilizada e das espécies estudadas, a aplicação deve ser adaptada a cada necessidade. A equipe de pesquisadores foi pioneira no trabalho envolvendo a aplicação por pulverização do doador de óxido nítrico S-nitrosoglutathione (GSNO) nanoencapsulado em mamão 'Golden'. As pesquisas conduzidas em parceria com a Universidade Federal do ABC já indicam possível ação na perda de massa e de firmeza nos frutos, contribuindo para maior vida de prateleira na pós-colheita (MACHADO et al., 2022). Portanto, a busca pela eficácia da aplicação de GSNO como doador de NO por meio de pulverização pode ser um gatilho para novas formulações em pós-colheita.

A sustentabilidade alimentar, além de diretamente relacionada às perdas quantitativas, também está relacionada à oferta de alimentos com qualidade e variabilidade. A produção de tangerina é liderada pelo estado de São Paulo, sendo que a tangerina 'Ponkan' e o tangor 'Murcott' são responsáveis por mais de 80% da área plantada, ou seja, um indicativo que comprova o baixo número de

variedades cultivadas. Uma das frentes de trabalho do Centro é a pesquisa voltada ao conhecimento da fisiologia pós-colheita e a investigação da qualidade das novas variedades de citros de mesa desenvolvidas ou introduzidas pelo IAC, para auxiliar no desenvolvimento de técnicas adequadas para a conservação, armazenamento e comercialização dessas cultivares. As tangerineiras 'Fremont IAC 543' e 'IAC 2019Maria', estudadas pelo programa de melhoramento do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" do IAC, demonstram características organolépticas promissoras, no entanto, estudos de fisiologia e conservação pós-colheita são necessários para que sejam traçadas estratégias eficientes de conservação para essas cultivares (Figura 8). A equipe de pós-colheita do IAC vem pesquisando as condições ideais de colheita e armazenamento da IAC 2019Maria e, até o momento, as pesquisas indicam que, a colheita um pouco mais tardia e o armazenamento em baixas temperaturas de refrigeração são as melhores condições para a obtenção da qualidade máxima e conservação pós-colheita dessa tangerina (VEIGA et al., 2019).



Figura 8. Tangerina 'IAC 2019Maria'.

Atualmente o mundo enfrenta o desafio de produzir alimentos, com sustentabilidade, para uma população cada vez mais crescente, que vive mais e por isso mais sujeita a doenças crônicas. Os fitoquímicos são capazes de conferir cor nas frutas e diversos benefícios para a saúde dos consumidores. Eles são considerados compostos bioativos que podem atuar como quimioprotetores em virtude do seu potencial antioxidante, porém, esses compostos podem apresentar características distintas em relação à adaptação climática, às diferentes áreas de cultivo e entre as cultivares de uma mesma espécie. A equipe de pós-colheita juntamente com pesquisadores do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Frutas do IAC vem estudando e caracterizando diferentes genótipos

de amoras-pretas e framboesas sob cultivo em região de inverno ameno quanto aos fenóis, antocianinas e atividade antioxidante.

Outro tema relevante quanto à sustentabilidade é a diminuição do uso de embalagens plásticas para o acondicionamento de frutas e hortaliças após a colheita. Pensando nisso, a equipe mantém parceria com o Centro de Tecnologia de Embalagem do ITAL no desenvolvimento de embalagens de papelão e avaliação da qualidade pós-colheita das frutas acondicionadas nesses protótipos. Resultados bastante promissores na preservação da qualidade de morangos foram encontrados quando acondicionados em embalagem de papel-cartão (Figura 9).



Figura 9. Protótipos de embalagens de papel-cartão para acondicionamento de morangos.

Considerações finais

É de grande importância as atuais pesquisas realizadas pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita que buscam descrever o real impacto do meio ambiente nas atividades agropecuárias, com o objetivo de promover o desenvolvimento de um sistema de produção agrícola mais resiliente às alterações globais e atender às demandas de uma população mundial crescente e que requer sustentabilidade.

Vale ressaltar que o atendimento às necessidades da produção agrícola está intimamente relacionado com as variações do clima e depende dos processos fisiológicos e produtivos

da planta. A dinâmica da água no sistema planta-ambiente pode evitar a ocorrência de alterações fisiológicas indesejáveis que afetarão diretamente a produtividade e qualidade dos produtos, principalmente dos alimentos. Desta forma, o Centro possui característica transversal com interação em suas áreas de pesquisa para fornecer respostas nas diferentes cadeias de produção quanto à dinâmica solo-planta-atmosfera e qualidade de produtos pós-colheita.

Referências

BARBARÁ, M. A.; VEIGA, J. C.; SILVA, B. M. P.; VALENTINI, S. R. T.; CIA, P.; BRON, I. U. Refrigeração e cera na qualidade pós-colheita da tangerina

'Fremont IAC 543'. **Citrus Research & Technology**, v. 41, p. 1-10, 2020.

BLAIN, G. C.; PICOLI, M. C. A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 807-815, 2009.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 279-296, 2011a.

BLAIN, G. C. Incorporating climate trends in the stochastic modeling of extreme minimum air temperature series of Campinas, state of São Paulo, Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 952-957, 2011b.

BLAIN, G. C.; ROCHA, S. G.; WEIGHT, E.; MARTINS, L. L.; XAVIER, A. C. F. Improving the interpretation of standardized precipitation index estimates to capture drought characteristics in changing climate conditions. **International Journal of Climatology**, v. on-line, p. 1-26, 2022.

CAMARGO, A. P. O balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1960. 15 p. (Boletim 116)

CAMARGO, A. P. **Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo**. 1961, 49 f. Tese (Doutorado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1961.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 21, p. 163-203, 1962.

CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. 4. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1978. 28 p. (Boletim, 116)

CIA, P.; BENATO, E. A.; VALENTINI, S. R. T.; ANJOS, V. D. A.; PONZO, F. S.; SANCHES, J.; TERRA, M. M. . Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'Niagara Rosada'. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 1010-1015, 2009.

COSTA, D. C. **Uso de imagens digitais na avaliação da qualidade pós-colheita de frutas de caroço**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola) - Instituto Agrônomo, Campinas, 2018.

DA SILVA, Y. C. R.; ALVES, R. M.; SILVA, B. M. P.; BRON, I. U.; CIA, P. Chitosan and hot water treatments reduce postharvest green mould in 'Murcott' tangor. **Journal of Phytopathology**, v. 168, p. 542-550, 2020.

GFSP - The Global Food Security Programme. Extreme weather and resilience of the global food system. Final project report from the UK-US taskforce on extreme weather and global food system resilience. 2015. Disponível em: (<http://foodsecurity.ac.uk/assets/pdfs/extreme-weather-resilience-of-global-foodsystem.pdf>).

LOPES, V. C. **Óleos essenciais no controle de podridões e na qualidade pós-colheita de uva 'Itália'**. 2022. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola) - Instituto Agronômico, Campinas, 2022.

MACHADO, M. R., VEIGA, J. C., SILVEIRA, N. M., SEABRA, A. B., BOZA, Y. E. A. G.; PELEGRINO, M. T.; CIA, P.; VALENTINI, S. R. T.; BRON, I. U. Nitric oxide supply reduces ethylene production, softening and weight loss in papaya fruit. **Bragantia**, 81, 2022. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210109>.

MARCOS, F. C. C.; SILVEIRA, N. M.; MOKOCHINSKI, J. B.; SAWAYA, A. C. H. F.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, E. C.; SOUZA, G. M.; LANDELL, M. G. A.; RIBEIRO, R. V. Drought tolerance of sugarcane is improved by previous exposure to water deficit. **Journal of Plant Physiology**, v. 223, p. 9-18, 2018a.

MARCOS, F. C. C.; SILVEIRA, N. M.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, E. C.; SOUZA, G. M.; LANDELL, M. G. A.; RIBEIRO, R. V. Drought tolerance of sugarcane propagules is improved when origin material faces water deficit. **PLoS One**, v. 13, p. e0206716, 2018b.

OHASHI, A. Y. P.; PIRES, R. C. M.; XAVIER, M. A.; PERECIN, D.; SILVEIRA, L. K.; PETRI, R. H. Irrigation management based on reference evapotranspiration for pre-sprouted plantlets of sugarcane cultivars. **Bragantia**, Campinas, v. 79, p. 293-304, 2020.

PEREIRA, V. R.; BLAIN, G. C.; AVILA, A. M. H.; PIRES, R. C. M.; PINTO, H. S. Impacts of climate change on drought: changes to drier conditions at the beginning of the crop growing season in southern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 77, p. 201-211, 2017.

PIRES, R. C. M. **Simulação da irrigação suplementar de culturas em Ribeirão Preto, São Paulo**. 1992. 115 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1992.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B. Método para cálculo do intervalo de irrigação suplementar. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n.1, p. 193-200, 1995.

PIRES, R. C. M.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação de fruteiras subtropicais (citricultura

e videira). In: Alysson Paolinelli; Durval Dourado Neto; Everardo C. Mantovani. (Org.). **Diferentes Abordagens sobre Agricultura Irrigada no Brasil**. 1. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2021, p. 461-497.

PIRES, R. C. M.; BODINE JUNIOR, D.; SAKAI, E.; VILLAR, H. L.; SILVA, T. J. A. da; ARRUDA, F. B. Effect of trickle irrigation on root development of the wet bulb and pera orange tree yield in the state of São Paulo, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 1096-1103, 2011.

PONZO, F. S.; BENATO, E. A.; SILVA, B. M. P.; CIA, P. Ethanol on the postharvest control of anthracnose in 'Kumagai' guava. **Bragantia**, Campinas, v. 77, p. 160-167, 2018.

PUMA, M. J.; BOSE, S.; CHON, S. Y.; COOK, B. I. Assessing the evolving fragility of the global food system. **Environ. Res. Lett.**, v. 10, p. 1-15, 2015.

SANTOS JUNIOR, E. P.; XAVIER, A. C. F. MARTINS, L. L.; SOBIERAJSKI, G. R.; BLAIN, G. C. Using a regional frequency analysis approach for calculating the Standardized Precipitation Index: an operational approach based on the two-parameter gamma distribution. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-18, 2022.

SAKAI, E.; BARBOSA, E. A. A.; SILVEIRA, J. M. de C.; PIRES, R. C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, p. 16-23, 2015.

SILVEIRA, J. M. de C.; NASSER, M. D.; MARIANO-NASSER, F. A. C.; PAGLIARINI, M. K.; GIOMO, G. S. Population density of Arabica coffee cultivars for bean quality and yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (On-line), v. 48, p. 358-363, 2018.

SILVEIRA, J. M. de C.; CANDIDO, B. M.; SILVA, A. L. B. de O.; PAVÃO, G. C.; XAVIER, M. A.; PIRES, R. C. de M. Uso de imagens multiespectrais e termográficas para monitoramento das condições hídricas da cana-de-açúcar. **IRRIGA**, v. 25, n. 4, p. 689-696, 2020b.

SILVEIRA, L. K.; PAVAO, G. C.; DIAS, C. T. S.; QUAGGIO, J. A.; PIRES, R. C. M. Deficit irrigation effect on fruit yield, quality and water use efficiency: A long-term study on Pêra-IAC sweet orange. **Agricultural Water Management**, v. 231, p. 106019, 2020a.

SILVEIRA, N. M.; FRUNGILLO, L.; MARCOS, F. C. C.; PELEGRINO, M. T.; MIRANDA, M. T.; SEABRA, A.

B.; SALGADO, I.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Exogenous nitric oxide improves sugarcane growth and photosynthesis under water deficit. **Planta**, v. 244, p. 181-190, 2016.

SILVEIRA, N. M.; HANCOCK, J. T.; FRUNGILLO, L.; SIASOU, E.; MARCOS, F. C. C.; SALGADO, I.; MACHADO, E. C. RIBEIRO, R. V. Evidence towards the involvement of nitric oxide in drought tolerance of sugarcane. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 354-359, 2017a.

SILVEIRA, N. M.; MARCOS, F. C. C.; FRUNGILLO, L.; MOURA, B.; SEABRA, A. B.; SALGADO, I.; MACHADO, E. C.; HANCOCK, J. T.; RIBEIRO, R. V. S-nitrosoglutathione spraying improves stomatal conductance, Rubisco activity and antioxidant defense in both leaves and roots of sugarcane plants under water deficit. **Physiologia Plantarum**, v. 160, p. 383-395, 2017b.

SILVEIRA, N. M.; SEABRA, A. B.; MARCOS, F. C. C.; PELEGRINO, M. T.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Encapsulation of S-nitrosoglutathione into chitosan nanoparticles improves drought tolerance of sugarcane plants. **Nitric Oxide-Biology and Chemistry**, v. 84, p. 38-44, 2019.

SILVEIRA, N. M.; RIBEIRO, R. V.; DE MORAIS, S. F. N.; DE SOUZA, S.

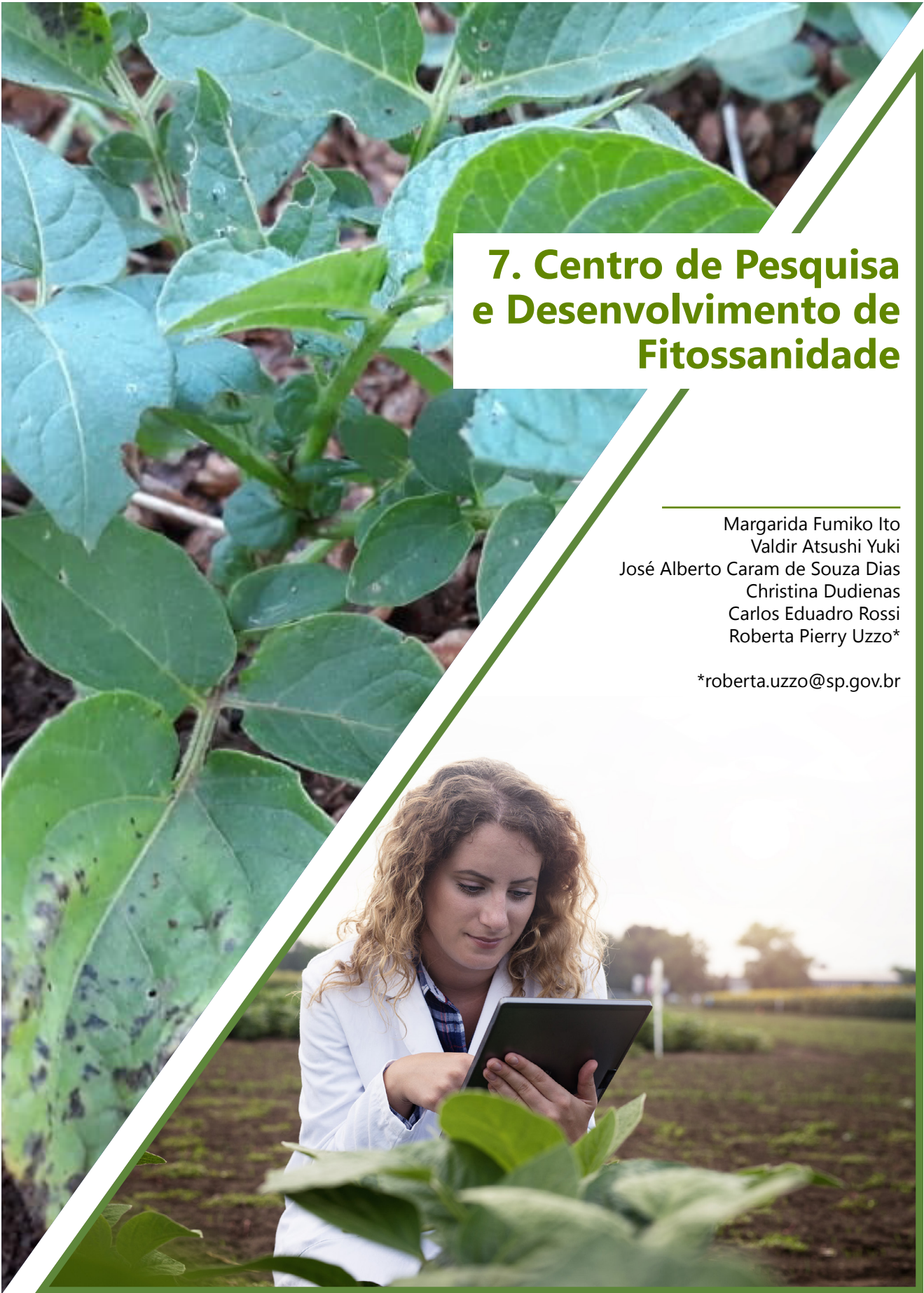
C. R.; SILVA, S. F.; SEABRA, A. B.; HANCOCK, J. T.; MACHADO, E. C. Leaf arginine spraying improves leaf gas exchange under water deficit and root antioxidant responses during the recovery period. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 315-326, 2021a.

SILVEIRA, N. M.; PRATAVIERA, P. J. C.; PIERETTI, J. C.; SEABRA, A.B.; ALMEIDA, R. L.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R. V. Chitosan-encapsulated nitric oxide donors enhance physiological recovery of sugarcane plants after water deficit. **Environmental and Experimental Botany**, v. 190, p. 104593, 2021b.

VEIGA, J.C.; BARBARÁ, M.A.; SILVA, B.M.P; VALENTINI, S.R.T.; CRISTOFANI-YALY, M.; BRON, I. U. Refrigeração e cera na conservação pós-colheita da tangerina IAC 2019Maria. **Citrus Research & Technology**, v. 40, p. e-1046-, 2019.

VOGEL, E.; DONAT, M. G.; ALEXANDER, L.V.; MALTE MEINSHAUSEN, M.; RAY, D. K.; KAROLY, D.; MEINSHAUSEN, N.; FRIELER, K. The effects of climate extremes on global agricultural yields. **Environ. Res. Lett.**, v. 14, 2019.

WALLER, P.; YITAYEW, M. Irrigation and drainage engineering. Springer. 742 p. 2016.



7. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade

Margarida Fumiko Ito
Valdir Atsushi Yuki
José Alberto Caram de Souza Dias
Christina Dudienas
Carlos Eduadro Rossi
Roberta Pierry Uzzo*

*roberta.uzzo@sp.gov.br

Introdução

O início dos estudos com fitossanidade no Instituto Agrônomo (IAC) está relacionado à criação do próprio Instituto. Os primeiros trabalhos com doenças em plantas foram realizados em 1892, após surgirem problemas com doenças da videira. Disso resultou a criação da Seção de Fitopatologia em abril de 1894, a mais antiga do Brasil.

A Seção de Entomologia foi criada em 1927, seguida da Virologia em 1954 e da Nematologia, em 1990. Em 1998, uma reforma administrativa alterou a estrutura organizacional do IAC com o fechamento das Seções Técnicas e criação dos Centros. A Seção de Fitopatologia, juntamente com as de Virologia, Nematologia e Entomologia passaram a constituir o Centro de Fitossanidade. Em 2014, o Quarentenário IAC passou a fazer parte do Centro.

O Centro desenvolve projetos de pesquisa a longo, médio e curto prazos, com o principal objetivo de dar suporte aos programas de melhoramento genético de culturas, para obter cultivares resistentes a pragas e patógenos. Tem trabalhado nas culturas de algodão, amendoim, batata, feijão, figo, hortaliças, maracujá, milho, plantas ornamentais, soja, trigo, videira, entre outras.

Além dessa linha de pesquisa, o Centro desenvolve trabalhos com interação patógeno-hospedeiro, vetores e epidemiologia, manejo integrado de pragas e doenças, variabilidade de microrganismos fitopatogênicos, sanidade de sementes e técnicas em biologia molecular para pragas e microrganismos.

1. Áreas de pesquisa

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade desenvolve pesquisas em cinco áreas.

1.1. Fitopatologia

Até a década de 1940 as pesquisas eram menos especializadas, com os trabalhos de fitopatologia e entomologia realizados por pesquisadores com formação específica na área. Em 1936 foi criado o Laboratório de Entomologia e em 1945 iniciou-se uma nova fase de pesquisa com a criação das Seções de Fitopatologia e Entomologia. Nesse período destaca-se o grande micologista Dr. Ahmés Pinto Viégas, que foi o maior pesquisador brasileiro de nossa flora micológica, tendo descrito, aproximadamente, 250 novas espécies de fungo e compondo o herbário com 8.250 exsicata (Figura 1).

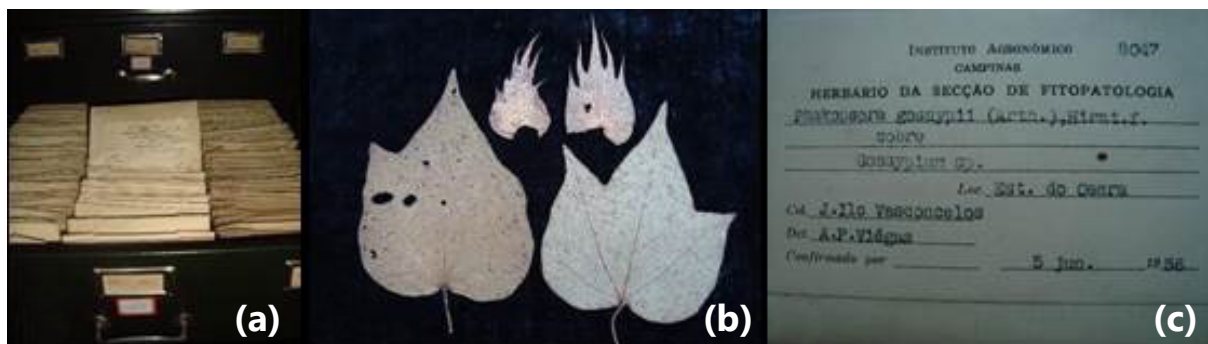


Figura 1. Conservação de material do Herbário IAC-M; Gaveta no armário de aço com material em envelopes (a). *Phakopsora gossypii* sobre *Gossypium* sp. (b). Ficha catalográfica do material (c). Crédito: Viégas, A. P.

A partir de 1964 os trabalhos passaram a ser direcionados para o melhoramento de plantas visando resistência às doenças. Foram realizadas importantes pesquisas com doenças para melhoramento de algodão, amendoim, arroz, café, feijão, milho, soja, girassol, manga, morango, pimentão, tomate, etc. Hoje, a área assume papel ainda mais relevante com o aumento das doenças decorrentes do plantio intensivo e extensivo e do desequilíbrio provocado pelas alterações no meio ambiente.

O Centro de P&D de Fitossanidade participa dos trabalhos de melhoramento genético, para obtenção de plantas resistentes às doenças, reduzindo o uso de agroquímicos e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Os trabalhos em Fitopatologia contribuíram na obtenção de muitas cultivares resistentes a patógenos, lançadas pelo Instituto Agrônomo, como exemplos a cultivar de algodão IAC 21, com resistência à ramulose, à murcha de fusarium e verticilium, IAC 20-RR resistente à murcha de fusarium e ramulose, IAC 22 e IAC 23 com resistência múltipla a doenças, cultivar de amendoim IAC Jumbo com resistência a doenças, IAC OL3 resistente à mancha de cercospora, cultivares de arroz IR 841-63-5-L-9-33, IAC 899, IAC 1278, IAC 238, IAC 242, IAC 100, IAC 101 e IAC 204, resistentes à brusone, cultivares de café Apoatã IAC 2258, Icatu Vermelho IAC 2941, Icatu Vermelho IAC 2942, Icatu Vermelho IAC 2945, Icatu Vermelho IAC 4040, Icatu Vermelho IAC 4041, Icatu Vermelho IAC 4043, Icatu Vermelho IAC 4045, Icatu Vermelho

IAC 4046, Icatu Vermelho IAC 4228, IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33, resistentes à ferrugem, cultivares de *Crotalaria juncea* IAC 1 e IAC KR-1, resistentes à murcha de *Ceratocystis*, cultivar de feijão Carioca 80, com resistência à antracnose, mosaico comum e ferrugem, IAC Boreal, IAC Diplomata, IAC Centauro e IAC Galante, resistentes à antracnose, milho pipoca IAC 8383 com resistência

moderada à ferrugem comum e ao complexo de enfezamento, cultivares de soja IAC 8-2, IAC 18, IAC 19, IAC 20, IAC/IAS-5, IAC Holambra Stewart-1, com resistência ao cancro da haste, manga cultivares IAC 100 Bourbon e IAC 103 Espada vermelha (Figura 2), resistentes à doença seca da mangueira, manga IAC 101 Coquinho, IAC 102 Touro e IAC 104 Dura, porta-enxertos resistentes à seca da mangueira.



Figura 2. Manga IAC 103 Espada vermelha, precoce e resistente à seca da mangueira. Foto: Gallo, P. B. et al. (1998).

Foram realizados trabalhos em monitoramento e epidemiologia de doenças nas culturas de amendoim e milho, resultando em informações para seu manejo e recomendações de cultivares para diferentes regiões e épocas de plantio. Na década de 1980, a Fitopatologia implantou o Laboratório de Patologia de Sementes

e o credenciou junto ao Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), sendo um dos pioneiros no Brasil, com objetivo de analisar a sanidade de sementes de cereais, hortaliças e outras.

A Fitopatologia contribuiu também com o desenvolvimento do sistema automatizado de

aquecimento solar para controle de fitopatógenos da água de irrigação, comprovando ser método alternativo, principalmente para água de irrigação de viveiros, casas de vegetação e diversas finalidades, em pequenas ou médias propriedades agrícolas.

1.2. Virologia

Os trabalhos de pesquisa relacionados a fitovirose e patógenos de etiologias semelhantes, no Instituto Agrônomo (IAC), teve início em 1934, com a contratação do Dr. Álvaro Santos Costa, para realizar pesquisas na Seção de Genética, com doenças de vírus de plantas.

Os primeiros trabalhos foram relacionados com virose de algodão, batata, fumo e tomate. Um dos trabalhos clássicos e reconhecido mundialmente está relacionado ao restabelecimento da cultura de citros no Brasil.

O vírus da tristeza dos citros (CTV) foi detectado no Brasil na década de 1930, causando a morte de cerca de 10 milhões de plantas cítricas no estado de São Paulo. Esse problema foi solucionado com as pesquisas realizadas pela Seção de Virologia Fitotécnica, com a substituição do

porta-enxerto de laranja azeda pelo de limão cravo, tolerante ao vírus.

O vírus CTV da laranja pera foi controlada pela premunização ("vacinação") com estirpes fracas. A virose continua sob controle, e também em limão galego e outras. Houve outras contribuições em culturas de expressão econômica como de alface, algodão, batata, cana-de-açúcar, cenoura, citros, cucurbitáceas, feijão, fumo, maçã, mamão, mandioca, milho, morango, pimentão, soja, tomate, trigo, uva, entre outras espécies da horticultura e fruticultura nacional.

Como resultados práticos mais importantes, incluem-se a obtenção de cultivares de algodão resistentes ao vírus do vermelhão e de feijão resistentes aos vírus do mosaico comum e mosaico dourado.

Em hortaliças, foram obtidas cultivares de pimentões e tomates, além das de alface, série 200, com resistência ao vírus do mosaico. Estas foram as primeiras cultivares obtidas, no mundo, com resistência a esse vírus, sendo utilizadas até hoje como fontes de resistência. As cultivares de pimentão e os tomates Ângela e Ângela Gigante foram líderes de mercado por muito tempo.

Dezenas de partículas de vírus, causadoras de doenças em plantas, foram caracterizadas morfológicamente, por meio de microscopia eletrônica. O primeiro

microscópio eletrônico, para trabalhos com plantas no Brasil (Figura 3), foi adquirido e instalado na Seção de Virologia Fitotécnica do IAC, em julho de 1961.



Figura 3. Primeiro microscópio eletrônico do Brasil, adquirido para trabalhos com viroses de plantas, no Instituto Agrônomo (IAC).

Estudos realizados sobre interação patógeno-hospedeiro de vírus, em cana-de-açúcar, morango, uva e batata, resultaram em técnicas de manejo integrado.

Foi desenvolvida a técnica da produção de mini-tubérculos, com brotos destacados de batata-semente, denominada de “Tecnologia IAC-Broto/Batata-semente” (Figura 4), que permite o aproveitamento de brotos

de batata de alta sanidade, livres de vírus, que seriam descartados.

