USO DE INDUÇÃO DE MUTAÇÃO *IN VIVO* E *IN VITRO* NO MELHORAMENTO DE PLANTAS

Legados da Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas (1966-2021)

Akihiko Ando

Augusto Tulmann Neto

Piracicaba-SP • 2021

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Prof. Dr. Vahan Agopyan - Reitor
Prof. Dr. Antonio Carlos Hernandes - Vice-Reitor

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

Prof. Dr. José Albertino Bendassolli - Diretor
Profa. Dra.Tsai Siu Mui - Vice-Diretor

Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos

Profa. Dra. Marli de Fátima Fiore - Chefe
Prof. Dr. Cassio Hamilton Abreu Junior - Substituto

Laboratório de Melhoramento de Plantas

Prof. Dr. Antonio Vargas de Oliveira

Capa	José Adilson Milanêz
	João Geraldo Brancalion
Editoração eletrônica	Maria Clarete Sarkis Hyppolito
Revisão	Marília Ribeiro Garcia Henyei
	Adriana Bueno Moretti
Tratamento de Imagens	José Adilson Milanêz
Impressão e Acabamento	Serviço de Produções Gráficas - ESALQ
Tiragem	40 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ando, Akihiko
Uso de indução de mutação in vivo e in vitro no melhoramento de plantas : legados da seção de radiogenética e laboratório de melhoramento de plantas 1966-2021 / Akihiko Ando, Augusto Tulmann Neto. -- Piracicaba, SP : Augusto Tulmann Neto : CENA/USP, 2021.

Bibliografia
ISBN 978-65-00-35950-3

1. Agricultura e tecnologias relacionadas 2. Melhoramento genético 3. Mutação (Biologia) 4. Plantas - Melhoramento genético 5. Radiogenética I. Tulmann Neto, Augusto. II. Título.

21-92828 CDD-631.5233

Índices para catálogo sistemático:

1. Plantas : Melhoramento genético : Agricultura genética 631.5233

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

AGRADECIMENTOS

Nosso reconhecimento e agradecimento aos estudantes, todos listados ao longo do texto; a todos os funcionários do CENA pela colaboração direta ou indireta nas pesquisas desenvolvidas e aos docentes, pesquisadores e dirigentes do CENA e das instituições públicas e privadas, os quais colaboraram de modo decisivo, incentivando, financiando ou participando das atividades de pesquisa, ensino e extensão desenvolvidas pelos funcionários e docentes da Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA/USP.

Nosso reconhecimento também à Seção Técnica de Biblioteca pelo apoio constante às pesquisas desenvolvidas no CENA, à Seção Técnica de Informática pelo apoio aos docentes e alunos em toda trajetória científica e nosso agradecimento à Biblioteca, Informática e equipe do Serviço de Produções Gráficas da ESALQ, pelo impecável trabalho de preparo do conteúdo, trabalho gráfico, montagem da capa e editoração deste livro.

Nossos mais sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. José Albertino Bendassolli e Profa. Dra. Tsai Siu Mui, Diretor e Vice-Diretora do CENA, por acreditarem e apoiarem a ideia de apresentarmos o legado de nossas atividades acadêmicas nesta obra.

DEDICATÓRIA

Ao grupo pioneiro de professores da ESALQ, da década de 1960, os quais capitaneados pelo Prof. Admar Cervellini, idealizaram, perseveraram e foram os responsáveis pela criação do CENA.

Aos que direta ou indiretamente contribuíram e contribuem para o melhoramento de plantas no Brasil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7
2. PROCEDIMENTOS UTILIZADOS EM INDUÇÃO DE MUTAÇÃO 9
3. PESQUISAS 16
3.1. ARROZ (*Oryza sativa* L.) 16
3.2. MILHO (*Zea mays* L.) 28
3.3. TABACO (*Nicotiana tabacum* L.) 31
3.4. ARABIDOPSIS (*Arabidopsis thaliana* L.) 38
3.5. FEIJÃO *(Phaseolus vulgaris* L.) 39
3.6. TRIGO (*Triticum aestivum* L.) 52
3.7. MANDIOCA (*Manihot esculenta*) 61
3.8. SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill] 64
3.9. MAMÃO (*Carica papaya* L.) 70
3.10. PIMENTA DO REINO (*Piper nigrum* L.) 75
3.11. CITROS 79
3.12. SORGO (*Sorghum bicolor* L.) 87
3.13. FORRAGEIRAS 88
3.14. BANANA (*Musa* spp.) 90
3.15. ORNAMENTAIS 97
3.16. FIGO (*Ficus carica* L.) 104
3.17. GIRASSOL (*Helianthus anuus* L.) 109
3.18. ABACAXI (*Ananas comosus* (L) Merril) 112
3.19. VIDEIRA (*Vitis vinifera*) 118
3.20. TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) 122
3.21. ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.) 122
3.22. MAÇÃ (*Malus domestica* Bork) 123
3.23. MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) 125

3.24. ESPINHEIRA SANTA (*Maytenus ilicifolia* Mart.ex Reiss)..... 128
3.25. GERAIS 130
4. ENSINO 132
4.1. NO BRASIL 132
4.2. NO EXTERIOR 134
5. EXTENSÃO 142
5.1. CONTRIBUIÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS NO BRASIL 142
5.2. CONTRIBUIÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS NO EXTERIOR 158
5.3. ORIENTAÇÕES EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA 165
5.4. APRIMORAMENTO DE PROFISSIONAIS 174
5.5. ASSESSORIA E CONSULTORIA EM PROJETOS NO BRASIL 178
5.6. ASSESSORIA E CONSULTORIA EM PROJETOS INTERNACIONAIS EM INDUÇÃO DE MUTAÇÃO 179
5.7. PRESTAÇÃO DE SERVIÇO TÉCNICO ESPECIALIZADO 180
5.8. PARTICIPAÇÕES EM EXPOSIÇÕES E FEIRAS 182
5.9. PARTICIPAÇÃO EM BANCAS EXAMINADORAS OU JULGADORAS 186
5.10. PALESTRAS E SEMINÁRIOS PROFERIDOS 186
5.11. DIVULGAÇÕES EM JORNAIS E REVISTAS, RÁDIO E TELEVISÃO..... 187
6. CONTRIBUIÇÕES NA ADMINISTRAÇÃO 188
7. PRÊMIOS, DISTINÇÕES E RECONHECIMENTOS NA ÁREA DE INDUÇÃO DE MUTAÇÃO EM MELHORAMENTO DE PLANTAS 188
7.1. NO BRASIL 188
7.2. NO EXTERIOR 192

1. INTRODUÇÃO

Em 1966, quando da criação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA foram iniciadas as atividades da Seção de Radiogenética, atualmente Laboratório de Melhoramento de Plantas, com o objetivo de aplicação de técnicas nucleares no melhoramento de plantas. Com o auxílio da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN; International Atomic Energy Agency – IAEA; Universidade de São Paulo – USP; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, foram iniciadas pesquisas com culturas propagadas por sementes e posteriormente por propagação vegetativa. Em tal processo foram utilizados raios gama de diferentes tipos de irradiadores do CENA e também mutagênicos químicos. Associadas ao uso dos mutagênicos foram introduzidas pesquisas com cultura de tecidos e posteriormente iniciada a linha de pesquisa com biologia molecular. Deve-se ressaltar a importante contribuição da IAEA, Viena, Áustria que, por meio do Projeto Feijão, no início das atividades do CENA, forneceu à Seção de Radiogenética, não apenas um excelente parque de equipamentos, mas também treinamentos no exterior para docentes e funcionários e a vinda de renomados especialistas para o CENA. Com a evolução das pesquisas, os docentes do Laboratório disseminaram a técnica em duas disciplinas em cursos de graduação, três disciplinas de pós-graduação e vários cursos especializados no Brasil e exterior. Contribuiu ainda com a formação de recursos humanos, desde alunos de graduação, de pós-graduação e aperfeiçoamento de pesquisadores. Foi expressiva a contribuição da Seção e Laboratório na participação em reuniões científicas tanto no Brasil como no exterior.

Importante deixar registrada também, a fundamental importância devida à colaboração e interação com instituições de pesquisa nacionais públicas, como APTA Regional da Alta Sorocabana-Presidente Prudente; EPAGRI; EPAMIG; EMBRAPA; IAC; IAPAR; IRGA; Instituto Biológico; UNESP, ou privadas, como FT Pesquisa e Sementes; Centro de Melhoramento Genético do Fumo; Coopersucar; Floricultores de Holambra; FUNDECITRUS; Clone Viveiros. Nas pesquisas com abacaxi, algodão, arabidopsis, arroz, banana, citrus, espinheira santa, feijão, figo, girassol, maçã, mamão, milho, ornamentais, pimenta do reino, soja, sorgo, tabaco, tomate, trigo, videira, além das contribuições citadas anteriormente, a ampliação da variabilidade genética causada pelo tratamento *in vivo* ou *in vitro* tornou possível a seleção de mutantes com melhores características agronômicas, vários dos quais resultaram em novas variedades liberadas aos agricultores brasileiros.

Ao se elaborar o Legado da Seção de Radiogenética e do atual Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA, envolvendo ensino, pesquisa e exten-

são até 2021, procuramos agradecer e reconhecer aos funcionários e docentes da Seção e do Laboratório, às Diretorias e aos funcionários do CENA, à USP, aos pesquisadores e funcionários das instituições oficiais e particulares colaboradores das atividades e todos os que direta ou indiretamente deram sua contribuição. Esperamos que fique demonstrado o bom uso dos recursos públicos recebidos durante todos estes anos cumprindo as atividades de pesquisa, ensino e extensão, inerentes à missão da Universidade de São Paulo. Embora este Legado tenha se baseado em documentos oficiais, deve-se reconhecer suas limitações, voluntárias ou involuntárias. Procuramos limitar, na maioria dos itens apresentados, aspectos diretamente relacionados ao uso de indução de mutações, portanto o documento necessariamente não contempla toda a contribuição da Seção de Radiogenética ou Laboratório de Melhoramento de Plantas. Também será observada uma desuniformidade na apresentação de alguns dados, devida às diferentes maneiras as quais eram utilizadas pelo CENA durante os anos para catalogar as atividades intra institucionais de pesquisa, ensino e extensão.

2. PROCEDIMENTOS UTILIZADOS EM INDUÇÃO DE MUTAÇÃO

Como citado inicialmente, diferentes tipos de irradiadores do CENA foram utilizados nestas pesquisas, todos eles emissores de raios gama provenientes de ^{60}Co. Desde 1999 é utilizado o irradiador Gamma Cell 220, instalado nas dependências do Laboratório de Melhoramento de Plantas, obtido por meio de Projeto Multiusuário da FAPESP, coordenado por pesquisador do Laboratório. Estas irradiações foram efetuadas *in vivo* ou *in vitro* e foram utilizados diferentes tipos de materiais tais como plantas inteiras, sementes, grãos de pólen, ramos com gemas axilares, folhas, diferentes explantes *in vitro* e etc., como será citado posteriormente nas diferentes culturas. Na maior parte dos casos eram feitas reuniões com os pesquisadores interessados, para o estabelecimento da estratégia a ser utilizada e, após isto, no CENA ou no local do experimento era realizado um ensaio preliminar para a determinação da dose a ser utilizada. O material irradiado em certos casos era enviado por correio até o local da pesquisa ou os próprios pesquisadores os transportavam para seus institutos. Em determinada situação o volume de sementes irradiado foi tão grande que os sacos contendo o material irradiado foram transportados de caminhão até o embarque por avião.

Mutagênicos químicos, utilizando também diferentes partes das plantas, foram utilizados nestes trabalhos, principalmente EMS - metanossulfonato de etila e azida sódica. Inicialmente tais tratamentos, envolvendo muitos cuidados devido à alta toxidade para a saúde e com o intuito de se evitar danos ambientais, foram realizados no Laboratório da Seção de Radiogenética. Devido às distâncias entre as organizações envolvidas nas pesquisas, localizadas no estado de São Paulo ou outros estados (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul entre outros) pesquisadores do CENA começaram a fazer também esses tratamentos nos próprios locais nos quais seriam instalados os experimentos, acompanhados por técnicos das instituições. O mutagênico nestes casos era fornecido pela Seção. Por meio deste procedimento ou treinamentos presenciais no CENA ou cursos de extensão ministrados por docentes da Seção de Radiogenética, pesquisadores dessas instituições, aprenderam a metodologia usada em tratamento com mutagênicos químicos, e começaram eles mesmo a realizarem os tratamentos utilizando os mutagênicos que haviam adquirido.

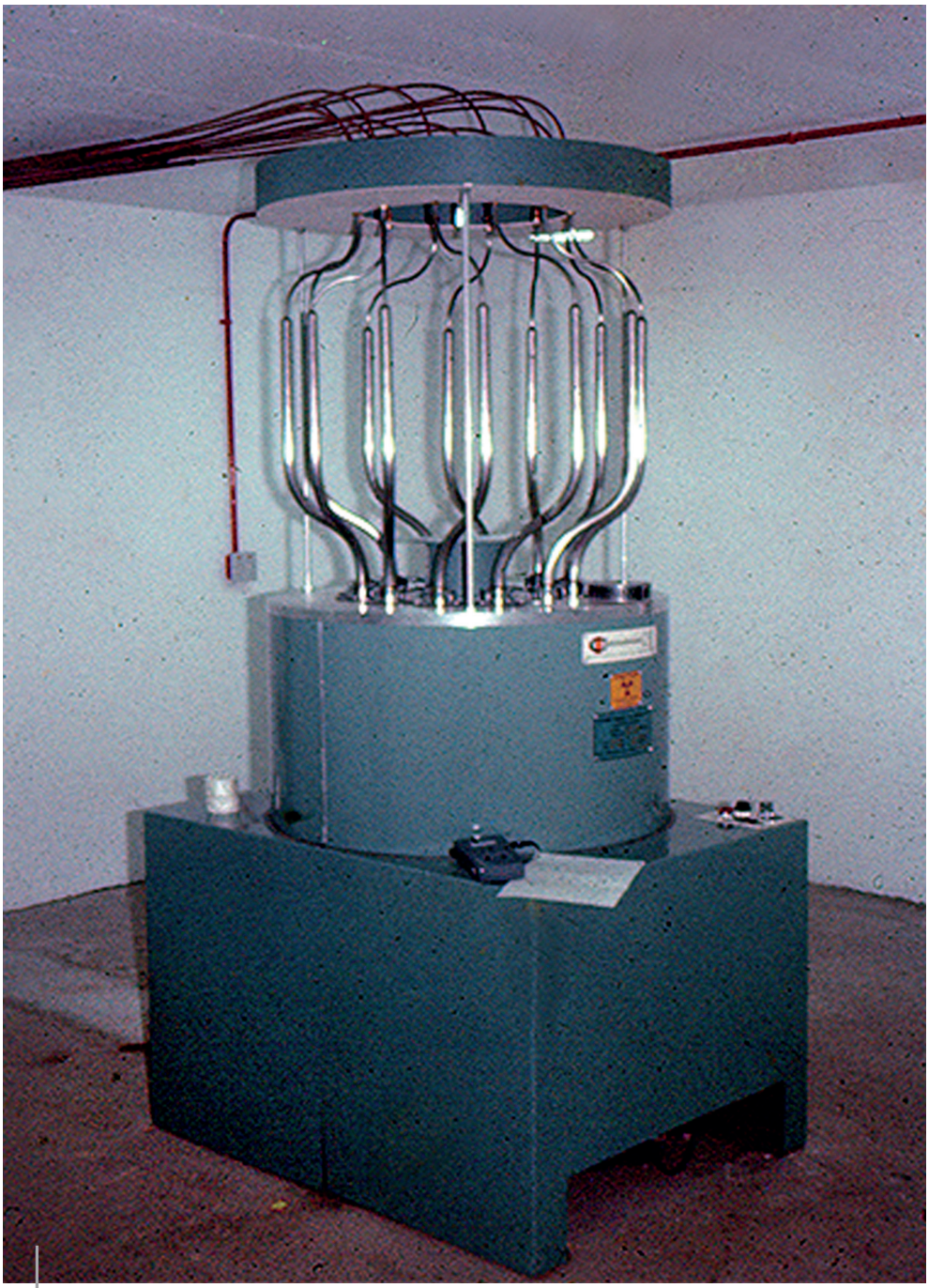
Inicialmente eram irradiados materiais *in vivo* (sementes, hastes com gemas axilares, folhas, plantas etc.), mas a Seção de Radiogenética graças à visão do Prof. Akihiko Ando já se preocupava com a associação de mutagênese e cultura de tecidos. Para isto inicialmente foram utilizadas as instalações de cultura de tecidos da Seção de Bioquímica de Plantas do CENA. Mas a Seção

de Radiogenética necessitava de um espaço maior para suas atividades de mutagênese e então em 1983 foi instalada na Seção com a coordenação do Prof. Akihiko Ando, um Laboratório de Cultura de Tecidos com o auxílio da IAEA, FINEP, JICA e da Fundação Mitsui. Isto permitiu a irradiação *in vitro* de diferentes tipos de explantes tais como ápices caulinares, pedicelos, suspensões celulares, protoplastos etc. Além disto, tal Laboratório com o passar dos anos foi sendo utilizado intensamente pelo Prof. Antonio Figueira e estudantes de graduação, pós-graduação, pós doutorandos e profissionais de outras instituições para trabalhos envolvendo biologia molecular.

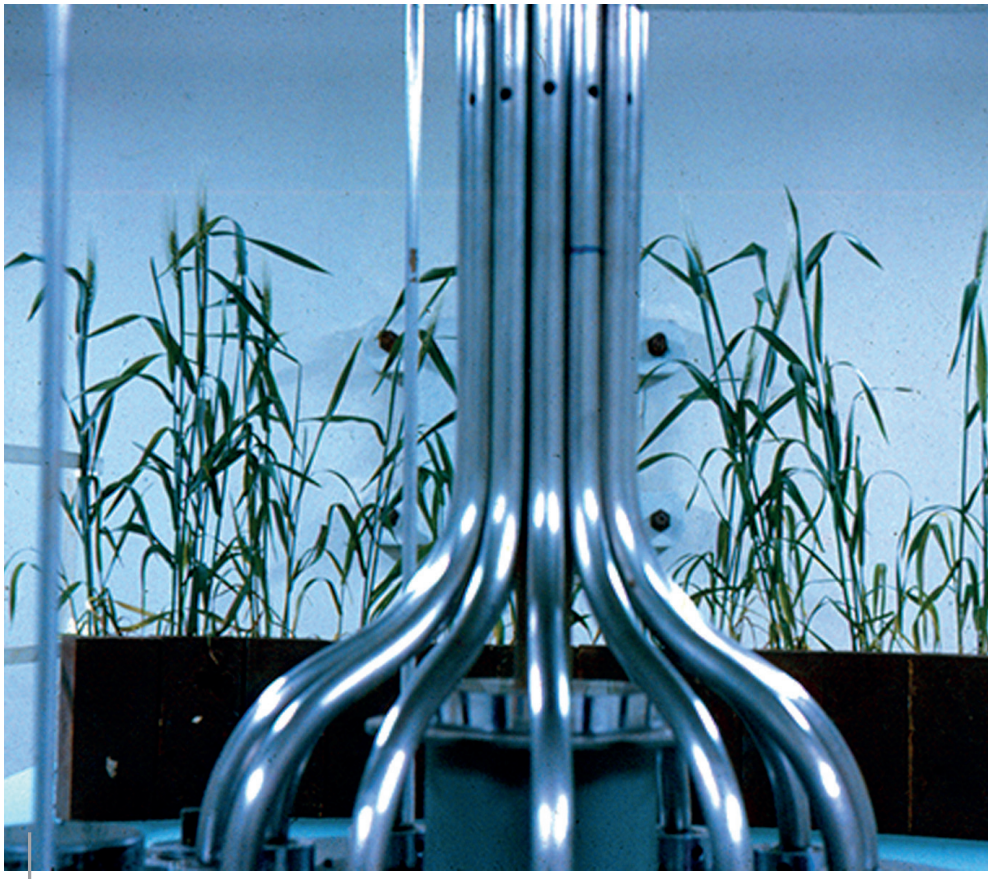
As fotos que farão parte deste repositório demonstram alguns aspectos do que foi descrito.



Primeiro irradiador do CENA utilizado pela Seção de Radiogenética para a irradiação com raios gama de diferentes partes da planta. Na foto, irradiação de plantas de tomate em florescimento (1972)



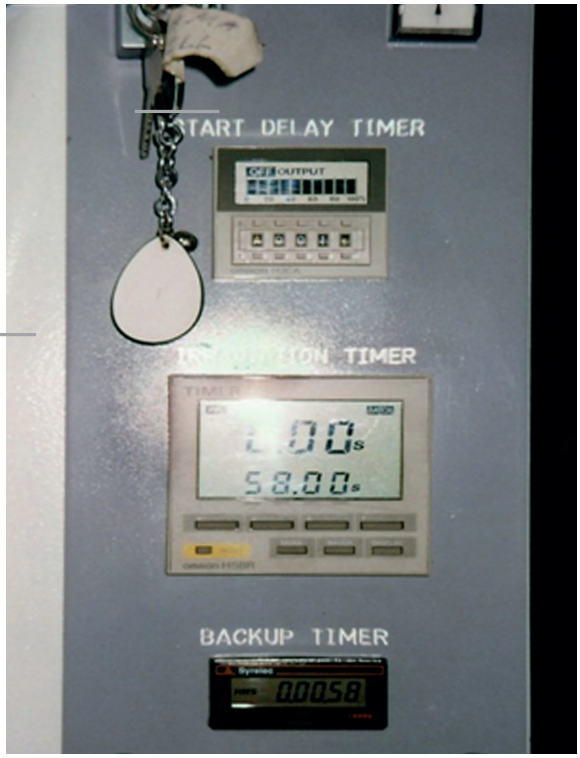
Segundo irradiador do CENA ainda em uso, porém com baixa atividade. Um modo de se fazer o tratamento era o de se colocar no centro os diferentes tipos de materiais para indução de mutação



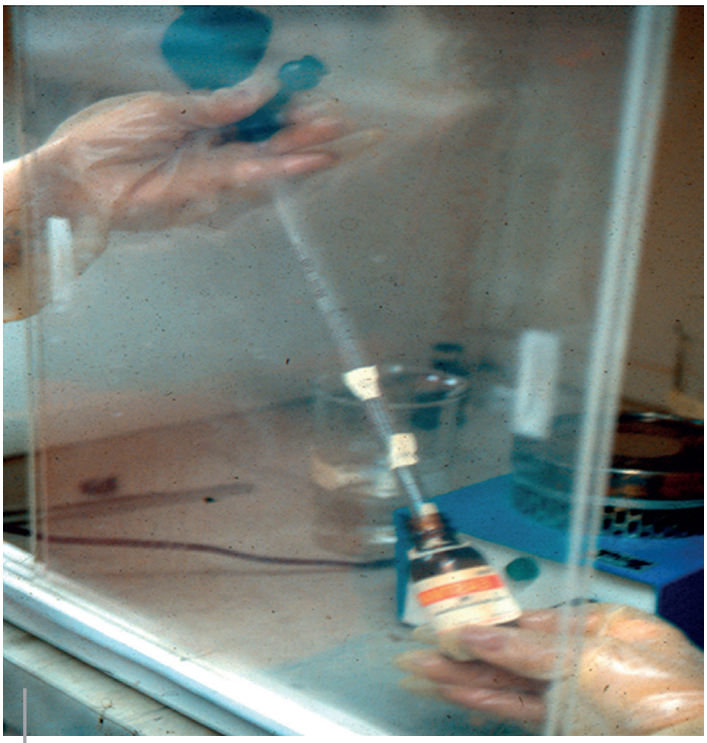
Outro modo de se utilizar o irradiador para indução de mutação, concentrando-se as fontes e protegendo-se as raízes para o tratamento de plantas, como exemplificado no caso de trigo em florescimento (1997)



Irradiador do Laboratório de Melhoramento de Plantas, obtido por meio de Projeto Multiusuário da FAPESP, coordenado pela Seção de Radiogenética, instalado em 1999 e utilizado para indução de mutação e outras finalidades. O material a ser irradiado é colocado no cilindro da câmara de irradiação, o qual é fechado e baixado para a irradiação com a dose determinada, de acordo com o tempo fixado no timer



Timer do irradiador



Tratamento com o mutagênico químico EMS feito na Seção de Radiogenética em 1974



Sementes em tratamento com o EMS na Seção de Radiogenética do CENA



Tratamento de sementes de arroz, por pesquisador da Seção de Radiogenética do CENA com os mutagênicos químicos EMS e azida sódica na Estação Experimental da EPAGRI, Itajaí-SC (2010)



Tratamento de sementes de tabaco, pelo Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli, pesquisador da Souza Cruz, segundo metodologia da Seção de Radiogenética do CENA com o mutagênico químico EMS, na Cia. Souza Cruz em Rio Negro-PR (2007)

3. PESQUISAS

Para a visualização dos resultados das pesquisas realizadas por pesquisadores e colaboradores, relacionadas à indução de mutação no melhoramento de plantas, da antiga Seção de Radiogenética e do atual Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA, resolveu-se apresentar e comentar as publicações geradas.

Julgou-se que seria de interesse a separação destas publicações de acordo com a cultura em que a técnica de indução de mutação foi aplicada e ordenando-se estas culturas cronologicamente a partir das utilizadas nas primeiras pesquisas até as que foram sendo introduzidas com o passar dos anos. Em alguns casos, serão feitos comentários mais aprofundados sobre estas publicações bem como apresentados e ilustrados alguns resultados da utilização destas pesquisas.

3.1 Arroz (*Oryza sativa* L.)

As pesquisas com esta cultura podem ser consideradas um marco da mutagênese vegetal no Brasil, devido ao trabalho desenvolvido pelo docente da USP Akihiko Ando. Formado em agronomia na Universidade de Tokyo, Japão, já se dedicava na época a pesquisas com indução de mutação em arroz (1,2). Contratado pelo Departamento de Genética da ESALQ/USP em 1961 para desenvolver a área de indução de mutação em plantas, em 1966 criou a Seção de Radiogenética do CENA, com o mesmo objetivo sendo o seu responsável por vários anos. Seus trabalhos básicos com a cultura de arroz sistematizaram no Brasil a maneira de se empregar mutagênicos em vegetais, utilizando tanto mutagênicos químicos como físicos, em combinação ou isoladamente, comparando seus efeitos biológicos e sua eficiência. As sementes de arroz eram tratadas com os mutagênicos, plantadas no campo para a obtenção de geração M1 e as panículas colhidas analisando-se os efeitos mutagênicos nas plântulas da geração M2, utilizando para isto as mutações de clorofila induzidas por estes tratamentos (3,4,5). Particularmente na tese de doutorado (5) são discutidos aspectos básicos da técnica tais como quimerismo, métodos de colheita, e métodos de avaliação de efeitos fisiológicos e mutagênicos das doses usadas, os quais serviram de base para trabalhos com arroz e também em outras culturas. Este trabalho serviu também para a iniciação científica de muitos estudantes, entre os quais Augusto Tulmann Neto, o qual foi posteriormente contratado em 1972 para trabalhar na Seção de Radiogenética com indução de mutação. A participação do Prof. Ando em

orientações, aulas, cursos, palestras e em reuniões científicas usando a cultura de arroz, serviram para formação de recursos humanos (7,8,9,10,11,14) disseminação da técnica e aumento da variabilidade genética para o melhoramento de arroz. Nestes trabalhos básicos e de orientações foram também obtidos mutantes para características tais como data de fiorescimento (10), altura da planta (12,13), e perfilhamento (13).

Desde o início das pesquisas com esta cultura houve a participação em projetos coordenados pela International Atomic Energy Agency, Viena, Áustria (3,4,6). Os resultados obtidos com indução de mutação em arroz habilitaram a Seção participar a partir de 1985 em um programa financiado pela IAEA, denominado ARCAL VII, que visava o uso de indução de mutação no melhoramento de cereais.

No Brasil, este programa esteve sob coordenação da Seção de Radiogenética e na cultura de arroz envolveu o CENA, Departamento de Genética da ESALQ/USP, e colaboração de vários institutos de pesquisa: Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (na época denominada EMPASC, atual EPAGRI). Além dos mutantes de interesse que foram obtidos neste projeto, ele serviu com o passar dos anos para estimular ou ampliar o uso de mutagênese nestas e em outras instituições, resultando em materiais de interesse no IRGA-RS, IAC (16) e especialmente na EPAGRI a qual passou a utilizar mutagênese como parte integrante de seu programa de melhoramento de arroz.

As cultivares de arroz irrigado SC 114 Ando San (17,18), nome dado em homenagem ao Prof. Ando e SC 118 Marques (20) oriundas de indução de mutação foram lançadas pela EPAGRI. Tal instituição obteve ainda por indução de mutação em arroz um aumento na variabilidade para tolerância a frio (19) e um mutante resistente a herbicida de grande interesse (21,22, 23). Estes resultados fizeram com que instituições privadas como Oryza & Soy e Ricetec, por exemplo, passassem a incluir mutagênese em seus programas.

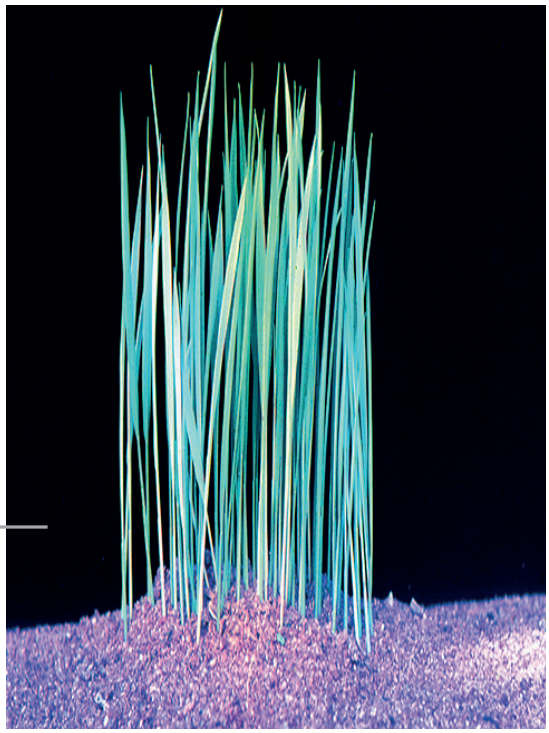
As fotos ilustram os primeiros trabalhos com a cultura de arroz e, como a EPAGRI, em Itajaí e a Oryza & Soy no RS estão usando indução de mutação no programa de melhoramento de arroz irrigado e alguns dos resultados obtidos. Citado por pesquisadores da EPAGRI (21, 22,23) e observado no organograma apresentado em seu programa de melhoramento de arroz, o sucesso obtido deve-se ao fato de que a mutagênese é parte integrante do programa e cada ano novos tratamentos com diferentes mutagênicos (raios gama, EMS, azida sódica) e objetivos são introduzidos.



Plantio de panículas de arroz derivadas de sementes tratadas com mutagênicos. Sistema utilizado para comparação de efeitos biológicos de tratamento com mutagênicos, Piracicaba, 1967



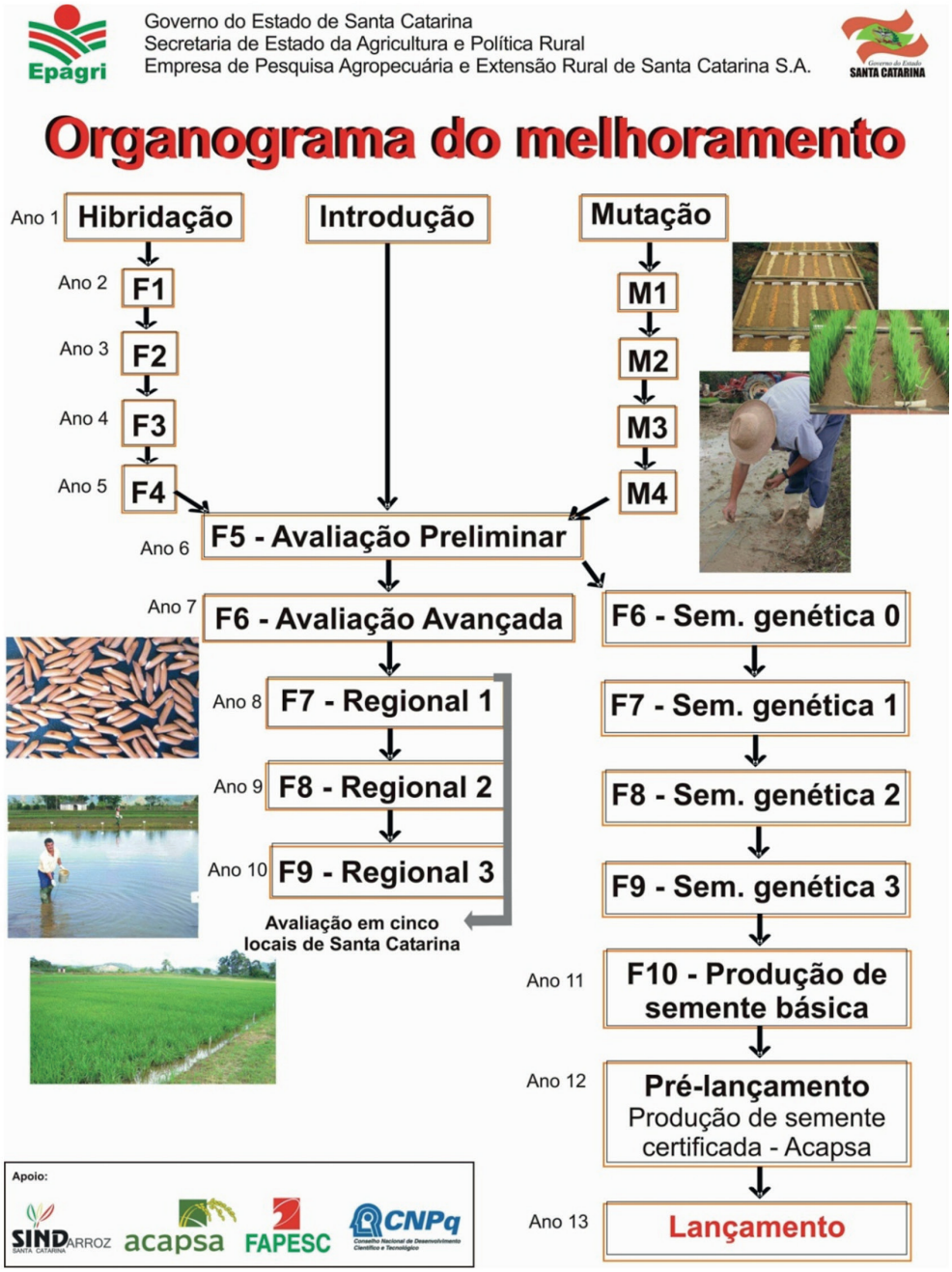
Estágio das plântulas (geração M2) para avaliação dos mutantes de clorofila