Essa técnica é simples, de baixo custo, sustentável e orgânica e reduz o risco da rápida degenerescência, causada por viroses transmitidas por insetos vetores. Essa tecnologia está sendo utilizada no Brasil e também em outros países como, China, Moçambique, Canadá e Estados Unidos.



Figura 4. Tecnologia IAC-Broto/Batata-semente. Brots desenvolvidos em tubérculos importados (a). Plantas desenvolvidas a partir dos brots (b). Mini-tubérculos obtidos a partir dos brots (c).

Identificaram-se espécies de afídeos no estado de São Paulo e determinou-se a flutuação populacional de algumas espécies vetorais, correlacionando-se às incidências de vírus de batatas, citros, cucurbitáceas, maracujá e tomate. Foram identificadas e determinada a distribuição de moscas brancas das espécies de *Bemisia tabaci* NW1, NW2, MEAM1 e MED, no estado de São Paulo, assim como realizados estudos de eficiência de transmissão dos *Begomovirus* e *Crinivirus*. O *Hydrangea ringspot virus* foi diagnosticado em hortênsias e com a associação da termoterapia e cultura de ápices caulinares obteve-se mudas matrizes sadias.

Além disso, foi desenvolvido e implantado o sistema de produção de maracujazeiros em convivência com o vírus do endurecimento dos frutos,

por mudas altas (mudão), produzidas em estufas e plantio em épocas dos anos com menores revoadas dos afídeos vetores.

1.3. Entomologia

A área de entomologia do IAC, criada em 1927, teve uma participação ímpar na ciência agrícola nacional. Por lá passaram reconhecidas autoridades internacionais, como, o pesquisador Dr. Luiz Octávio Teixeira Mendes, maior especialista em um grupo de percevejos (*Dysdercus*), que prejudicava o algodoeiro, e o primeiro engenheiro agrônomo a se inscrever no curso de doutorado da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em 1940.

Os trabalhos enveredavam-se da taxonomia, com descrições de novas espécies de insetos, que atacavam

as plantas agrícolas, ao estudo de técnicas de manejo. As pesquisas acompanhavam os programas de melhoramento, das culturas mais importantes, para o estado de São Paulo: soja, algodão, café, como também culturas que viriam a ser alternativas promissoras para os agricultores.

O pesquisador Carlos Jorge Rossetto, contratado em 1961, foi estudar em Kansas, nos Estados Unidos (1964-1965), com o maior especialista em resistência de plantas aos insetos. No seu retorno à Seção de Entomologia, dedicou-se com afinco a essa nova área, tornando o IAC a primeira instituição nacional a pesquisar e lançar cultivares resistentes às pragas no Brasil e um dos primeiros no mundo. Também fez parte do primeiro corpo docente, do recém-criado curso de pós-graduação em entomologia, da ESALQ.

Assim, os primeiros trabalhos foram com sorgo, onde se relatou, em um artigo considerado clássico dessa área, a resistência do genótipo AF-28 aos pulgão (*Rhopalosiphum maidis*) e mosca (*Contarinia sorghicola*).

Em seguida, na cultura da soja, o IAC se notabilizou com o lançamento das primeiras cultivares

com resistência múltipla a pragas: IAC 17, IAC 19, IAC 24 e IAC 100. Os projetos com essa fabácea tiveram a participação, desde 1979, do pesquisador André Luiz Lourenzon, que concentrou-se na busca de resistência de diferentes culturas à mosca branca (*Bemisia tabaci*).

Em 1988, o também pesquisador César Pagotto Stein passou a compor o quadro da Seção, dedicando-se às pesquisas de resistência de diferentes culturas, aspectos biológicos da mosca-do-figo e pragas do feijão.

Em razão do IAC pesquisar um amplo leque de culturas agrícolas, a Seção de Entomologia também trabalhou com abacate, abacaxi, algodão, arroz, cana-de-açúcar, caqui, feijão, figo, grão-de-bico, maçã, manga, melancia, milho e pimenta.

A área de entomologia contava com uma das principais coleções de insetos do Brasil, iniciada pelo pesquisador Luiz Octávio Teixeira Mendes, cuja função principal era embasar as identificações de insetos-pragas, que ocorriam nos experimentos de campo e dando continuidade à coleção do pesquisador Edson Posidônio Teixeira.

1.4. Nematologia

Pode-se afirmar que o IAC foi o principal precursor da nematologia no Brasil. Em 1951, os nematoides de galha (*Meloidogyne* spp.), em razão de altas infestações no campo, prejudicavam os trabalhos de melhoramento de batata do pesquisador Olavo José Boock no Instituto. Nos anos subseqüentes, de 1951 a 1954, Luiz Gonzaga Engelberg Lordello, conhecido, como o Pai da Nematologia no Brasil, foi o primeiro nematologista a trabalhar no IAC e efetivamente no País.

Nas décadas de 1950/1960, vários estudos sobre parasitismo de nematoides foram realizados em algodão, plantas de cobertura, os adubos verdes e soja, evidenciando a vanguarda das pesquisas do IAC.

Em 1979, foi criado o Laboratório de Nematologia, anexo à Seção de Microbiologia Fitotécnica (Fitopatologia). Em 1990, a Seção de Nematologia, chefiada pelo pesquisador Rubens Rodolfo Albuquerque Lordello, teve como objetivo principal trabalhos que apoiavam os programas de melhoramento, visando resistência de plantas aos nematoides. Este pesquisador desenvolveu os primeiros passos para obtenção de fontes

de resistência do cafeeiro aos nematoides-das-galhas.

Outras culturas também foram estudadas, tais como: algodão, amendoim, banana, grão-de-bico, seringueira e soja. O pesquisador, e o melhorista de milho obtiveram cultivares resistentes aos nematoides de galha (*Meloidogyne*) e das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* e *P. zeae*).

Em 2009, o pesquisador Carlos Eduardo Rossi, do Instituto Biológico, transferiu-se para IAC. Atualmente, estuda técnicas de manejo envolvendo plantas de cobertura, compostos orgânicos supressores de nematoides e nematicidas botânicos, principalmente para as culturas intensivas em ambiente protegido e campo. Desenvolve também pesquisa com genótipos resistentes nas culturas de alface, batata-doce, pimenta/pimentão e quiabo.

Outros trabalhos, também são desenvolvidos em parceria com instituições oficiais e iniciativa privada: experimentos com compostos orgânicos à base de substâncias húmicas, nutrientes (NPK), carboidratos, aminoácidos e extratos botânicos comprovando sua eficácia nas funções nematicidas e fertilizantes; estudos com extratos

botânicos, que apresentam potencial para se tornarem nematicidas “amigos do meio ambiente”, com eficácia similar aos defensivos químicos.

Vislumbrando o futuro da agricultura, a fitossanidade apresenta-se como uma área estratégica, para a manutenção e aumento sustentável da disponibilidade de alimentos, fibras e energia.

A crescente incidência de doenças e pragas é um real obstáculo a esse percurso. Assim, o Centro de P&D de Fitossanidade do IAC tem sua importância continuada no desenvolvimento de inovações tecnológicas para diagnóstico e novas formas de apreender o manejo dessas ocorrências, unindo as pesquisas de seu ilustre passado com a realidade do momento, costurando um futuro compartilhado com diferentes setores da agricultura.

1.5. Núcleo Quarentenário IAC

O Quarentenário IAC tem como objetivo conter, detectar e identificar pragas em materiais vegetais importados, para serem utilizados em programas de pesquisa. Em 1998, foi credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como Estação Quarentenária

nível 1, estando, portanto, habilitado a realizar quarentena de qualquer material vegetal, convencional ou geneticamente modificado - GM (CQB nº 418/2016), proveniente de qualquer parte do mundo.

A equipe técnica é composta pelos pesquisadores do Centro de P&D de Fitossanidade, que atuam prontamente para solucionar problemas relacionados à presença de pragas nos materiais importados. São realizadas análises fitossanitárias, em amostras de materiais recebidos no Quarentenário, com objetivo de atestar sua sanidade vegetal, evitando a introdução e disseminação de pragas quarentenárias exóticas.

Atualmente, o tempo de permanência para testagem varia de dois meses, aproximadamente, para sementes de plantas anuais ou material in vitro, a 24 meses para sementes ou outras estruturas de reprodução de plantas perenes.

O Quarentenário IAC situa-se no município de Campinas (SP), no Centro Experimental de Campinas “Fazenda Santa Elisa”, do Instituto Agrônomo (Figura 5). Sua localização é favorecida pela proximidade de aeroportos e extensa malha viária que o cerca, facilitando o deslocamento de cargas na chegada ao país e transporte para

as diversas estações experimentais de empresas e instituições de pesquisa, após realizada a quarentena.

Toda a carga de material importado é armazenada em ambiente controlado, durante o processo de quarentena.

As primeiras introduções de materiais vegetais no Brasil, por meio do Quarentenário IAC, ocorreram em 1999, totalizando apenas cinco, permanecendo nesse patamar até 2006. Somente a partir de 2007 esse número passou a ser mais expressivo, chegando a 82, atingindo uma média de 200 quarentenas durante os últimos cinco anos.

O Quarentenário IAC possui, como parceiros de importações, cerca de 100 empresas e institutos de pesquisa, públicos ou privados. Os países que mais enviaram germoplasma para o Brasil foram os EUA, Holanda e Argentina. Também foram introduzidos genótipos dos seguintes países: África do Sul, Angola, Canadá, China, Coreia do Sul, França, Guatemala, Índia, Itália, Israel, Japão, México, Nova Zelândia, Porto Rico, Síria, Vietnã, Tailândia e Zimbábue.

Houve a introdução de mais de 50 diferentes espécies vegetais, em

forma de sementes, mudas, toletes, estacas, gemas, flores e plantas in vitro. A maior quantidade de acessos de sementes ou plântulas, in vitro, analisadas foram de tomate, melancia, melão, soja, milho, eucalipto e ornamentais.

A partir de 2014 até 2021, houve um total de 1.457 quarentenas introduzidas e aproximadamente 170 mil acessos liberados, entre convencionais e geneticamente modificados.

Houve, no período de seis anos, detecção de contaminação por plantas daninhas, insetos e vírus ausentes no país, ou fungos e bactérias em meios de cultura, com destruição de 3% a 4% anualmente, de materiais vegetais incluindo materiais in vitro, com potencial de causar danos à agricultura brasileira, ou que tivessem não conformidades com a legislação vigente do MAPA.

O Quarentenário IAC vem contribuindo, ao longo dos seus 23 anos, para a segurança fitossanitária brasileira, impedindo a entrada de novas pragas em materiais vegetais importados, para realização de trabalhos de pesquisa.



Figura 5. Vista frontal do Quarentenário IAC, no Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa".

Perspectivas futuras

- Desenvolvimento de Inovações Tecnológicas para diagnóstico e controle de pragas e patógenos de plantas e sementes.
- Pesquisas na área de nanotecnologia para controle de pragas e patógenos, visando a sustentabilidade do meio ambiente e segurança alimentar.
- Novos métodos de diagnósticos de pragas e patógenos em materiais vegetais.





8. Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Frutas: Constante Busca de Alternativas Sustentáveis para a Fruticultura

Mara Fernandes Moura
Graciela da Rocha Sobierajski
José Luiz Hernandes
José Emílio Bettiol Neto
Geovani Luciano de Oliveira
Armando Reis Tavares
Luiz Antonio Junqueira Teixeira*

*luiz.teixeira@sp.gov.br

Introdução

A fruticultura é um campo diverso e de alta relevância no agronegócio paulista. Segundo a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo (FAESP), o estado foi o maior produtor de frutas do País em 2020, atingindo a marca de 18,11 milhões de toneladas, quase 35% da produção nacional. No Brasil, 16% da mão de obra empregada no agro são de trabalhadores em fruticultura, gerando em torno de 5 milhões de empregos. A alta competitividade do estado no cenário nacional deve-se, em grande parte, aos trabalhos realizados pelos pesquisadores do Instituto Agrônomo (IAC) e de Institutos vinculados à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA).

Tradicionalmente, a fruticultura é classificada em tropical ou temperada, conforme o clima de origem das espécies. A fruticultura de clima tropical é representada no IAC por trabalhos com abacaxi, banana, manga e maracujá. O foco principal dos trabalhos com estas culturas foi aumentar a produtividade e qualidade dos frutos, com menor susceptibilidade às doenças.

No campo das frutíferas de clima temperado, além dos objetivos acima citados, é fundamental estudos de adaptação climática, uma vez que estas espécies geralmente necessitam passar por um período de frio hibernar para que ocorram florescimento, brotação e frutificação regulares. Esta exigência de frio difere conforme a origem genética e geográfica da cultivar, o que permitiu por meio de ciclos de melhoramento genético, além da aplicação de técnicas culturais desenvolvidas em nosso meio, a seleção de material adaptado às condições de inverno ameno do estado de São Paulo. As tecnologias desenvolvidas para os produtores paulistas cruzaram as fronteiras do nosso estado e são encontradas tanto em tradicionais regiões fruticultoras do Brasil, como em novas áreas. Todo este desenvolvimento da fruticultura brasileira teve por base pesquisas científicas, tais como as realizadas nas antigas seções de Fruticultura Tropical, de Clima Temperado e Viticultura, hoje reunidas no Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Frutas do IAC, localizado em Jundiaí (SP). Nesse contexto, são descritos alguns dos importantes programas de pesquisa realizados por essa unidade.

Melhoramento genético e manejo fitotécnico da videira

A videira é uma das espécies de cultivo mais antigo na humanidade. No Brasil é uma espécie exótica, mas que foi incorporada à nossa agricultura e vem se tornando cada vez mais importante para a fruticultura nacional. Nas últimas décadas, passou de um cultivo exclusivo em zonas temperadas para uma alternativa em regiões tropicais. A relevância da viticultura no país e a considerável diversidade ambiental entre as zonas de produção, incluindo regiões temperadas, subtropicais e tropicais, que exigiram o desenvolvimento de um amplo programa de melhoramento genético visando o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições brasileiras.

Nesse sentido, o Instituto Agrônomo foi pioneiro no estabelecimento do programa de melhoramento genético da videira. Ao longo de mais de 80 anos de pesquisa, desde o início do programa, cerca de 2.400 cruzamentos foram realizados utilizando 850 genótipos diferentes como genitores, tendo desenvolvido diferentes cultivares de uva para vinho, suco, mesa e porta-enxertos, além das técnicas culturais que permitem o cultivo da videira em São Paulo e em outros estados do Brasil.

O Centro Avançado de P&D de Frutas possui diversos projetos

voltados para o estabelecimento e desenvolvimento da viticultura. O mais antigo refere-se à conservação, caracterização e utilização de recursos genéticos da videira. O IAC possui em sua coleção de germoplasma mais de 420 cultivares diferentes de uvas, com diversas finalidades (Figura 1). São uvas provenientes da Europa, Estados Unidos, Japão, entre outras origens, além de espécies silvestres que podem ser utilizadas como fontes de resistência a fatores bióticos, como doenças fúngicas e insetos, e abióticos, como tolerância à seca, salinidade, frio. Atualmente, conta com dois projetos financiados pela FAPESP e CNPq, os quais buscam a aplicação de técnicas biotecnológicas ao programa de melhoramento genético para oferecer rapidamente aos produtores opções de novas cultivares com aptidão ao processamento de vinho e suco. Nessas ações de pesquisa são envolvidos pesquisadores da área de citogenética, fitoquímica, solos e pós-colheita do IAC, bem como parceiros externos à Instituição, como pesquisadores e alunos de mestrado, doutorado e pós-doutorado da UNICAMP e ESALQ (Figura 2).

O programa de melhoramento de uva também conta com projeto de "Redes de coexpressão gênica para identificação de perfis relacionados com as mudanças fenotípicas de mutações da videira 'Niagara', o qual objetiva identificar os mecanismos

genéticos que conduzem às mudanças fenotípicas nas bagas de mutantes somáticos da videira 'Niagara'. Por meio desse estudo, em parceria com a UNICAMP, pretende-se identificar e anotar genes diferencialmente expressos entre os genótipos, construir redes globais de coexpressão, identificar vias metabólicas e processos biológicos específicos e validar um conjunto de genes selecionados por RT-qPCR (Figura 3).

Os estudos em genética e adaptação de uvas a diferentes condições ambientais ainda contam com colaboração entre o IAC e a prefeitura de Louveira, Fondazione Edmund Mach (San Michelle D'agile, Itália), além da Vivai Cooperativi Rauscedo (Udine, Itália). Recentemente, iniciou-se projeto para avaliação da adaptabilidade de variedades comerciais italianas e de híbridos tolerantes a doenças fúngicas PIWIs (PIWI = *Pilz widerstandsfähig*; resistente a fungos, em alemão) introduzidas da Itália. Serão avaliadas em relação ao comportamento agrônomo e enológico, visando identificar materiais adaptados às condições edafoclimáticas regionais e à produção de vinhos finos de alta qualidade. Outro projeto em andamento trata da introdução de variedades híbridas resistentes às doenças fúngicas da Fondazione

Edmund Mach com o objetivo de selecionar materiais adaptados às condições de dupla poda no estado de São Paulo, uma vez que essa prática de manejo tem potencial para aumentar a qualidade da uva e do vinho.

Uma vez selecionadas variedades resistentes a fungos e adaptadas às condições do estado, pretende-se estabelecer pacote tecnológico para produção dessas cultivares para a região de Louveira/Jundiaí/Leste Paulista e, então, recomendá-las. Assim, a produção de uvas e vinho de qualidade utilizando a tecnologia de resistência genética tem grande potencial para incrementar a sustentabilidade e a rentabilidade da cadeia de produção.

O projeto "Avaliação de combinações copa e porta-enxertos para vinho e suco e sistemas de sustentação para videira na região leste paulista" tem sido realizado em parceria com a Agrícola Mantiqueira S.A., em Espírito Santo do Pinhal (SP) desde 2018 (Figuras 4, 5 e 6). Estão sendo avaliadas quatro variedades brancas e quatro variedades tintas de uvas finas para vinho (*Vitis vinifera*) sobre dois porta-enxertos em condição de colheita de inverno (poda de verão). O interesse em avaliar o comportamento das diferentes combinações de copa/porta-enxerto deve-se ao grande efeito dos porta-enxertos na

produção e da sua interação com as condições locais de produção (solo e clima, especialmente). No âmbito dessa parceria também estão sendo avaliadas cultivares de uvas para suco com o objetivo de selecionar melhor combinação copa e porta-enxerto para produção de sucos de alta qualidade.

Outra novidade que está sendo pesquisada pelo Centro Avançado de P&D de Frutas é a produção de sucos de uva biofortificados. A partir da aplicação de extrato de levedura, os pesquisadores conseguiram

incrementar a concentração de compostos bioativos em uvas 'Isabel', 'Isabel Precoce', 'Ives'(Bordô), 'Concord' e 'BRS Violeta' (*Vitis labrusca* L. e seus híbridos). Essa inovação tecnológica na produção de suco de uva vem ao encontro da demanda dos consumidores por bebidas saborosas e que ao mesmo tempo tragam benefícios para a saúde. Para os produtores do estado, o IAC está oferecendo um avanço tecnológico que agregará valor ao suco de uva, proporcionando-lhes uma vantagem competitiva (Figura 7).



Figura 1. Algumas cultivares da coleção de germoplasma de videira do Instituto Agrônômico.

Projeto FAPESP 2020/12938-7:

"Seleção genômica e associação genômica ampla (GS-GWAS) aplicada ao melhoramento genético de uva para suco"

Workflow de execução do projeto

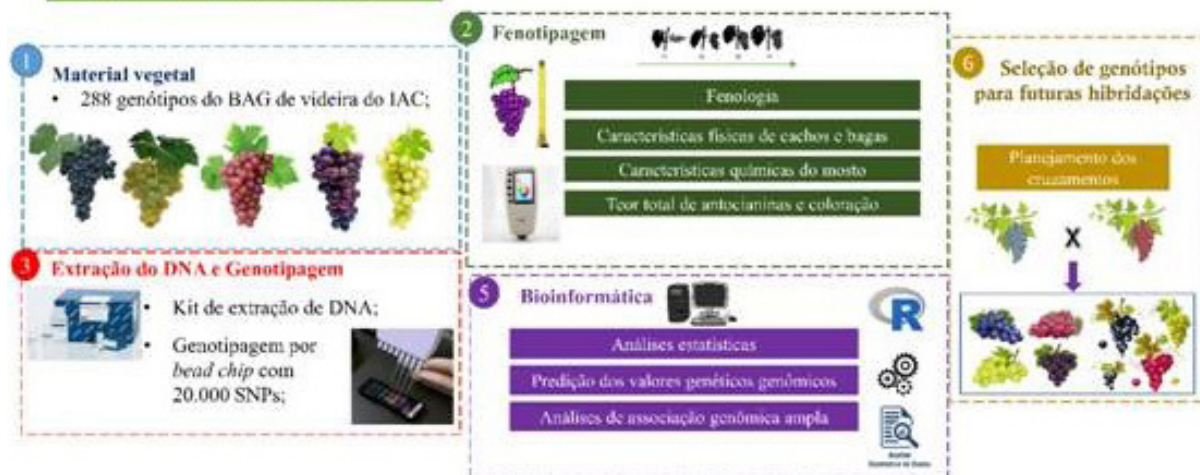


Figura 2. Esquema explicativo do projeto de "Seleção genômica e associação genômica ampla (GS-GWAS) aplicada ao melhoramento de uva para suco".



Figura 3. Projeto "Redes de coexpressão gênica para identificação de perfis relacionados com as mudanças fenotípicas de mutações da videira 'Niagara'".



Figura 4. Área da Agrícola Mantiqueira, Espírito Santo do Pinhal (SP), antes da instalação dos experimentos com videiras para produção de vinho e de suco, maio de 2018.



Figura 5. Área experimental na Agrícola Mantiqueira, Espírito Santo do Pinhal (SP), janeiro de 2021.



Figura 6. Coleta de dados em experimento de campo com videiras na Agrícola Mantiqueira, Espírito Santo do Pinhal (SP).



Figura 7. Primeiro lote de suco de uva processado em dezembro de 2020.



Figura 8. Suco de uva da cultivar Isabel Precoce monovarietal (100%) após 24 meses de armazenamento (a) e após 12 meses de armazenamento (b).

Melhoramento genético de macadâmia

A macadâmia, noz australiana conhecida como “rainha das nozes” por seu sabor, foi introduzida no Brasil em 1931 pelo Eng. Agr. Henrique Jacobs, inicialmente com objetivo paisagístico. Rapidamente o interesse agrônomo por esta noz chamou a atenção dos pesquisadores do Instituto Agrônomo (IAC), os quais introduziram sementes e ramos de cultivares Havaianos no estado de

São Paulo. Assim, sob liderança dos pesquisadores Orlando Rigitano, Ary de Arruda Veiga e Mario Ojima foram iniciados os estudos de adaptação da cultura e desenvolvimento de cultivares (Figuras 9 a 12). Desde a década de 1940 o IAC mantém o único programa de melhoramento genético de macadâmia no Brasil, disponibilizando 16 cultivares, além de estudos de adaptação de cultivares Havaianas, conhecidas pela sigla “HAES”.

Atualmente, o IAC trabalha com conceitos integrados de melhoramento genético convencional e genética molecular. As linhas de pesquisa do programa são: caracterização molecular das cultivares, teste de progênies e florescimento precoce. O programa de melhoramento genético de macadâmia do IAC investiu no desenvolvimento de marcadores microssatélites, conhecidos como SSR (disponíveis no GenBank - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) e *Diversity Array Technology* (DArT) para caracterização do germoplasma e seleção de parentais para os cruzamentos. Este estudo teve financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e da Empresa Australiana Diversity Array Technology e foi responsável pelo desenvolvimento e disponibilização de 29 marcadores SSR e 462 locos DArT.

Devido ao longo estágio juvenil da macadâmia, a obtenção de uma nova cultivar pode demorar entre 15 e 20 anos, ressaltando a importância da busca por novas tecnologias para mitigar o longo ciclo vegetativo. Em 2014, pesquisadores do programa de melhoramento genético de macadâmia do IAC, realizaram visita técnica ao *Maroochy Research Station*, Instituto Australiano referência mundial no melhoramento

genético da macadâmia e, desde então, têm mantido contato com os pesquisadores australianos para intercâmbio de informações.

Desde 2008, vindo sendo realizados testes de progênies de macadâmia no Centro Avançado de P&D de Frutas, em Jundiaí (SP). Destas plantas foram escolhidas dez seleções promissoras, as quais foram clonadas e plantadas em duas regiões: Dois Córregos (SP) (Figura 13) e Botelhos (MG) (Figura 14). Estas seleções serão avaliadas e comparadas à cultivar IAC 4-12B, material elite de grande aceitação pelos produtores, para futuro lançamento de cultivares. Este projeto conta com o apoio e financiamento da Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG).

Adicionalmente aos trabalhos diretamente relacionados ao melhoramento genético, o programa tem parcerias que buscam atender às demandas da comunidade científica e de produtores, participando de estudos de caracterização climática apta ao plantio de macadâmia, de citogenética, de levantamento de dados econômicos e de técnicas de propagação. Além das contribuições ao setor produtivo e à comunidade científica, os estudos realizados proporcionaram a capacitação de alunos de graduação a partir da concessão de bolsas CNPq de iniciação científica.

Visando à divulgação dos trabalhos realizados pelos diversos Institutos da APTA, em dezembro de 2019 foi realizado pelo IAC e IEA o Workshop “Macadâmia - Contribuições para o desenvolvimento da cadeia produtiva no estado de São

Paulo”. Nessa ocasião também ocorreu o lançamento do livro “Macadâmia: do plantio à colheita”, o qual conta com capítulos escritos por pesquisadores dos institutos de pesquisa da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo¹.



Figura 9. Cultivar IAC 4-12B em pomar comercial.



Figura 10. Florada de macadâmia em pomar comercial.



Figura 11. Frutificação da cultivar IAC 4-12B em pomar comercial.



Figura 12. Nozes e amêndoas da cultivar IAC 4-20.

¹ PIMENTEL, L.; BORÉM, A. (Ed.). Macadâmia: do plantio à colheita. Viçosa, Ed. UFV, 2019. 160 p.



Figura 13. Experimento de competição entre 10 seleções e a cultivar IAC 4-12B instalado em janeiro de 2022 em Dois Córregos (SP).



Figura 14. Experimento de competição entre 10 seleções e a cultivar IAC 4-12B instalado em dezembro de 2021 em Botelhos (MG).

Programa de melhoramento genético de pessegueiro e nectarineira

Originário da China, o pessegueiro (*Prunus persica*) é uma fruteira que possui alta diversidade de tipos de frutos, diferindo entre si, por exemplo, no formato, pilosidade, cor, graus de acidez e doçura e épocas de colheita. O Instituto Agrônomo foi pioneiro na implantação do programa

de melhoramento genético de pessegueiro e nectarineira no Brasil, tendo iniciado seus trabalhos em 1950. A base genética do germoplasma IAC-Prunus foi formada a partir de cultivares introduzidas dos estados do Texas e Flórida, nos Estados Unidos, e por materiais trazidos pelos colonizadores portugueses no século XVI. A partir desses materiais foram realizados cruzamentos para a obtenção de cultivares adaptadas

às condições climáticas do estado de São Paulo. Este fenômeno de “tropicalização” da cultura do pessegueiro no estado foi possível a partir dos trabalhos pioneiros liderados pelo pesquisador Orlando Rigitano e sua equipe. Dessa forma, o programa de melhoramento genético de pessegueiro e nectarineira do IAC selecionou 32 cultivares de pêssegos e quatro de nectarinas, com destaque para o pêssego Douradão (IAC 6782-83, Figura 15), além dos pêssegos do tipo Jóia, Ouromel e Aurora e para a nectarina Centenária (IAC N 2080-7).

Um aspecto importante na produção comercial de pêssegos e nectarinas é a exigência de frio requerido para quebra da dormência das gemas florais. Isto se deve ao fato de o pessegueiro ser originário de regiões de clima temperado, onde as plantas entram em dormência para se proteger das baixas temperaturas no inverno e florescer plenamente na primavera. Assim, uma cultivar desenvolvida nas regiões produtoras tradicionais da China, Europa e Estados Unidos, e até mesmo do sul do Brasil, dificilmente terá boa adaptação ao inverno ameno do estado de São Paulo. Felizmente, a exigência de frio difere de acordo com as cultivares,

existindo aquelas que satisfazem mais facilmente suas necessidades de hibernação (Figura 16).

O programa de melhoramento genético de pessegueiro e nectarineira do IAC vem realizando estudos de caracterização do germoplasma IAC-Prunus para identificar as cultivares mais bem adaptadas às condições climáticas do estado de São Paulo, com produção de frutos de boa aceitação no mercado e geneticamente divergentes. Essas cultivares de alta performance e geneticamente não aparentadas são selecionadas como parentais para os cruzamentos de desenvolvimento de novas cultivares. A caracterização vem sendo realizada com base nos atributos físicos e químicos dos frutos, no grau de parentesco entre as cultivares e em marcadores moleculares (Figura 17). Como resultado desta seleção parental foram produzidas 1.000 plantas (*seedlings*) para avaliação de desempenho e futuro desenvolvimento de cultivares.

Em parceria com a Embrapa Clima Temperado estão sendo avaliados 19 clones de diferentes espécies do gênero *Prunus* sp. como porta-enxerto de pessegueiro (Figura 18). O objetivo desse estudo é fornecer ao produtor alternativas de cultivares para este

fim que apresentem boa resistência a nematoides e produção de frutos de alta qualidade.

Outra linha de pesquisa é a avaliação da influência da arquitetura da copa para produção e qualidade de frutos de pessegueiro. Esta demanda de pesquisa deve-se à redução do tempo de vida útil dos pomares, principalmente em virtude da queima dos ramos pela incidência do sol. Assim, os pesquisadores do IAC estudaram um sistema de condução inédito no Brasil, chamado Paredão Frutal (Figuras 19 e 20), que busca, a partir da modificação da disposição da copa das plantas, proporcionar sombreamento nos ramos ao mesmo tempo que melhora a penetração de luz na copa, favorecendo a fotossíntese. Esta alternativa de sistema de condução vem sendo amplamente aderida por parte dos produtores, os quais percebem além dos efeitos na qualidade do pomar e na produção de frutos, diversos benefícios indiretos, tal como, a facilidade de tratamentos culturais (poda, raleio de flores e frutos e aplicação de defensivos).

Como resultado dos trabalhos desenvolvidos, em 2014

a pesquisadora Graciela da Rocha Sobierajski, coordenadora do programa de melhoramento genético de pessegueiro e nectarineira do IAC, recebeu a honraria Miklos Faust, fornecida pela *American Society for Horticultural Science* (ASHS) e *International Society for Horticultural Science* (ISHS). Esta premiação proporcionou à pesquisadores do IAC a realização de intercâmbio na Austrália e a introdução de novas tecnologias, como o sistema de condução de Paredão Frutal.

O desenvolvimento de novas cultivares de alta produtividade, qualidade de frutos e melhor adaptadas às regiões de inverno ameno, além de proporcionar a implantação de pomares comerciais em regiões subtropicais, tem adicional importância nos tempos atuais. Cultivares de baixo requerimento de frio hibernal estão recebendo especial atenção da comunidade científica uma vez que tendências de aquecimento vêm sendo observadas, no contexto de mudanças climáticas. Isto ressalta a relevância social, econômica e científica das cultivares IAC de pessegueiro e nectarineira e dos materiais preservados no banco de germoplasma IAC-Prunus.



Figura 15. Frutos da cultivar IAC Douradão.



Figura 16. Florada plena de pessegueiro em produtor comercial.

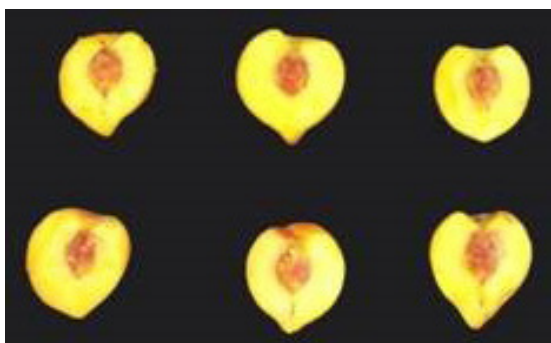


Figura 17. Avaliação do banco de germoplasma IAC-Prunus. Cultivar IAC Big Aurora (frutos abertos).



Figura 19. Efeito da arquitetura da copa na produtividade e qualidade de frutos: à esquerda, sistema Y; à direita, sistema Paredão Frutal.



Figura 18. Efeito de diferentes cultivares porta-enxerto sob o desenvolvimento vegetativo, produtividade e qualidade de frutos da cultivar BRS Kampai.



Figura 20. Equipamentos instalados no interior do experimento para mensurar as condições microclimáticas do sistema Paredão Frutal.

Amora-preta e framboesa

A amora-preta e a framboesa pertencem a um grupo de frutas denominado, de maneira geral, de pequenas frutas vermelhas. Essas espécies têm despertado grande interesse por parte dos consumidores dado à elucidação de diversas propriedades funcionais que elas proporcionam quando inseridas nas dietas, processadas ou in natura.

No Brasil existem representantes endêmicos do gênero *Rubus*, porém estudos com amoreiras-preta começaram a ser desenvolvidos a partir de 1972 pela então

Estação Experimental de Pelotas (RS), atualmente, Embrapa Clima Temperado. Por outro lado, o cultivo de framboeseiras deu-se a partir de introduções, na década de 50, no município de Campos do Jordão (SP). No anos 1990, pesquisa em fitotecnia em amoras foram realizadas em Jundiaí (SP).

Nos últimos anos, tem ficado claro que existe um mercado potencial de expansão para essa espécie frutícola, mas para atender a essa demanda é necessário promover a organização da cadeia de produção, que atualmente acontece de forma lenta, bem como vencer gargalos de infraestrutura, logística e distribuição. Acrescente-se a esses fatores a necessidade de investimento em pesquisas para que novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas paulistas sejam estudadas e desenvolvidas, assim como manejos necessários para sua produção em períodos de baixa oferta no mercado.

Atualmente, a oferta dessas frutas é insuficiente para atender à demanda interna, que tem sido atendida também com a importação de frutas. Este déficit de oferta representa forte indicativo para o potencial de expansão do cultivo de amoreira. Outra característica interessante é que a colheita dessas frutas, no Brasil, ocorre no período da entressafra de

grandes mercados consumidores, a exemplo da Europa o que, à medida que se consolida o domínio do manejo dessas espécies em cultivos comerciais e, conseqüentemente, a expansão da oferta, poderá propiciar a possibilidade da exportação.

Estudos com amora e framboesa ainda são escassos no estado. Em resposta à demanda apontada por lideranças de produtores, o Centro Avançado de P&D de Frutas iniciou novos estudos com essas frutíferas no município de Jundiaí (SP). A princípio, foi desenvolvida pesquisa com o objetivo de avaliar a adaptabilidade e resposta de quatro cultivares de amoras-preta à adubação nitrogenada e potássica, assim como aspectos

pós-colheita dessas cultivares. A partir de um grande experimento de campo (Figura 21) com duração de três anos, foi possível determinar quais cultivares de amora seriam as mais indicadas para a região, bem como respostas produtivas à adubação, caracterização do estado nutricional das plantas, extração de nutrientes pela cultura e efeitos da adubação na qualidade dos frutos (Figura 21). Atualmente, pesquisas estão sendo desenvolvidas com sete cultivares de amoras-preta e cinco de framboesas, visando estudar a adaptabilidade desses materiais em região de inverno ameno, assim como a resposta a duas fontes de nitrogênio (orgânico e mineral), além da caracterização da produção e físico-química dos frutos.



Figura 21. Vista aérea do experimento de campo com amoreira (a). Amostra de amoras da área experimental para análise de qualidade dos frutos (b).

Bananeira

O IAC tem longa tradição em geração de soluções tecnológicas

para a bananicultura. Foi no estado de São Paulo onde se estabeleceram as bases da produção moderna de banana. A partir dos trabalhos do

pesquisador Raul Moreira do IAC, resultados de pesquisa subsidiaram todo o pacote de técnicas de manejo que até hoje ainda são empregadas nos bananais de todo o país. Princípios de manejo comuns hoje em dia, tais como controle de brotação por meio de desbastes, renovação dos bananais, adubação e calagem, foram estabelecidas no século passado após experimentação nas unidades do IAC e em produtores parceiros. Hoje, as atividades de pesquisa com bananeira concentram-se na APTA Regional de Pariquera-Açu, onde a equipe da unidade em conjunto com pesquisadores do IAC, desenvolvem experimentação em parcerias com empresas privadas, produtores e agências de fomento (Figura 22).

Atualmente, sustentabilidade, atividade produtiva, manejo com enfoque na saúde do solo, redução do impacto ambiental e otimização no uso de insumos têm sido uma constante entre as demandas do setor produtivo. O programa de pesquisa em solos vem oferecendo soluções que principiam com métodos de análise química do solo desenvolvidos e adaptados às condições edáficas tropicais e chegam até às novas recomendações de adubação e calagem para a cultura que estão publicadas na última edição do Boletim 100 do IAC.

Na busca pela otimização no uso de insumos e redução do impacto ambiental da aplicação de fertilizantes, foram desenvolvidos trabalhos com fertirrigação para bananeira no Planalto Paulista. A partir destas ações de pesquisa, foi possível reduzir as doses de N e de K aplicadas para 85% das quantidades utilizadas na adubação convencional via solo, mantendo-se alto nível de produtividade ao longo do tempo. Estudos com fontes e doses de adubos potássicos e nitrogenados e levantamentos do estado nutricional em áreas de produção, permitiram atualizar todas as recomendações de adubação e calagem para a cultura (Figuras 22 e 23).

Outra linha de pesquisa recente, que tem gerado importantes informações para os bananicultores do estado, é o estabelecimento de práticas voltadas à melhoria da saúde do solo, pois se sabe que algumas doenças têm sua severidade modulada por fatores químicos, físicos e biológicos do solo. Hoje, a bananicultura ao redor do mundo está ameaçada por uma nova raça do fungo causador da fusariose da bananeira ou mal-do-Panamá. A fusariose causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* Raça 1, que é a forma mais branda desta doença, já causa grandes prejuízos para a produção de banana Maçã e Prata no país. A nova Raça 4 Tropical (R4T) é devastadora para todas as cultivares

de interesse comercial. Nas regiões onde já chegou, a R4T praticamente inviabiliza a produção de banana. O grupo de pesquisa em bananicultura formado pelo IAC, EMBRAPA, *Alliance Bioversity International* e CIAT da Colômbia vem estudando quais fatores de solo favorecem a resistência das plantas à fusariose. Por meio de levantamentos em áreas de produção e experimentos de campo e em casa de vegetação, tem-se observado que a resistência das plantas pode ser reforçada com práticas de manejo que regulem a acidez do solo, incrementem a matéria

orgânica, melhorem aspectos físicos do solo. Este conjunto de práticas que estão sendo trabalhadas tem grande potencial no controle integrado da fusariose.

O Centro Avançado de P&D de Frutas do IAC caracteriza sua atuação pela constante busca de alternativas sustentáveis para a fruticultura de São Paulo. Os impactos das tecnologias geradas vão além dos limites do estado, com contribuições presentes em todo o país, expressas pelos resultados de seus programas de melhoramento e por práticas de manejo dos pomares.



Figura 22. Vista aérea das áreas experimentais com bananeira na Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Pariquera-Açu (SP).



Figura 23. Experimento na Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Pariquera-Açu (SP), visando determinar o efeito de fontes de nitrogênio na produção e saúde das bananeiras.

The background of the page is a collage of various agricultural products. In the top left, there are wooden bowls filled with different types of beans: light-colored beans, red beans, and peanuts. Below these, a wooden spoon holds yellow cornmeal, and a glass bowl contains white rice. Further down, a wooden spoon holds oat grains, and a glass bowl contains flax seeds. At the bottom left, a wooden bowl is filled with yellow corn kernels. In the bottom right corner, there is a large, detailed image of several white cotton bolls with brown, dried husks.

9. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Grãos e Fibras: Pesquisa e Fomento da Inovação no Agronegócio Brasileiro

Alisson Fernando Chiorato*
Luiza Maria Capanema Bezerra
Sergio Augusto Morais Carbonell
Ignácio José de Godoy
Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto Paterniani
Aildson Pereira Duarte
Eduardo Sawazaki
Cristina Fachini

*alisson.chiorato@sp.gov.br

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Grãos e Fibras (CPDG&F), do Instituto Agrônomo, iniciou suas atividades na década de 1930, notadamente na conhecida Seção de Genética do IAC. Desde então, ocorreram agrupamentos de áreas de pesquisa (genética, leguminosas e tecnologia de fibras) e mudanças nas denominações, passando de Seção para Centro, como também alteração em sua atribuição. Atualmente, o CPDG&F tem como atribuição realizar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e fomentar a inovação nas cadeias produtivas das espécies graníferas, do algodão e de outras plantas fibrosas e de adubos verdes. Em sua estrutura organizacional de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologias conta com programas de melhoramento genético de amendoim, feijão e milho, fitotecnia básica, multiplicação de germoplasma, beneficiamento e comercialização de sementes genéticas. Tanto o beneficiamento quanto a comercialização das sementes são realizados pelo Núcleo de Beneficiamento de Sementes Genéticas, conhecido como Sementes IAC. O CPDG&F conduz suas atividades de P&D e transferência de tecnologia em parceria com unidades da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), a

Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Universidades e diferentes atores da iniciativa privada.

Programa de melhoramento genético do amendoim

O amendoim classifica-se, agronomicamente, como uma oleaginosa, por sua alta produção de óleo (45% a 50%) e, botanicamente, como uma leguminosa, devido ao seu alto valor nutritivo e uma grande quantidade de proteínas vegetais (25% a 30% de sua composição).

Como os demais programas de melhoramento vinculados ao CPDG&F, o programa de melhoramento genético do amendoim do Instituto Agrônomo, teve suas atividades de pesquisa e desenvolvimento iniciadas na década de 1940. Naquela época o programa realizava estudos de técnicas de manejo e de sua coleção de trabalho de cultivares de amendoim. Desde o princípio, as pesquisas com amendoim buscavam responder demandas de mercado, que nos anos de 1940 eram relacionadas à produção de óleo comestível para exportação e para o mercado interno.

A partir de 1970, com o crescimento do mercado de óleo de soja no país, produzido

a um custo menor, a cultura do amendoim para óleo perdeu espaço, e a cadeia de produção passou a explorar o mercado de confeitaria, privilegiando o alto valor agregado e a alta qualidade do produto como alimento para consumo humano. O IAC ajustou-se a esta nova demanda e, a partir de 1970, reestruturou suas pesquisas com a cultura, priorizando o melhoramento genético como sua principal linha de trabalho. Na década de 1980, diversas cultivares, de porte ereto e ciclo curto, seguindo os padrões agrícolas de então, foram obtidas por meio de hibridação.

Durante as décadas de 1990 e 2000, o setor produtivo de amendoim no estado de São Paulo realizou uma série de inovações nos processos de produção, que incluíram as cultivares de porte rasteiro, mais produtivas e com arquitetura de planta adaptada para colheita totalmente mecanizada. Durante esse período, o IAC já tinha obtido diversas cultivares com essas características.

A partir de 2003, o programa IAC iniciou uma parceria com as principais empresas de amendoim da cadeia de produção. Esse apoio dinamizou os trabalhos de melhoramento, possibilitando o desenvolvimento de cultivares de alto desempenho produtivo, adaptadas à cultura

altamente tecnificada e com padrão de grãos "runner" demandados pelo mercado de exportação. Entre as inovações apresentadas pelas cultivares destaca-se a característica Alto Oleico, em que o óleo ou produto à base de amendoim apresenta alto teor desse ácido graxo, possibilitando um prolongamento da vida de prateleira, atributo bastante atraente para a indústria. Após 2010, o programa de melhoramento genético do amendoim tem se dedicado ao desenvolvimento de cultivares que atendam às demandas dos mercados externo e interno, e que se mostrem adaptadas às diversas regiões de expansão da cultura tanto no estado de São Paulo como em outros estados. Além da produtividade e padrão dos grãos visando o consumo como alimento, os novos desenvolvimentos estão dirigidos também para a rusticidade e resistência dos genótipos a doenças, o que possibilita maior sustentabilidade produtiva e redução do custo de produção.

Esse alinhamento do programa IAC com as demandas do setor produtivo, e a continuidade da parceria público-privada iniciada em 2003, tem importância decisiva na inserção do produtor brasileiro nos mercados interno e externo de amendoim, tanto para abastecer a

indústria de confeitaria como para a oferta de óleo, destinado à culinária. O óleo de amendoim, especialmente o de característica Alto Oleico, é considerado um produto nobre, de alta qualidade e alto valor agregado. Com a disponibilidade de cultivares de alta qualidade, outros mercados estão se abrindo para o amendoim, como o de produtos nutricionalmente saudáveis, como as pastas e outros produtos bioenergéticos.

O sucesso do programa e a sua trajetória baseiam-se não só na qualidade das cultivares geradas, como nas ações de difusão e transferência de tecnologias, assegurando a confiança e credibilidade que este possui junto à cadeia produtiva do amendoim. Visando otimizar o processo de difusão tecnológica, o programa realiza atividades em conjunto com as empresas parceiras, coordenando a condução de testes de validação de pré-cultivares nas diferentes regiões onde os parceiros se localizam (Figura 1).



Figura 1. Experimentos (testes de validação) de pré-cultivares IAC de amendoim.

O IAC tem 21 cultivares de amendoim registradas no RNC (Registro Nacional de Cultivares/ MAPA), e, atualmente, dispõe de um portfólio com 10 cultivares cujas

sementes (da classe “genética”) são anualmente produzidas e ofertadas a produtores de sementes que as reproduzem no processo de certificação.

Tabela 1. Portifólio de cultivares de amendoim IAC/2022

Cultivar	RNC*	Porte da planta	Ciclo (dias)	Potencial produtivo (kg ha ⁻¹)	Destaques
IAC Tatu ST	1.531	Ereto	100	4.000	Vagens de 3-4 grãos vermelhos (para nicho de mercado do tipo Valência)
IAC 8112	11.542	Ereto	110-120	4.000	Tolera estresse hídrico, vagens tipo Spanish, 2 grãos
IAC 503	26.089	Rasteiro	140-150	6.000	Tolera estresse hídrico, doenças foliares e virose, grãos 38/42, Alto Oleicos
IAC 505	26.088	Rasteiro	130-140	6.000	Tolera estresse hídrico, doenças foliares e virose, grãos 40/50, Alto Oleicos
IAC OL3	30.459	Rasteiro	120-130	7.000	Alto desempenho em ambientes favoráveis, grãos 38/42 e 40/50, Alto Oleicos
IAC OL4	31.079	Rasteiro	120-130	7.000	Alto desempenho em ambientes favoráveis, grãos 40/50, Alto Oleicos
IAC OL5	36.013	Rasteiro	130-135	6.000	Tolera estresse hídrico, doenças foliares e virose, grãos 40/50, Alto Oleicos
IAC Sempre Verde	41.535	Rasteiro	130-135	5.000	Alta resistência a doenças foliares, recomendado para mercado de orgânicos
IAC OL6	43.900	Rasteiro	130-140	6.000	Tolera estresse hídrico e doenças foliares, grãos predomin. 38/42, Alto Oleicos
IAC OL7	em processo	Rasteiro	130-135	6.500	Rusticidade, estabilidade produtiva, grãos 38/42 e 40/50, Alto Oleicos

* RNC: Registro Nacional de Cultivares/MAPA.

Na safra 2021/22, a área de semeadura de cultivares IAC de amendoim para produção de sementes certificadas correspondeu a aproximadamente 80% da área total plantada, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA/SIGEF). As duas cultivares IAC atualmente mais difundidas são a IAC 503 e IAC OL3 (Figura 2), representando 60% da área

cultivada no estado de São Paulo. Suas características se complementam, principalmente, quanto ao ciclo, propiciando que os produtores estendam a época de colheita, evitando acúmulo do produto colhido no momento do transporte, secagem e armazenamento, garantindo melhores condições para monitoramento da qualidade do produto.



Figura 2. Cultivares de amendoim IAC 503 e IAC OL3.

Atualmente, o programa de melhoramento genético do amendoim está desenvolvendo linhagens mais rústicas, com alta resistência a doenças foliares (mancha preta e ferrugem), maior estabilidade de produção, padrão "runner, Alto Oleicas, com menor custo de produção e mais sustentáveis ambientalmente.

Programa de melhoramento genético do feijoeiro & pulses

O início das atividades de pesquisa do programa de melhoramento genético do feijoeiro & pulses do Instituto Agrônômico (PMGF&P) se confunde com o período em que as pesquisa com grãos e

fibras também eram desenvolvidas no âmbito do IAC (década de 1930). Este programa é reconhecido desde aquela época por suas atividades de pesquisa, desenvolvimento e transferência de cultivares de feijão. Pode-se dizer que o PMGF&P é reconhecido pelo lançamento da cultivar de feijão Carioca. A ampla adoção do tipo carioca permitiu a estabilização da produção de feijão em todo o Brasil, contribuindo com a uniformização e melhoria da qualidade do produto. Fato que foi fundamental para a estruturação da indústria empacotadora e de um padrão de consumo baseado no tipo comercial Carioca. Nesse mesmo período também se iniciou introduções de germoplasma de gergelim trazidos da Índia e dos EUA. Em 1983 ocorreu o lançamento comercial da cultivar IAC Ouro e, entre 1993 e 1995, as cultivares IAC China e IAC Guatemala.

Atualmente, o PMGF&P tem registrado no RNC/MAPA 57 cultivares de feijão (*P. vulgaris* L.), que

representam aproximadamente 20% da área cultivada dessa leguminosa no ano agrícola de 2020/2021, notadamente dos tipos carioca e preto. Tradicionalmente esse programa de melhoramento tem seus resultados alinhados ao setor produtivo e, mais recentemente, com o objetivo de atender à demanda por material genético de feijões especiais, outros pulses como mungo e feijão-arroz, bem como gergelim estão sendo desenvolvidos. O PMGF&P registrou 11 novas cultivares entre 2021 e 2022, no RNC/MAPA.

Feijões especiais (*Phaseolus vulgaris* L.)

A partir do ano de 2007 o IAC apresentou cultivares diferentes dos tipos carioca e preto, marcando o início da diversificação de seu portfólio de cultivares destinadas para mercado interno e externo. A tabela 2 apresenta estas novas cultivares IAC e suas principais características e na figura 3 a imagem dos grãos.

Tabela 2. Cultivares IAC de feijões especiais e suas características

Cultivar	Ano	RNC*	Tegumento	Características
IAC Harmonia	2007	22627	Rajado	Resistente à antracnose e à mancha angular. Grão para exportação
IAC Galante	2007	22630	Rosinha	Resistente à antracnose e vírus do mosaico comum
IAC Esperança	2009	25536	Bolinha	Resistência à doença e produtividade. Qualidade de caldo
IAC Tigre	2016	36014	Pinto beans	Qualidade de grão com tolerância ao escurecimento. Grão para exportação
IAC Nuance	2016	36017	<i>Cranberry</i>	Qualidade de grão, PMS** = 510 gramas. Grão para exportação
IAC 2152	2021	48140	<i>Small red</i>	Alta produtividade, grãos vermelhos e caldo espesso
IAC 2153	2021	48141	<i>Cranberry</i>	Alta produtividade, resistente à antracnose, PMS = 632 gramas e calibre de 157 sementes/100 gramas
IAC 2154	2021	48142	Branco "Navy Beans"	Alta produtividade, PMS = 159 gramas e calibre de 513 sementes/100 gramas
IAC 2155	2021	48143	Bolinha Vermelho	Alta produtividade, grão bolinha vermelho, resistente à antracnose, PMS = 297 gramas e calibre 334 sementes/100 gramas
IAC 2156	2021	48144	Dark Red Kidney	Alta produtividade, resistente à antracnose, PMS = 557 gramas e calibre 180 sementes/100 gramas
IAC 2157	2021	48145	Branco (Alúbia)	Alta produtividade, grãos brancos, resistente à antracnose, PMS = 606 gramas e calibre de 162 sementes/100 gramas

* Registro Nacional de Cultivares/MAPA.

** PMS = Peso de mil sementes.



Figura 3. Cultivares IAC de feijões especiais registrados em 2021 no RNC/MAPA.

Mungo (*Vigna spp.*)

O PMGF&P iniciou suas pesquisas com *Vigna sp.* em 2016 com a avaliação do BAG-IAC, contendo:

- ✓ 15 populações de *Vigna umbellata* (Red Bamboo e Bamboo)
- ✓ 3 populações de *Vigna mungo* (mungo-preto)
- ✓ 3 populações de *Vigna radiata* (mungo-verde)
- ✓ 3 populações de *Vigna angularis* (adzuki)

No período de 2017 a 2019 foram realizadas várias seleções de plantas superiores dentro de cada população e uniformização de linhagens com potencial comercial para início dos testes de VCU para o biênio 2020-2021. Em 2021, foram registradas as primeiras cultivares IAC de mungo e feijão-arroz (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 3. Cultivares IAC de *Vigna* spp. registrados no RNC/MAPA

Cultivar	Ano	RNC*	Espécie	Característica melhorada
IAC VM211	2021	49691	<i>V. mungo</i>	Tegumento preto. Grão para exportação
IAC VR211	2021	49692	<i>V. radiata</i>	Tegumento verde. Grão para exportação
IAC VU211	2021	49693	<i>V. unguicullata</i>	Tegumento verde/amarelo conhecido como Bamboo. Grão para exportação
IAC VU212	2021	49694	<i>V. unguicullata</i>	Tegumento vermelho conhecido como Red Bamboo. Grão para exportação

* RNC: Registro Nacional de Cultivares/MAPA.



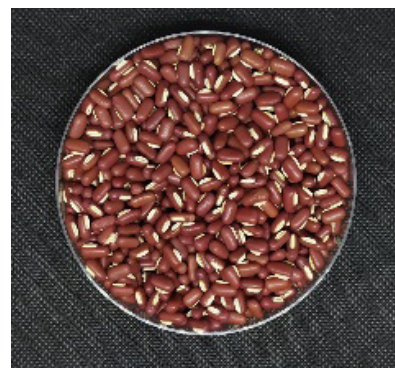
mungo-preto (*Vigna mungo*)
IAC VM211



mungo-verde (*Vigna radiata*)
IAC VR211



feijão-arroz (*Vigna unguicullata*)
IAC VU211 (Bamboo)



feijão-arroz (*Vigna unguicullata*)
IAC VU212 (Red Bamboo)

Figura 4. Cultivares IAC de mungo e feijão-arroz registradas no RNC/MAPA.

Gergelim (*Sesamum indicum*)

OPMGF&Piniciou suas pesquisas com gergelim em 2016 com a avaliação do BAG-IAC de *Sesamum*, contendo 153 populações conservadas desde 1936 e melhoramento a partir de 1950. Nos anos de 2017 até 2019

foram realizadas várias seleções de plantas superiores e uniformização de linhagens com potencial comercial para início dos testes de VCU regional referente ao ano agrícola 2020-2021. Em 2022, foram registradas as novas cultivares IAC de gergelim no RNC/MAPA (Tabela 4 e Figura 5).

Tabela 4. Cultivares IAC de gergelim registradas no RNC/MAPA

Cultivar	Ano	RNC*	Características**
IAC G224	2022	50937	Semente branca, PMS = 3,2 g, altura de planta 95 cm e ciclo 90 dias, 50,8% gorduras totais no grão
IAC G225	2022	50938	Semente marrom, PMS = 3,1 g, altura de planta 95 cm e ciclo 95 dias, 50,1% gorduras totais no grão
IAC G226	2022	50939	Semente preta, PMS = 3,31 g, altura de planta 110 cm e ciclo 100 dias, 48,8% gorduras totais no grão

* RNC = Registro Nacional de Cultivares/MAPA.