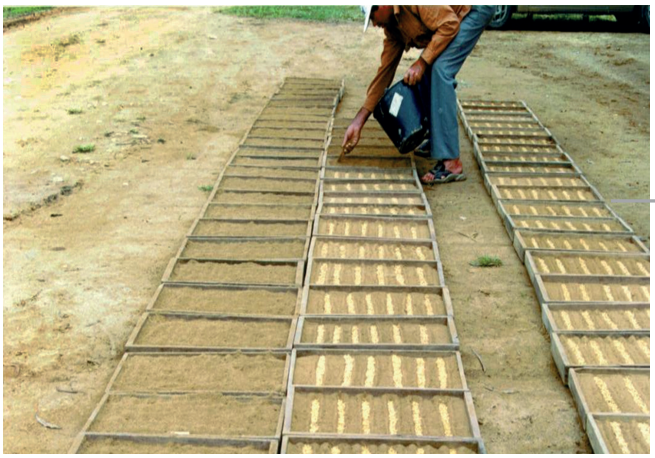
Segregação de mutantes de clorofila na geração M2



Segregação de mutantes de clorofila na geração M2



Programa de Melhoramento de Arroz da EPAGRI-Itajai-SC



Plantio de sementes da geração M2, obtidas de plantas originadas do tratamento com irradiação, EPAGRI, Itajai-SC



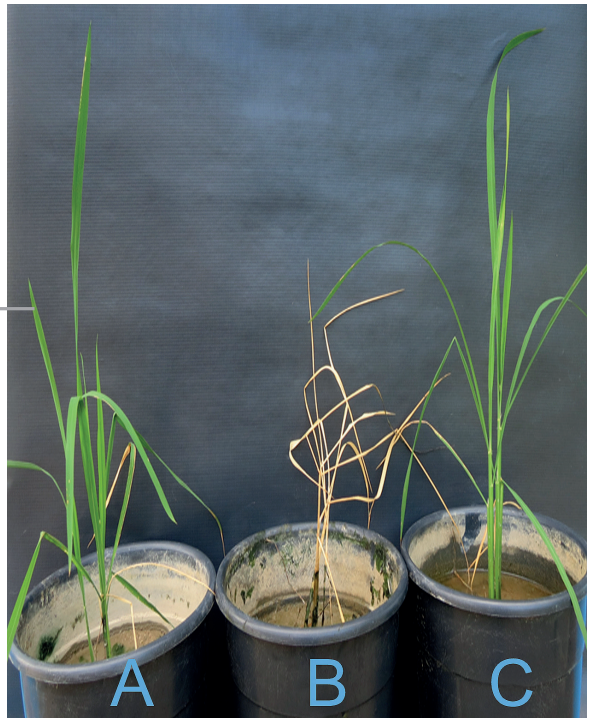
Plantio das mudas da geração M2 para seleção de mutantes, EPAGRI, Itajai-SC 2007



Seleção de mutantes na geração M2, EPAGRI, Dr. Takazi Ishiy, Itajai-SC



Mutante precoce selecionado na geração M2, EPAGRI, Itajai-SC



Efeito do herbicida inibidor da enzima ACCase (haloxyfop-p-methyl --(Verdict R, 2 L/ha), após 30 dias de sua aplicação, em plantas da linhagem mutante resistente (A) RH14-268, da cultivar comercial (B) SCS 155 e da linhagem mutante resistente (C) RH14-269, EPAGRI-ITAJAI-SC, Referência 21



Prof. Ando e ao fundo a cultivar ANDOSAN da EPAGRI, Itajai-SC 2005



Dr. Otavio Tisselli, do IAC, selecionando mutante de menor altura em arroz. Projeto ARCAL da IAEA, Coordenado pela Seção de Radiogenética. IAC Campinas 1988



Vista da estação experimental, em Uruguaiana, RS, na qual a Oryza & Soy realiza ensaios com arroz. A seta indica locais nas quais estavam sendo selecionadas plantas originadas de populações irradiadas em trabalho em colaboração com o Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA/USP



Comparação entre o controle e linha 114 de baixo porte selecionada da população proveniente de irradiação da variedade Paranazinho, em Uruguaiana-RS. Trabalho em cooperação entre o Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA e a Cia. Oryza & Soy - RS. 2018

BIBLIOGRAFIA

1. MATSUO, T.; YAMAGUCHI, M.; ANDO, A. A comparison of biological effects between thermal neutrons and X-rays on rice seeds. **Japanese Journal of Breeding**, Tokyo, v. 8, p. 37-45, 1958.

2. YAMAGUCHI, M.; ANDO, A. Radiosensivity of gamma-irradiated autotetraploid in rice. **Japanese Journal of Breeding**, Tokyo, v. 9, p. 169-172, 1959.

3. ANDO, A. Mutation induction in rice by radiation combined with chemical protectants and mutagens. In: IAEA. **Rice breeding with induced mutations**. Viena, Austria, 1968. p. 7-16. (Technical Reports Series, 86).

4. ANDO, A. Mutation induction in rice by radiation combined with chemical protectants and mutagens. In: IAEA. **Rice breeding with induced mutations II**. Viena, Austria, 1970. p. 1-5. (Technical Reports Series, 102).

5. ANDO, A. **Efeito biológico da combinação de tratamentos com raios - gama, cisteína e algumas substâncias alquilantes sobre sementes de arroz**. 1970. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.

6. ANDO, A.; BANZATTO, N. V.; ROCHA, T. R. Ensaio internacional de arroz para mutantes do grupo indica e seleções híbridas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 23, p. 157-161, 1971.

7. GUIMARÃES, E. P. **Estudo de sensitividade de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) à radiação gama, neutrons, sulfato de dietila (dES) e azida sódica (SA)**. 1978. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

8. FARACCO, A. L. **Comparações dos efeitos fisiologicos causados por radiações gama e azida sodica em dois genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.).** 1990. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

9. MONTALVÁN, R. M. D. **Eficiência mutagênica de radiação gama e azida sódica em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1994. 78 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994. **Orientador**: Prof. Dr. Akihiko Ando.

10. PHAREI, P. G. **Tratamento de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) com azida sódica em diferentes condições de ambiente.** 1994. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994. **Orientador**: Prof. Dr. Akihiko Ando.

11. RODRIGUES, L. R. **Caracterização de grupos de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.) por meio da sensitividade à radiação gama.** 1994. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

12. SILVA, E. F. **Caracterização de linhagens mutantes de arroz de sequeiro obtidas com utilização de azida sódica (NaN3).** 1994. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1965. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

13. ANDO, A.; TULMANN NETO, A. Induction of short culm mutants in rice by sodium azide. In: IAEA. **Use of mutation techniques for improvement of cereals in Latin America.** Viena, Austria, 1996. p. 59-61. (TECDOC, 859).

14. MONTALVAN, R.; ANDO, A. Effect of gamma-radiation and sodium azide on quantitative characters in rice (*Oryza sativa* L.). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 1, p. 81-85, 1998.

15. SILVA, E.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Rice mutants obtained through sodium azide treatment. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 45, p. 16-17, 2001.

16. SANDHU, S.; AZINI, L. E.; COLOMBO, C.; TULMANN NETO, A.; BASTOS, C. RAPD analysis of herbicide-resistant Brazilian rice lines produced via mu-

tagenesis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 1, p. 359-370, 2002.

17. ISHIY, T.; MOREL, D. A.; SCHIOCCHET, M. A.; BACHA, R. E.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; KNOBLAUCH, R. SCS114 Andosan - primeira variedade mutante de arroz irrigado do Brasil. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 87-90, 2005.

18. ISHIY, T.; SCHIOCCHET, M. A.; BACHA, R. E.; MOREL, D. A.; TULMANN NETO, A.; KNOBLAUCH, R. Rice mutant cultivar SCS114 Andosan. **Plant Mutation Reports**, Viena, v. 1, n. 2, p. 25, 2006.

19. MUNDI, V.; MARSCHALECK, R.; TULMANN NETO, A. Mutação induzida como fonte de variabilidade para tolerância a temperaturas baixas no estadio de germinação em arroz irrigado. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 24, p. 75-79, 2011.

20. SCHIOCCHET, M. A.; RAIMUNDI, V.; TULMANN NETO, A.; ANDRADE, A. SC118 Marques new rice cultivar obtained through induced mutation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa**, v. 14, p. 68-70, 2014.

21. ANDRADE, A.; TULMANN NETO, A.; TCACENCO, F. A.; MARSCHALEK, R.; PEREIRA, A.; OLIVEIRA NETO, A. M.; SCHEUERMANN, K. K.; WICKERT, E.; NOLDIN, J. A. Development of rice (*Oryza sativa*) lines resistant to aryloxyphenoxypropionate herbicides through induced mutation with gamma rays. **Plant Breeding**, Hoboken, v. 137, p. 364-369, 2018.

22. ANDRADE, A.; TULMANN NETO, A. Brasil: fitomejoramiento del arroz (*Oryza sativa* L.). In: VILLALOBOS, S.S. (coord.). **Inducción de mutaciones:** estado del conocimiento en el mejoramiento de plantas en América Latina y el Caribe. Ciudad de México, México: Editorial Fontamara, 2021. cap. 1, p. 17-28.

23. ANDRADE, A.; TULMANN NETO, A.; TCACENCO, F.A.; MARSCHALEK, R.; PEREIRA, A.; OLIVEIRA NETO, A.M.; SCHEUERMANN, K.K.; WICKERT, E.; NOLDIN, J.A. Gama-rays in the development of rice lines tolerant to Aryloxyphenoxypropionate herbicides. In: SIVASANKAR, S. et al. (eds.). **Mutation breeding, genetic diversity and crop adaptation to climate change.** Vienna: IAEA, 2021. p. 285-289.

3.2. MILHO (*Zea mays* L.)

Esta cultura, por ser alógama traz certas dificuldades para indução de mutação, entretanto o experimento inicial realizado em 1969 (1) incluiu o uso de linhagens, o que facilitou o trabalho. Como os resultados foram promissores, indicando uma alteração na heterose quando se irradiavam as linhagens parentais do híbrido simples entre elas, houve continuação. Os resultados seguintes confirmaram (2,4) que a heterose foi alterada obtendo-se um aumento na produtividade do híbrido simples.

As fotos indicam alguns procedimentos utilizados na pesquisa.

Em outra linha de trabalho com a cultura demonstrou-se diferenças na sensitividade entre diferentes populações de milho (3).



Teste de sensitividade a raios gama em linhagem de milho, ESALQ/USP 1966



Preparação para cruzamento entre linhagens provenientes de sementes irradiadas



Cruzamento entre linhagens irradiadas para a obtenção do híbrido simples



Espigas provenientes do cruzamento entre linhagens irradiadas



Ensaio de produção com híbridos simples obtidos entre linhagens irradiadas

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Preliminary experiment in relation to the effect of gamma-rays on hibrid vigor in corn. **Maize Genetics Cooporating Newsletter**, Urbana, v. 43, p. 160-162, 1969.

2. TULMANN NETO, A. **Efeito da radiação gama na heterose em híbridos simples de milho (*Zea mays* L.).** 1972. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972. **Orientador:** Akihiko Ando.

3. STEAGALL, M. L. **Sensitividade à radiação gama de diferentes populações de milho (*Zea mays* L.).** 1974. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1974. **Orientador:** Akihiko Ando.

4. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Modification of heterosis in hybrids between two inbred lines of maiz (*Zea Mays* L.) irradiated with gamma rays. **Revista Brasileira de Genetica**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 2, p. 421-432, 1980.

3.3. TABACO (*Nicotiana tabacum* L.)

Como se sabe, tabaco é uma planta experimental de grande importância e tem contribuído muito para vários estudos teóricos e aplicados em biologia. Foi uma das primeiras culturas envolvendo indução de mutação e interação entre a Seção de Radiogenética do CENA/USP e o Departamento de Genética da ESALQ/USP. Em um primeiro trabalho (1) incluindo sementes de diferentes idades irradiadas com várias doses de raios gama concluiu-se que para seleção de caracteres poligênicos seria recomendável o uso de sementes mais velhas. A partir de 1995, as pesquisas com esta cultura tiveram um grande impulso devido à colaboração do Centro de Melhoramento Genético de Fumo da Cia. Souza Cruz em Rio Negro, PR. *Nicotiana* foi utilizada pela Seção de Radiogenética como planta modelo em trabalhos de indução de mutação *in vivo* e *in vitro* envolvendo alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado. Por outro lado, tratamentos com raios gama ou mutagênicos químicos foram realizados no CENA ou em Rio Negro para seleção em condições de laboratório, campo ou casa de vegetação.

Utilizando as facilidades de cultura de tecidos da Seção de Radiogenética estudantes de graduação realizaram pesquisas para superar barreiras de incompatibilidade em cruzamentos interespecíficos (2) cultivo de calos e suspensão celular para uso em mutagênese (3), obtenção de híbridos (4), híbridos assimétricos (5) e sensibilidade de pólen a raios gama (6). Por meio de uma tese de doutorado (7) foram obtidos híbridos interespecíficos para transmissão da resistência a nematóides de *N. repanda* para *N. tabacum*, resistência esta confirmada por testes realizados em Rio Negro. Experimentos para indução de resistência a herbicida foram realizados in vitro (8) e o estudante que participou na pesquisa recebeu menção honrosa em Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP. Aliás, vale a pena também destacar que pela grande interação entre as instituições, a estudante de biologia na época, Nauza Camargo fez sua iniciação científica com trabalho em tabaco (3) e foi contratada posteriormente pelo Centro de Melhoramento Genético do Fumo e até 2020 estava em atividade em tal instituição. Outros funcionários de tal instituição, tais como Lucia Lopes Scuciato e Kelly Cristina Wojakevicz também vieram fazer treinamento em técnicas de cultura de tecido no Laboratório de Melhoramento de Plantas.

Quanto aos trabalhos em colaboração em condição de campo ou laboratório envolvendo indução de mutação, realizados pelo Centro de Melhoramento Genético do Fumo e Seção de Radiogenética, inicialmente houve o uso de raios gama em sementes as quais eram plantadas em casa de vegetação ou campo no Paraná.

Embora na geração posterior ao tratamento fosse observado um aumento na variabilidade genética, os mutantes não apareciam em alta frequência. Houve então com a concordância da empresa, a necessidade de se realizar um estudo básico na qual foram colhidos frutos de determinadas partes da planta originada de sementes irradiadas e na geração seguinte foram avaliados os mutantes obtidos. Tal estudo permitiu a obtenção de grande número de mutantes e daí por diante este método foi utilizado com sucesso incluindo-se além de raios gama, mutagênicos químicos, tais como, azida sódica e metanossulfonato de etila (EMS). Num destes trabalhos, feitos com irradiação de sementes com raios gama (9) foram obtidos vários mutantes resistentes a uma estirpe de importante doença de vírus para a qual ainda não havia fonte de resistência e um dos mutantes passou a ser incorporado no germoplasma de melhoramento da empresa.

Também vale a pena destacar-se que em colaboração com a instituição citada iniciaram-se trabalhos pioneiros no Brasil, com resultados promissores, utilizando-se o Método Tilling com o mutagênico químico EMS para a modificação de sequências metabólicas.

Os exemplos citados acima demonstram como foi o tipo de atuação da Seção de Radiogenética e posteriormente Laboratório de Melhoramento do CENA, no ensino, pesquisa e extensão e colaboração interativa e produtiva com uma empresa privada.

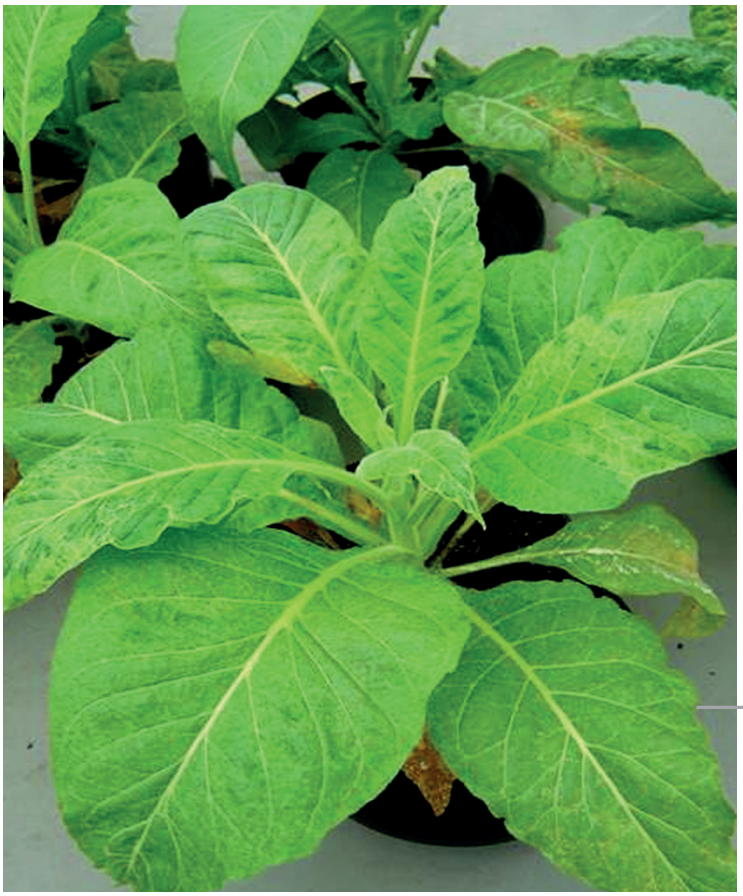
As fotos a seguir ilustram etapas desta colaboração.