** PMS = Peso de mil sementes.



IAC G224



IAC G225



IAC G226

Figura 5. Cultivares IAC de gergelim registradas junto ao RNC/MAPA.

Melhoramento de milho e de milhos especiais

O programa de milho e de milhos especiais do Instituto Agronômico (IAC) tem atuado há décadas nas áreas de pesquisa de Melhoramento Genético, Fitotecnia e Manejo do solo. Desenvolve tecnologias inovadoras, a exemplo de híbridos convencionais para nichos de mercado de sementes. Os resultados das P&D com milho têm se especializado na produção de sementes de baixo custo e no atendimento de nichos de mercado, a partir da disponibilização de híbridos intervarietais e milhos especiais.

Em 2000 foram retomados no IAC os processos de obtenção de híbridos intervarietais utilizando-se sintéticos de híbridos comerciais. Assim, os primeiros intervarietais,

IAC 8333 e IAC 8390, apresentaram características de elevada produtividade e se mostraram competitivos, evidenciando-se o sucesso dessa tecnologia. Mais recentemente, foram lançados os intervarietais IAC 8046 e IAC 8077. São híbridos de milho convencional, não transgênicos, com potencial produtivo de nove a dez toneladas por hectare de grãos. O IAC 8046 tem grãos dentados a semi-dentados, características adequadas também para milho verde (Tabela 5 e Figura 6).

Recentemente, o IAC lançou o híbrido IAC 8053, que pode ser destinado à produção de grãos para ração e para milho verde, ou para confecção de bolos, curau, pamonhas e sucos. Os atributos da espiga são ideais para uso na culinária (Tabela 5 e Figura 7).

Tabela 5. Cultivares IAC de milho e de milho pipoca registradas no RNC/MAPA

Cultivar	Ano	RNC*	Características
Milho Pipoca IAC 125	2006	20549	Híbrido <i>top cross</i> , ciclo super precoce, altura da planta 2,20 m, altura da espiga 1,20 m, potencial produtivo de 4.000 kg ha ⁻¹ , capacidade de expansão maior que 40 ml grama ⁻¹
Milho IAC 3330	2010	27212	Híbrido intervarietal convencional, produção de cerca de 9.000 kg ha ⁻¹ no verão e 4.600 kg ha ⁻¹ na safrinha, precoce, resistente a doenças
Milho IAC Airan	2010	20215	Variedade, altura da planta 2,20 m, altura da espiga 1,20 m, precoce, indicada para produção de grãos na safra e safrinha
Milho IAC 8077	2014	32787	Híbrido intervarietal convencional, produção de 9 a 10 ton ha ⁻¹ de grãos, grãos dentados a semidentados, tolerante à seca
Milho Pipoca IAC 367	2014	32788	Híbrido triplo, grão tipo pérola, alaranjado, potencial produtivo até 6 ton ha ⁻¹ . Capacidade de expansão 45 ml grama ⁻¹
Milho IAC 8046	2014	32906	Híbrido intervarietal convencional, produção de 9 a 10 ton ha ⁻¹ de grãos, grão dentados a semidentados, indicados para grãos e milho verde
Milho Pipoca IAC 268	2014	32907	Híbrido triplo, grão tipo pérola, amarelo-claro, potencial produtivo até 6 ton ha ⁻¹ , capacidade de expansão 45 ml grama ⁻¹
Milho IAC 9015	2017	36507	Híbrido simples convencional, grãos semidentados, alaranjados, altura de planta 2,28 m, altura de espiga 1,26 m, PMS = 305 g, florescimento 62 dias, resistente a doenças
Milho IAC 8053	2019	39987	Híbrido intervarietal convencional, grãos grandes de cor amarelo-claro, espigas grandes destinadas para milho verde

* RNC = Registro Nacional de Cultivares/.



Figura 6. Híbrido de milho IAC 8046.



Figura 7. Híbrido de milho IAC 8053.

O melhoramento de milho pipoca no IAC tem se concentrado no desenvolvimento de híbridos triplos e *top crosses*, devido à baixa produção de sementes das linhagens. Busca-se oferecer cultivares que se destacam em produtividade, capacidade de expansão e resistência às principais doenças.

O híbrido IAC 125 foi lançado em 2006, tendo elevada produtividade e adaptação em cultivo de safrinha. Os dois híbridos triplos de milho pipoca IAC 268 e IAC 367, que o IAC lançou em 2014, são mais produtivos e têm alta capacidade de expansão, além da maior resistência a doenças foliares e nematoides. Ambos têm qualidade de pipoca com capacidade de expansão acima de 45 mililitros por grama (Tabela 5).

Avaliação regional de cultivares de milho

A avaliação regionalizada, por meio da instalação de experimentos que representem os sistemas de produção predominantes de diferentes ambientes de cultivo, permite um maior conhecimento das cultivares e seus desempenhos relativo à produtividade, resistência a doenças, etc.

O sistema de avaliação de cultivares de milho, que completa em 2022 30 anos é constituído pelo IAC, CATI, APTA Regional, Instituto Biológico, universidades e empresas e, tem como objetivo gerar resultados contínuos e sistematizados para orientação de técnicos, engenheiros, pesquisadores, agricultores e outros interessados na escolha de cultivares

de milho. Nesse sistema são avaliadas cultivares de milho em experimentos em quatro regiões Norte/Noroeste, Vale do Paranapanema, centro e sul do estado de São Paulo. A divulgação dos resultados é feita anualmente e indica quais são as cultivares mais produtivas regionalmente.

Nessa mesma linha, o IAC realiza avaliação de cultivares de milho para produção de silagem no estado de São Paulo, por meio de parceria entre IAC, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) e empresas de sementes. Estima-se que a área de milho silagem corresponde a 1/3 da área cultivada na safra de verão no estado de São Paulo e no Brasil.

Tecnologias para o milho safrinha

O IAC atua na geração e difusão de tecnologias que contribuíram para tecnificação desta modalidade de cultivo no estado de São Paulo e no país. Para isto, destaca-se o Seminário Nacional de Milho Safrinha, que começou por uma iniciativa do IAC e se tornou itinerante nas principais regiões produtoras do país, tendo a última edição retornado para São Paulo, em Assis, em 2021. Esses experimentos são realizados, em parceria com o Instituto Biológico,

para acompanhar a evolução da ocorrência e intensidade de doenças fúngicas foliares e enfezamento/viroses. O monitoramento de doenças em experimentos regionais com grande número de cultivares permite conhecer a resistência dos genótipos, comparar a intensidade das doenças entre os locais e detectar com agilidade a introdução ou ascensão de novas doenças.

Os trabalhos sobre o manejo da adubação iniciados na década de 1990 também foram importantes para aumentar a produtividade da cultura. Recentemente, o IAC contribuiu para o aperfeiçoamento do manejo nutricional do milho nos chapadões do Brasil Central, particularmente no estado de Mato Grosso.

Socioeconomia e conservação

Mais recentemente, o programa milho do IAC passou a contar com pesquisas na área de Socioeconomia e atividades de conservação *on farm* e *ex situ* de recursos genéticos de milhos crioulos de diferentes regiões do estado de São Paulo. As atividades de conservação se constituem em caracterização, multiplicação por polinizações manuais controladas e análise de qualidade de sementes das variedades crioulas de milho,

reconhecidas por serem importante fonte de variabilidade genética de caracteres de interesse.

Sementes IAC - transferência de tecnologias e fomento de negócios de grãos

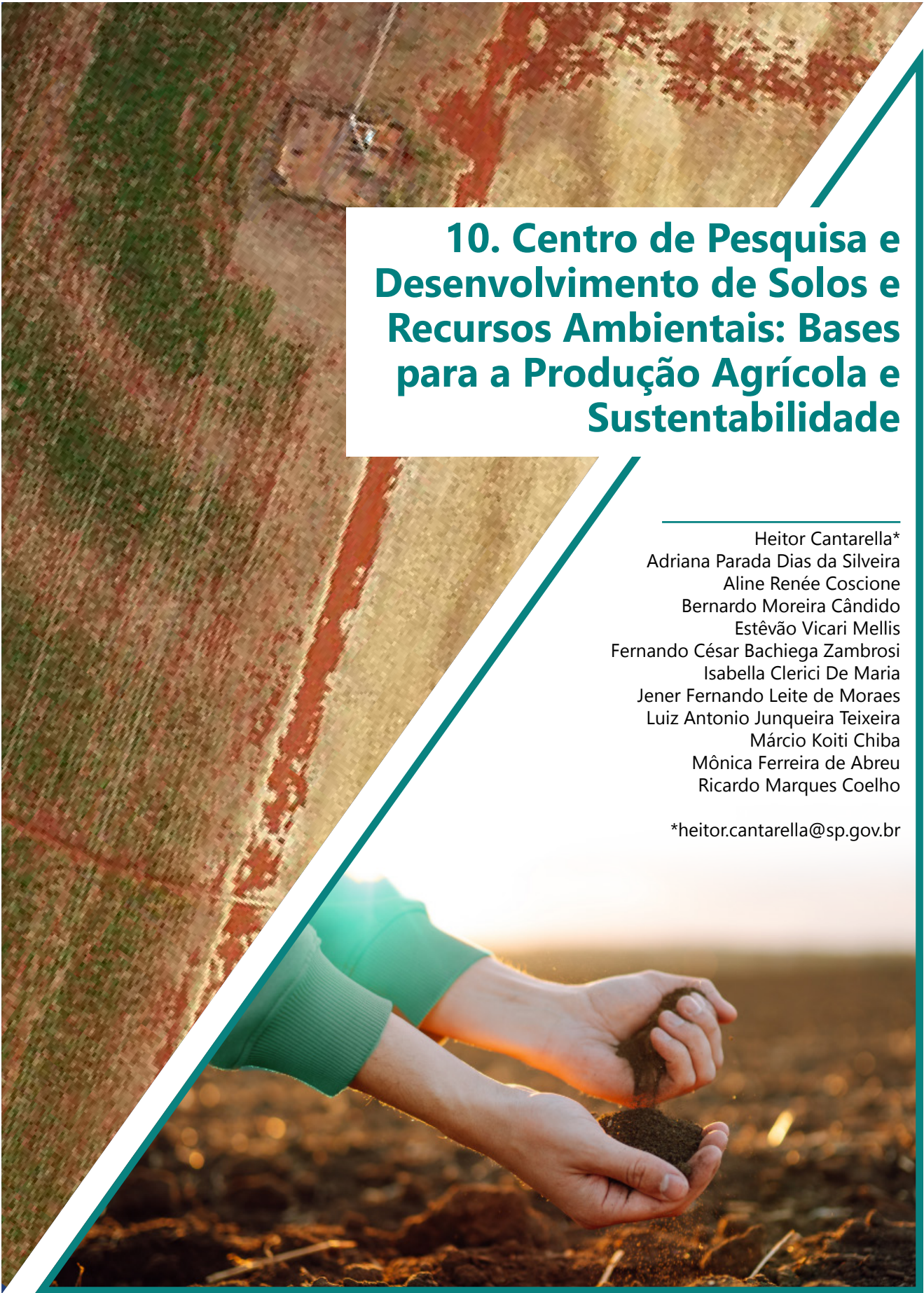
Como salientado, o CPDG&F tem em sua estrutura o Núcleo de Produção de Sementes Genéticas (Sementes IAC). Esse núcleo tem como atribuição beneficiar sementes genéticas para o fomento da adoção e difusão de cultivares IAC resultantes de atividades dos programas de melhoramento genético. O portfólio de Sementes IAC disponíveis para comercialização pode ser encontrado em <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/sementesiac/>.

O fomento da adoção e difusão de cultivares se dá por meio da disponibilização de sementes com garantia de origem genética e de informações técnicas sobre plantio, manejo e colheita dos diferentes grãos beneficiados pela Sementes IAC. Essas atividades ocorrem em parceria com pesquisadores melhoristas do

IAC e são complementares às ações de transferência de tecnologia do CPDG&F.

De 2017 a 2021, o IAC comercializou sementes genéticas de 16 espécies: amendoim, arroz, aveia, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão, gergelim, mamona, milho, milho pipoca, soja, sorgo forrageiro, sorgo vassoura, trigo e tritcale. Foram 73 cultivares diferentes que representaram cerca de mil toneladas de sementes genéticas com garantia de qualidade. Nesse período as cultivares que representaram aproximadamente 52% do total comercializado foram IAC 5 Canindé (tritcale), IAC 389 Atakama (trigo), IAC 503 (amendoim), IAC 1850 (feijão), IAC OL3 (amendoim) e IAC 8 Bellatrix (aveia).

Importante destacar que as sementes genéticas disponibilizadas pelo IAC estão presentes em 22 unidades da Federação brasileira, notadamente nos principais estados produtores de grãos, como Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Goiás, Mato Grosso, Bahia e Ceará.



10. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais: Bases para a Produção Agrícola e Sustentabilidade

Heitor Cantarella*
Adriana Parada Dias da Silveira
Aline Renée Coscione
Bernardo Moreira Cândido
Estêvão Vicari Mellis
Fernando César Bachiega Zambrosi
Isabella Clerici De Maria
Jener Fernando Leite de Moraes
Luiz Antonio Junqueira Teixeira
Márcio Koiti Chiba
Mônica Ferreira de Abreu
Ricardo Marques Coelho

*heitor.cantarella@sp.gov.br

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais realiza pesquisas em uma área básica para a agricultura e de forma transversal aos trabalhos de outros Centros do Instituto Agrônômico. O Centro trata do meio físico, o solo, em que a agricultura é praticada. As pesquisas envolvem conhecimento, preservação e melhoria do solo em seus aspectos físicos, químicos e biológicos. Não menos importante é a interface do solo com as questões ambientais, desde a garantia de suprimento e qualidade da água, até as questões de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e sequestro de carbono. Com um grande acervo de contribuições já oferecidas, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do IAC trabalha para ampliar as contribuições para a agricultura brasileira.

Nutrição de plantas é fator primordial para a produção de alimentos e matérias primas agrícolas

As pesquisas sobre diagnóstico da fertilidade do solo, nutrição de plantas e recomendação de adubação para as principais culturas de valor econômico têm sido um

foco importante do Centro há várias décadas. Os trabalhos têm objetivado o desenvolvimento de conhecimento e tecnologias, sua implementação e a transformação em orientações práticas que se traduzem em ganhos para a agricultura (Figura 1). Um exemplo foi o desenvolvimento de métodos de análise apropriados para solos tropicais, que ficaram conhecidos como o método da resina de troca iônica. Lançado nos anos 1980, atualmente o procedimento é adotado por mais de 140 laboratórios no Brasil e no exterior. Para dar suporte à adoção dos métodos, o Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análise de Solo teve início em 1984 e funciona ininterruptamente até os dias de hoje, oferecendo suporte para que laboratórios públicos e privados - muitos deles pequenos laboratórios - forneçam serviços de análise de qualidade para milhares de agricultores.

Pesquisas básicas e aplicadas em nutrição de plantas e adubação com uma grande variedade de culturas permitem que o IAC, por meio do Centro e com a participação de cientistas de várias instituições e técnicos da iniciativa privada, prepare recomendações técnicas para uso pelos agricultores. Um exemplo é o Boletim 100 - Recomendações de

Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, um “best seller” na agricultura. Como as pesquisas não param, uma versão atualizada foi disponibilizada em setembro de

2022, para atender os desafios de aumentar a produtividade e o retorno econômico dos agricultores com sustentabilidade.



Figura 1. O ciclo completo: P&D para análise de solo, implementação e transformação de ciência em recomendações para os agricultores.

As pesquisas em adubação de culturas incluem também os impactos ambientais e a eficiência de uso de fertilizantes pelas plantas cultivadas. Importantes contribuições do Centro têm sido dadas para determinar perdas de

N por volatilização de amônia e emissões de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso (Figura 2). Os resultados obtidos ajudam a definir manejos mais sustentáveis para a agricultura paulista e brasileira.



Figura 2. Fertilização de culturas em sistema de plantio direto (a); medição de perdas de N por volatilização de amônia (b) e impacto ambiental da fertilização, avaliando as emissões de gases de efeito estufa (c).

Conservar o solo: preservando para gerações futuras

As pesquisas sobre conservação do solo têm contribuído com dados e informações para tomadores de decisão na construção de políticas públicas e com recomendações para o

setor produtivo, buscando o controle de processos erosivos e a melhoria da qualidade do solo em todas as suas funções.

Os experimentos de avaliação da erosão, iniciados em 1943, geraram dados muito utilizados

para chamar a atenção para a importância do controle da erosão e para demonstrar os efeitos positivos do manejo sustentável do solo, tanto junto a agricultores como em atividades de ensino da ciência do solo. Esse conjunto de dados é uma das principais fontes de consulta para estudos sobre conservação do solo, como os que apontam para o aumento da erosão quando não são utilizados sistemas de manejo conservacionista ou a redução da

produtividade das culturas em áreas degradadas por erosão.

Os dados gerados sobre os fatores da erosão do solo também são utilizados em modelos hidrológicos e de predição da erosão em bacias hidrográficas, que vem sendo cada vez mais aplicados no planejamento agroambiental. Para orientar o dimensionamento das práticas de conservação do solo, essas informações são colocadas de forma técnica em boletins e manuais, como o Boletim Técnico IAC, 216 (Figura 3).



Figura 3. Boletim Técnico IAC, 216: Recomendações Gerais para Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar.

Os desafios da conservação dos solos são contínuos. Atualmente, a mecanização e a automação aplicadas em todas as fases do sistema produtivo têm demandado mudanças no manejo das lavouras e no planejamento das propriedades agrícolas. Um fator negativo tem sido a compactação do solo. Assim, estudos sobre comportamento compressivo do solo, relação solo-máquina, controle de tráfego

e erosão em carregadores vêm contribuindo para identificar causas e apresentar soluções para minimizar os impactos.

A atividade agrícola se renova com o desenvolvimento da tecnologia e a busca por redução de impactos ambientais. Por isso, continuam os estudos para avaliar e desenvolver novas práticas conservacionistas e novas ferramentas para a conservação do solo (Figuras 4 e 5).



Figura 4. Parcelas do experimento de quantificação de erosão em função do manejo do solo.

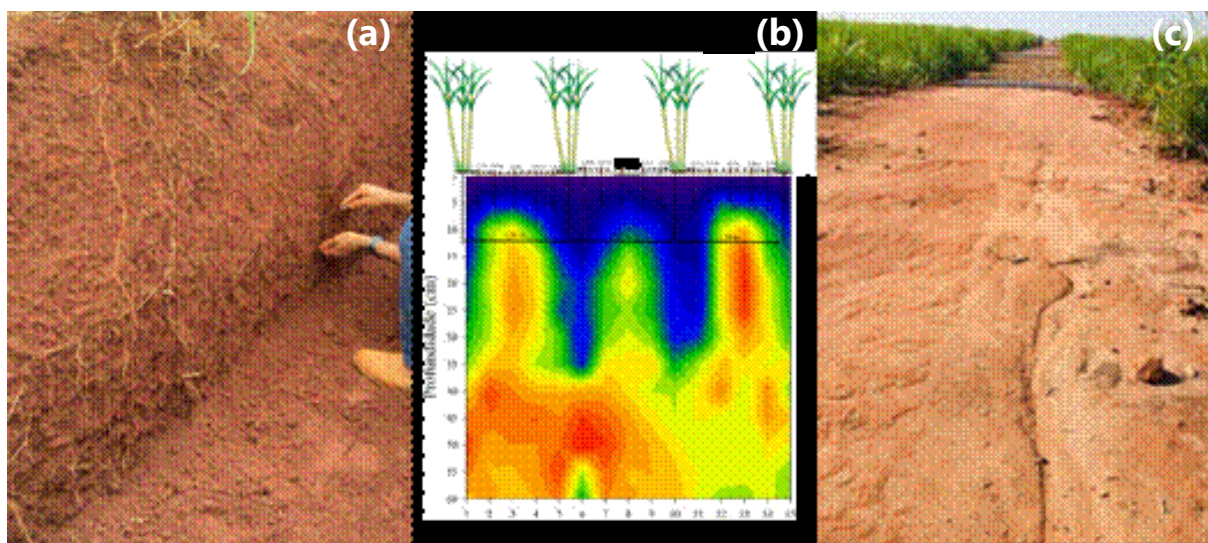


Figura 5. Avaliação da qualidade do solo: sistema radicular (a); avaliação da compactação do solo (b) e estudo sobre erosão em carreadores (c).

Conhecimento do meio físico: mapeando o solo hoje e amanhã

Conhecer e mapear os diferentes solos de uma região é fundamental para subsidiar ações de planejamento agrícola, orientação e recomendação de cultivares, estudos de irrigação e preservação ambiental. As geotecnologias estão presentes há algumas décadas na agricultura, mas seu uso vem evoluindo, trazendo ganhos econômicos, de qualidade dos produtos e ambientais significativos. As aplicações das geotecnologias

na agricultura são múltiplas, com destaque para o mapeamento do solo, do uso e ocupação das terras, zoneamentos agrícolas e climáticos, além de toda uma cadeia de atividades de gestão regional, municipal e da propriedade agrícola. Na área de mapeamento de solos, o Instituto Agrônomo (IAC) tem tido papel fundamental ao longo da sua história, com a realização dos primeiros levantamentos pedológicos com cobertura estadual e, posteriormente, com o detalhamento de algumas áreas (Figura 6).

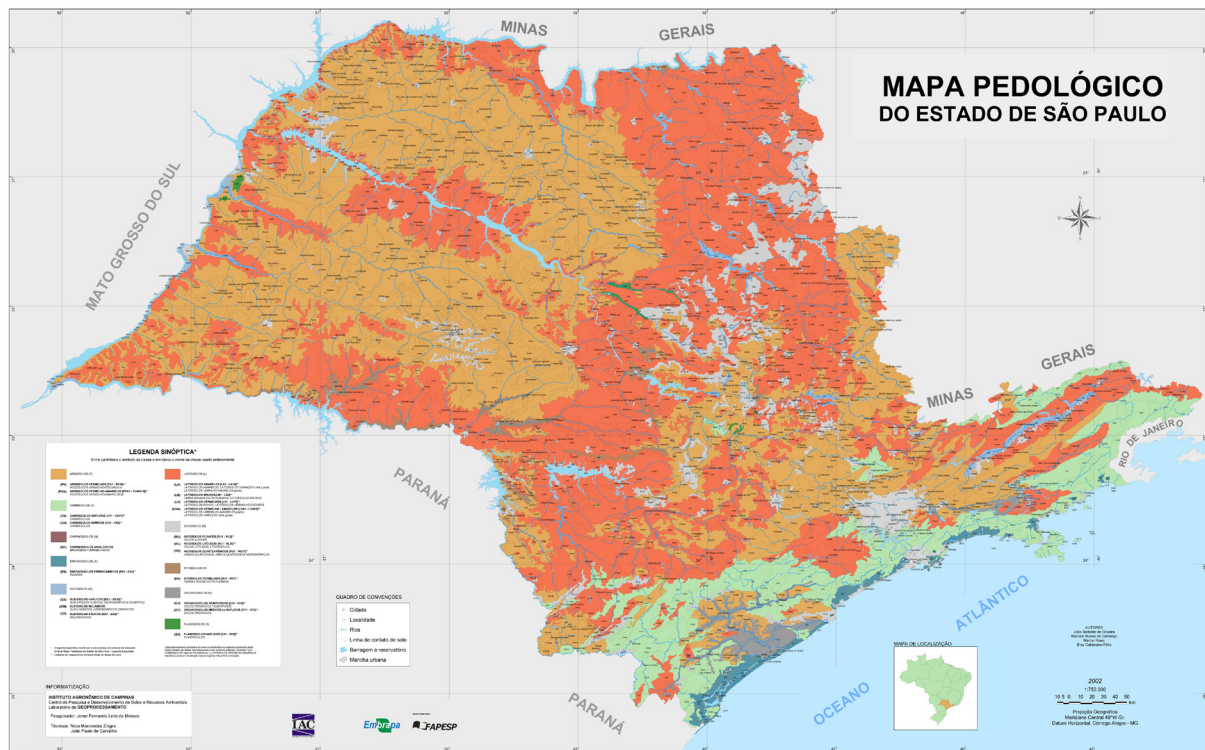


Figura 6. Mapa pedológico do estado de São Paulo.

Com o avanço das tecnologias de geoprocessamento e algoritmos de análise de dados, novas perspectivas se abriram, visando otimizar não só os trabalhos de mapeamento de solo como também de uso e ocupação das terras e elaboração de zoneamentos agroambientais. Foi o que marcou o surgimento das tecnologias de mapeamento digital de solo, baseadas no uso de programas de computador

que permitem a análise simultânea de várias informações, como altitude, geologia, geomorfologia, declividade, permitindo com isso otimizar e agilizar a obtenção de mapas de solo. Análises 3D das formas de relevo de uma área possibilitam o mapeamento mais rápido, detalhado e preciso dos tipos solo, reduzindo consideravelmente o trabalho de campo (Figuras 7 e 8).

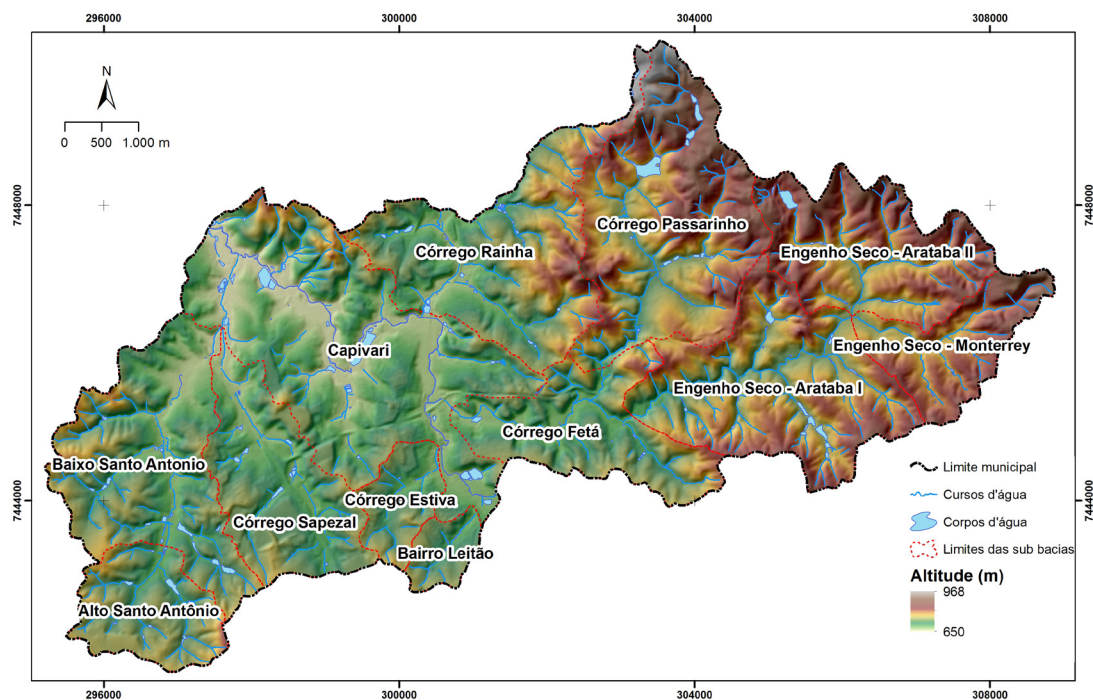


Figura 7. Modelo digital de elevação do município de Louveira (SP).