População da geração M2 descendente de plantas obtidas pela irradiação de sementes com raios gama. Rio Negro-PR, 2008



Inoculação de plantas de tabaco provenientes da geração M2 para seleção de mutantes a novo strain do vírus PVY^{NTN}



Planta com sintoma do vírus PVY^{NTN} após inoculação.



Mutante resistente após inoculação



Mutante de porte compacto (centro) ao lado de controles



Mutante precoce



Mutante precoce e
de porte compacto

BIBLIOGRAFIA

1. ANDO, A.; VENCOVSKY, R. The effect of gamma-irradiation on a polygenically inherited character in *Nicotiana tabacum* L. in relation to selection after treatment of aged seeds. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 4, p. 605-614, 1967.

2. KOESTER, A. D.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. Desenvolvimento de metodologia de hibridação entre *Nicotiana tabacum* e *Nicotiana repanda*. In: Simpósio de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, 5., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: USP, 1997. p. 485.

3. TULMANN NETO, A.; LATADO, R.; CAMARGO, N. M. Cultivo de calos e suspensão celular de Nicotiana repanda. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, p. 191, 1997. Suplemento. Resumos 43° Congresso Brasileiro de Genética, 1997, Caxambu, MG.

4. LIMA, J. E.; TULMANN NETO, A. Avaliação da sensibilidade de protoplastos de Nicotiana para a utilização em experimentos de hibridização. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP - SIICUSP, 10., 2002, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: USP, 2002.

5. LIMA, J. E.; TULMANN NETO, A. Obtenção de híbridos assimétricos entre espécies de Nicotiana incompatíveis. In: Congresso Nacional de Genética, 48., 2002, Águas de Lindóia. **Anais...** Ribeirão Preto: SBG, 2002.

6. FUJINAWA, J.; TULMANN NETO, A.; ARAUJO, D. G. Efeito da radiação gama na germinação de pólen de *Nicotiana tabacum*. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP - SIICUSP, 11., 2003, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: USP, 2003.

7. ARAUJO, D. G. **Metodologias visando a obtenção de hibridação interespecífica em *Nicotiana*.** 2004. 97 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

8. CRISTOFOLETTI JUNIOR, S. C.; OLIVEIRA, B. G.; TULMANN NETO, A. Metodologia visando o uso da cultura de tecidos na seleção *in vitro* para resistência a herbicida usando *Nicotiana tabacum* como planta modelo. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, 14., 2006, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo: USP, 2006.

9. PULCINELLI, C. E.; SOUZA DIAS, J. A. C.; TULMANN NETO, A. Report a source of PYVntn resistance in *Nicotiana tabacum*. In: CORESTA Meeting – Agronomy/ Phytopathology, 2009, Rovinj, Croacia. **Report...** Rovinj, Croacia: CORESTA Joint Study Group, 2009. AP 04.

3.4. ARABIDOPSIS (*Arabidopsis thaliana* L.)

Esta pesquisa envolveu uma dissertação (1) a qual tem vários aspectos interessantes. Um deles é que se trata de um trabalho pioneiro no Brasil, com esta planta modelo, a qual pelas vantagens que oferece (2) atualmente é muito utilizada em estudos de genética. Na década de 70, por meio de um pesquisador alemão, foram introduzidas no Brasil sementes de várias raças de *Arabdopsis thaliana* e como tal material exige condições especiais para crescimento, instalou-se na Seção de Radiogenética do CENA uma câmara de crescimento importada, equipamento na época também não muito comum no Brasil. Assim como aconteceu com a cultura de arroz, o que também deve-se realçar neste trabalho é que além de se utilizar mutagênicos para finalidades práticas, o Prof. Ando investigava as melhores condições de aplicação destes mutagênicos para aumentar a eficiência da técnica. Foi também um dos primeiros trabalhos envolvendo a estreita ligação entre o Departamento de Genética da ESALQ e a Seção de Radiogenética do CENA.

BIBLIOGRAFIA

1. CÁPRIO DA COSTA, F. L. **Comparação da eficiência fisiológica de algumas substâncias alquilantes em relação a raios-gama em *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.** 1974. 155 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1974. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando e **Co-orientador:** Prof. Dr. João Lúcio de Azevedo.

2. CÁPRIO DA COSTA, F. L.; ANDO, A. Um novo material para pesquisa de genética: Arabdopsis thaliana L. **Agros**, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 7-20, 1980.

3.5. FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

A cultura do feijão teve grande importância para o início do CENA. Isto devido ao fato que na época estabeleceu-se dentre outras atividades do Projeto BRA/71/556 administrado pela International Atomic Energy Agency, Viena, Áustria o denominado Projeto Feijão o qual envolvia pesquisas com esta cultura em todas as Seções. A Seção de Radiogenética passou então a desenvolver pesquisas com arroz e feijão (3) e teve sua primeira expansão com a contratação ao passar dos anos, de pesquisadores e técnicos para trabalhos de laboratório e campo, entre os quais podem ser citados os pesquisadores Augusto Tulmann Neto, José Otávio Machado Menten, Moacir Pasqual, Fernando Dutra Vaz, Beatriz Januzzi Mendes, Adriana Pinheiro Martinelli e Antonio Vargas Figueira e os funcionários que permaneceram por mais tempo, José Benedito Alves, Benedita Inês Rodrigues Possignolo, Paulo Cassieri Neto e Wlamir de Aguiar Godoi.

Uma das grandes dificuldades da Seção de Radiogenética ao se envolver no Projeto Feijão foi que ao contrário da cultura de arroz, a qual utilizava campos experimentais do Departamento de Genética da ESALQ, trabalhos com feijão não dispunham de área experimental. Como se sabe trabalhos com indução de mutação exigem um grande campo experimental. Houve então a necessidade de cooperação com diversas instituições de pesquisa, destacando-se entre elas o IAC, por meio da Seção de Virologia e Estação Experimental de Tietê, o IAPAR por meio dos campos experimentais em Londrina, a Faculdade de Agronomia da UNESP em Ilha Solteira e a Cia FT Pesquisa e Sementes em Ponta Grossa-PR. Se por um lado este procedimento trouxe dificuldades logísticas, por outro, estabeleceu-se o modo de ação o qual seria uma constante nas pesquisas com diversas culturas nos anos seguintes, isto é, colaboração com instituições oficiais ou privadas em diferentes espécies, nas quais havia excelente interação entre os especialistas em indução de mutação do CENA e os especialistas em melhoramento destas culturas. Isto explica em parte o grande número de espécies nas quais foram realizadas pesquisas com a técnica de indução de mutação envolvendo a Seção de Radiogenética e o Laboratório de Melhoramento de Plantas.

Como descrito, principalmente a IAEA no início, deu suporte ao Projeto Feijão possibilitando a aquisição de equipamentos, treinamento de pessoal no exterior e vinda de especialistas e intercâmbio com especialistas em indução de mutação em leguminosas entre os quais se citam Carl Moh (Costa Rica), Stig Blixt (Suécia) e Frank Koo (Porto Rico). Graças à capacitação obtida a interação com a IAEA permitiu com o passar dos anos que a Seção de Radiogenética e posteriormente o Laboratório de Melhoramento de Plantas obtivessem recursos e participassem dos diferentes tipos de auxílio (Research Contract, Technical Assistance, participação em reuniões científicas no exterior, entre outros) concedidos pela IAEA por

meio de sua Seção de Melhoramento de Plantas (Plant Breeding and Genetics Section) localizada em Viena, Áustria. Neste período inicial a Comissão Nacional de Energia Nuclear deu também importante apoio logístico à Seção de Radiogenética a qual com o desenvolvimento do Projeto Feijão e outros passou a receber além da USP grande apoio financeiro da FAPESP e CNPq.

Para a participação no Projeto Feijão (3), como se verifica na literatura apresentada a seguir, houve em certos casos a necessidade da Seção de Radiogenética realizar trabalhos básicos tais como determinação da sensitividade a mutagênicos (2,19), aspectos relacionados a proteína (1,5,9,10,11,15), purificação ou obtenção de novas linhagens de feijão (12,16,17), prejuízos causados por doenças (18) e ontogenia das sementes (22). A indução de mutação exige que não haja misturas varietais no material a ser tratado com o mutagênico. Isto fez com que nas cultivares de feijão Roxo, Carioca e Rosinha G2, os pesquisadores antes do tratamento tivessem que obter linhagens puras. O interessante nestes casos é que devido a boa produtividade, resistência à ferrugem e pureza genética, algumas das linhagens obtidas foram multiplicadas em condições apropriadas em Minas Gerais e distribuídas a instituições de pesquisas (EMBRAPA e IAC) para novas multiplicações e entrega aos agricultores (16,17). Estas linhagens foram utilizadas pela Seção de Radiogenética para tratamentos com mutagênicos visando a obtenção de mutantes para várias características agronômicas.

Com relação à proteína, os trabalhos básicos citados indicaram o modo de se colher as sementes para as análises (11), a variação de proteína entre as variedades (1,5,10) e nos componentes da semente (1), a variação intra varietal e a herdabilidade (5,10). Com relação ao tratamento com mutagênicos (raios gama e metanossulfonato de etila) sementes de duas variedades foram utilizadas e em alguns tratamentos houve aumento na % de proteína em relação aos controles sem tratamento (10).

época o vírus do mosaico dourado causava grandes prejuízos à cultura de feijão (18) e com o auxílio do Dr. Alvaro Santos Costa da Seção de Virologia do IAC iniciou-se projeto visando a obtenção de resistência (4,21,23). Milhares de plantas originadas do tratamento com mutagênicos foram avaliadas e obteve-se um mutante de interesse denominado TMD-1 (6,7,8,13). Tal mutante foi cruzado com outros materiais (14) resultando em duas novas cultivares liberadas pelo IAPAR- Londrina, a IAPAR 57 (28) e IAPAR 65, sendo que a IAPAR 57 obteve grande difusão (31).

Demonstrando a grande variabilidade obtida por meio de tratamento de sementes com mutagênicos (27) foram também obtidos mutantes para altura basal (30), coloração de sementes (20,24) e precocidade (26). Quanto ao mutante de altura basal, foi obtido, por meio do uso de raios gama e teve alterado sua altura basal (soma da altura do epicótilo e epicótilo), a qual foi duas vezes

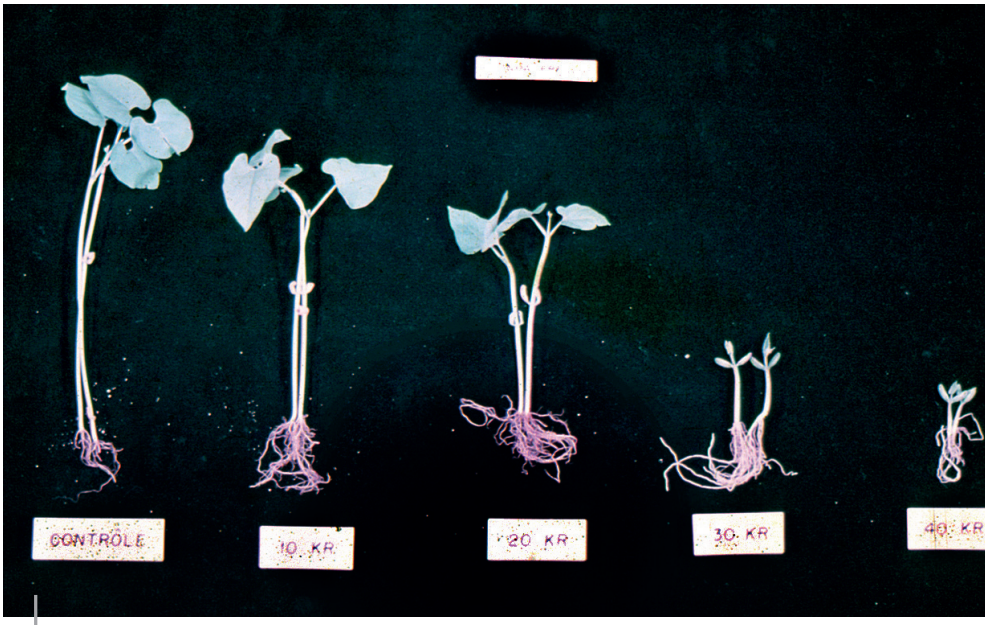
e meia maior que o controle e que por isto tem suas vagens mais distantes do solo. Este foi o primeiro relato na literatura, de ocorrência de mutante induzido para esta característica.

Por meio da colaboração com a Empresa FT-Pesquisa e Sementes de Ponta Grossa, obteve-se com o uso de mutagênico químico, a partir do cultivar Rio Negro, de coloração de sementes preta, alta produtividade e resistência a doenças, um mutante induzido de cor branca, denominado Rio Branco, o qual manteve as mesmas características do cultivar original (24). Tal mutante foi incluído no programa de melhoramento do feijoeiro desta firma e também do IAPAR de Londrina. Outra característica de interesse neste mutante referiu-se ao fato de que apesar de apresentar coloração branca, mostrou o tipo C de lectina, como demonstrado pela Seção de Biologia de Proteínas do CENA/USP (25). Trata-se provavelmente da primeira linhagem de feijoeiro a apresentar tal tipo de associação. Pesquisas com indução de mutação na coloração de feijão foram sendo realizadas por outras instituições. A EMBRAPA liberou para os agricultores a cultivar Campeiro, mutante para coloração do tegumento obtido por irradiação feita no CENA (32).

Vale a pena destacar a pesquisa que consistiu na obtenção de precocidade e mudança de hábito de crescimento indeterminado no cultivar Carioca, o qual liderava o mercado devido a preferência dos agricultores e consumidores. Por meio da irradiação de sementes com raios gama, obteve-se o mutante denominado CAP-1070, com hábito de crescimento determinado e precocidade (26). Tal mutante, devido a seu hábito de crescimento e precocidade, foi liberado em 1989 para os agricultores pela Empresa FT-Pesquisa e Sementes, de Ponta Grossa, Paraná e utilizado pelos agricultores desta região para plantio no meio das ruas de café. Este se constituiu no primeiro exemplo de mutante induzido em feijoeiro, liberado para os agricultores no Brasil.

Este mutante foi incluído em programa de cruzamento, em colaboração com a mesma Empresa, dando origem ao cultivar FT-Paulistinha, liberado para cultivo em 1989 (31). O mutante precoce CAP 1070 foi também introduzido no programa de melhoramento de feijão do IAPAR e dos cruzamentos resultou uma cultivar precoce IPR Curió lançada aos agricultores em 2013 pelo IAPAR (33). Portanto o mutante precoce original CAP 1070 mostrou mais uma vez que há casos em que mutantes podem ser lançados diretamente aos agricultores ou introduzidos em programas de melhoramento para a utilização da característica mutada. Deve-se citar que a melhorista responsável pelo programa de feijão do IAPAR, Londrina, Vania Moda Cirino, uma das responsáveis pela liberação do cultivar Curió, fez sua iniciação científica com a cultura de feijão, como bolsista do CNPq, na Seção de Radiogenética em 1976, apenas para se citar mais um entre os benefícios do Projeto Feijão, agora na

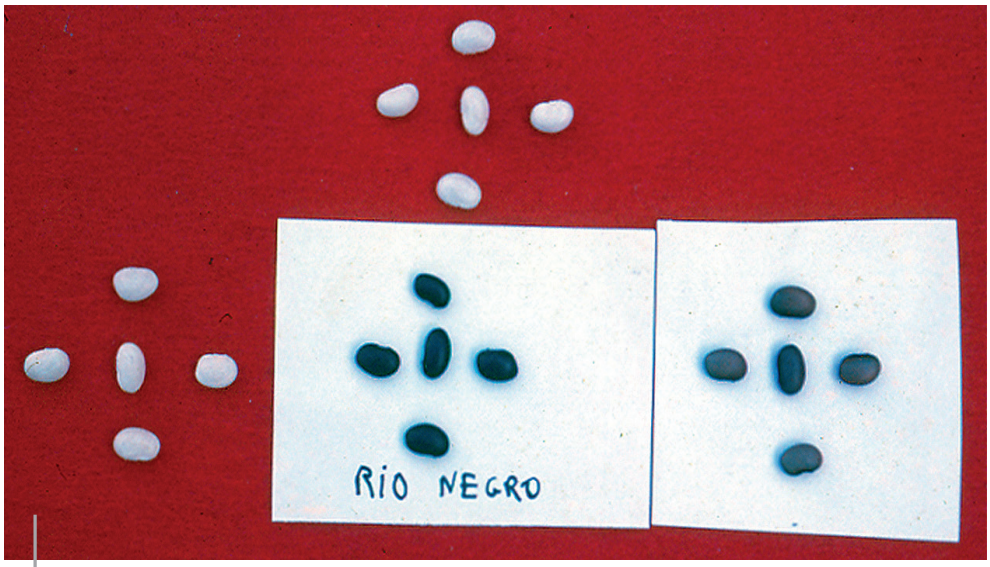
área de treinamento e formação de recursos humanos. Nas fotos em anexo alguns dos resultados obtidos.