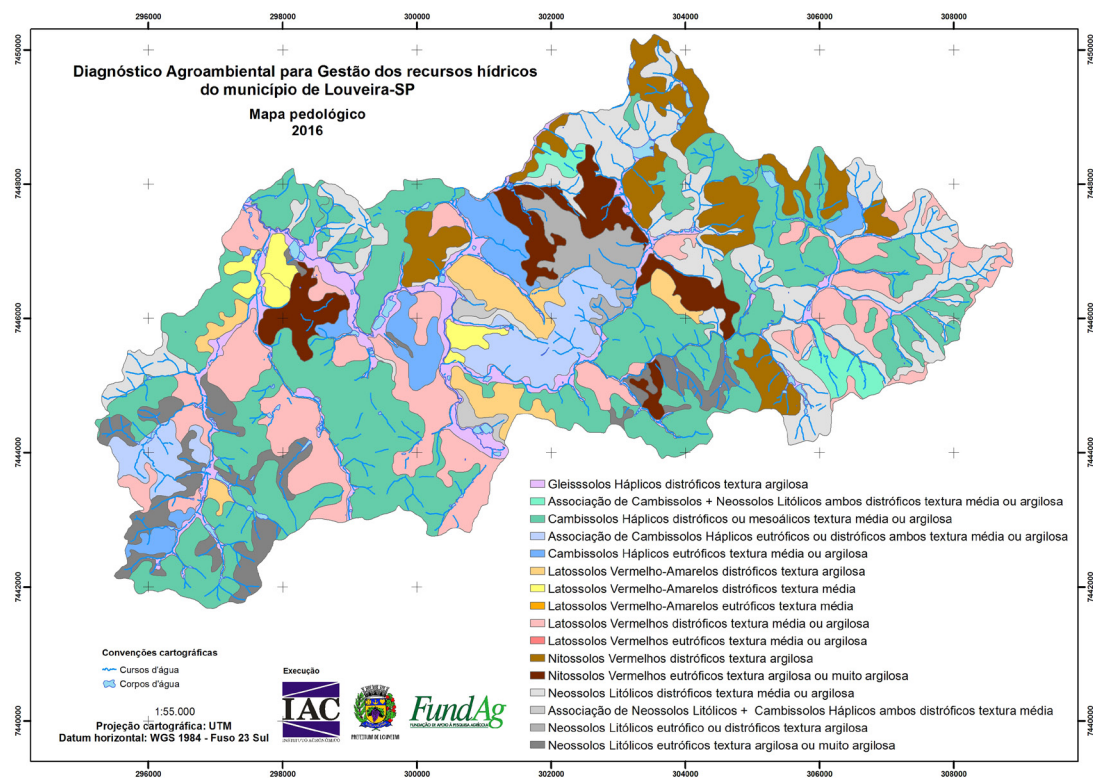


Figura 8. Mapa pedológico digital detalhado do município de Louveira (SP).

Microbiologia: a nova fronteira e o potencial para grandes avanços na agricultura

Estudos envolvendo microorganismos benéficos são determinantes para o estabelecimento de uma biotecnologia que garanta adequado desenvolvimento das culturas, contribuindo para o crescimento, nutrição e sanidade das plantas. A utilização desses microrganismos na atividade agrícola, como bioproduto comercial, possui grande potencial e se enquadra no conceito de Bioensumo, voltado para atender à demanda crescente por uma agricultura sustentável. Esta demanda está sendo realizada principalmente pela iniciativa privada, diretamente ou por meio de projetos do programa PIPE/FAPESP, que visam estabelecer parceira institucional para pesquisa e desenvolvimento de bioinoculantes, colocando a Instituição em uma das áreas de inovação tecnológica mais valorizadas na agricultura atual. O emprego de bioprodutos é uma realidade e já faz parte do manejo das culturas, sendo um insumo fundamental na chamada agricultura moderna.

A microbiota benéfica do solo atua no controle biológico de pragas e doenças, contribuindo para

a redução do uso de substâncias para controle químico e fertilizantes. Esses efeitos são obtidos pelo uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas, associadas ou não a fungos micorrízicos, que promovem melhor desenvolvimento da planta e proteção a fatores bióticos e abióticos adversos. Neste contexto, a área de Microbiologia do Solo desenvolve pesquisa com diferentes microrganismos e culturas, visando obter resultados científicos relevantes, também aplicáveis ao setor produtivo. Mantém uma coleção de cerca de 1.200 isolados de bactérias benéficas e fungos micorrízicos arbusculares. As pesquisas estão sendo realizadas, principalmente, com cana-de-açúcar, café e alface, e os resultados, bastante promissores, indicam o potencial de uso destes microrganismos tanto na promoção de crescimento das plantas quanto no controle biológico de doenças e de fitonematoides (Figuras 9 e 10). Em condições de estresse nutricional, causado por excesso de alumínio e/ou metais pesados no solo, isolados bacterianos têm mostrado grande capacidade de “proteger” e promover crescimento da planta. Estes resultados são particularmente importantes para recuperação e fitoestabilização de áreas sob impacto ambiental (Figura 11).

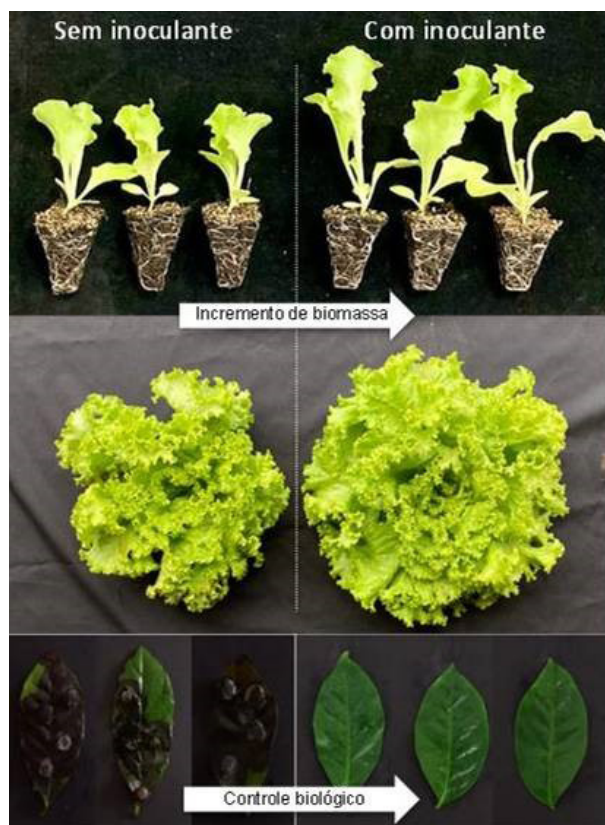


Figura 9. Otimização da produção de mudas com melhor qualidade em menor tempo de plantas de alface e controle biológico de doença da cultura do café (mancha causada por *Phoma tarda*).



Figura 10. Promoção de crescimento de mudas de cafeeiro obtida pela inoculação de fungos micorrízicos arbusculares.



Figura 11. Fitoestabilização de solo multicontaminado por metais pesados pelo emprego de biocarvão (pergaminho de café) e inoculação de isolados bacterianos (IAC-CA8 e IAC-P92) em plantas de feijão-de-porco.

Qualidade do solo e aproveitamento de resíduos

A busca por uma agricultura mais sustentável, que inclui a redução da dependência da importação de fertilizantes minerais e o maior aproveitamento de subprodutos, não é meramente uma necessidade atual e passageira. A reutilização de resíduos orgânicos como dejetos de animais, cama de frango, tortas vegetais, turfa, lodo de esgoto e lixo e subprodutos da agroindústria, de forma direta ou transformados, como é o caso de biocarvão, é de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-os úteis, já que sua aplicação no solo proporciona melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas, além de fornecer nitrogênio, fósforo e potássio, dentre

outros nutrientes. Embora a aplicação de resíduos orgânicos apresente muitas vantagens, ainda existem questões sobre sua viabilidade técnica e econômica que devem ser respondidas. Entre estas, tem-se a determinação da capacidade dos resíduos em fornecer nitrogênio às plantas, devido ao dinamismo deste nutriente no solo e aos vários fatores bióticos e abióticos que influenciam sua mineralização após aplicação, a presença de quantidades variáveis de metais potencialmente tóxicos e de patógenos humanos. Dessa forma, o monitoramento do solo nas áreas em que os resíduos são aplicados é uma ferramenta importante, tanto para garantir o melhor aproveitamento do potencial do solo em receber resíduos e reciclar nutrientes, quanto para

eliminar os riscos de contaminação do ambiente. Com o aprimoramento das tecnologias e da industrialização, a sociedade evoluiu e, preocupando-se com as questões ambientais, a filosofia do reaproveitamento de parte destes resíduos como subprodutos, principalmente os orgânicos, vem ganhando força, visando a sustentabilidade nas atividades, a redução da pressão sobre os

recursos não renováveis e do impacto ambiental. O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais vem atuando na pesquisa de aproveitamento de resíduos desde a década de 1980, inicialmente com estudos de aplicação de vinhaça e uso de lodo de esgoto na agricultura, contabilizando mais de 40 anos de publicações científicas e técnicas neste tema (Figura 12).

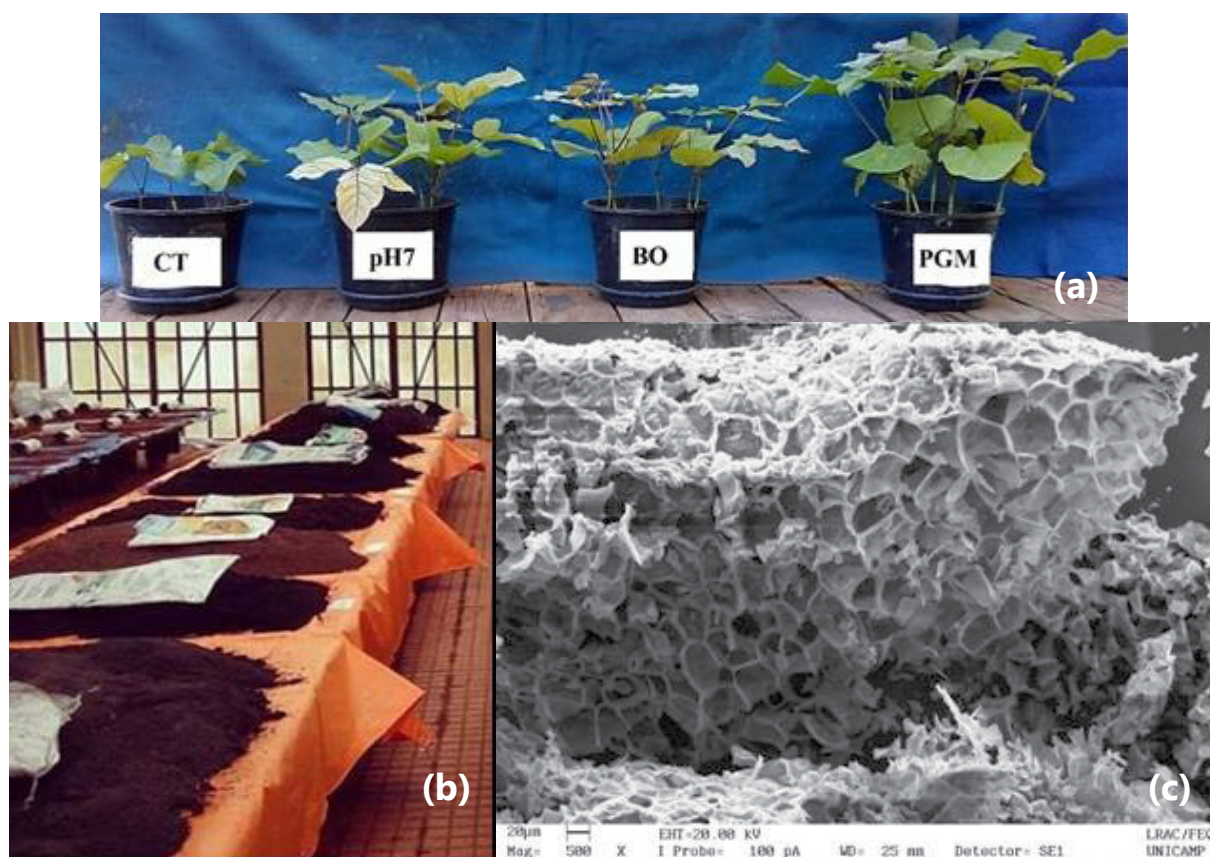


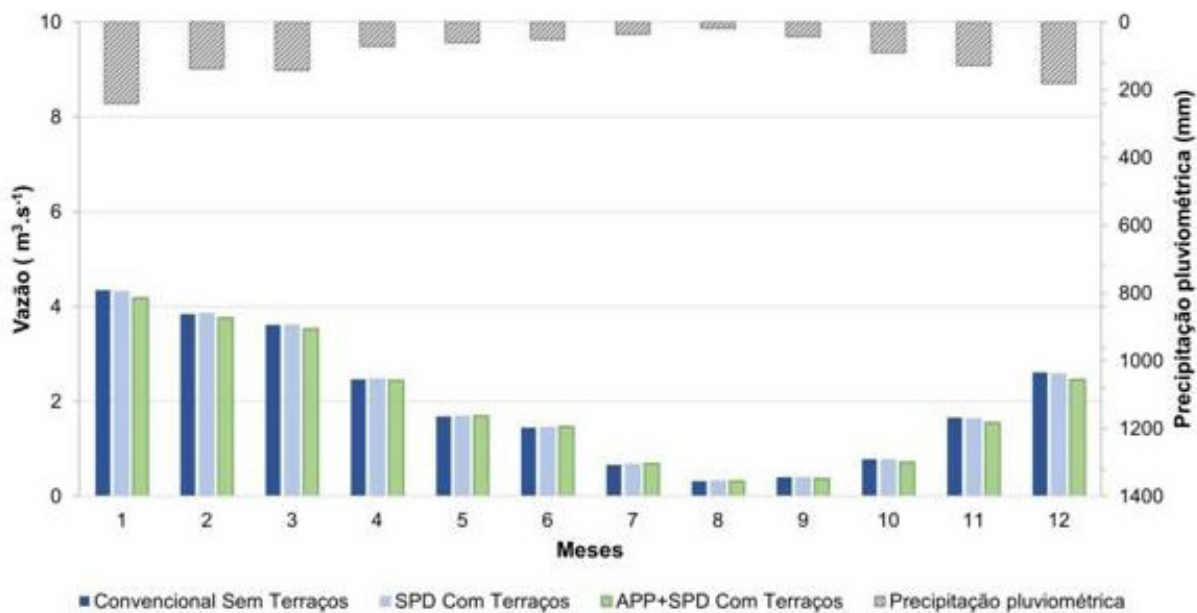
Figura 12. Plantas de feijão-de-porco em solo contaminado com metais e tratado com biocarvão de resíduos de café (CT - controle, pH7 - adição de calcário, BO - biocarvão de borra de café, PGM - biocarvão de pergaminho de café) (a), preparo de resíduos com potencial de uso agrícola e terra para experimentação em vasos (b) e foto de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de biocarvão de pergaminho de café (aumento de 500x) (c).

Agricultura 4G: um futuro ainda mais promissor

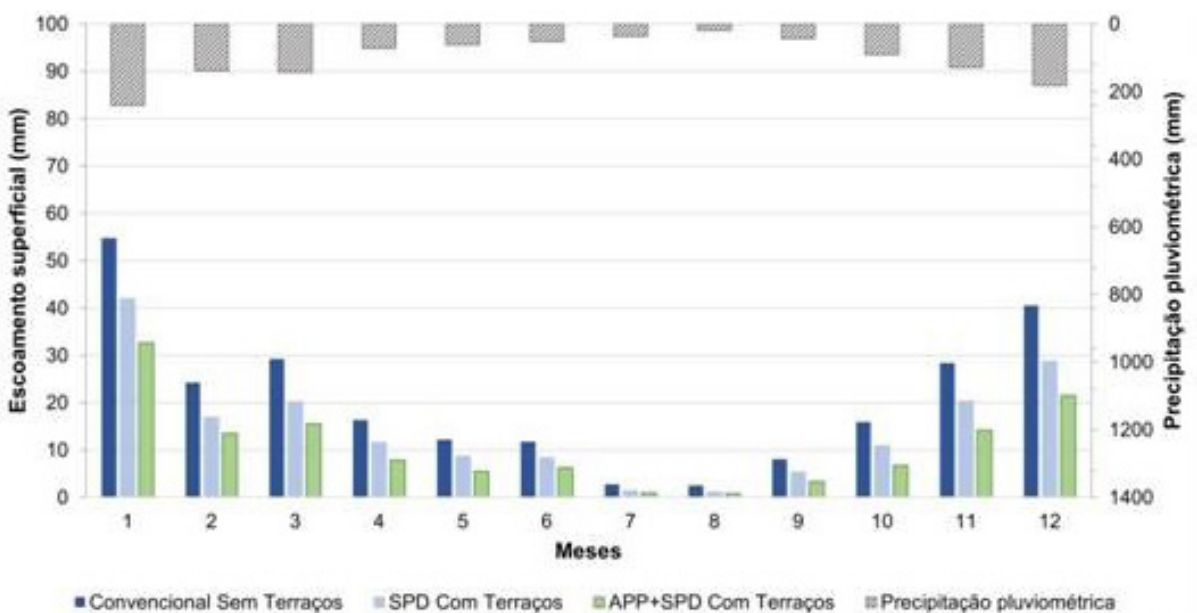
Conciliar o desenvolvimento do agronegócio com a preservação do meio ambiente tem sido um ponto cada vez mais importante e presente nas discussões técnicas e políticas em vários níveis da nossa sociedade. No setor ambiental, informações geradas por satélites possuem um longo histórico de uso, como a identificação de focos de queimadas, o monitoramento da dinâmica no uso e cobertura da terra, a detecção de desmatamentos e a análise de mudanças climáticas. A ocupação antrópica de uma área gera uma série de impactos, positivos e negativos ao meio ambiente e à sociedade como um todo.

As alterações no uso e ocupação do solo para atividades agrícolas e antrópicas influenciam diretamente o sistema hidrológico e o estudo destes impactos em nível de bacias hidrográficas apresenta-se como

uma ferramenta eficiente, tendo em vista que estes processos influenciam quantitativa e qualitativamente os processos hidrológicos, que compreendem a produção e armazenamento de água em rios e reservatórios, a infiltração de água no solo, que alimenta o lençol freático e, a redução do escoamento superficial da água, para diminuir os processos erosivos. A modelagem hidrológica nada mais é que a utilização de conceitos matemáticos e físicos utilizados para representar o ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica. Quando os modelos hidrológicos são acoplados a Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), esses apresentam maior representatividade espacial dos processos que ocorrem na bacia hidrográfica, permitindo assim dimensionar, por exemplo, a produção de água, bem como estimar os processos erosivos decorrentes da ocupação agrícola e de diferentes práticas de manejo do solo (Figuras 13 e 14).



Vazão média mensal ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) simulada e total mensal da precipitação pluviométrica (mm) no período de 2008 a 2017 em áreas com cultivo de cana-de-açúcar com cultivo convencional, sistema de plantio direto (SPD) com terraços e, restauração das APPs+ SPD com terraços, na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pinhal.



Escoamento superficial médio mensal (mm) simulado e total mensal da precipitação pluviométrica (mm) no período de 2008 a 2017 em áreas com cultivo de cana-de-açúcar com cultivo convencional, sistema de plantio direto (SPD) com terraços e, restauração das APPs+ SPD com terraços, na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pinhal.

Figura 13. Produção de água e escoamento superficial em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar, em diferentes sistemas de preparo e práticas de conservação do solo.

Produção de sedimentos por sub-bacia (Bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim)

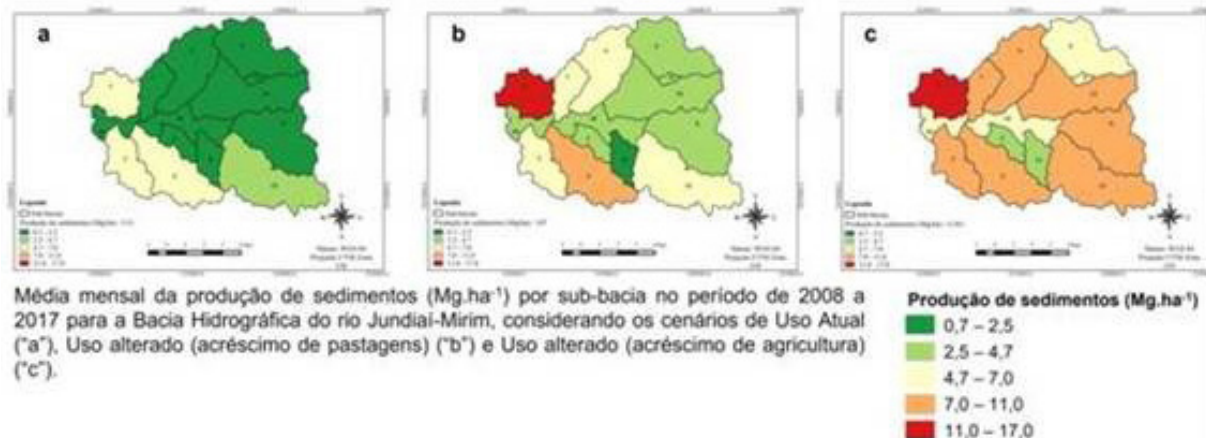


Figura 14. Estimativa da erosão do solo na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, considerando diferentes cenários de uso do solo.

Desenvolver e aprimorar ferramentas para medir erosão em lavouras é o desafio do estudo que está sendo conduzido pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo. A pesquisa, inédita no Brasil, tem o objetivo de estimar a erosão do solo em áreas plantadas por meio de sensores óticos e radar, embarcados em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), também conhecidos como drones. O trabalho vem sendo realizado com apoio da FAPESP e parceria com instituições da Inglaterra, Alemanha e Estados Unidos.

Dentre as vantagens do uso de drones para quantificação da erosão está a geração de mapas da área, permitindo ao produtor identificar de forma rápida quais são as áreas da lavoura que estão sofrendo remoção e/ou deposição de solo (Figura 15). Essas informações são essenciais para o desenvolvimento de estratégias assertivas para mitigação do processo erosivo que afeta sobremaneira as áreas cultivadas em todo país. Além disso, devido à facilidade e rapidez na aquisição de dados, o produtor tem condição de ter indicadores atualizados, de forma a permitir o monitoramento da eficiência das práticas de conservação do solo adotadas.

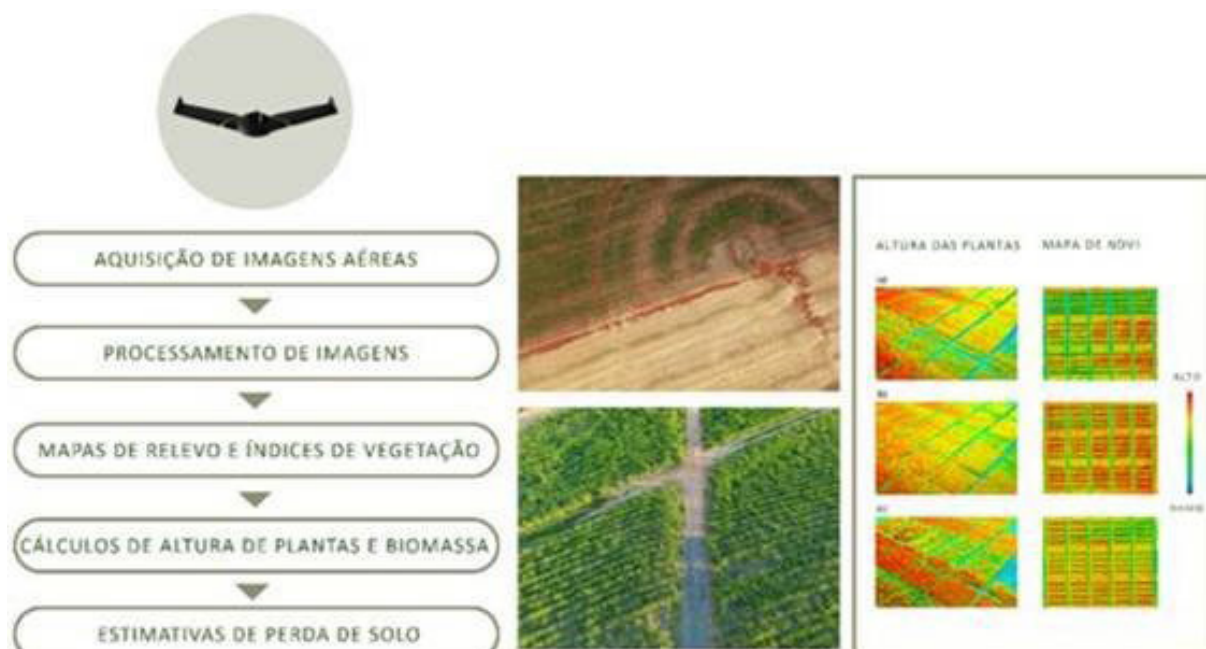
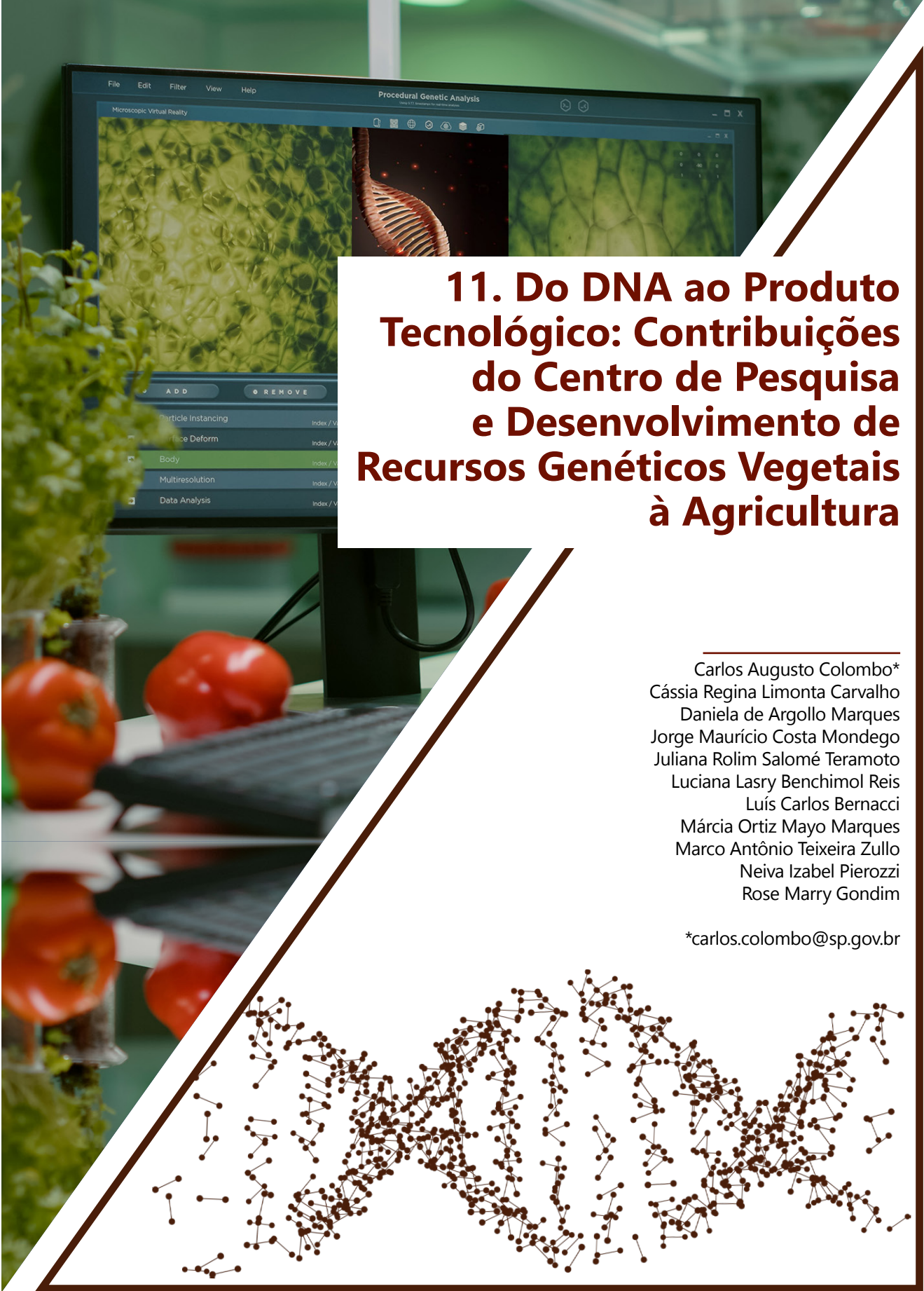


Figura 15. Fluxograma mostrando o processo de aquisição de imagens a partir de VANT e a geração de mapas em áreas de produção agrícola.