Sensitividade a diferentes doses de raios gama em plântulas de feijão provenientes de sementes irradiadas (Geração M1). 1971



Efeitos da irradiação na geração M1 (controle à direita)



Cultivar original (Rio Negro) e mutantes na coloração do tegumento (Rio Branco)



Controle (esquerda) e mutante com maior altura basal



Costa Rica controle (esquerda) e mutante na coloração do tegumento da semente



Carioca controle com sintomas do virus do mosaico dourado (direita) e mutante TMD-1 utilizado em cruzamentos para a obtenção da cultivar IAPAR 57 e IAPAR 65



Cultivar original com sintomas de mosaico dourado (esquerda) e IAPAR 57 (direita) originado do de programa de cruzamento incluindo o mutante TMD-1



Mutante precoce de hábito determinado CAP 1070 (esquerda) e controle (direita)



Multiplicação do mutante CAP 1070 pela FT Pesquisa e Sementes, Ponta Grossa-PR para distribuição aos agricultores





Cultivar precoce Curió, liberado pelo IAPAR em 2013, derivado de cruzamento envolvendo o mutante CAP 1070



Dra. Vania Cirino Moda pesquisadora do IAPAR, uma das responsáveis pela liberação da cultivar Curió. Esta pesquisadora fez sua iniciação científica na Seção de Radiogenética em 1976, trabalhando com a cultura de feijão com bolsa do CNPq

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A. **Contribuição ao melhoramento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) visando aumentar a quantidade e melhorar a qualidade da proteína.** 1975. 159 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1975. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

2. VENDRAMIM, J. D.; ANDO, A. **Influência do teor de umidade na radiosensitividade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Piracicaba: CENA/USP, 1975. 19 p. (Boletim Científico, 37).

3. TULMANN NETO, A. Bean Breeding Program at CENA. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Ithaca, v. 19, p. 85, 1976.

4. TULMANN NETO, A.; COSTA, A. S.; ANDO, A. Induced mutation in bean to obtain varieties resistant to golden mosaic virus. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Ithaca, v. 19, p. 86, 1976.

5. CROCOMO, O. J.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; BLIXT, S.; MIKAELSEN, K. Breeding for protein content in the bean (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Inventory of some Brazilian varieties and a number of lines of differing origin. In: IAEA. **Evaluation of seed protein alterations by mutation breeding.** Viena, Austria, 1976. p. 197-208.

6. ANDO, A.; COSTA, A. S.; TULMANN NETO, A. Attempts to induce mutants resistant or tolerant to golden mosaic virus disease in dry beans. In: IAEA. **Induced mutations against plant diseases.** Viena, Austria, 1977. p. 281-289.

7. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; COSTA, A. S. Attempts to induce mutants resistant or tolerant to Golden mosaic virus in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, Austria, v. 10, p. 8, 1977.

8. TULMANN NETO, A.; COSTA, A. S. Bean Breeding Program at CENA. III. New results in attempts to induce mutants resistant or tolerant to golden mosaic virus. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, Ithaca**, v. 20, p. 86, 1977.

9. TULMANN NETO, A.; STIG, B. Bean Breeding Program at CENA. IV. Breeding for protein: protein variation between and within varieties. **An-**

nual Report of the Bean Improvement Cooperative, Ithaca,v. 20, p. 99-101, 1977.

10. CROCOMO, O. J.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; BLIXT, S.; BOULTER, D. Breeding for improved protein content in the bean (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Further work in selections from spontaneous variation: New work on mutagenic treatments and the infiuence of added nitrogen levels. In: Research Co-Ordination Meeting of the Seed Protein Improvement, 4., 1977, Baden, Austria. **Seed protein improvement by nuclear techniques; proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1978. p. 207-222.

11. TULMANN NETO, A.; RUIZ, J. C.; KOO, F. K. S. Infiuence of plant competition and pod position on seed yield components and protein content in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Porto Rico, v. 62, n. 2, p. 186-190, 1976.

12. MENTEN, J.O.M.; TULMANN NETO, A. Bean Breeding Program at CENA. VII. Selection for improved lines by the multiple crosses method. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Ithaca, v. 22, p. 8-9, 1979.

13. MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A. Induced mutations for disease resistance in beans. In: FAO/IAEA Research co-ordination meeting on the use of induced mutations for improvement of grain production, 1979, Kuala Lampur. **Induced mutations for improvement of grain legume production.** Viena, Austria: IAEA, 1979. p. 89-96. (TECDOC, 234).

14. TULMANN NETO, A. **Obtenção de resistência ou tolerância ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) através de indução de mutação.** 1979. 109 p. Tese (Livre Docência) - Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

15. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Bean Breeding Program at CENA. Breeding for protein content: nutritive value of some varieties. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Ithaca, v. 22, p. 7-8, 1979.

16. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENTEN, J. O. M. Obtenção de linhagens melhoradas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) como primeira etapa em estudos de indução de mutações. **Energia Nuclear na Agricultura**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 102-107, 1979.

17. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A. Obtention of resistant lines of *Uromyces phaseoli typica* trhough individual selection with stratification and progeny test in variety roxo. **Bean Improvement Cooperative**, Ithaca, v. 22, n. 12, p. 9-11, 1979.

18. MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A. Avaliação de danos causados pelo vírus do Mosaico Dourado do feijoeiro (Vmdf). **Turrialba**, Costa Rica, v. 30, n. 22, p. 173-176, 1980.

19. TULMANN NETO, A.; MATSUMOTO, S. K.; ANDO, A. Efeitos da radiação gama em plantas de feijoeiro em fiorescimento. **Energia Nuclear e Agricultura**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 133-138, 1980.

20. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Bean Breeding Program at CENA. XIV. Some problems involved in mutation breeding for seed coat colour of beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Ithaca, v. 23, p. 59-61, 1980.

21. MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A. Induced mutations for disease resistance in beans: New results. In: Research Coordination Meeting on Induced Mutations for Disease Resistance in Crop Plants II, 1981, Risoe, Denmark. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1981. p. 219-223.

22. STEAGALL, M. L. **Estudos sobre ontogenia e alguns caracteres do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a partir de sementes irradiadas com neutrons rápidos.** 1982. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

23. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; ALBERINI, J. L.; BIANCHINI, A.; COSTA, A. S.; SANTOS, P. C. Induced mutations for disease resistance in beans *Phaseolus vulgaris* L. In: Regional Seminar on the Utilization of Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America, Lima, 1982. **Proceedings...** Viena: IAEA, 1984. p. 211-223. (TECDOC, 305).

24. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Induced mutation for disease resistance and other agronomic characteristics in bean and soybean. In: FAO/IAEA Workshop on Improvement on Grain Legume Production using Induced Mutation, 1986, Pulmann. **Proceedings...** Viena: IAEA, 1986. p. 167-187.

25. CARVALHO, M. T. V.; TULMANN NETO, A. Induced mutant of *Phaseolus vulgaris* L. with an unusual combination of biochemical characters. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 34, p. 6-7, 1989.

26. TULMANN NETO, A.; ALBERINI, J. Release to the farmers of Carioca Arbustivo Precoce 1070 a bush bean mutant induced by gamma rays in Brazil. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 34, p. 12-13, 1989.

27. TULMANN NETO, A. Genetic improvement of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) through mutation induction. In: NIZAN, J. (Org.). **Genetic improvement of pulse crops.** Hyderabad, India: Premier Publishing House, 1990. p. 296-327.

28. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; COSTA, A. S.; BIANCHINI, A. Iapar 57, A new bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar in Brazil resistant to golden mosaic virus disease obtained though cross breeding using an induced mutant. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 40, p. 7, 1993.

29. TULMANN NETO, A.; SABINO, J. C. Indução e uso de mutante de hábito determinado e precoce em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 4, p. 425-430, 1994.

30. TULMANN NETO, A.; SABINO, J. C. Seleção de mutante com maior altura basal em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 4, p. 425-430, 1994.

31. VOYSEST, O. Variedades lanzadas em el estado de Paraná. In: VOYSEST, O. (Ed.). **Mejoramiento genético del frijol** (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de America Latina 1930-1999. Cali, Colombia: CIAT, 2000. p. 44-51.

32. CARNEIRO, J. E. E.; FARIA, L. C.; PEREIRA, P. A. A.; PELOSO, M. J. D.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C.; CARNEIRO, G. E. S.; SOARES, D. M.; DIAZ, J. L. C.; MELO, L. C.; MESCHITA, A. N.; FARIA, J. C.; SILVA, H. T.; SARTORATO, A.; BASSINELLO, P. Z.; ZIMMERMANN, J. P. **BRS Campeiro**: Nova cultivar de feijoeiro comum de grão preto, indicada para o Sul do Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 3 p. (Comunicado Técnico, 62).

33. CIRINO, V. M.; FONSECA JUNIOR, N. S. IPR Curió: Nova cultivar de feijão do grupo carioca precoce. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 7., 2013, Uberlândia, MG. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2013. p. 1453-1456.

3.6. TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

As pesquisas com trigo envolveram a colaboração de várias instituições brasileiras tais como o IAC (1,2,3,5,6,7,8,9,10,13,14,15, 16,17,18,19,20,21), Embrapa (4), IPAGRO (12) e IAPAR (11) e em alguns casos fizeram parte de um projeto com cereais financiado por vários anos pela IAEA na América Latina, denominado ARCAL. Nestes trabalhos, com exceção de dois nos quais também se utilizaram o mutagênico químico EMS (4,12), as sementes foram irradiadas no CENA com doses pré-determinadas de raios gama e a seleção realizada em campos experimentais das instituições. Como será citado em alguns exemplos, após o tratamento das sementes com o mutagênico a colheita das plantas obtidas (geração M1) foi realizada individualmente e nas progênies M2 realizada a seleção. Em outros casos a geração M1 foi colhida pelo método massal para posterior seleção. Os objetivos variaram para características tais como menor altura de planta (1,5,7,11,12), precocidade (4), resistência a doenças (2,3,5,6,7,12) resistência a alumínio do solo (14,15,16,17,18,19). Em certos casos irradiação foi utilizada para se estudar a variabilidade genética induzida em gerações provenientes de cruzamentos interespecíficos (8) ou avaliação de linhagens originárias de hibridação com e sem irradiação gama. Estudos específicos foram realizados em cruzamentos envolvendo linhagens mutantes e outras cultivares (21). Alguns destes trabalhos serão detalhados para maiores esclarecimentos da metodologia utilizada.

Em pesquisa realizada em colaboração com o IAC visando-se obtenção de menor altura da planta para evitar acamamento partiu-se de uma excelente cultivar, com boa produção e tolerante a alumínio do solo, a qual apresentava altura excessiva (5). Milhares de sementes foram irradiadas com dose pré-determinada de raios gama e as plantas obtidas foram colhidas pelo método massal. Para o plantio da geração seguinte foi retirada uma amostragem das sementes colhidas e dentre os mutantes de menor altura selecionados um se destacou nos 7 ensaios realizados em vários anos e locais, apresentando produção de grãos semelhante ao cultivar original, mas menor altura de planta e acamamento e mantendo a tolerância a alumínio. Ainda em colaboração com o IAC, visando a seleção de mutantes tolerantes a alumínio (14,15), partiu-se da cultivar sensível Anahuac. A geração M3, proveniente de tratamentos anteriores com raios gama (14) foi colocada em solo com alto teor de alumínio e várias linhagens tolerantes ao alumínio foram selecionadas. Em ensaios de produção em locais com solo com problemas de alumínio e em solos corrigidos, concluiu-se que os mutantes eram tolerantes e mais produtivos que o controle em solos com alumínio e que apresentavam produção semelhante ao

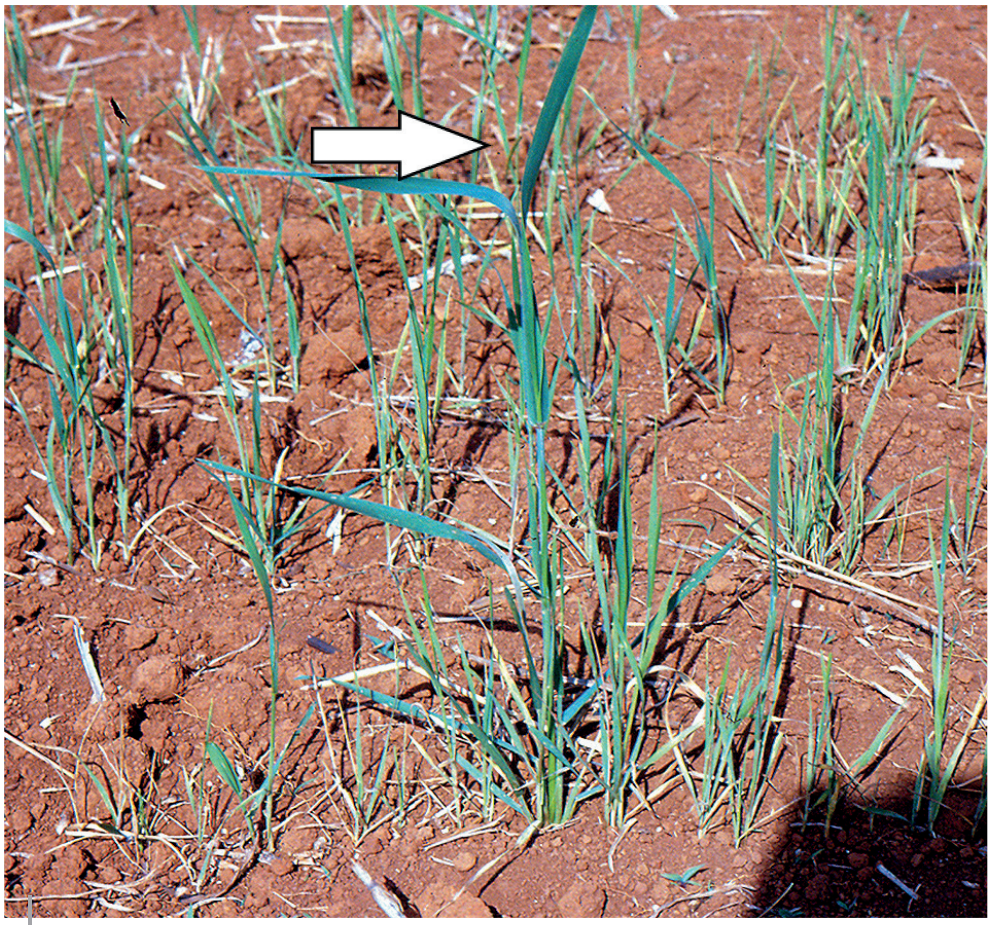
controle em solo corrigido (15,18). Determinou-se o controle genético da mutação concluindo-se que foi devida a um gene dominante (16). Em outro tipo de estudo com o IAC sementes híbridas de cruzamento interespecífico entre *T. aestivum* e *T. durum* em geração F4 foram irradiadas e várias linhagens foram obtidas por meio deste procedimento. A conclusão foi que várias destas linhagens se destacaram por características agronômicas tais como alto potencial produtivo, porte baixo, grãos mais pesados etc., indicando que poderiam ser usadas como fontes genéticas em cruzamentos. Em outro trabalho na mesma linha foram irradiadas sementes em geração F2 provenientes de cruzamento envolvendo apenas *T. aestivum* comparando-se com um grupo não irradiado de linhagens também em F2. As seleções posteriores indicaram boas linhagens nos dois tipos de materiais, mas a irradiação pode ter sido responsável pelo aparecimento de uma linhagem com porte mais baixo entre todas as selecionadas sendo que planta com esta menor altura não ocorreu com o material não irradiado (20). Um estudo em análise dialélica de cruzamentos envolvendo uma cultivar e 3 linhagens selecionadas originadas da irradiação de sementes, de alguns dos trabalhos do IAC citados anteriormente, revelou os potenciais destas linhagens para o melhoramento de várias características agronômicas (21). Nestes trabalhos com o IAC vale destacar-se que de início o Dr. Camargo, melhorista de trigo já falecido, não havia tido anteriormente experiências com indução de mutação, mas à medida que resultados de interesse foram sendo obtidos incluiu em seu programa esta alternativa de aumento da variabilidade genética. Posteriormente foi até convidado pela International Atomic Energy Agency – IAEA para compartilhar esta experiência com outros programas de melhoramento de trigo

Em trabalho realizado com a EMPRAPA/IAPAR em Ponta Grossa, partiu-se da cultivar Tifton a qual apresentava boa produtividade e resistência a doenças, porém tinha ciclo muito longo (4). Para a obtenção de precocidade sementes foram irradiadas com raios gama ou tratadas com EMS. No caso do mutagênico químico foi colhida uma espiga por plantas das sobreviventes após o tratamento e nas progênies destas plantas foi realizada a seleção para precocidade. Numa das progênies foi selecionado um mutante 14 dias mais precoce do que o controle e tal mutante manteve as outras boas características agronômicas da cultivar original.