O uso de drones para medição da erosão em lavouras auxiliará tanto o produtor na tomada de decisões quanto os agentes públicos na elaboração de legislações ou políticas que visam combater o manejo inadequado do solo. Para isso,

especial atenção está sendo dada para o estudo dos erros associados à esta técnica, visando obter uma metodologia assertiva e precisa que auxilie e contribua para preservação do meio ambiente e sustentabilidade do setor agrícola em todo país.



11. Do DNA ao Produto Tecnológico: Contribuições do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais à Agricultura

Carlos Augusto Colombo*
Cássia Regina Limonta Carvalho
Daniela de Argollo Marques
Jorge Maurício Costa Mondego
Juliana Rolim Salomé Teramoto
Luciana Lasry Benchimol Reis
Luís Carlos Bernacci
Márcia Ortiz Mayo Marques
Marco Antônio Teixeira Zullo
Neiva Izabel Pierozzi
Rose Marry Gondim

*carlos.colombo@sp.gov.br

Se hoje o Brasil é reconhecido como “celeiro do mundo” produzindo alimentos com qualidade e quantidade suficientes para alimentar grande parte da população mundial, muito se deve aos institutos de pesquisa do estado de São Paulo, com destaque ao Instituto Agrônomo (IAC), pela expressiva produção de tecnologias agrícolas nas mais diferentes áreas em que atua. Criado em 1887 por D. Pedro II para atender à demanda da cafeicultura da época, em pouco tempo tornou-se líder no pioneirismo científico das principais culturas agrícolas do país e com vasta experiência na condução de programas de melhoramento de mais de uma centena de espécies tais como café, soja, algodão, cana-de-açúcar, citros, feijão, milho, hortaliças, flores, frutas, seringueira, oleaginosas, dentre outras.

Os motivos de tamanha competência são muitos, com ênfase ao seu corpo técnico. A Seção de Genética do IAC é considerada um dos primeiros locais criados no país destinados ao desenvolvimento de pesquisas sobre a herança e melhoramento das espécies vegetais e teve entre seus principais pesquisadores Carlos Arnaldo Krug, Glauco Pinto Viégas e Alcides Carvalho. Ao longo de sua história e, mais recentemente, o IAC tem contado com expertise

multidisciplinar de muitas áreas do conhecimento, em especial por aquelas que atualmente compõem o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais (CRGVV). Criado em 2002, o CRGVV nasceu da fusão das antigas seções de Genética, Citologia, Fitoquímica e Botânica, com habilidades nas áreas de genética, citogenética, botânica, cultura de tecidos, biologia molecular e fitoquímica. Atuando na caracterização fitoquímica, botânica e molecular de recursos genéticos, melhoramento e domesticação de espécies de interesse econômico e no desenvolvimento de produtos inovadores por meio da interação simultânea de suas muitas disciplinas de conhecimento e modernas biotecnologias, o Centro vem alcançando expressivos resultados.

O melhoramento de plantas está na base da civilização humana e seu início se deu de forma empírica com a domesticação das espécies. Como ciência, o melhoramento genético se resume em procedimentos de seleção ou modificação intencional do genoma de indivíduos da espécie de interesse visando a melhoria de suas características. O entendimento da base genética disponível e a necessidade de sua ampliação foram ponto de partida para todas as espécies já trabalhadas no IAC, sobretudo quando a pesquisa tinha por objetivo a adoção competitiva de

qualquer uma delas pelo agricultor. E, até hoje, quanto maior a base genética disponível, maiores são as chances de sucesso. E foi baseado nesse princípio elementar do melhoramento genético de plantas que o IAC, por meio do atual Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais, efetuou mais de 70 mil introduções de material vegetal, nativo ou exótico, desde a década de 1930. O constante enriquecimento, diversificação e exploração, sob bases científicas, desse rico banco de genótipos ou genes destaca o IAC como "berço" do melhoramento genético contemporâneo de plantas no Brasil, já tendo disponibilizado à população 1.153 cultivares, sendo 834 com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Atualmente, o CRGV engloba também o Herbário IAC, criado em 1938 para dar sustentação

às pesquisas de novas espécies (Figura 1) e/ou cultivares por meio da caracterização morfoagronômica. O Herbário IAC coleciona amostras de várias plantas convencionais como café (504 exsicatas), milho (260), arroz (141), feijão (171), amendoim (748), de espécies menos conhecidas como algumas ornamentais, medicinais e PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais) e de espécies nativas, incluindo as parentes silvestres das cultivadas. Amostras herborizadas foram base para a caracterização e registro de cultivares IAC, como é o caso do maracujá de casca amarela e o de casca roxa. Com 58.000 acessos, apresenta grande importância para consultas taxonômicas da comunidade em geral, facilitado pela forma remota de acesso ao referido acervo (<http://herbario.iac.sp.gov.br/>).



Figura 1. *Passiflora cacao* Bernacci e M. M. Souza, espécie descrita a partir de amostras depositadas no Herbário IAC.

Sempre conectado ao panorama atual do setor agrícola e em consonância com as premissas mundiais de sustentabilidade e segurança alimentar, ambiental e energética, o CRGV vem investindo nas pesquisas de domesticação de duas importantes espécies oleaginosas como alternativa agrícola: a macaúba (*Acrocomia aculeata*) e o pinhão-manso (*Jatropha curcas*).

A macaúba é a palmeira de maior ocorrência no continente americano, presente do México e ao norte da Argentina. Nativa e amplamente presente na paisagem dos biomas brasileiros Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, é uma espécie pioneira e frequentemente encontrada em pastos, sugerindo seu cultivo em sistemas agrosilvipastoris. As pesquisas com macaúba se intensificaram nos últimos dez anos devendo ser a espécie nativa que mais atrai pesquisas nos dias de hoje, além de capital nacional e internacional para investimentos em plantios em larga escala. Com produção de óleo semelhante ao dendê, principal oleaginosa do mundo, em torno de 3,5 mil litros por ha ano⁻¹, do seu fruto podem ser extraídos dois tipos de óleo: o fino, retirado da amêndoa, rico em ácido láurico e utilizado preferencialmente na indústria farmacêutica e cosmética e o da polpa,

com até 80% de ácido oleico, sendo de interesse para a indústria alimentícia ou de biocombustíveis. Além disso, os resíduos de extração da polpa (rico em fibras solúveis) e da amêndoa (40% de proteína) não apresentam qualquer fator antinutricional, podendo ser aproveitados para ração animal de alta palatabilidade e qualidade nutricional. As pesquisas sobre domesticação dessa palmeira tiveram início em 2007 no CRGV e, atualmente, em virtude da abrangência das áreas de conhecimento que atingiu, apresenta importante contribuição para o fortalecimento da cadeia de produção da espécie (Figura 2). Assim, as pesquisas no IAC abrangem estudos de diversidade e melhoramento genético, taxonomia, transcriptoma, genoma, clonagem, quebra de dormência e germinação de sementes, cultivo integrado, fertilidade, biologia da reprodução e aplicação tecnológica. Esses estudos são financiados por diversos projetos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), incluindo um temático, bem como do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e em parceria com instituições do México, Costa Rica, Colômbia, Paraguai, Argentina e Alemanha.



Figura 2. Imagens que ilustram as atividades de pesquisa com a palmeira macaúba no Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais. Detalhe da planta (a), da obtenção dos seus óleos (b), da sua ocorrência natural (c), do polimorfismo genético revelado por marcador SSR (d), da separação das frações dos seus frutos (e), da seleção de genótipos superiores (f), da variabilidade de tipos de frutos (g), da germinação de sementes (j) e produção de mudas (h), da caracterização botânica das plantas (i) e do plantio de progênies em campo para melhoramento genético (L).

O pinhão-mansão, por sua vez, foi considerado promissor para produção de biodiesel e bioquerosene para aviação, em função do alto teor de óleo contido em suas sementes (30%-40%) e da composição de ácido oléico (45%), o que garante suas excelentes propriedades para produção de biocombustíveis, segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP). Apesar disso, não há cultivares estáveis que viabilizem o seu cultivo em larga escala. Com este desafio e frente ao aumento da demanda em função de Lei Federal que instituiu obrigatoriedade na adição crescente de biodiesel ao

diesel de petróleo, o Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais iniciou um programa de melhoramento convencional e biotecnológico para a espécie, após credenciamento na ANP e estabelecimento de parceria com a Petrobrás. Graças a esta iniciativa, hoje temos disponível no IAC amplo e diverso banco com germoplasma nacional e internacional, híbridos interespecíficos inéditos e genótipos superiores selecionados para produtividade, porte reduzido, alto teor de óleo e baixos níveis de toxidez, o que futuramente poderá agregar valor pelo potencial uso da torta em rações para animais.

Recentemente, estudos de caracterização morfoagronômica de diferentes acessos de batata-doce em processo de seleção genética no IAC contribuíram para o lançamento

de seis novas cultivares, incluindo um material de polpa alaranjada e outro de polpa roxa (Figura 3), ambos biofortificados: o primeiro, rico em carotenoides e, o segundo, em antocianinas.

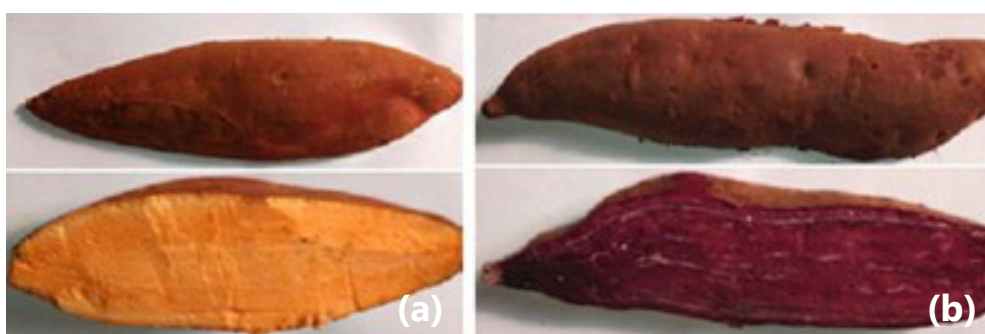


Figura 3. Batatas-doces IAC 134 AL01, laranja (a) e Ametista, roxa (b).

A ideia de melhoramento intencional aparece no início do século XVI e, até bem recentemente, se baseou na seleção da variância fenotípica encontrada em indivíduos, progênies ou populações criadas pela natureza ou desenvolvidas a partir de cruzamentos dirigidos. Mas foi somente nos anos 1980, com o avanço da engenharia genética e da biotecnologia, que o melhoramento de plantas acelera o passo ao incorporar parâmetros biotecnológicos nos seus procedimentos de seleção ou desenvolvimento de novas cultivares. E o IAC não ficou atrás. O melhoramento biotecnológico do IAC, por meio do

seu CRGV, vem incorporando técnicas da cultura de tecidos, transformação genética, engenharia genética e biologia molecular visando acelerar o lançamento de novas cultivares. Com isso, expressivos resultados vêm sendo conquistados, como o desenvolvimento direto de novas cultivares usando métodos convencionais e biotecnológicos, como os abacaxis Gomo de Mel e Fantástico; da banana IAC Nanicão 2001 e da primeira cultivar da espécie medicinal *Lippia alba* recomendada para a indústria de bebidas naturais por apresentar elevado teor de citral (Figura 4).



Figura 4. Cultivares desenvolvidas pelo Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais do IAC: abacaxi Gomo de mel: alta qualidade de polpa para consumo in natura (a); abacaxi Fantástico: mais produtivo e doce, resistência à fusariose (b); banana IAC Nanicão 2001: resistência à Sigatoka amarela e negra e ao Mal-do-Panamá (c) e cultivar *Lippia alba* (d).

No Brasil, o pioneirismo dos estudos e aplicação da cultura de tecidos se deu em 1971, na atual unidade do CRGV (antiga Seção de Genética), onde foi criado um dos primeiros Laboratórios de Cultura de Tecidos do país, com o cultivo de segmentos de folhas de cafeeiro para obtenção de embriões somáticos e, posteriormente, novas plantas clonais de *Coffea* spp. A capacitação de profissionais e a formação de uma rede de pesquisa nesta área criaram o alicerce que viabilizou o emprego das mais variadas técnicas de cultura de tecidos no melhoramento genético e multiplicação clonal, a exemplo do cultivo in vitro de anteras/micrósporos ou ovários/óvulos para obtenção de haploides e, após duplicação

cromossômica, a produção de plantas homozigóticas e linhagens duplo-haploides ou o resgate in vitro de embriões oriundos de cruzamentos interespecíficos com algum grau de incompatibilidade pós-zigótica, onde o zigoto é retirado e cultivado em meio de cultura específico, após a fecundação e antes da possibilidade de aborto, resultando na regeneração direta ou multiplicação clonal do híbrido (Figura 5). Esses e muitos outros exemplos de aplicação da cultura de tecidos foram empregados em mais de 30 espécies, dentre elas: café, cenoura, tomate, citros, abacaxi, banana, mamão, batata, alho, pimentas, cebola, couve-flor, plantas medicinais, maracujá, macaúba, pinhão-mansão e, mais recentemente, oliveiras e lúpulo (Figura 6).

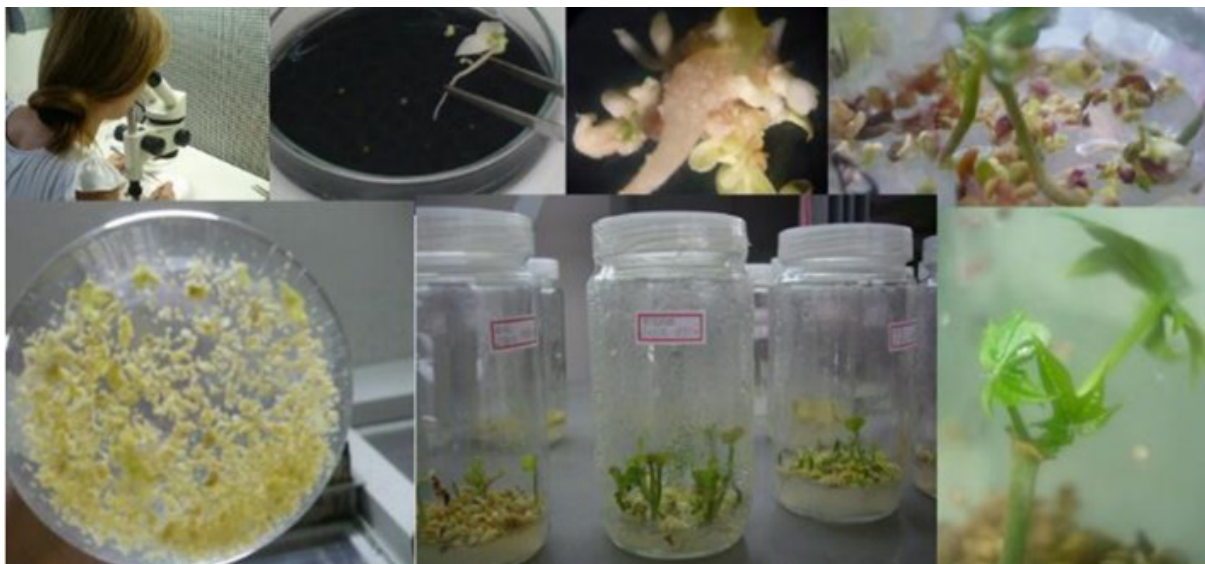


Figura 5. Resgate in vitro de embriões zigóticos e indução de embriogênese somática para multiplicação clonal resultando na obtenção do primeiro híbrido a nível mundial originado do cruzamento entre *J. curcas* e *J. multifida*.



Figura 6. Micropropagação de pinhão-mansinho no Laboratório de Cultura de Tecidos do Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais, a partir de produção in vitro de clones para o programa de melhoramento genético de pinhão-mansinho do IAC.

A importância da cultura de tecidos se estende a outras biotecnologias. No caso da transgenia ou da modificação das características de uma planta por meio da manipulação do seu material genético e criação de um organismo geneticamente modificado, após identificação, isolamento e caracterização do gene de interesse, o passo seguinte é clivar o DNA e o introduzir, via transformação genética, no genoma da célula vegetal da espécie de interesse para a expressão da característica desejada. Porém, para que tudo isso aconteça, a célula geneticamente modificada precisa ser regenerada por cultura de tecidos. Nesta técnica, parte da planta, chamada explante, quando cultivada em frascos vedados contendo um substrato gelatinoso, nutrientes e hormônios vegetais específicos e sob condições controladas de luz e temperatura, poderá se regenerar dando origem a uma nova planta completa e idêntica (clone) à planta-mãe, doadora do explante. Tal processo, também conhecido como micropropagação, pode alcançar altas taxas de multiplicação, com independência do clima e economia de tempo e espaço, uma vez que um único explante pode gerar dezenas de brotos (num processo chamado de organogênese somática) ou centenas

de embriões (via embriogênese somática).

A duplicação cromossômica usando agentes antimitóticos em meios de cultura para a indução de poliploides tem sido igualmente empregada no melhoramento de algumas espécies ornamentais e frutíferas do IAC, com objetivo de incremento na produtividade. Atualmente, esta abordagem vem sendo explorada em lúpulo visando aumento do valor medicinal e para a indústria cervejeira.

Saber se uma determinada espécie apresenta ou não seus cromossomos em número duplicado (grau de ploidia), se a espécie é derivada do cruzamento natural entre duas ou mais espécies diferentes, ou a diferenciação dos cromossomos de determinada espécie por meio de marcas próprias são informações importantes e necessárias para o seu conhecimento básico e para direcionamento de futuras pesquisas visando explorar a diversidade genética que apresenta. Esse olhar mais intimista dos cromossomos corresponde a uma importante linha de pesquisa desenvolvida por pesquisadores da área de citogenética do CRGV. Observados através de microscópio óptico, os cromossomos, além de contados,

podem ser medidos, caracterizados pela morfologia e pela presença e localização de determinadas sequências de DNA. Podem também ser estudados durante a meiose para averiguação de possíveis distúrbios de fertilidade dos grãos de pólen em híbridos intra ou interespecíficos. Variações extremas na temperatura ambiental são capazes de induzir mutações espontâneas em gemas dormentes que podem apresentar redução na fertilidade dos grãos de pólen. Da mesma forma, as condições de cultivo in vitro podem também ocasionar variação genética e/ou epigenética podendo alterar características fenotípicas.

Técnicas de citogenética clássica e molecular (marcadores cromossômicos) são consideradas estratégicas em programas de melhoramento por permitirem estudos comparativos e auxiliarem na caracterização e individualização mais precisa de espécies e de variedades de interesse agrônomo, de plantas oriundas de cultura de tecidos e de bancos de germoplasma. Diversas espécies, tais como café, plantas frutíferas, ornamentais, invasoras, cereais, macaúba, pinhão-manso, dentre outras, vêm sendo caracterizadas e individualizadas por dados de morfometria e/ou

por métodos e corantes específicos que permitiram o reconhecimento de regiões mais densamente compactadas nos cromossomos, ou ricas em determinadas sequências repetidas de DNA e, algumas delas, pela localização direta nos cromossomos de sequências específicas de DNA. Análises na meiose têm sido efetuadas pela equipe de pesquisadores em alguns cafeeiros híbridos evidenciando números cromossômicos inesperados e irregularidades meióticas que resultaram em gradientes de esterilidade do pólen. Já os estudos com variedades de uvas finas de mesa e com mutantes somáticos espontâneos da uva Niagara têm revelado baixa frequência de anomalias meióticas e manutenção da fertilidade dos grãos de pólen, podendo essas variedades serem utilizadas como doadoras de pólen no programa de melhoramento de uvas do IAC.

Na área de biologia molecular, o protagonismo e excelência de equipe do CRGV foi evidenciado pela efetiva participação no maior projeto científico já realizado no Brasil, o Projeto Genoma FAPESP, que teve por objetivo sequenciar o primeiro patógeno vegetal do mundo, a bactéria *Xylella fastidiosa*. Fazendo

parte de um dos 35 laboratórios da rede criada pelo projeto, a pesquisa inédita em nível mundial, até aquele momento, resultou em premiações e publicação dos resultados na prestigiada revista *Nature* em 2000. Além de promover também a ampliação do conhecimento nessa área, antes incipiente no Brasil, abriu caminho para o domínio de novas biotecnologias. Com isso, outros genomas foram sequenciados, a exemplo do Genoma Café, sob coordenação de pesquisadores do CRGV, e novas perspectivas foram abertas para a utilização dos dados genômicos em estudos de genoma funcional e mapeamento genético usando marcadores moleculares, com objetivo de identificar e elucidar a função de genes envolvidos em características de interesse econômico.

Pesquisas nessas linhas são desenvolvidas atualmente pela equipe do CRGV visando elucidar a origem das diferenças entre cultivares de café Arábica e estudar as características de algumas bactérias endógenas que são benéficas na promoção do desenvolvimento da planta e capazes de combater patógenos do cafeeiro. Outra contribuição está no entendimento da ação de proteínas de resistência vegetal e de proteínas

de patógenos vegetais, visando colaborar com a elucidação dos mecanismos de interação planta-patógeno.

No melhoramento do feijão, o IAC busca resistência a diversas doenças que afetam a produtividade, como a mancha angular, causada por um fungo que pode levar a perdas de até 80% da lavoura, e a murchar-de-fusarium, que causa perdas de até 100%. Embora ambas as doenças possam ser controladas com fungicidas, o custo econômico não é viável aos pequenos produtores, sem contar o dano ambiental dessa medida, sendo a utilização de cultivares resistentes aos fungos a melhor estratégia. Em recentes estudos desenvolvidos nos laboratórios do CRGV, quatro regiões do DNA do feijão foram ligadas à resistência ao *Fusarium* usando marcadores moleculares para o mapeamento genético de 205 acessos diferentes. Os genes identificados poderão ser utilizados na seleção de cultivares resistentes. Também foi possível assistir à seleção e desenvolvimento de duas novas linhagens de feijão carioca com alta resistência à mancha angular utilizando apenas informação do DNA, seguida de avaliações agronômicas rigorosas. Outra característica estudada foi

o escurecimento de grãos do tipo carioca. Isso porque a dona de casa associa feijões escuros com feijões velhos e de difícil cozimento. Foram descobertas pelos pesquisadores seis regiões responsáveis por esta característica no DNA no feijão.

O Laboratório de Fitoquímica, do Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais, foi criado em 1976, como Seção de Fitoquímica, visando atender às necessidades de caracterização química do germoplasma e das novas cultivares desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo, uma vez que se observou que àquela época já não bastava apenas realizar seleção de materiais visando ao aumento de produtividade sem que se atentasse também à qualidade do material desenvolvido, traduzida em caracteres anatômicos, fisiológicos, fitopatológicos e, também, químicos, estes englobando a quantificação de fatores nutricionais e anti-nutricionais, a presença de substâncias ou compostos de interesse industrial e sua possível correlação com eventos fisiológicos.

No início de seus trabalhos estudaram-se muitos aspectos ligados à fisiologia de culturas como soja e batata, à composição de plantas fibrosas, como o sisal e o rami, e à presença de substâncias

esteroídicas em diversas espécies com o objetivo de utilizá-las como matérias-primas da indústria químico-farmacêutica. Nessa última área foram quantificados os teores de hecogenina e tigogenina, duas sapogeninas esteroídicas, presentes em diversos híbridos de sisal obtidos no IAC, bem como de diosgenina, outra sapogenina, em seleções de diversas *Dioscorea* desenvolvidas no Instituto. Em estudo colateral foram isolados glicoalcaloides de solanáceas para estudo da correlação entre seus teores e o esverdeamento de tubérculos de batata.

No início dos anos 80 realizaram-se os primeiros estudos com brassinosteroides no IAC. Estes são substâncias assemelhadas ao brassinolídeo, primeiro fitormônio de estrutura esteroídica descoberto, e com ampla atividade fisiológica, notadamente de aumento da produtividade agrícola e de resistência a estresses abióticos. Posteriormente, no Laboratório de Fitoquímica, foram sintetizados inúmeros análogos de brassinosteroides (substâncias semelhantes aos brassinosteroides naturais), dotados da mesma atividade biológica que suas contrapartes naturais, a partir de diosgenina e ácidos cólicos, bem como se criaram complexos moleculares destas

substâncias com ciclodextrinas visando a prolongar o seu período de atuação.

A área de química de produtos naturais, do Laboratório de Fitoquímica, foi expandida com o Laboratório de Óleos Essenciais a partir da década seguinte com a implantação, em 1994, do primeiro programa de pesquisa em óleos essenciais do IAC, visando à exploração de novos óleos essenciais e produtos inovadores por meio da bioprospecção de espécies nativas da flora aromática brasileira, em especial da Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado. Esta linha de estudo viria ao encontro da forte demanda das indústrias de higiene pessoal, perfumaria, cosmética e farmacêutica por novos produtos, especialmente da rica flora brasileira. Assim, impulsionado pelo tripé pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), esse programa de pesquisa envolve a caracterização química e olfativa e a avaliação da atividade biológica de óleos essenciais, a caracterização da diversidade genética, o melhoramento genético e o desenvolvimento de tecnologia de cultivo de espécies de interesse econômico.

Exemplo recente de sucesso do modelo público-privado foi a parceria com a empresa Natura e o Programa

FAPESP de Inovação Tecnológica (PITE) para caracterização do perfil aromático de espécies nativas da Mata Atlântica. Tal estudo contribuiu para o lançamento de perfumes formulados com óleo essencial de Piperaceae, com fragrâncias inéditas na perfumaria mundial: Urbano Noite (2018), Química de Humor (2019) e Essencial Oud Pimenta (2021) (Figura 7). O projeto foi agraciado com o Prêmio Natura Campus de Inovação (2010) e Desenvolvimento de Tecnologia - iQlicar (2014), o último pelo reconhecimento pela bioprospecção de ingredientes pela empresa Natura Cosméticos.

Outro destaque foi o estudo da arnica (*Lychnophora pinaster*), espécie nativa do cerrado, em colaboração com a Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP. Essa parceria resultou na patente de invenção denominada "Nanoemulsão de *Lychnophora pinaster* e seu uso" em cotitularidade com a UNICAMP (Figura 8). A nanoemulsão do óleo essencial e extrato demonstrou atividade contra a bactéria *Streptococcus mutans*, uma das principais agentes da cárie dentária e placa bacteriana, apresentando potencial de aplicação em produtos odontológicos, como creme dental e enxaguatórios bucais.



Figura 7. Perfumes Urbano Noite (2018), Química de Humor (2019) e Essencial Oud Pimenta (2021), lançados pela Natura e formulados com óleo essencial de Piperaceae.

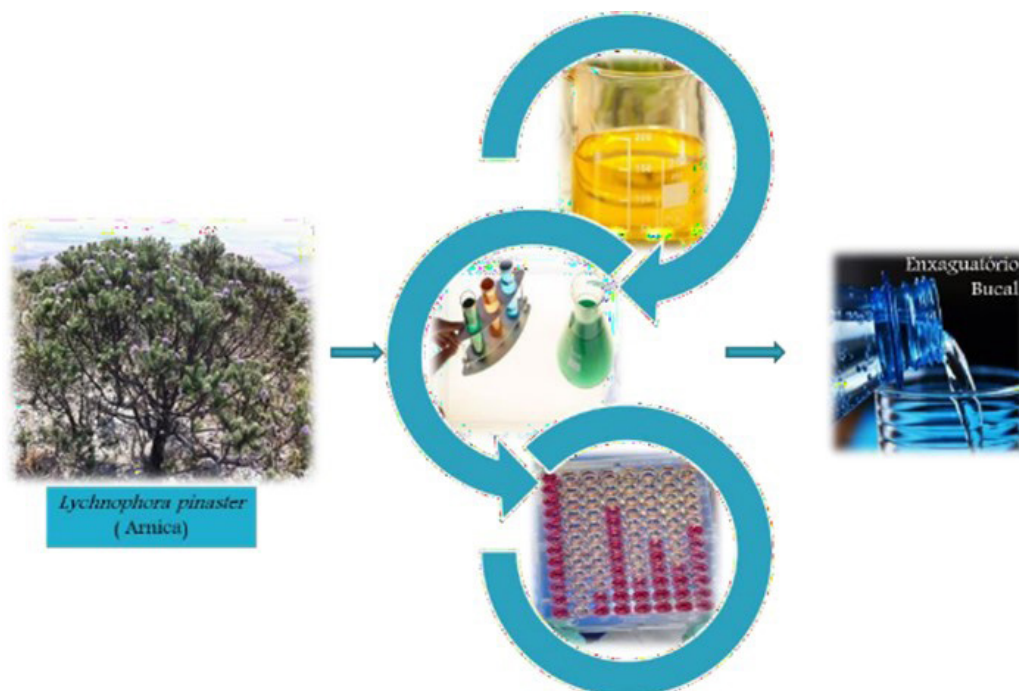


Figura 8. Etapas do processo de pesquisa que resultou na obtenção da patente “Nanoemulsão de *Lychnophora pinaster* e seu uso” a partir do óleo essencial de arnica.