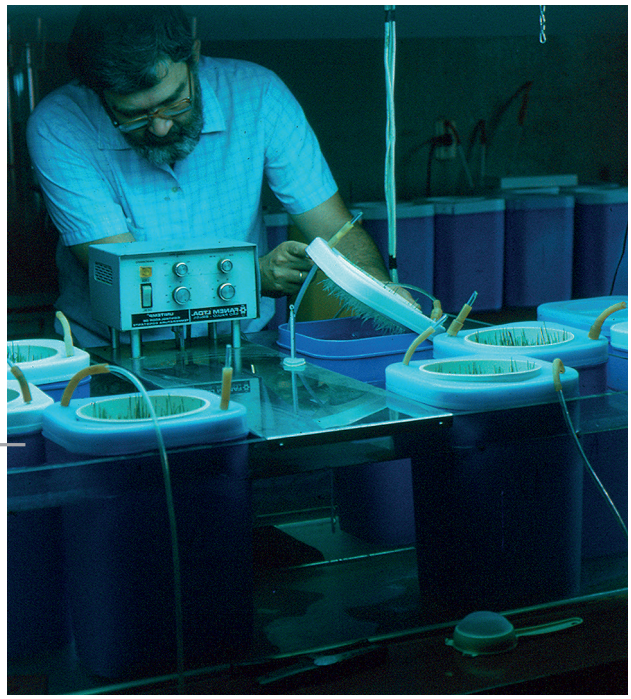
No IAPAR-Londrina, além de objetivos práticos tais como obtenção de precocidade e porte menor de planta sementes foram irradiadas para estudos de metodologia. As gerações M2 foram conduzidas utilizando-se 3 métodos e concluiu-se que os melhores resultados foram obtidos pelo método de condução por progênies, com a seleção de mutantes com menor altura de planta e alta produtividade (11).

No IPAGRO-Julio de Castiho além de trigo os tratamentos com raios gama ou EMS incluíram o F1 originado do cruzamento entre trigo e triticale. No caso de trigo, as irradiações permitiram a seleção de linhagens as quais apresentaram boas características agronômicas em vários ensaios regionais. No caso do cruzamento com triticale também linhagens de triticale com bom potencial foram selecionadas inclusive com alto peso de hectolitro (12).

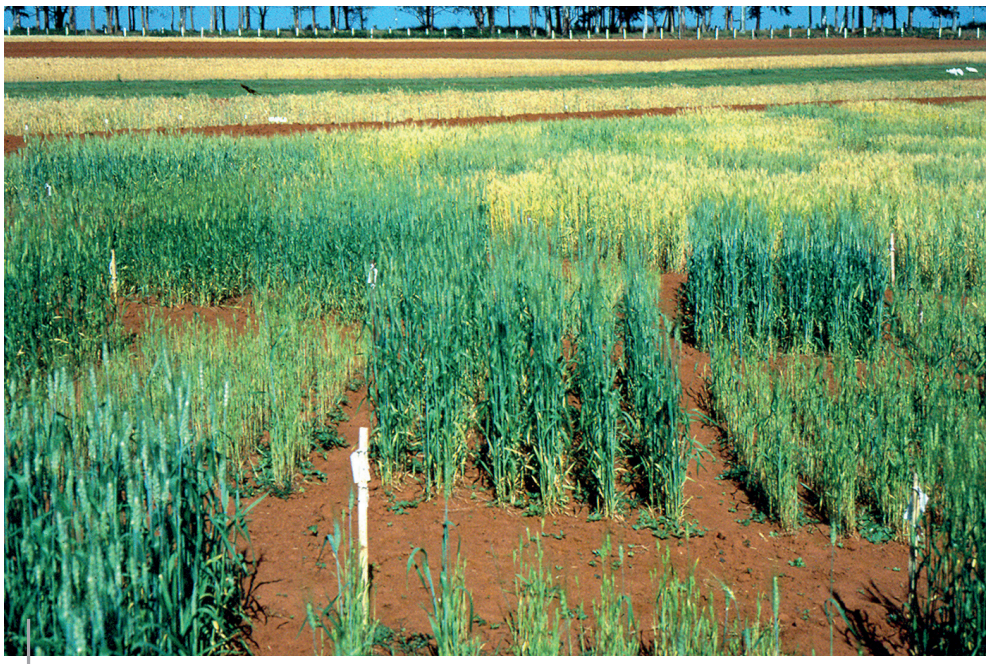
As fotos a seguir ilustram alguns dos resultados obtidos.



Seleção de mutante resistente a alumínio no campo, IAC



Dr. Camargo, IAC, confirmando em solução nutritiva o mutante selecionado no campo para tolerância a alumínio



Ensaio de campo com mutante tolerante ao alumínio (centro) ao lado de controles suscetíveis, IAC



Seleção de mutante precoce de Tifton na geração M2. Embrapa / IAPAR - Ponta Grossa



Mutante precoce de Tifton (vasos à esquerda) ao lado do controle (vaso da direita). Embrapa - IAPAR-Ponta Grossa



Dr. Camargo, pesquisador do IAC em campo de seleção de mutantes de trigo em Tatuí-SP



Multiplicação em canteiros no IAC de mutante selecionado no campo com menor altura (direita) ao lado do controle (esquerda)

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; VEIGA, A. A.; CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J.; BARROS, B. C. Wheat mutants in Brazil. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, n. 10, p. 4-5, 1977.

2. VEIGA, A. A.; CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J. C.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; BARROS, B. C. Indução de mutação no melhoramento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 12, p. 103-108, 1978.

3. VEIGA, A. A.; FELICIO, J. C.; CAMARGO, C. E.; BARROS, B. C.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A. Avaliação de mutantes de trigo (*Triticum aestivum*) obtido por radiação gama, resistentes a ferrugem do colmo. **Energia Nuclear e Agricultura**, Piracicaba, v. 40, n. 1, p. 59-70, 1982.

4. PHILIPOVSKY, J. F.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENTEN, J. O. M. Induced mutation aiming to obtain earliness in the Tifton wheat (*Triticum aestivum* L.) variety. In: Regional Seminar on Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America, Lima, 1982. **Proceedings ...**Viena: IAEA, 1984. p. 99-109. (TECDOC, 305).

5. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B. Indução de mutação visando a redução da altura de planta e resistência a doenças no cultivar de trigo IAC-17. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 287-293, 1995.

6. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; ALVES, M. C.; SANTOS, R. Indução de mutação visando a obtenção de resistência a doenças na cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) IAC-24. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 497-504, 1995.

7. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; ALVES, M. C. Redução na altura da planta e resistência a doenças em trigo através de indução de mutação usando raios-gama. In: Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, 3., 1995, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEN, 1995. p. 92-96.

8. CAMARGO, C. E. O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JUNIOR, A. Avaliação de genótipos de trigo oriundos de cruzamento

interespecífico e radiação gama no estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n.1, p. 25-37, 1995.

9. CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J. C.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; CASTRO, J. L. Novos genótipos de trigo obtidos por seleções em população segregante interespecífica submetida à irradiação gama. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 51-65, 1995.

10. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; PETTINELLI JUNIOR, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P. Plant height reduction and disease resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar IAC-18 by gamma radiation-induced mutations. **Brazilian Journal of Genetics**, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p. 287-293, 1996.

11. RIEDE, C. R.; CIRINO, V. M.; CAMPOS, L. A. C.; TULMANN NETO, A. Mutant selections from wheat cultivar IAPAR 3-ARACATU with reduced height. In: IAEA. **Use of mutation techniques for improvement of cereals in Latin America**. Viena, 1996. p. 127-132. (TECDOC, 859).

12. MAIRESSE, L. A. S.; TULMANN NETO, A. Mutation breeding of wheat and triticale in Rio Grande do Sul State, Brazil. In: IAEA. **Use of mutation techniques for improvement of cereals in Latin America**. Viena, 1996. p. 113-125. (TECDOC, 859).

13. CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J.; FERREIRA, A.; FREITAS J.; PETTINELLI, A.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Mutation breeding of wheat in São Paulo State, Brazil. In: IAEA. **Use of mutation techniques for improvement of cereals in Latin America**. Viena, 1996. p. 95-111.

14. CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; TULMANN NETO, A. Genetic diversity in wheat breeding for tolerance to acid soils. In: International Symposium on Induced Mutations and Molecular Techniques for Crop Improvement, 1995, Viena, Austria. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1995. p. 321-333. (IAEA-SM-340/5).

15. CAMARGO, C. E. O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FELICIO, J. L.; CASTRO, J. C.; PETTINELLI JUNIOR, A. Novos genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L) obtidos por irradiação gama. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 195-202, 1997.

16. CAMARGO, C. E. O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FELÍCIO, J. C. Genetic control of aluminum tolerance in mutant lines of the wheat cultivar Anahuac. **Euphytica**, Wageningen, v. 114, p. 47-53, 2000.

17. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; CASTRO, J. L.; FERREIRA FILHO, A. W. P. New wheat genotypes tolerant to aluminum toxicity obtained by mutation induction. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 61-70, 2001.

18. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; CASTRO, J. L.; FERREIRA FILHO, A. W. P. Evaluation of Anahuac wheat mutant lines for aluminum tolerance. **Euphytica**, Wageningen, v. 120, p. 339-343, 2001.

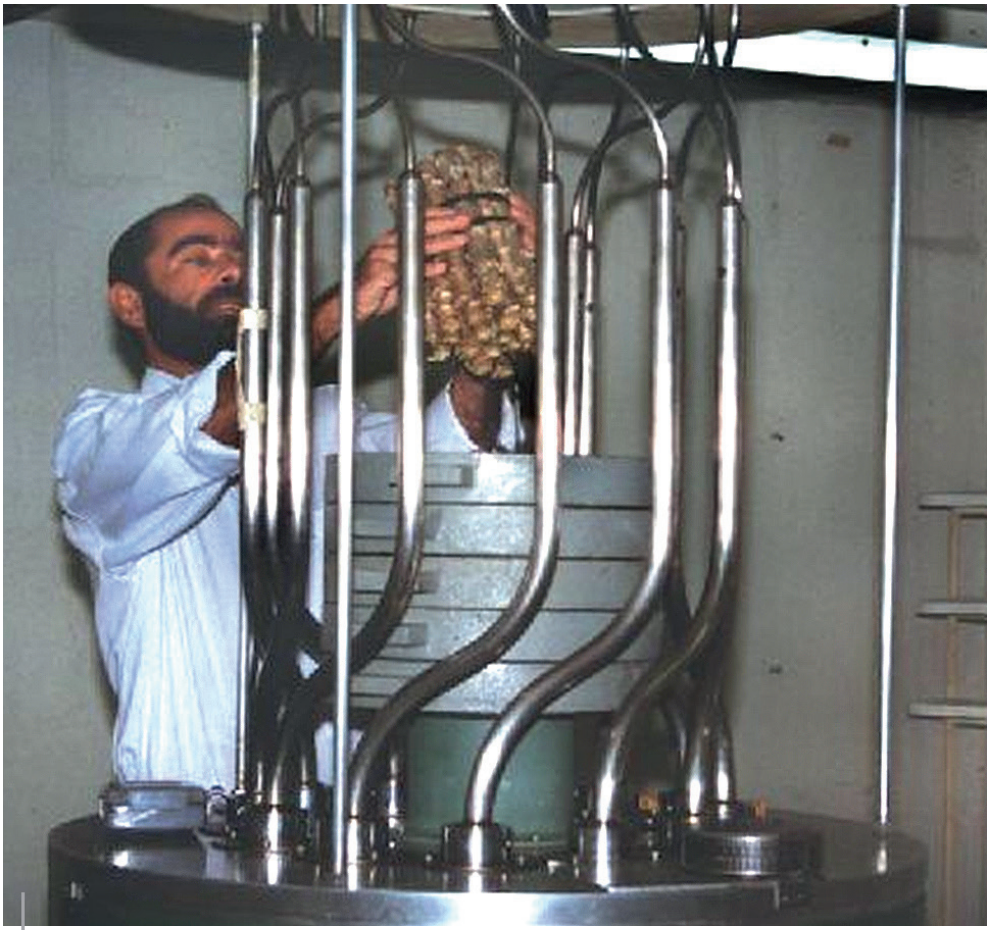
19. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; CASTRO, J. L. Evaluation of Anahac wheat mutant lines for aluminum tolerance. In: M. MALUSZYNSKI; K.J. KASHA. (Org.). **Mutations in vitro and molecular techniques for environmentally sustainable crop improvement.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 113-120.

20. CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; TULMANN NETO, A.; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J. C.; FELICIO, J. C.; MISTRO, J. C.; SALOMON, M. V. Avaliação de linhagens de trigo originárias de hibridação com e sem irradiação gama. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 61-74, 2005.

21. LOBATO, M. T. V. **Estimativas de parâmetros genéticos obtidos a partir de um cruzamento dialélico de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e três linhagens provenientes de irradiações.** 2010. 86 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. **Orientador:** Augusto Tulmann Neto. **Co-orientador:** Carlos Eduardo de Oliveira Camargo.

3.7. MANDIOCA (*Manihot esculenta*)

Embora de propagação vegetativa um dos trabalhos com mandioca (1) utilizou irradiação, com raios gama, de sementes de variedade de coloração púrpura do feloderma. Os resultados sugeriram que as doses utilizadas produziram um aumento na coloração branca. Em outra pesquisa (2) manivas com 20 cm de altura com várias gemas axilares foram irradiadas com várias doses de raios gama e os efeitos analisados na geração M1V1 indicaram que a dose de 30 Gy seria a ideal para trabalhos com indução de mutação usando tal material.



Introdução de ramas de mandioca para irradiação de gemas, no irradiador do CENA, com anéis para proteção da base para que o enraizamento não fosse prejudicado,1997



Plantio das ramas irradiadas para enraizamento e obtenção de plantas em ensaio visando à seleção de dose de raios gama para indução de mutação, EPAGRI, 1997.



Efeitos fisiológicos da irradiação em folhas dos ramos V1M1 (lado esquerdo) em comparação com folhas do controle (lado direito) em ensaio de sensitividade visando a seleção de doses de raios gama para indução de mutação



Efeitos da irradiação em folhas dos ramos V1M1, utilizados para a seleção de doses de raios gama

BIBLIOGRAFIA

1. PEREIRA, A. S.; ANDO, A.; NORMANHA, E. S.; SILVA, J. R.; LORENZI J. O.; MONTEIRO, D. A. Tentativa para induzir mutação na cor do feloderma das raízes de mandioca pela irradiação de sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 39, n. 2, p. 167-169, 1980.

2. MARSCHALEK, R.; TULMANN NETO, A.; TERNES, M. Determinação da radiossensitividade a raios gama na cultivar de mandioca pernambucana visando a indução de mutação. In: International Scientific Meeting Cassava Biotechnology Network, 4., 1998, Salvador, BA. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Geneticos e Biotecnologia/Cassava Biotechnology Network, 2000. p. 202-210.

3.8. SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill]

Em um dos primeiros trabalhos realizados com soja pela Seção de Radiogenética (1) foram descritas as várias possibilidades de indução de mutação no Brasil para a cultura, destacando-se resistência a doenças. Em tal pesquisa foram realizados ensaios preliminares com distintas variedades visando-se a determinação das doses de raios gama e do mutagênico químico EMS em sementes. A experiência adquirida com esta cultura foi utilizada posteriormente em projeto em colaboração, na época com a denominada COPERSUCAR, de Piracicaba, SP. Visou-se a obtenção de precocidade em soja, para a obtenção de linhagens que pudessem ser utilizadas no processo de rotação de cana-de-açucar, sistema no qual a precocidade é de importância.

Por meio da irradiação de sementes com raios gama na cultivar Paraná e o mutagênico químico EMS na cultivar IAC-8, foram obtidos mutantes precoces e como a avaliação agronômica em um local foi positiva (2), ela foi estendida para 4 locais. Para as duas cultivares a precocidade em relação ao controle variou de 7 a 10 dias (3,4) e dois mutantes em cada cultivar foram de interesse, pois além da precocidade, com exceção da altura da planta, apresentaram poucas alterações em outras características agronômicas.

Uma pesquisa apesar de não concluída e não publicada, merece ser relatada pela metodología empregada, foi realizada a partir de 2005 em colaboração com a empresa TMG em Cambé-PR. O objetivo inicial era a indução de mutação para precocidade na cultivar Saara, a qual apresentava resistência a seca mas tinha um ciclo muito longo. Como as mutações ocorrem ao acaso, aproveitando as facilidades do campo experimental da TMG, decidiu-se ampliar o objetivo, para a seleção de mutantes com outras características agronômicas, no caso resistência a herbicidas e doenças. Para isto foram irradiados sacos com milhares de sementes, utilizando-se 5 doses de raios gama e o material irradiado foi embarcado por avião até o campo experimental. A colheita das plantas obtidas das sementes irradiadas (geração M1) foi feita pelo método massal. As sementes obtidas foram divididas em 3 lotes para a avaliação de mutantes na geração M2: um para seleção de precocidade em área isenta de doenças, outro para seleção visando resistência a ferrugem em área com a doença e outro visando-se a seleção de resistência a herbicidas.

No caso de precocidade, na geração M2, além da cultivar original, foram semeadas como controle, cultivares com ciclos mais precoces do que Saara. Deste modo, os melhoristas além de observarem o fiorescimento e maturação da cultivar original, tinham como parâmetro para seleção de mutantes outras cultivares mais precoces e poderiam selecionar mutantes com diferentes ci-

clos. De fato dos 34 mutantes mais precoces selecionados das 5 doses, existiram grandes variações encontrando-se mutantes com ciclo de 2 a 21 dias mais precoces. Como citado, tal experimento não foi concluido mas a metodología utilizada, irradiação de grande número de sementes, utilização de grande área experimental, várias doses de irradiação, divisão do material para seleção de diferentes tipos de mutantes, uso de controles adequados, serviu de base para pesquisas realizadas com soja ou outras culturas e instituições privadas ou oficiais. Como exemplo, em 2015 iniciou-se projeto com soja em colaboração com a Cia Oryza & Soy e em 2019 com a mesma cultura, pesquisas envolvendo o Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA e o Prof. Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras

As fotos ilustram alguns aspectos dos trabalhos com esta cultura.



À esquerda controle e à direita mutante de soja precoce (Copersucar/CENA),1994



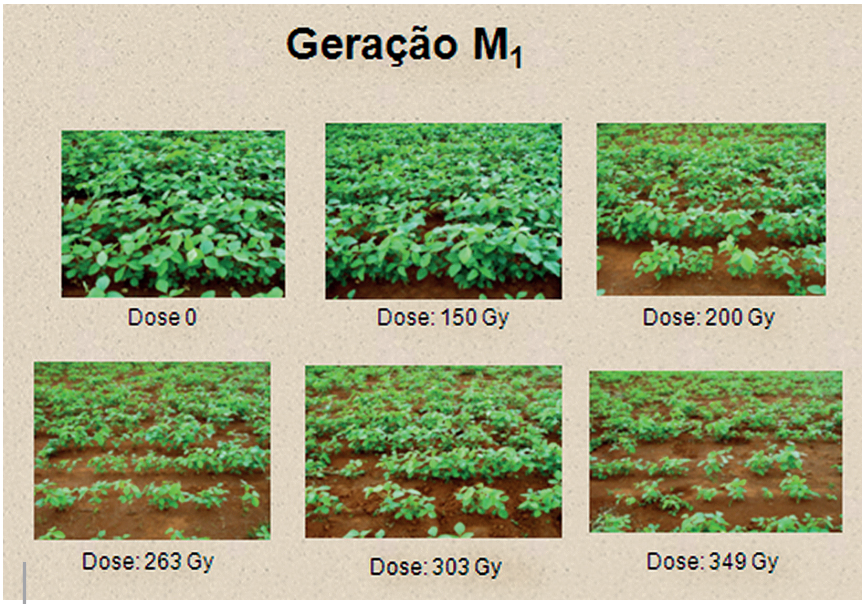
Irradiação de sementes de soja Saara (TMG/CENA), 2005



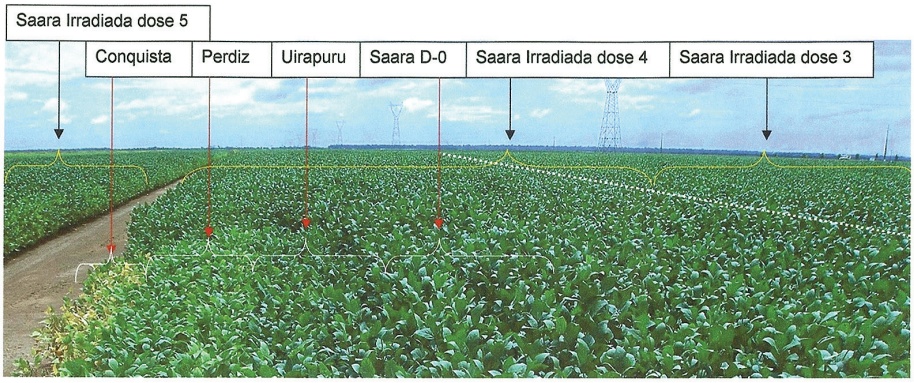
Sacos contendo sementes de soja irradiadas com 5 doses (TMG/CENA)



Transporte de sementes irradiadas para plantio no campo experimental da TMG



Campo experimental da TMG com plantas originárias de sementes irradiadas, geração M1



PROJETO: SAARA IRRADIADA; OBJETIVO: PRECOCIDADE; LOCAL: SORRISO - MT; SAFRA: 2006/07

MATURAÇÃO RELATIVA	PADRÃO DE CICLO	DOSES DE IRRADIAÇÃO						
9.4 (extr.-tardio)	SAARA D-0	SAARA D-1	SAARA D-2	SAARA D-3	SAARA D-4	SAARA D-5		
9.0 (tardio)	UIRAPURU	3728	1292	469	648	1047	7184	9.0
8.9 (tardio)		564	105	32	85	103	889	8.9
8.8 (semi-tardio)	PERDIZ	447	125	67	96	99	834	8.3 a 8.8
8.2 (precoce)	CONQUISTA	242	104	25	52	111	534	até 8.2
		4981	1626	593	881	1360	9441	Total

Campo da TMG em Sorriso-MT, para seleção de mutantes precoces na geração M2 com os controles de diferentes ciclos de maturação (Saara, Uirapuru, Perdiz e Conquista) e número de plantas precoces selecionadas em relação a cada ciclo dos controles nas doses utilizadas

Indução de mutação em soja, em colaboração entre o Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA e o Prof. Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, MG (2019).



Plantio de sementes irradiadas de soja em casa de vegetação para seleção de dose. UFLA – Lavras, MG, 2019



Plantas da geração M1 originadas da irradiação com raios gama no CENA, em campo experimental. UFLA - Lavras, MG, 2019

BIBLIOGRAFIA

1. MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; YORINORI, J. T.; DESLANDES, J. A.; COSTA, A. S.; SILVÉRIO, J. C. O. Induced mutations for disease resistance in soybean [Glycine max (L.) Merrill]. In: Regional Seminar on the Utilization of Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America, Lima, 1982. **Proceedings...** Viena: IAEA, 1984. p. 173-189. (TECDOC, 305).

2. TULMANN NETO, A.; PEIXOTO, T. Early maturing and good yield mutants in soybean in Brazil. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 36, p. 9, 1990.

3. TULMANN NETO, A.; PEIXOTO, T.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, J. C. V.; MENTEN, J. O. M.; ATHAYDE, M. Indução de mutação na cultivar de soja IAC-8 visando a obtenção de precocidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 237-244, 1995.

4. TULMANN NETO, A.; ALVES, M. C. Induction of mutations for earliness in the soybean cultivar Paraná. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, n. 1, p. 45-50, 1997.

3.9. MAMÃO (*Carica papaya* L.)

Na época da realização desta pesquisa, (83/84) não existiam muitas informações na literatura sobre indução de mutação em mamoeiro. No projeto feito em colaboração entre a Seção de Radiogenética do CENA e a Seção de Virologia do IAC, houve a necessidade de trabalhos preliminares para o estabelecimento da metodologia a ser utilizada com o objetivo de indução de mutação visando resistência ao vírus do mosaico. Além de resumos apresentados em reuniões não existiram outras publicações sobre a pesquisa, mas a metodologia aplicada merece citação. Inicialmente foi realizada a determinação da sensitividade a raios gama de sementes da cultivar IAC-98 (1). Posteriormente foram irradiadas sementes com as doses de 22,5 e 26,5 krad e formadas as mudas em casa de vegetação, as quais foram transplantadas para o campo na Estação Experimental de Tiete, do IAC. Nas plantas originadas (geração M1) foram feitas autofecundações em flores hermafroditas. Para isto foram selecionadas de 3 a 6 flores da parte superior de cada planta, escolhendo-se aquelas situadas em diferentes posições do caule, tal que completasse uma espiral a partir da primeira flor autofecundada.

Os frutos de cada planta foram colhidos individualmente e devido ao grande número de sementes foi tirada uma amostragem para a fase seguinte de seleção, a qual foi realizada com o plantio das progênies em casa de vegetação para inoculação com o vírus na Seção de Virologia do IAC em Campinas ou plantio no campo experimental do IAC em Ribeirão Preto, onde se fez inoculação com o vírus em várias plantas para se assegurar o aparecimento da doença. Pelos efeitos observados na geração M1, concluiu-se que a dose foi eficiente e pelas mutações morfológicas e de clorofila observadas na geração M2, concluiu-se que a amostragem e metodologia de autofecundação de frutos originados de diferentes partes da planta também foi adequada. Em Ribeirão Preto foram testadas 354 progênies sendo que em 12 ocorreram plantas com tolerância (2). As progênies selecionadas foram novamente testadas em Ribeirão Preto e em sete delas houve confirmação da tolerância (3). Entretanto, ensaios de campo com estas progênies realizados na Estação Experimental do IAC em Pindorama não confirmaram a tolerância, o que na época foi atribuído a provável ocorrência de novas raças do vírus.



Efeitos da irradiação de sementes de mamão em planta da geração M1, CENA 1979



Autofecundação de flores hermafroditas em plantas da geração M1 provenientes de sementes irradiadas. IAC-Tietê, 1979



Planta da geração M1 com frutos obtidos da autofecundação contendo sementes da geração M2, IAC Tietê 1979.



Metodologia de inoculação de plantas para seleção de mutantes em campo ou casa de vegetação



Plantio de progênies (Geração M2) para seleção de tolerância ao mosaico em Ribeirão Preto



Avaliação de progênies (geração M3) provenientes de plantas selecionadas na geração M2. As hastes das plantas pintadas de branco foram selecionadas por apresentarem tolerância, Ribeirão Preto

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; SOARES, N. B.; MARTINS, A. L. M. Possibilidade de uso de mutações induzidas na procura de resistência ao vírus do mosaico do mamoeiro em *Carica papaya* L. In: Seminário Regional sobre Técnicas Nucleares na Produção de Plantas Agrícolas, 1984, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba: CENA, CNEN, CNPq, 1984. p. 22-23.

2. REZENDE, J. A. M.; COSTA, A. S.; MARTINS, A. L. M.; TULMANN NETO, A.; SOARES, N. B. Segregação de tolerância ao vírus do mosaico do mamoeiro na variedade IAC-98. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 11, p. 42-43, 1985. Resumos do 8° Congresso Paulista de Fitopatologia, 1985, Piracicaba, SP. res. 32.

3. REZENDE, J. A. M.; TULMANN NETO, A. Confirmada a tolerância ao vÍrus do mosaico do mamoeiro em progênies de IAC-98. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 13, p. 27, 1987. Resumos do 10° Congresso Paulista de Fitopatologia, 1987, Piracicaba, SP. res. 51.

3.10. PIMENTA DO REINO (*Piper nigrum* L.)

Este trabalho, iniciado em 1978 foi o primeiro da Seção de Radiogenética envolvendo cultura cuja propagação comercial é vegetativa, contou com a colaboração do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido da Embrapa (CPATU), do Instituto Experimental de Agrícola Tropical da Amazônia (INATAM) e do JICA, tendo sido coordenado pelo Prof. Ando. Especialistas em indução de mutação IAEA, Drs. Van Harten e Broertjes da Holanda e Dr. Yamaguchi do Japão também contribuíram com a pesquisa. Objetivou-se a obtenção de resistência a fusariose em pimenta do reino por meio da irradiação com raios gama (3,0 a 7,0 krad) de estacas da cultivar Cingapura, as quais foram plantadas no campo experimental do INATAM, em Tomé-Açu, Pará (1). Após a aplicação das podas repetidas houve o plantio de centenas de estacas destas plantas em vasos para inoculação com o agente causal da doença. Mutantes resistentes foram selecionados e continuamente testados a partir de 1985 e plantados em áreas de produtores no Pará (1, 2). Descendentes destes mutantes ainda hoje se encontram em cultivo em Baião, no Pará. Posteriormente foi desenvolvida metodologia para seleção in vitro para resistência a fusariose, estabelecendo-se doses de raios gama, meios de cultura e concentrações dos esporos do fungo para seleção *in vitro* (3). Neste último trabalho citam-se também as avaliações realizadas para os mutantes selecionados *in vivo* citados anteriormente.

Algumas fotos ilustram os resultados relatados.



Controle suscetível a fusariose de pimenta do reino



Mutante resistente



Vista geral de ensaio de avaliação realizado em Tomé Açu-Pará, dos mutantes selecionados para resistência a fusariose



Prof. Ando ao lado de um dos clones selecionados para resistência a fusariose, em ensaio realizado em campo de produtor em Tomé Açu



Equipe de avaliação de mutantes de pimenta do reino em campo de produtor em Tomé Açu. Ao centro o Dr. Yamaguchi, do lado direito o Dr. Ando e demais pesquisadores colaboradores



Plantio comercial de mutante selecionado para resistência a fusariose em Baião-Pará

BIBLIOGRAFIA

1. ANDO, A.; MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A.; ALBUQUERQUE, F. C.; HIRATA, K. Obtenção de mutantes resistentes à fusariose em pimenta do reino (*Piper nigrum* L.). In: Seminário Regional sobre Técnicas Nucleares na Produção de Plantas Agrícolas, 1984, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: CENA/USP, 1985. p. 15-16.

2. ANDO, A.; ALBUQUERQUE, F. C.; POLTRONIERI, M. C.; TULMANN NETO, A. Obtention of black pepper (*Piper nigrum* L.) mutants resistant to root and stem blight through gamma radiation. In: International Seminar on Black Pepper and Cupuaçu, 1., 1996, Belém, PA. **Proceedings...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental; JICA, 1997. p. 237-243. (Documentos, 89).

3. LEMOS, O. F. Mutagênese e tecnologia in vitro no melhoramento genético da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). 2003. 159 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. **Orientador:** Akihiko Ando.

4. LEMOS, O. F.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A. In vitro and *in vivo* selection of black pepper (*Piper nigrum*) mutants. In: IAEA. **Mass screening techniques for selecting crops resistant to disease**. Viena, Austria: IAEA, 2010, p. 257-266.

3.11. CITROS

Os trabalhos com citros merecem destaque especial pelos resultados teóricos, aplicados, extensão e formação de pessoal. Já se sabia da importância da ocorrência das mutações espontâneas em citros (10). Eram então evidentes as possibilidades de se aumentar a variabilidade por meio de mutações, como relatado em outros países, mas cujas pesquisas nesta área, de uma maneira consistente praticamente ainda não existiam no Brasil até 1986.

Os primeiros trabalhos envolveram o uso de cultura de tecidos (1,2,3,4,5) e esta cultura foi a primeira na qual a Seção de Radiogenética utilizou esta técnica. Pelos autores principais envolvidos nestas pesquisas, Moacir Pasqual (atual professor da UFLA), Maria Helena Goldmann (atual professora da USP) e Mariangela Cristofani (atual pesquisadora do IAC), já se verifica a contribuição dada na formação de pessoal, além de abrir campo para pesquisas *in vitro* com indução de mutação na Seção de Radiogenética. Um trabalho posterior resumiu estas possibilidades (9) e neste e em outra pesquisa (8) já aparecia a contribuição da professora Beatriz Madalena Januzzi Mendes, a qual depois realizou excelentes trabalhos *in vitro* com esta cultura, os quais não envolveram o uso de indução de mutação.

O enfoque inicial na Seção de Radiogenética era obtenção de resistência a cancro cítrico na cultivar de laranja Pêra. Passando a contar com a colaboração do Instituto Agronômico de Campinas e Instituto Biológico e a Estação Experimental de Presidente Prudente (atualmente APTA da Alta Sorocabana) iniciou-se um trabalho com a irradiação por raios gama de hastes com borbulhas da cultivar Pêra, seguindo-se o método das podas repetidas e o plantio das mudas obtidas em condição de campo para a seleção (6). Além dos objetivos práticos este experimento serviu para indicação da metodologia apropriada para este tipo de trabalho, tal como seleção da dose de raios gama, melhor altura da poda para a formação de novas mudas com maiores frequências de mutações e métodos de seleção em campo dos mutantes (7,11,12,13,14,15,19). Foi um trabalho de longa duração e além dos autores citados, devem ser acrescentados os nomes de Edson Tobias Domingues (10) (já falecido) e Rodrigo Rocha Latado (12,13,14,16,17), os quais posteriormente, juntamente com Mariangela Cristofani (5,9), vieram a trabalhar como pesquisadores de citros no Centro de Citricultura do Instituto Agronômico e estão desenvolvendo expressivos trabalhos, inclusive com indução de mutação. Em um artigo de revisão foram apresentados alguns dos resultados destes trabalhos *in vivo* e *in vitro* (21).

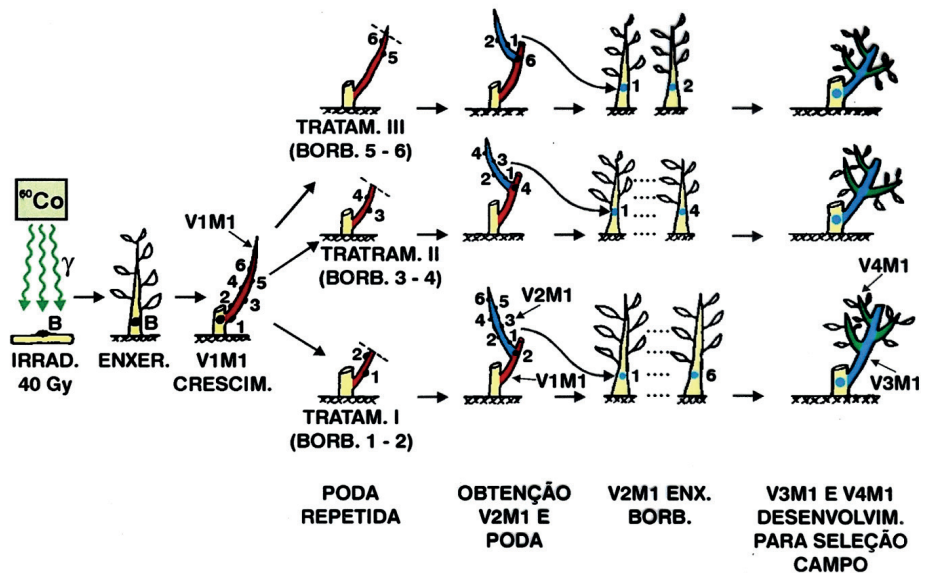
Além do aspecto de colaboração dos pesquisadores brasileiros das instituições de pesquisa citadas, o trabalho contou com o auxílio do Dr. Celio Moreira da ESALQ/USP, da IAEA com a vinda do Dr. Basilio Donini, especialista de indução de mutação em plantas de propagação vegetativa e do Dr. Hector Zubrzicki, da

Argentina (INTA), o qual já havia trabalhado com sucesso na indução de mutação citros. Além da expressiva formação de recursos humanos, como um dos resultados destes trabalhos com laranja Pêra foi liberada para os agricultores a cultivar mutante IAC 2014, a qual apresenta menor incidência de cancro cítrico e ausência de sementes (13,17,19).