Muitas vezes, o diferencial de uma nova cultivar não está apenas no seu potencial produtivo, na sua resistência às doenças ou no seu hábito de crescimento, mas nas suas características químicas, sendo também alvo do melhoramento genético. Exemplos da contribuição do Centro nessa linha de pesquisa foi a certificação do perfil de ácidos graxos dos materiais genéticos em melhoramento no programa de amendoim do IAC, colaborando com os lançamentos de cultivares com alto teor de ácido oleico (>80%), de melhor estabilidade oxidativa e qualidade nutricional, como também a exploração do germoplasma de mandioca do IAC com foco nos polímeros amilose e amilopectina, cujas proporções afetam as propriedades funcionais dos amidos e definem as suas aplicabilidades industriais, como por exemplo o uso no desenvolvimento de produtos termoplásticos biodegradáveis. Essa mesma abordagem deverá ser aplicada futuramente na coleção de *Dioscorea* ssp. do IAC e em acessos a serem coletados no território brasileiro com o recente apoio da FAPESP ao projeto coordenado pelo CRGV.

Recentes avaliações da composição química de cultivares de soja desenvolvidas pelo IAC revelaram grãos com características nutricionais e organoléptica superiores, de sabor mais palatável ao consumo humano. Isso foi possível graças à eliminação genética das três enzimas lipoxigenases, as quais catalisam a reação dos ácidos graxos poliinsaturados, gerando um produto que confere sabor desagradável na soja conhecido como “beany flavor”. Híbridações realizadas no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Grãos e Fibras do IAC, envolvendo os parentais com as três lipoxigenases e sem as mesmas (triplo-nulas), geraram oito linhagens triplo-nulas identificadas por colorimetria e espectrofotometria nos laboratórios do Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais (Figura 9). Essa soja especial, sem lipoxigenases, é caracterizada pelo sabor leve e adocicado podendo ser consumida como hortaliça na forma de brotos e grãos verdes. A composição de proteína, óleo, flavonoides, fenóis totais, taninos e ácido fítico dessas linhagens especiais foi similar aos cultivares comerciais de soja.



Figura 9. Sementes das linhagens de soja IAC triplo-nulas e seus os parentais IAC PL-2 (com as três lipoxigenases) e BRS 213 (sem as três lipoxigenases-triplo-nulas).

Outro destaque do CRGV foi a solução tecnológica implementada pelos seus fitoquímicos relativa à técnica de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) para prospecção mais rápida e em maior quantidade dos constituintes químicos presentes nas espécies vegetais cultivadas e mantidas pelo IAC. A técnica possibilita a redução de custos para avaliação de um grande número de plantas geradas em

programas de melhoramento genético, uma vez que não requer operações elaboradas de preparação das amostras como normalmente é feito ao aplicar os métodos analíticos tradicionais de análise. Assim, após implantada em conjunto com métodos quimiométricos, vários constituintes podem ser simultaneamente determinados, em poucos minutos e em uma única avaliação. Desse modo, curvas de calibração para dosagem de óleo e

dos ácidos graxos majoritários foram estabelecidas para as culturas de amendoim, soja, pinhão-manso e macaúba (tanto da polpa como do endosperma). Nesta última, o uso de NIRS permitiu recentemente a avaliação de mais de 2.200 materiais coletados em diferentes localidades do Brasil e América Latina, o que teria sido inviável usando métodos de análises químicas convencionais.

Os sistemas de produção agrícola se deparam com um importante desafio de sustentabilidade ambiental associado aos resíduos por eles gerados. Nesse contexto, a incorporação de novos métodos e técnicas capazes de transformar o resíduo da atividade agrícola em produtos de interesse social e econômico representa não apenas um grande desafio, mas também uma excelente oportunidade. E é nesse roteiro que se destaca o recente processo inovador para biofortificação desenvolvido pela área de Fitoquímica do CRGV a partir de folhas de mandioca. A ideia central dessa inovação tecnológica está na transformação do resíduo dessa cultura em produto com alto teor de ferro, zinco e proteínas e menor teor de fatores anti-nutricionais. Tal tecnologia, com depósito de patente, tem potencial para uso em matrizes

alimentares de custo reduzido com grande impacto na alimentação de populações carentes.

Portanto, numa passagem rápida pelo Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais pode-se constatar que esta unidade se destaca pela busca de novos produtos a partir da exploração dos recursos genéticos mantidos pelo IAC e por meio de sua multidisciplinaridade de atuação, com respeito ao equilíbrio bioeconômico vigente, ou seja, em consonância com princípios de sustentabilidade. Basicamente, vem atuando no desenvolvimento e aplicação de técnicas e conhecimentos fitoquímicos e tecnológicos com vistas à criação de tecnologias e novos produtos agrícolas. Da mesma forma, tendo em vista a sua história na área de melhoramento genético, continua atuando na busca por novos produtos a partir da domesticação de espécies de interesse agrônomo, bem como no melhoramento e fortalecimento de programas de melhoramento genético da Instituição por meio da caracterização fitoquímica, botânica, genética e molecular de recursos genéticos em geral, assim como na aplicação de modernas biotecnologias das áreas de cultura de tecidos e biologia molecular.



12. O Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" na Pauta de um dos Maiores Negócios do Estado de São Paulo

Dirceu Mattos Junior*
Fernando Alves de Azevedo
Marinês Bastianel
Rodrigo Marcelli Boaretto
Raquel Luciana Boscariol Camargo
Helmécio Della Coletta Filho
Mariângela Cristofani-Yaly
Alessandra Alves de Souza Della Coletta
Katia Cristina Kuper
Rodrigo Rocha Latado
Marcos Antonio Machado
Marco Aurélio Takita

*dirceu.mattos@sp.gov.br

Introdução

Inerente referir ao Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" como unidade de pesquisa e inovação para o desenvolvimento interdisciplinar que provê informações e inteligência para a produção sustentável de citros no Brasil. Sua organização demonstra forte inserção em ações de pesquisa para a cadeia de produção e consumo dos citros, além da formação de recursos humanos e da disponibilização de produtos e serviços especializados, que no conjunto conferem liderança em genética, qualidade fitossanitária e sistemas de produção de porta-enxertos, e dos pomares de laranjas, limas ácidas e limões, tangerinas e citros afins.

Com um corpo técnico de pesquisadores, técnicos e estudantes, da iniciação científica ao pós-doutorado, somam-se quase uma centena de profissionais que, então, atuam para o crescimento da citricultura no país, pautados pela inserção nacional e internacional no meio técnico-acadêmico.

O Centro escreve uma história de mais de 90 anos de trabalho. Sua fundação remonta a 1928, com a criação da Estação Experimental de Citricultura de Limeira. Hoje, como Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira", do Instituto Agrônomo (IAC), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (Figura 1).



Figura 1. Vista aérea do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira". Instituto Agrônomo (IAC), Cordeirópolis (SP).

E por que a citricultura figura como importante negócio no estado de São Paulo? Várias estatísticas respondem esta pergunta, das quais destacam-se, no cenário nacional a produção de frutos cítricos (19,3 milhões de toneladas) (IBGE, 2022), que representa 48% do total de frutas produzidos no país (40,5 milhões de toneladas) (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2021). São cerca de 22 mil estabelecimentos rurais produzindo laranjas, limões e tangerinas. Ainda, no contexto social, estima-se que a produção de laranja na safra 2020-21 contribuiu para o aumento na geração de empregos no Brasil em relação ao período anterior, com a criação de mais de 40 mil postos de trabalhos¹.

Os números socioeconômicos são expressivos, com os quais observam-se melhores IDH's nos municípios que têm os citros como atividade na pauta financeira local. Também, para cada 2,5 hectares (ha) de pomares verifica-se 1,0 ha de área com vegetação nativa¹. São 680 mil ha plantados com citros no País (IBGE, 2022). Desse negócio, o maior cinturão citrícola está no estado São Paulo, se estendendo ao sul do Triângulo Mineiro (com 380 mil ha),

¹ <https://citrusbr.com/sustentabilidade/setor-sustentavel/>

onde à despeito da redução de 40% na ocupação de área de laranjas nos últimos 30 anos, sua produtividade aumentou 2,0-3,0 vezes, de 350 para até 1.000 caixas (40,8 kg ha⁻¹)².

Número consolidado estima-se que a cadeia de produção nesse cinturão movimenta US\$ 14,5 bilhões anualmente³, resultado da produção e consumo de frutos in natura, assim como a produção de suco, cuja exportação responde por 80% do mercado mundial⁴.

Nesse contexto, o Centro, em colaboração com diferentes atores, provê o setor com informações em áreas do conhecimento para a manutenção de uma citricultura moderna, apoiada em pomares produtivos, com qualidade e sustentáveis (Figura 2). Fato, a citricultura segue relevante à economia paulista e à geração de divisas no Brasil e por esta razão que a pesquisa segue definitiva para a manutenção deste setor agroindustrial (ARAÚJO e NICOLELLA, 2018).

² <https://www.fundecitrus.com.br/pes/relatorios>

³ https://issuu.com/citrusbr/docs/retrato_citricultura_brasileira_marcos_fava_neves

⁴ <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/especial-publicitario/fundo-de-defesa-da-citricultura/unidos-contra-o-greening/noticia/citricultura-brasileira-e-a-maior-do-mundo.ghtml>



Figura 2. Pomar comercial de laranja doce na citricultura moderna.

A capacidade de inovação e a inteligência de produção

A inovação é o contexto da ideia ao valor, resultante do envolvimento, questionamento, (re) invenção, integração e aplicação do conhecimento e ações numa cadeia de produção, por exemplo, pautada em políticas e estratégias que movem a economia, não mais na visão antiga da linearidade, mas da circularidade.

Esta perspectiva de ecossistema implica numa capacidade de enfrentamento de desafios por organizações que interagem com parceiros a montante e a jusante de

sua cadeia, como pesquisadores, acadêmicos, produtores, investidores, governos, entre outros. Esse ambiente de apoio e amadurecimento capaz de transformar inovações em negócios e de criar valor para as partes da cadeia (*stakeholders*), de certa forma, ocorreu espontaneamente na citricultura, que agora toma maior consciência do setor produtivo.

É provável que o Centro posicionou os maiores ganhos de valores já registrados do setor, a partir dos anos 1940-1950, com o equacionamento da produção dos pomares sob pressão da tristeza dos citros (doença causada pelo vírus

da Tristeza; CTV), cujos prejuízos associados à mortandade das árvores infectadas foram seríssimos. O conhecimento sobre o emprego da pré-imunização das plantas com estirpe protetiva do CTV antes de irem ao campo (MOREIRA et al., 1954) permite que cerca de 100 milhões de caixas (40,8 kg) da variedade Pera, até hoje a principal variedade plantada, sejam produzidas anualmente no cinturão citrícola⁵, cujo valor direto é de US\$ 500-600 milhões por ano.

Ainda, os experimentos sobre espaçamentos de plantio desenvolvidos no Centro nos anos 1970-90 (TEÓFILO SOBRINHO et al., 1992) formaram base para o plantio de novos pomares, mais adensados (de 330 plantas por hectare, em 1980, para cerca de 600 plantas por hectare, em 2020⁵) e que também permitiram aumentos de produção por área.

Recomendações da calagem e da adubação, para a citricultura em condições de solos tropicais, normalmente ácidos, com baixa reserva de nutrientes e com alta capacidade de fixar fósforo (P) permitiram, a partir dos anos 1990, aumentos até de 65% da produção de frutos com a correção da acidez

com o uso de calcário. Também, aumentos de 25% na eficiência de uso de fertilizantes com ajustes de doses, época e modo de aplicação, além da escolha de melhores fontes tanto em produção de sequeiro como fertirrigada. Anualmente são consumidos na citricultura cerca de 1,2 t ha⁻¹ de calcário e 0,75 t ha⁻¹ de fertilizante tipo NPK. A adubação com fósforo (P), potássio (K) e boro (B) ajustada especialmente para pomares sobre variedades porta-enxertos tem garantido outros aumentos de produtividade (MATTOS JR. et al., 2020).

O programa de biotecnologia em citros implementado pelo Centro desde 1990 recebeu apoio do CNPq, FAPESP, Finep e CAPES. As pesquisas em biotecnologia foram desenvolvidas em programas como PADCT II, Pronex, Instituto do Milênio, BIOEx e, mais recentemente, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT Citros) para genoma funcional e comparativo de citros e seus patógenos e melhoramento assistido. Como INCT Citros, o Centro participou no consórcio internacional de Genoma de Citros, sequenciando o genoma de várias espécies, além de avançar no entendimento da interação patógenos e hospedeiros, focalizando estudos das suas principais doenças e pragas.

⁵ <https://www.fundecitrus.com.br/pes/relatorios>

A partir de dados genômicos, a área de transformação genética pôde ser ampliada, pois facilitou a busca de genes-alvos para o melhoramento de variedades comerciais, usando a técnica para inserção de genes únicos como, por exemplo, de resistência à doença.

O Centro trabalha há anos com esta tecnologia, pela qual obteve 250 plantas de laranjas doces (Hamlin, Valência, Natal e Pera) geneticamente modificadas (Figura 3), avaliadas em campo e dezenas de outras avaliadas em casa de vegetação. As plantas em campo representam 20 eventos de transformação, com alguns genes que conferiram resistência ao cancro cítrico e à clorose variegada dos citros (CVC) avaliadas em casa de vegetação. Estas têm potencial também para tolerância e/ou resistência ao HLB, pois foram usados genes que atuam em vias amplas de respostas da planta às bactérias. Essas ações são justificadas, por exemplo, pela relevância dos prejuízos causados pelo HLB na citricultura. Desde a constatação da doença em São Paulo em 2004, cerca de 60 milhões de árvores foram erradicadas no parque citrícola⁶. Ainda, estimam-se que entre 2016-2021, foram perdas

⁶ <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/www/gdsv/index.php?action=dadosCitriculturaPaulista>

quase 70 milhões de caixas (40,8 kg) de laranjas devido à queda de frutos causados pela doença⁷.



Figura 3. Material propagativo de citros obtido em laboratório de pesquisa para produção de novos materiais genéticos.

Mais recentemente, a edição gênica ou CRISPR, embora seja uma estratégia desafiadora em plantas, é investigada para a modificação pontual e dirigida a um único alvo pré-estabelecido, não envolvendo a inserção de outros genes indesejados.

Resultados desse trabalho têm alcançado progressos na obtenção

⁷ <https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa>

de materiais editados, cuja técnica tem sido cada vez mais aplicada aos problemas enfrentados pela citricultura. Essas técnicas, juntamente com os mapas genéticos e marcadores moleculares, contribuem para o avanço do melhoramento de citros.

Outro exemplo de desafio para a citricultura que se tornou inovação foi o desenvolvimento do protótipo de produção de mudas em ambiente protegido, estabelecido no Centro, para garantir a produção dos pomares frente à ocorrência da CVC, que acometeu os pomares no final dos

anos de 1980. A CVC causou prejuízos na ordem de US\$ 120 milhões por ano com a redução da qualidade dos frutos e perda produtiva de mais de 40% das plantas do parque citrícola na época. Atualmente, menos de 0,5% das plantas no cinturão citrícola são sintomáticas para a doença⁸, tendo então o plantio de mudas sadias contribuído para esta redução na incidência da doença. Ademais à produção no campo, hoje são mais de 300 viveiros no estado de São Paulo produzindo 10-15 milhões de mudas por ano, a um valor direto de US\$ 40 milhões anualmente (Figura 4).



Figura 4. Vista de viveiro protegido de produção de mudas de citros, com alta qualidade genética e sanitária.

⁸ <https://www.istoedinheiro.com.br/fundecitrus-incidencia-de-cvc-no-parque-citricola-cai-ao-menor-nivel-em-20-anos/>

Neste mesmo cenário desafiador, tivemos a *Xylella fastidiosa* (bactéria causadora da CVC) como o primeiro fitopatógeno no mundo a ter o genoma sequenciado. O Centro participou deste marco, como laboratório de sequenciamento, assim como laboratório central de cultivo da bactéria usada no sequenciamento. Além do treinamento de cientistas paulistas em genômica, informações geradas pelo Projeto Genoma possibilitaram aos pesquisadores do Centro o desenvolvimento de novas estratégias de manejo de doenças bacterianas, por exemplo, com o uso do N-acetil cisteína (NAC) para a CVC (MURANAKA et al., 2013) e para o cancro cítrico (PICCHI et al., 2015), processos protegidos por patente.

Avanços no uso e formas de aplicação do NAC foram obtidos pela CiaCamp, uma das primeiras startups incubadas no IAC, com resultados potenciais também para o HLB. A startup foi beneficiada com três fases do programa de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) da

FAPESP. Hoje recolhe royalties ao IAC pelo licenciamento do uso da molécula em conjunto com empresa privada.

Ademais aos resultados de pesquisa que impactaram diretamente a citricultura, avaliação extensiva de novos genótipos tem permitido a seleção de copas e porta-enxertos, que atendem à indústria processadora de suco e/ou o mercado de fruta in natura. Revelar o emprego dessas novas variedades na cadeia de produção demonstrará outros valores monetários significativos para o estado de São Paulo.

Exemplos de novas variedades de copas lançadas recentemente pelo Centro e que já são cultivadas no Brasil são a tangerina IAC 2019 Maria (variedade protegida junto ao MAPA; Figura 5), laranja Sanguínea de Mombuca e algumas variedades contendo frutos com menor número ou sem sementes (laranja Pera IAC 2014 e Tangerina Fremont sem sementes).



Figura 5. Variedade IAC 2019Maria, obtida pelo programa de melhoramento do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" e protegida por propriedade intelectual.

O programa de melhoramento de variedades de porta-enxertos desafiados para estresse abiótico (tolerância à seca) ou bióticos também tem mostrado o potencial do grupo e as possibilidades da inovação na produção. Em fase de

contratação, destaca-se o projeto: Melhoramento de porta-enxertos de citros para resistência ao estresse hídrico e qualidade de frutos visando à sustentabilidade da citricultura (MCTIC/FINEP/02/2018) para a seleção de novos porta-enxertos tolerantes à seca.

Citrandarins registrados, ou em fase final de registro, pelo Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira", nos órgãos regulatórios federais (RNC e RENASEM/MAPA) e estadual (GEDAVE/CDA) encontram-se em jardins clonais, com vista ao atendimento da demanda inicial de sementes pelos viveiristas, na produção de mudas que sustentam a citricultura moderna (p. ex. citrandarins IAC 3128 Guanabara, IAC 3152 Itajobi, IAC 3026 Santa Amélia, IAC 3010 Pindorama, IAC 3070 e IAC 3299 Muriti).

Além dos porta-enxertos obtidos por cruzamentos, o Centro disponibiliza outros citrandarins, introduzidos do USDA, na década de 1980, e mantidos no Banco de Germoplasma de Citros (BAG Citros). Foram avaliados nas condições ambientais do estado de São Paulo e selecionados por apresentarem boas características hortícolas em variedades copas, como as laranjas Pera e Valência (p. ex. citrandarins Changsha x English small IAC 1710, Changsha x English large IAC 1711 e Sunki x Benecke IAC 1697; Figura 6).



Figura 6. Plantas de lima ácida Tahiti enxertadas no citrandarin IAC 3010 Pindorama (porte maior) e IAC 3152 Itajobi (menor porte), com seis anos de idade.

Em adição, o Centro tem contribuído para a busca de alternativas para o controle de doenças de pré e pós-colheita de frutos. Microrganismos têm sido testados com sucesso e resultaram em metodologia que contribui para a diminuição do uso de produtos químicos para o controle de importantes doenças fúngicas em citros. Como exemplos, um isolado da bactéria *Bacillus subtilis* apresentou eficiência de controle da podridão floral similar ao controle químico, assim como, outros isolados foram capazes de controlar a mancha preta dos citros, inibindo em >80% a evolução dos sintomas em frutos de laranja. Leveduras têm apresentado eficiência de controle para a podridão azeda de 90%, para o bolor verde de 60% e bolor azul de 75%.

Integrando-se à outras áreas estratégicas da citricultura e considerando-se conceitos de Agricultura de Conservação preconizados pela FAO, estão o mínimo revolvimento do solo, em cujo tema, o Centro avalia a qualidade do solo com braquiárias (*Urochloa ruziziensis* e *U. decumbens*) como plantas de cobertura nos pomares, que são

manejadas com roçadeira ecológica. Esta prática projeta a fitomassa da entrelinha para baixo das plantas formando um *mulching* natural. Esse sistema conservacionista contribui para a redução de 40% do uso de herbicidas, proporciona significativo aporte de K e outros nutrientes na linha de plantio, mantém a umidade do solo, e incrementa em até 30% a produção de frutos do pomar.

Entregas tecnológicas

Cerca de 95% das variedades copas e porta-enxertos do cinturão citrícola provêm de plantas básicas do Centro (Figura 7), que ainda atende a atividade com mais de 90% da demanda de borbulhas e sementes. São 140 cultivares registradas no RNC e RENASEM/MAPA e GEDAVE/CDA, que apoiam o setor de produção de mudas. Atualmente, o Programa Citricultura Nota 10 também valida dezenas de novas variedades, em 55 áreas que abrangem regiões de citros no País, contribuindo para um processo contínuo de oferta de material genético com características superiores ao setor.



Figura 7. Unidade do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" de manutenção e distribuição de material propagativo de alta qualidade genética e sanitária, de plantas de citros, para a cadeia de produção, em acordo com legislação federal e estadual.

A Clínica Fitopatológica do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" realiza análises moleculares para CVC, HLB, cancro cítrico e pinta preta, e microscópicas para *Phytophthora* spp. e nematoides nocivos aos citros. Esses métodos são acreditados e bianualmente auditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre), órgão do Inmetro, seguindo-se a normativa NBR ISO 17025. Essas ações contribuem para garantir a qualidade fitossanitária do material propagativo de citros dentro do processo de

certificação em vigência no estado de São Paulo desde 2003. As análises realizadas pela Clínica, no período de 2003-2022, representaram a avaliação de cerca de 250 milhões de mudas cítricas, número equivalente ao tamanho atual do cinturão citrícola.

Atendendo crescente demanda do setor, estabeleceu-se recentemente o laboratório de produção vegetal e fitossanidade, unidade que avaliará a eficiência e praticabilidade agrônômica para registro de novos defensivos visando o registro de uso na citricultura, dentro de normativas do MAPA.

Além de produtos e serviços especializados, o Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" tem capacitado amplo público em cursos e eventos. Em 2022, realizou a primeira edição do curso de citricultura on-line. Dentre os eventos, a Semana da Citricultura/Expocitros compõe o maior encontro da citricultura brasileira para transferência de tecnologia e negócios (Figura 8). O Dia do Limão Tahiti, em duas décadas, fomentou a criação de entidade de

classe dos produtores e exportadores da fruta e em sintonia com produtores e passou a ser realizado na Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Pindorama (SP). Na comemoração da sua vigésima edição, em 2019, viu-se a criação da 1ª Expolimão. Assim como o dia do Limão, outros encontros temáticos do Centro, como dia do Citros de Mesa, do HLB, da Laranja, do Porta-enxerto, da Tangerina e do Viveirista reuniram centenas de técnicos e contribuíram com inúmeras entregas tecnológicas ao setor.



Figura 8. Semana da Citricultura/Expocitros, maior evento da citricultura brasileira, realizado pelo Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" desde a década de 1970.

A transferência de conhecimento no Centro também é marcada por publicações de livros, de informativo e da revista *Citrus Research and Technology*.

Recentemente, também como entrega tecnológica, vê-se o estabelecimento da Vitrine Tecnológica de Variedades de Citros, que contará com uma unidade (estufa) de 95 variedades de copa comerciais e pré-comerciais, em condições similares a pomares comerciais, em telado protegido de pragas e vetores de doenças, e uma unidade demonstrativa contendo 45 novas variedades de tangerina e híbridos, em campo. A Vitrine tem o objetivo de promover visitas técnicas para avaliação e tomada de decisão de investimentos dos novos plantios, da citricultura moderna à distribuição de frutos, alinhando variedades e demandas de mercado.

Desafios e projetos estratégicos

A análise de cenários da citricultura, realizada pelo sistema de pesquisa e inovação, onde se insere o Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira", em conjunto com a cadeia de produção, especialistas e formadores de opinião, permite

o mapeamento de desafios e áreas estratégicas de desenvolvimento. Assim, qualidade de frutos e sustentabilidade da cadeia aparecem como foco de ação estabelecido nas discussões do Workshop Agropolo Citros (MATTOS et al., 2021) e do Planeja PD&I (ANEFALOS et al., 2020), conforme seguem:

- Ambientes de produção e qualidade de frutos para diferentes nichos de mercado: caracterização de interações copa e porta-enxertos e ampliação da base genética da citricultura;
- Biotecnologia e fenotipagem de alto rendimento para desenvolvimento de novas cultivares em escala, com precisão e reprodutibilidade em relação às técnicas tradicionais;
- Construção de *Big Data* e ferramentas de inteligência digital para validação da seleção de variedades de citros em diferentes ambientes de produção;
- Engenharia genética e técnicas inovadoras de melhoramento de precisão com foco em citros;
- Fertilizantes inteligentes, novas moléculas promotoras e interações com o sistema solo-planta para aumento da eficiência de uso de nutrientes na citricultura;

- Genética e genômica em microrganismos na produção sustentável de citros;

- Genômica e transcriptoma da interação citros-ambiente no desenvolvimento de estratégias de produção;

- Impactos das mudanças climáticas na produção e qualidade de citros: visão sistêmica de processos do estresse fisiológico na planta e meios de mitigação;

- Obtenção de variedades de tangerinas e limões com tolerância a estresses bióticos e qualidade de frutos em áreas estratégicas do estado de São Paulo: processos e produtos;

- Práticas culturais e bases de sustentabilidade para a produção de citros: do pequeno ao grande citricultor.

O Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" rumo aos 100 anos de criação

A análise de cenários na citricultura demanda maior consolidação do Centro como unidade de protagonismo para o agronegócio, com o compromisso no desenvolvimento de ações

espontâneas e orientadas pelos atores institucionais e privados em ciência e tecnologia, e em acordo com o sistema produtivo.

Projetos de apoio à pesquisa e bolsas de estudo têm sido contratados com as principais agências de fomento à pesquisa em São Paulo (FAPESP) e Brasil (CAPES, CNPq e Finep), cuja produção técnico-científica derivada e acumulada nas últimas décadas tem mostrado correlação direta com o aumento de produtividade da citricultura.

Nesse contexto, ainda se faz necessário o fortalecimento de ações de transferências de produtos e processos ao setor. São vários projetos que têm sido também firmados pelo Centro com a iniciativa privada, por meio do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT/IAC) e a FUNDAG, o que demonstra a força de relacionamento que se estabelece na citricultura e a capacidade de gerar valor, de forma objetiva e ágil.

Para atingir esses objetivos, nova organização e evolução da postura institucional deverão ser alcançadas, considerando-se o desenvolvimento de modelo de governança de instituição pública para a busca de melhores resultados, com base na geração de métricas de resultados, para avaliações

e/ou comparações assertivas de desempenho em todo o sistema.

A organização de um Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento (NPD) do Centro, anos atrás, foi importante na consolidação de programas e linhas de trabalho desenvolvidos por sua equipe. Hoje, novo passo no entendimento das relações e prioridades com o setor vira pauta estratégica do NPD para a programação de pesquisa. Conhecer instituições (empresas e institutos de pesquisa e universidades) e demais atores do sistema de pesquisa e inovação (associações, cooperativas, fundações setoriais e iniciativa privada) e aproximar competências são expectativas claras.

A referência ao Centro como unidade de destaque na citricultura, também relaciona-se ao trabalho desenvolvido com ampla interação institucional e colaboração recebidas dessas instituições, e atores da citricultura e de outras áreas no país e no exterior.

Ao desempenho técnico-acadêmico, somar-se-á análise de desempenho financeiro e operacional do Centro, para demonstrar todas suas características que permitirão identificar oportunidades para capturar todo o seu valor junto à citricultura.

Assim, estabelecer plano de trabalho dentro de um cenário de cinco anos se torna uma das maiores responsabilidades do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Citricultura "Sylvio Moreira" na celebração do aniversário de 135 anos de fundação do IAC.

Referências

ANEFALOS, L. C.; BALDASSIN JR., R.; CARDOSO, M. V. et al. (Coords.). **Planeja PD&I: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nos institutos da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2020. 318 p. (Documentos IAC, 116)

ARAÚJO, P. F. C.; NICOLELLA, A. (Org.). **Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da agricultura do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP, 2018. 412 p.

IBGE. **Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 3 mar. 2022.

KIST, B. B. [et al.] **Anuário Brasileiro de Fruticultura. 2021.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 104 p.

MATTOS JR., D.; KADYAMPAKENI, D. M.; OLIVER, A. Q.; BOARETTO, R. M.; MORGAN, K. T.; QUAGGIO, J. A. Soil and nutrition interactions. In: Talon, M.; Caruso, M.; Gmitter, Jr., F. (Org.). **The Genus Citrus.** 1. ed.: Elsevier, 2020, p. 311-331.

MATTOS JR., D.; MACHADO, M. A.; CRISTOFANI-YALI, M. **New Bioeconomy industry: citrus. tropical bioeconomy.** 1. ed. Santo André: Sian Martins Comunicação, 2021, p. 108-111.

MOREIRA, S.; COSTA, A. S.; GRANT, T. J. Métodos para identificação e controle da tristeza dos citros. **Bragantia**, v. 13 (único), 1954. DOI.org/10.1590/S0006-87051954000100019.

MURANAKA, L. S.; GIORGIANO, T. E.; TAKITA, M. A.; FORIM, M. R.; SILVA, L. F. C.; COLETTA FILHO, H. D.; DE SOUZA, A. A. N-acetylcysteine in agriculture, a novel use for an old molecule: focus on controlling the plant-pathogen *Xylella fastidiosa*. **PLoS One** 2013. DOI:10.1371/journal.pone.0072937.

PICCHI, S. C.; TAKITA, M. A.; COLETTA FILHO, H. D.; MACHADO, M. A.; DE SOUZA, A. A. N-acetylcysteine interferes with the biofilm formation,

motility and epiphytic behaviour of *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. **Plant Pathology**, 2015. DOI: 10.1111/ppa.12430.

TEÓFILO SOBRINHO, J.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O. Adensamento de plantio da laranjeira 'Valência' sobre trifoliata. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 13, p. 435-455, 1992.





13. O Programa Café do Instituto Agrônômico (IAC)

Júlio Cesar Mistro *
Maria Bernadete Silvarolla
Sérgio Parreiras Pereira
Gerson Silva Giomo
Flávia Maria de Mello Bliska
Julieta Andréa Silva de Almeida
Oliveiro Guerreiro Filho
Mirian Perez Maluf
Lilian Padilha

*julio.mistro@sp.gov.br



1. Introdução

Em 2022, o pioneiro programa de melhoramento genético de café do IAC completa 90 anos de estudos científicos ininterruptos, um marco na pesquisa cafeeira mundial, construído por dedicadas gerações de pesquisadores e funcionários com visão de futuro, empenhados na busca constante da sustentabilidade e da competitividade do segmento cafeeiro, contribuindo para edificação do IAC. O programa objetiva a busca de materiais com características agrônomicas superiores, que agreguem valor em toda a cadeia produtiva, em um processo contínuo de evolução e adequação às novas demandas do mercado.

Atualmente, das 132 cultivares de café arábica desenvolvidas no Brasil, 67 resultam dos trabalhos desenvolvidos pelo IAC e representam 90% do café arábica comercializado no Brasil e 70% no mundo. Os materiais genéticos que o IAC compartilhou no passado, com os demais programas de melhoramento brasileiros, acentuaram a participação do "DNA IAC" nas cultivares de arábica registradas e protegidas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Um marco notável desse programa foi o desenvolvimento do único porta-

-enxerto comercial brasileiro, o Apoatã IAC 2258, que permitiu o cultivo do café arábica em áreas infestadas por nematoides das espécies *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*.

Toda essa obra se materializou a partir do extraordinário Banco de Germoplasma (BAG) de Café do IAC, idealizado e estabelecido ao longo de décadas de comprometimento, que resultaram em 13 espécies do gênero *Coffea*, vários mutantes, híbridos intra e interespecíficos, acessos silvestres, cultivares primitivas, variedades botânicas, introduções, além de várias coleções de trabalho. A preservação dos cafeeiros é realizada no campo (in vivo), pois não é possível fazê-la em câmara fria ou criopreservação. A variabilidade genética preservada é de relevada importância à cafeicultura nacional, frente às alterações na demanda e, sobretudo, frente à necessidade de preservar e/ou aumentar a produtividade, a qualidade e a sanidade dos grãos. Dentre as principais características preservadas no BAG, se destacam: arquitetura da planta; ciclo de maturação dos frutos; resistência a fatores bióticos, como ferrugem, bicho mineiro e nematoide; resistência a fatores abióticos, como a seca e as altas temperaturas; composição química

dos grãos, como os teores de cafeína, sólidos solúveis e óleos e a qualidade sensorial da bebida.

Ao longo da história do IAC, outras áreas de estudo contemplaram o segmento cafeeiro e contribuíram de forma significativa para o estado de São Paulo se consolidar como pioneiro na inovação tecnológica do agronegócio café. Pesquisas em adubação, espaçamento, poda, mecanização, colheita, pós-colheita e zoneamento agrícola, empreendidas por pesquisadores do IAC, geraram tecnologias amplamente aplicadas à produção do grão, no país e no exterior.

Dentre as principais contribuições do IAC ao desenvolvimento da cafeicultura destacam-se: a aplicação racional de calcário e fertilizantes químicos em solos de cerrado paulista, na década de 60, possibilitando o aumento de produtividade e a consequente expansão da lavoura de arábica na região do Cerrado Mineiro; o início do desenvolvimento da colheita mecanizada dos grãos de café, mediante adaptação de máquinas para colher cerejas na Europa, projeto posteriormente transferido à iniciativa privada e o desenvolvimento do processo de descascamento dos frutos maduros do cafeeiro - o café cereja descascado (CD).

Nos dias atuais, as pesquisas estabelecidas no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café "Alcides Carvalho" do IAC são conduzidas por equipe multidisciplinar de pesquisadores, nas áreas de genética e melhoramento, biologia molecular, fitotecnia, fisiologia, química e desenvolvimento rural e regional sustentável, além de funcionários de apoio e bolsistas, no campo e nos laboratórios.

Os experimentos do programa de melhoramento genético de café do IAC estão instalados em diferentes regiões dos estados de São Paulo e Minas Gerais, em propriedades públicas e privadas. O programa conta com o apoio financeiro do Consórcio de Pesquisa Café, FAPESP, CNPq e empresas privadas. Os estudos são desenvolvidos em parceria com outros Centros de Pesquisa e Desenvolvimento do IAC, como a Unidade de Pesquisa de Desenvolvimento de Mococa, Recursos Genéticos Vegetais e Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita; com outros órgãos da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, como as Unidades Regionais de Pesquisa e Desenvolvimento de Adamantina (oeste de São Paulo), de Monte Alegre do Sul (leste paulista) e de Marília (região central); com a CATI-Lins; com os Institutos Biológico, Tecnologia de Alimentos e Economia Agrícola e as universidades paulistas, UNICAMP, USP e Unesp.

2. Desenvolvimento de cultivares de *Coffea arabica* (café arábica) e *C. Canephora* (café robusta)

2.1 Cultivares de café arábica

O processo de melhoramento genético do café arábica é ilustrado na figura 1, de forma simplificada:

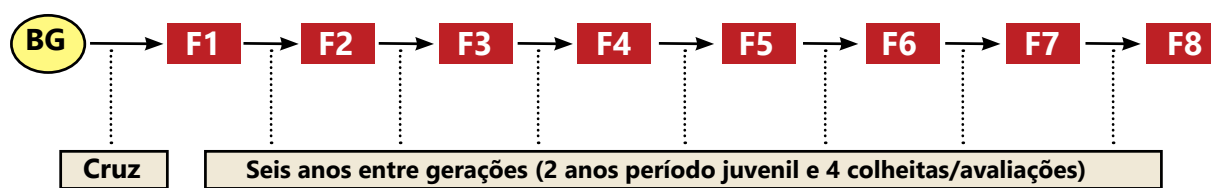


Figura 1. Processo de melhoramento do café arábica por sementes.

O desenvolvimento de uma cultivar de café arábica via seminal é extremamente longo, chegando a 50 anos de pesquisas. Isso se deve ao fato de que para se efetuar a seleção em cada geração são necessários no mínimo seis anos, sendo dois anos de fase juvenil e quatro anos de avaliações; adicionalmente, é preciso computar os trabalhos no Banco de Germoplasma (*screening*) e a experimentação regional (Figura 1). Atualmente, há alternativas que reduzem substancialmente essa jornada: a clonagem em qualquer uma das gerações, ou no próprio germoplasma (uso direto), para posterior validação em escala regional e comercial.

Dentre as 67 cultivares de café desenvolvidas no IAC, a Catuaí e a Mundo Novo são a base da cafeicultura brasileira, por apresentarem ampla adaptação, rusticidade e produtividade, apesar de sua alta suscetibilidade à ferrugem, principal doença do cafeeiro. O IAC desenvolveu cultivares resistentes ou tolerantes a esta doença: Icatu (estudado pelo Dr. Alcides Carvalho 20 anos antes da chegada da doença ao Brasil), Obatã IAC 1669-20 (Obatã Vermelho), Tupi, e as recentes Obatã Amarelo IAC 4739, IAC 125 RN e IAC Catuaí SH3. As duas últimas são resistentes a todas as raças da ferrugem. O IAC 125 RN agrega também resistências simultâneas às

raças 1 e 2 do nematoide *M. exigua* e à raça 1 de *M. incognita*. E a IAC Catuaí SH3 apresenta certa tolerância ao déficit hídrico. O IAC desenvolveu, ainda, as cultivares Acaiá e Ouro Verde, com excelentes características agronômicas e tecnológicas, porém suscetíveis à ferrugem.

Anteriormente, o IAC desenvolveu cultivares do grupo Bourbon, uma de Bourbon Vermelho e sete de Bourbon Amarelo. Estas cultivares são apreciadas na produção de cafés especiais, por apresentarem melhor qualidade sensorial. Após o lançamento da cultivar

Mundo Novo, a Bourbon foi preterida. A partir de 2003 o IAC retomou o melhoramento genético desta cultivar, selecionando plantas de seu germoplasma e realizando hibridações, visando melhorias nas produtividades e características agronômicas. O IAC possui também em seu portfólio as cultivares Laurina IAC 870 e Ibairi IAC 4761 com ótimos potenciais para a produção de cafés especiais.

Nas figuras 2 e 3 são apresentadas as cultivares de café arábica desenvolvidas pelo IAC.

Bourbon Vermelho	Bourbon Amarelo	Mundo Novo	Icatu Vermelho	Icatu Amarelo	Icatu Precoce	Acaiá
Introdução	Mutação ou A Botucatu x BV	BV x Sumatra	(R x B) x MN	(R x B) x MN A ou (R x B) x Bourbon A	Seleção Icatu	Seleção MN
IAC 662	IAC J2 IAC J9 IAC J10 IAC J19 IAC J20 IAC J22 IAC J24	IAC 379-19 IAC 376-4 IAC 382-14 IAC 388-6 IAC 388-17 IAC 464-12 IAC 515-11 IAC 515-20 IAC 501-5 IAC 502-1 IAC 467-11 IAC 480-6	IAC 2941 IAC 2942 IAC 2945 IAC 4040 IAC 4041 IAC 4042 IAC 4043 IAC 4045 IAC 4046 IAC 4228	IAC 2944 IAC 3686 IAC 2907	IAC 3282	IAC 474-1 IAC 474-4 IAC 476-6 IAC 474-7 IAC 474-19 IAC 474-20

A = Amarelo; BV = Bourbon Vermelh; R = Robusta; B = Bourbon; MN = Mundo Novo.

Figura 2. Cultivares de café arábica de porte alto desenvolvidas pelo IAC.

Caturra	Catuaí Vermelho	Catuaí Amarelo	Ouro Verde	Tupi	Obatã	Catuaí SH3
Mutação Bourbon Vermelho IAC 477 Amarelo IAC 476	MN x Caturra IAC 15 IAC 24 IAC 44 IAC 51 IAC 72 IAC 81 IAC 99 IAC 144	MN x Caturra IAC 17 IAC 32 IAC 39 IAC 47 IAC 62 IAC 74 IAC 86 IAC 100	Catuaí Amarelo x MN IAC 5010-5	V Sarchi x HT IAC 1669-33 IAC 125 RN	(VS x HT) x Catuaí IAC 1669-20 IAC Obatã 4739	Catuaí V x BA10

MN = Mundo Novo; HT = Híbrido de Timor; VS = Villa Sarchi; V = Vermelho.

Figura 3. Cultivares de café arábica de porte baixo desenvolvidas pelo IAC.

2.2 Cultivares de Café Robusta

A partir de 2005, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café “Alcides Carvalho” iniciou o programa de melhoramento genético de café robusta para o desenvolvimento de cultivares clonais. Inicialmente alguns experimentos de progênies foram realizados nos municípios de Campinas e Parapuã. A partir de 2015, experimentos com plantas clonais provenientes de seu BAG foram instalados em regiões marginais ao café arábica, como as

de Adamantina, Parapuã e Lins, no centro-oeste do estado de São Paulo. Nesses experimentos são priorizadas características que atendam à indústria do café solúvel: altas produtividades aliadas a altos teores de sólidos solúveis. Não menos importante, a melhoria das demais características agrônômicas e tecnológicas também tem sido selecionadas nesse programa. O desenvolvimento de cultivares clonais na robusta é mais rápido quando comparado à arábica, sendo necessários em torno de 20 a 25 anos para a finalizar a tecnologia.

2.3 Cultivares de café arábica naturalmente descafeinadas

Em 1999, descobriram-se três plantas oriundas da Etiópia, com teor muito baixo de cafeína, no Banco de Germoplasma de Café do IAC. Essa descoberta teve grande impacto no meio científico, após publicação na Revista *Nature* e maciça divulgação nos principais meios de comunicação no Brasil.

Progênies oriundas de hibridações com cultivares elite estão em seleção e, em condições experimentais, tem se mostrado promissoras, aliando teor de cafeína

abaixo de 0,10% (conforme resolução RDC nº 277 da ANVISA, de 2005, para que o café possa ser considerado descafeinado) e produtividades acima de 30 sacas ha^{-1} (Figura 4). Tais plantas estão em fase final de clonagem, para avaliação em experimentos regionais e, a seguir, lançamento como a primeira cultivar de café arábica naturalmente descafeinada. Assim, o grão do café sairá do campo sem cafeína, dispensando o uso de solventes químicos ou água para sua remoção. Esse projeto tem apoio financeiro da FAPESP e, anteriormente, contou com o suporte do Consórcio Café, da Finep e da CAPES.



Figura 4. Vigor vegetativo de plantas descafeinadas no campo, maturação dos frutos e análise da cafeína.

2.4. Pesquisas em andamento

- Seleção de plantas para o desenvolvimento de cultivares com superioridades nas suas características agrônômicas, químicas, fitossanitárias, tecnológicas e sensoriais.

- Seleção de novos porta-enxertos de café robusta com resistência as três principais espécies de nematoides.

- Seleção de plantas resistentes ao bicho mineiro.

- Edição genética no desenvolvimento de cultivares descafeinadas de café arábica.

- *Fingerprint* ou identificação molecular de cultivares visando sua rastreabilidade.

- Sistemas de plantio de café arborizado.

3. Cafés especiais

O programa de cafés especiais do IAC foi estabelecido em 2011 visando intensificar as pesquisas relacionadas ao estudo do desempenho tecnológico de diversos genótipos existentes no BAG Café-IAC. Além de desenvolver pesquisas focadas na melhoria da qualidade, este programa utiliza protocolos personalizados

para a produção de cafés especiais a partir de estudos amplos sobre a combinação genótipo x ambiente x processamento pós-colheita, o que tem permitido a obtenção de cafés com qualidade compatíveis aos melhores cafés do mundo.

Experimentos vêm sendo desenvolvidos em campo, contemplando condições edafoclimáticas distintas no Brasil, para a avaliação do desempenho agrônômico e tecnológico de diversos tipos de Bourbon Amarelo e Bourbon Vermelho, um grande número de variedades importadas de cafeeiro arábica e uma infinidade de híbridos intravarietais e interespecíficos, inéditos no Brasil, os quais têm apresentado excelentes resultados de desempenho agrônômico e elevada qualidade sensorial.

Para acelerar o processo de obtenção de novas cultivares tem sido utilizada, desde 2012, a clonagem de plantas híbridas por embriogênese somática e os resultados obtidos em campo são bastante promissores comprovando a eficiência agrônômica de alguns genótipos, que têm apresentado produtividade adequada para uso comercial e perfis sensoriais diferenciados e exóticos, com notas acima de 90 pontos na escala da *Specialty Coffee Association*

(SCA). Esses resultados poderão, no futuro, auxiliar na recomendação de cultivares mais adaptadas a cada ambiente, bem como de sistemas de cultivo e processamento pós-colheita mais apropriados para a produção de cafés especiais diferenciados, exóticos e com elevadas notas sensoriais. Além de enriquecerem o *terroir* do café brasileiro, as novas cultivares poderão constituir excelente oportunidade para agregação de valor ao produto.

4. Fisiologia vegetal

A embriogênese somática desenvolve plantas geneticamente idênticas. Nesse processo, células de um fragmento de tecido vegetal formam embriões somáticos que se diferenciarão em plantas. Em *C. arabica* a embriogênese somática pode ser obtida de forma indireta ou direta.

Nos anos 1970, o IAC iniciou estudos de embriogênese somática em *Coffea*, o que trouxe contribuições para o melhoramento genético desta espécie. Nesta fase, se desenvolveu o protocolo de embriogênese somática indireta. Esta é uma importante contribuição porque a maioria dos genótipos de arábica responde a este

protocolo que até hoje é utilizado em instituições de pesquisas brasileiras e internacionais.

Desde os anos 2000, a equipe do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café "Alcides Carvalho" estuda a embriogênese somática direta associada à Fisiologia do Crescimento e Desenvolvimento de Plantas para compreender os fatores que controlam sua ocorrência em genótipos de *C. arabica*. Inicialmente, estudou-se o efeito de fatores do ambiente de cultivo da planta-mãe na resposta da via direta, como a época do ano, disponibilidade hídrica do solo, horário de coleta, posição das folhas na planta e em relação aos pontos cardeais e estação do ano. Também foram estudados fatores da condição de cultivo in vitro, como iluminação, temperatura, tipo de explante, reguladores de crescimento de planta e concentração osmótica. Recentemente, verificou-se que o potencial osmótico de baixa intensidade tende a favorecer a via direta (Figura 5). As pesquisas do Centro com embriogênese somática também contribuíram com a clonagem de genótipos de café descafeinado (caféina abaixo de 0,10%), do bicho mineiro e do programa de qualidade de bebida.

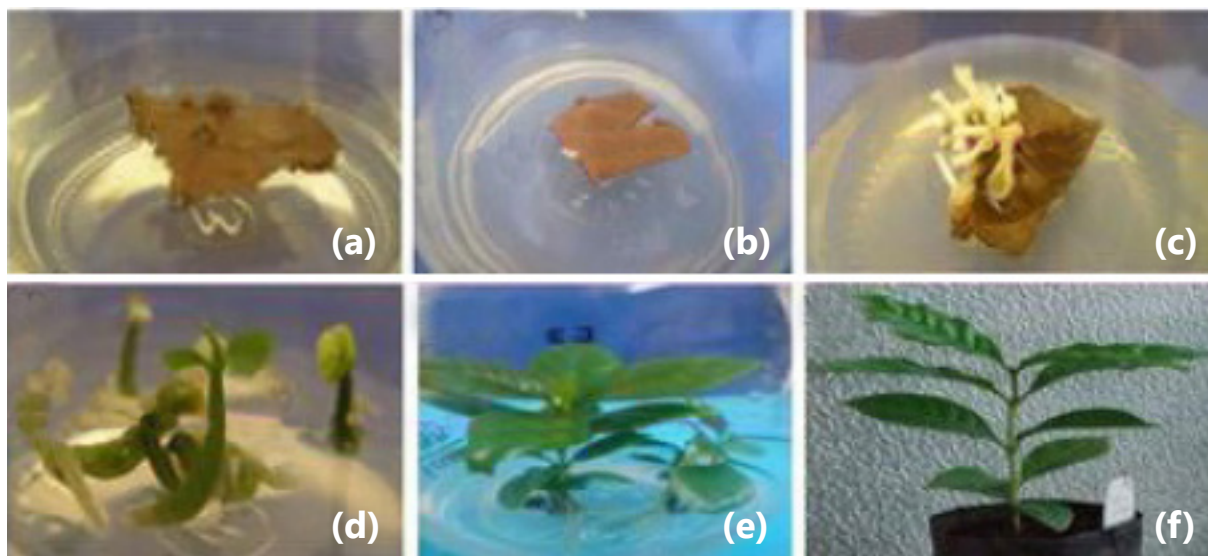


Figura 5. Embriogênese somática direta em explante de *Coffea arabica* da cultivar Catuaí mantido em temperatura de 30 °C e ausência de luz. Explante com formação de estrutura embriogênica (a); explante com início de formação de embrião somático (b); explante com embriões somáticos (c); eixo embrionário em presença de luz (d); plântula in vitro (e) e planta ex vitro (f).

5. Desenvolvimento rural e regional sustentável

O agricultor usualmente se concentra na direção do processo produtivo e posterga a implantação de modelos de gestão organizados. Comumente, os sistemas de gestão disponíveis ao agronegócio enfatizam levantamentos detalhados sobre variáveis eventualmente sigilosas e exigem capacitação do usuário ou apoio de consultores. Diante disso, a UNICAMP e o Centro de P&D de Café "Alcides Carvalho" desenvolveram uma ferramenta de autoavaliação,

com aplicação simples, rápida e gratuita, para apoiar a transformação de agricultores em empresários, o Método de Identificação do Grau de Gestão (MIGG).

O MIGG abrange quatro segmentos do agronegócio (outros poderão ser adicionados): café, flores, frutas e hortaliças. O software para sua aplicação será disponibilizado por meio da Plataforma de Gestão Agrícola. São avaliados critérios que visam à excelência na gestão: estratégias e planejamento, liderança, clientes, sociedade, informações,

peças, processos e resultados. Esses critérios são quantificados por 64 indicadores, com pesos específicos, totalizando no máximo 1.000 pontos, que classificam a gestão em níveis de “um” o mais baixo a “nove” o mais alto.

Ao final da avaliação, são automaticamente disponibilizados: o grau de gestão do empreendimento; a pontuação total e de cada indicador; recomendações de ações corretivas, classificadas conforme a prioridade para sua implantação (alta, média ou baixa). O MIGG já avaliou 1.182 empreendimentos cafeeiros. Sua aplicação periódica e a implantação das correções poderão melhorar a gestão do agronegócio, aumentar sua competitividade e sustentabilidade no longo prazo, apoiar a elaboração de políticas públicas setoriais e auxiliar a extensão rural e as pesquisas científicas e tecnológicas.

6. Rede social do café

Em um contexto de grandes transformações digitais, surgiu em 2006 a Rede Social do Café. Desde sua gênese, foi criada para conectar profissionais, instituições e empresas, de forma a incentivar o compartilhamento de informações,

construção do conhecimento e desenvolvimento de oportunidades para o Sistema Agroindustrial do Café.

Desenhou-se uma revolução no modelo de comunicação entre as instituições participantes do Consórcio Café e os demais segmentos da cadeia, numa troca dinâmica de informações para incentivar a incorporação das tecnologias geradas pela pesquisa e colocar a cadeia de valor café dentro do moderno contexto da sociedade da informação.

A rede que completou 16 anos em 2022, demonstra uma força surpreendente, com a marca de 25 milhões de acessos, em quase de 70 mil tópicos com foco no agronegócio café. Trata-se de importante repositório de pesquisas, tecnologias, inovações, notícias, histórias, com acesso aberto e acessível a um conjunto cada vez mais diversificado de pessoas.

Para o futuro, um novo projeto está sendo construído para manter, reestruturar, ampliar e acompanhar a utilização e a comunicação via Rede Social do Café. Pretende-se não apenas manter, mas expandir o modelo de comunicação inovador entre os diversos agentes que compõem os

segmentos do agronegócio café. Segue-se com a convicção de que a informação, o conhecimento e a articulação são os fatores que auxiliam os atores do sistema agroindustrial do café a alcançarem o sucesso em seus empreendimentos.

7. Perspectivas futuras

a) Gestão de recursos genéticos, incluindo a preservação, caracterização e revitalização do Banco de Germoplasma de Café do IAC.

b) Seleção de novas cultivares de café arábica contemplando uma ou mais das seguintes características: resistência ao bicho-mineiro, ferrugem, bacterioses e nematoides, tolerância ao estresse hídrico, elevada produtividade, porte adequado ao adensamento, componentes químicos, etc.

c) Seleção de novas cultivares de café robusta para o cultivo em regiões marginais para o café arábica no estado de São Paulo.

d) Diversificação em estudos de biotecnologia, com ênfase em técnicas de propagação de plantas, relacionados ao cultivo in vitro, e à genômica funcional, como ferramentas de apoio ao

melhoramento genético para acelerar a obtenção de novas cultivares de café.

e) Pesquisas em socioeconomia com ênfase em estudos de viabilidade econômica de processos e sistemas produtivos, sustentabilidade e relações sociais ao longo da cadeia e análises de impactos ambientais, sociais, econômicos e tecnológicos.



VOCÊ CONHECE A FUNDAG?

A Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola começou em 1991 e hoje caminha ao lado dos principais institutos de pesquisa, instituições de extensão, universidades e empresas públicas e privadas do meio agro em geral. Há 31 anos a Fundag vem contribuindo para o desenvolvimento do agronegócio, fomentando a ciência e a tecnologia do setor. São mais de 3 décadas proporcionando a inovação, sustentabilidade e crescimento da agropecuária e seu meio ambiente.

NOSSOS NÚMEROS

+1500

Projetos

+550

Parceiros

+30

Países

Números que reforçam nossa história,
seriedade e transparência.

NOSSOS SERVIÇOS

GESTÃO DE PROJETOS

GESTÃO FINANCEIRA

GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS

GESTÃO DE BOLSAS

ASSESSORIA JURÍDICA

APOIO NA ORGANIZAÇÃO DE CURSOS E EVENTOS

APOIO E VENDA DE PUBLICAÇÕES

Entre em contato e conheça
os nossos serviços!

fundag@fundag.br | +55 19 3739 8035

📍 Rua Dona Libânia, 2.017 - Campinas (SP)



**A FUNDAG parabeniza o IAC pelos seus 135 anos,
sempre abrilhantando a agricultura nacional.**

Instituto Agrônomo
Av. Barão de Itapura, 1.481
13020-902 - Campinas (SP) BRASIL
Fone: (19) 2137-0600

www.iac.sp.gov.br



SECRETARIA DE
**AGRICULTURA E
ABASTECIMENTO**