Outra consequência deste trabalho com a cultivar Pêra, foi que o Centro de Citricultura do IAC passou a adotar rotineiramente em seu Programa de Melhoramento a técnica de indução de mutações para redução do número de sementes (18,20,22), utilizando tangerinas com boas qualidades agronômicas, mas elevado número de sementes. Nestes projetos a metodologia foi simplificada, explorando-se apenas as gemas 5 e 6 do ramo V1M1 obtido da irradiação de hastes com borbulhas. Em tangerina Fremont IAC a indução de mutação seguindo esta metodologia já identificou um clone mutante (com o código 5.3) com boa produtividade e frutos com apenas uma semente em média (23,24). Este clone estava em avaliação para lançamento como nova cultivar de tangerina. A divulgação destes resultados estimulou a Embrapa a utilizar esta metodologia para obtenção de mutantes sem sementes em citros, com irradiação de borbulhas no CENA em 2018 e plantio em Cruz das Almas-Bahia.

As fotos a seguir ilustrarão os resultados obtidos.

ESQUEMA USADO PARA ISOLAMENTO DE MUTAÇÕES EM LARANJA DOCE (CENA/IAC/IB)

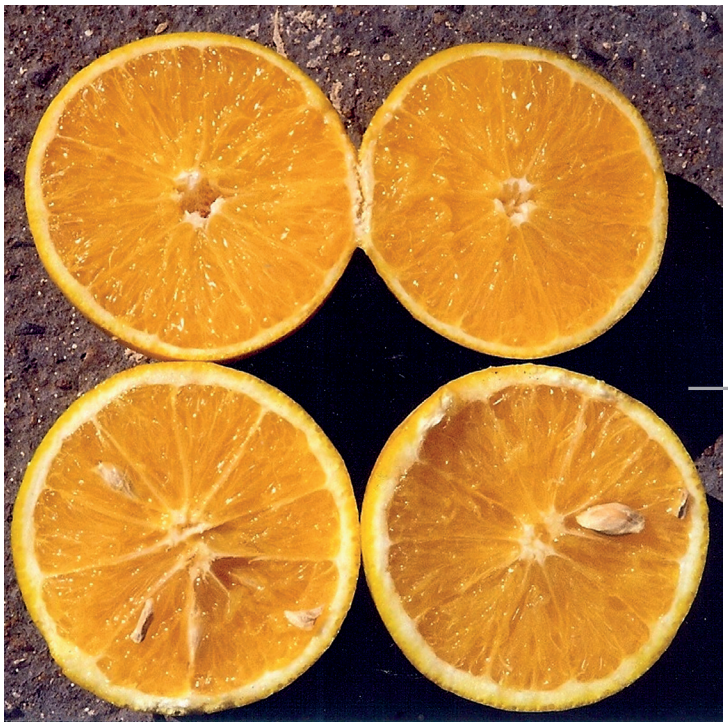




Hastes com borbulhas de cultivar Pera irradiadas com raios gama



Seleção de mutantes em plantas provenientes de borbulhas irradiadas, Presidente Prudente



Ao lado mutante IAC 2014 sem sementes comparado com o controle



Após a inoculação, controle Pêra suscetível ao cancro cítrico



Mutante resistente IAC 2014



Mutante de tangerina Fremont clone 5.3, com média de uma semente por fruto



Frutos do controle de tangerina Fremont com várias sementes



Frutos do mutante 5.3 de Fremont, com média de apenas uma semente por planta, a ser liberado como nova cultivar de tangerina

BIBLIOGRAFIA

1. PASQUAL, M. **Regeneração de plantas *in vitro* e radiossensitividade de tecidos nucelares de citros.** 1985. 106 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

2. PASQUAL, M.; ANDO. A.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Determination of methodology to obtain resistance to citrus canker (*Xanthomonas campestris* pv. citri) though nuclear techniques combined with *in vitro* culture. In: IAEA. **Nuclear techniques and *in vitro* culture for plant improvement.** Viena, 1986. p. 129-136.

3. GOLDMAN, M. H. S. **Cultura de tecidos nucelares, isolamento e radiossensitividade de protoplastos de *Citrus sinensis* (L) Osbeck cv. pera.** 1988. 127 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988, 127p. **Orientador:** Prof. Dr. Akihiko Ando.

4. PASQUAL, M.; ANDO, A. Infiuência da irradiação gama na produção de calos nucelares de Citrus sinensis Osb. cv. Valência *in vitro*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 10, p. 1471-1475, 1990.

5. CRISTOFANI, M. **Adaptação de metodologia de cultura de tecidos em *Citrus sinensis* L. cv pêra, visando a indução de mutação**. 1991. 185 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

6. TULMANN NETO, A.; POMPEU JUNIOR, J.; CERÁVOLO, L.C.; NAMEKATA, T.; ROSSI, A.C. Mutation breeding aimed obtaining resistence to citrus canker (*Xanthomonas campestris* pv. citri) and other characteristics in sweet orange (*Citrus sinensis* (OSB). In: Plant Mutation Breeding for Crop Improvement, 1990, Viena. **Proceedings...** Viena: IAEA, 1990. v. 2, p. 235-241.7.

TULMANN NETO, A.; POMPEU JUNIOR, J.; CERAVOLO, L. C.; NAMEKATA, T.; ROSSI, A. C.; MENTEN, J. O. M. Avanços no melhoramento de laranja visando resistência ao cancro cítrico e outras características através de mutações induzidas. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 52, n. 2, p. 101-104, 1991.

8. CRISTOFANI, M.; MENDES, B. M. J.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Determinação da viabilidade de protoplastos irradiados de laranja Pera. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 101-104, 1993.

9. TULMANN NETO, A.; CRISTOFANI, M.; MENDES, B. M. J. Uso de mutagênese *in vitro* no melhoramento de citrus. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 167-176, 1994.

10. DOMINGUES, E. T.; TULMANN NETO, A. Importância das mutações no melhoramento das variedades cítricas. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, n. 2, p. 235-293, 1995.

11. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; CERAVOLO, L.; NAMEKATA, T.; ROSSI, A. C. Indução e seleção de mutantes em laranja pêra mediante o emprego de radiação gama. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 10, p. 743-752, 1996.

12. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; ZINSLY, L. F. Correlação entre viabilidade de pólen e número de sementes em clones mutantes de laranja pêra. In: Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Futuro nuclear:** Refietindo para construir. Rio de Janeiro: CNEN, 2000.

13. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; IEMMA, A. F.; POMPEU-JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; MACHADO, M.; PIO, R. M.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; ROSSI, A. C. Mutantes de laranja pêra com reduzido número de sementes, obtidos através de mutações induzidas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 339-344, 2001.

14. LATADO, R. R.; CARVALHO, M. T. V.; TSAI, S.; TULMANN NETO, A. Obtenção de híbridos somáticos de limão Cravo e tangerina Cleópatra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1735-1741, 2002.

15. LATADO, R. R.; BUENO FILHO, J. S.; POMPEU JUNIOR, J.; TULMANN NETO, A. Correlações entre viabilidade de pólen e características de frutos em mutantes de laranjeira pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 961-965, 2004.

16. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M.; MACHADO, M. A.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; MARANGONI, S. M. N.; ROSSI, A. C. Caracterização agronômica de mutantes de laranjeira pêra sem sementes ou com alteração no período de maturação de frutos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 1, p. 109-120, 2005.

17. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; POMPEU JUNIOR, J.; PIO, R. M.; MACHADO, M.; NAKEMATA, T.; CERAVOLLO, L.; MONTES, S. M.; ROSSI, A. C. Seedless and citrus canker tolerant clones in sweet orange induced by gamma rays. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 1, p. 21-22, 2006.

18. GONZAGA, D. L.; TULMANN NETO, A.; PIO, R. M. Indução de mutação para obtenção de cultivares de tangerinas sem sementes. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20., 2008, Vitória. **Trabalhos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. v. 1, p. 1-6. (Documento, 167).

19. BELASQUE JUNIOR, J.; TULMANN NETO, A.; Resistance of mutants of sweet orange induced by gamma-rays to citrus canker (*Xanthomonas citri* subsp. citri) under artificial inoculation. In: Shu, Q. Y. (Org.). **Induced plant mutation in the genomics era.** Roma: FAO, 2009. v. 1, p. 286-288.

20. GONZAGA, D. L.; TULMANN NETO, A.; PIO, R. M. Radiossensibilidade de dois tipos de propágulos de citros. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 13-18, 2011.

21. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; FIGUEIRA, A. In vivo and *in vitro* mutation breeding of citrus. **Bioremediation, Biodiversity & Bioavailability**, Durham, v. 6, p. 40-45, 2012.

22. CENTRO DE CITRICULTURA. Indução de mutantes de citros. **Informativo Centro de Citricultura**, Cordeirópolis, n. 275, p. 4, 2018.

23. CENTRO DE CITRICULTURA. Obtenção de variedades cítricas com frutos sem sementes por indução de mutação. **Informativo Centro de Citricultura**, Cordeirópolis, n. 282, p. 1, 2018.

24. BASTIANEL, M.; BARROS, V. L. N. P.; TULMANN NETO, A.; SOUZA, P. S.; PPIO, R. M.; LATADO, R. R. Induction and selection of mandarin mutants with fruits containing low number of seeds. In: SIVASANKAR, S. et al. (eds.). **Mutation breeding, genetic diversity and crop adaptation to climate change.** Vienna: IAEA, 2021. p. 379-385.

3.12. SORGO (*Sorghum bicolor* L.)

Esta pesquisa foi iniciada em colaboração com a Embrapa, visando a seleção de mutantes de sorgo insensíveis ao foto período. A etapa preliminar para a determinação das doses de raios gama a serem utilizadas, serviu também para uma interessante discussão relacionada a diferenças na sensitividade entre linhagens (1). De fato, uma das linhagens empregadas para a obtenção de um sorgo híbrido mostrou-se muito mais sensível a raios gama, o que foi alvo de discussão no trabalho, a fim de esclarecer as possíveis razões para essa maior sensibilidade. A pesquisa não foi continuada, mas a foto indica a possibilidade de seleção de mutante insensível ao foto período, na geração M2.



No centro, possível mutante insensível na geração M2

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A.; BORGONOVI, R. A.; ANDO, A. Sensitividade a raios gama de linhagens e híbridos simples de sorgo. **Energia Nuclear e Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 1, p. 75-80, 1985.

3.13. FORRAGEIRAS

Nesta pesquisa realizada com a colaboração entre a Seção de Radiogenética e Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, a etapa inicial incluiu *Stylosanthes*, visando resistência a doença (1). Determinou-se a sensitividade de sementes a raios gama, selecionando-se duas doses com as quais as sementes foram irradiadas e na geração M2 iniciada a seleção, verificando-se aumento na variabilidade para várias características. Um mutante com folhas maiores e de hábito de crescimento mais ereto chamou a atenção, pois o controle apresentava hábito prostrado (2). Na coleção de germoplasma não havia tipo semelhante de arquitetura. As avaliações por 8 anos de outros mutantes selecionados para antracnose, mostraram que a resistência persistiu (2).

Outra pesquisa ainda nesta colaboração incluiu o capim Jaraguá. Esta forrageira, assim como várias outras, é apomítica daí o interesse em se aumentar a variabilidade genética via indução de mutação. A primeira etapa foi a determinação da sensitividade a raios gama, utilizando-se sementes e gemas axilares (3). Na segunda etapa, sementes foram irradiadas com 400 Gy de raios gama (4). Na geração M2 de algumas progênies foram observadas variações morfológicas em relação ao controle e a conclusão inicial é que havia uma indicação que a irradiação poderia ter causado uma quebra na apomixia.

Embora o trabalho com Nova Odessa não tivesse continuidade, serviu como base para projeto com várias forrageiras, iniciado em 2014 com uma empresa privada de melhoramento de forrageiras do Rio Grande do Sul.

As fotos a seguir ilustram alguns aspectos do que foi descrito.



Mutante de porte arbustivo (seta) ao lado do cultivar original, de porte prostrado. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 1992



Multiplicação do mutante de porte arbustivo. Instituto de Zootecnia. Nova Odessa, 1993

BIBLIOGRAFIA

1. ALCANTARA, P. B.; TULMANN NETO, A. Induced mutation for disease resistance in *Stylosanthes guyanensis*. In: FAO/IAEA Workshop on improvement on grain legume production using induced mutation, 1986, Pulmann. **Proceedings...** Viena: IAEA, 1988. v. 1, p. 229-234.

2. ALCANTARA, P. B.; TULMANN NETO, A. Induction of shrubby type mutant in *Stylosanthes guyanensis*. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, n. 41, p. 5, 1994.

3. VALARINI, M. J.; MECELIS, N. R.; VEASEY, A. E.; ALCANTARA, P. B. A.; ALCANTARA, V. B. G.; TULMANN NETO, A. Sensitivity of Jaragua Grass (*Hyparrhenia rufa*) to gamma-radiation. **Revista da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 53, p. 57-60, 1996.

4. VEASEY, A. E.; VALARINI, M. J.; MECELIS, N. R.; ALCANTARA, P. B. A.; ALCANTARA, V. B. G.; TULMANN NETO, A.; ABBADO, M. R.; CARDELLI, M. A. Use of gamma-radiation to increase genetic variability in jaraguá grass (*Hyparrhenia rufa*). **Revista da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 53, p. 61-64, 1996.

3.14. BANANA (*Musa* spp.)

A cultura da banana é uma nas quais é grande o auxílio da cultura de tecidos, tanto para avanço rápido de gerações, como para seleção *in vitro* e estes procedimentos foram muito utilizados pela Seção, apesar de que também no CENA metodologia foi desenvolvida *in vivo* para avanço de gerações (1,2). Tal metodologia pode ser utilizada em locais nas quais não existe laboratório de cultura de tecidos para avanço de gerações após a irradiação. Porém antes que a técnica *in vitro* fosse aplicada, havia uma grande preocupação no Brasil, pois a técnica de obtenção de mudas usando cultura de tecidos havia sido recém introduzida e haviam muitas queixas dos agricultores pelo grande número de plantas fora de tipo (variação somaclonal), como constatada em visita feita na época a produtores de Paranapanema da Cooperativa Holambra. A Seção de Radiogenética ao mesmo tempo que adaptava metodologia para indução de mutações (3,4,5,6) resolveu fazer um trabalho básico, para determinar as causas destas variações (7). Por meio destes trabalhos concluiu-se que com o aumento das repicagens aumentava a % de variação somaclonal e que a seleção de mutantes após a irradiação de ápices caulinares deveria ser feita após a quarta repicagem. A limitação do número de repicagens, revelada por este estudo foi de grande auxílio às biofábricas no sentido de diminuir a % de variação somaclonal. A confirmação deste fato foi concluída em projeto realizado em colaboração com a Cooperativa Holambra de Paranapanema, visando a obtenção de mudas de alta qualidade. Uma das etapas deste estudo consistiu na obtenção de 250.000 mudas de banana Nanica, para o plantio em tal região. Por meio de metodologia fornecida pela Seção de Radiogenética do CENA e acompanhamento das etapas de produção em uma biofábrica previamente selecionada da cidade de Campinas, estas mudas obtidas *in vitro* foram e plantadas por vários agricultores de Paranapanema. Pesquisadores da Seção acompanharam o desenvolvimento destas plantas e foi avaliada a ocorrência de variantes. As últimas observações, realizadas em 1996, revelaram que foi bastante baixa a ocorrência de variação somaclonal, o que foi também constatado por agricultores que acompanharam o dia de campo realizado para a exposição do trabalho feito. As frutas obtidas neste campo foram comercializadas e inclusive exportadas para a Argentina, resgatando-se assim o uso mudas obtidas de biofábricas na região.

A metodologia de indução de mutação por meio da irradiação de explantes foi estabelecida determinando-se as doses a serem utilizadas em diferentes tipos de explantes *in vitro* (6,8), limitando-se a 4 o número de repicagens dos explantes (7) e realizando-se a seleção visando-se diferentes objetivos tanto

em condições de campo (11) como em laboratório para resistência a doença (6,8), salinidade (8) e altura de planta (11,13). Estes trabalhos foram realizados no CENA com a colaboração de pesquisadores da UNESP-Ilha Solteira, APTA de Presidente Prudente e Embrapa. Deve-se citar que uma variante somaclonal de porte baixo selecionado do controle não irradiado em banana nanica, foi testado em Ilha Solteira e mostrou resultados de interesse (9). Com relação a altura de plantas foram selecionados utilizando-se raios gama e avanço de gerações *in vitro*, mutantes nas cultivares Pacovã e Preciosa com altura inferior à média de altura das testemunhas e após dois ciclos de avaliação observou-se que em alguns desses mutantes houve maior precocidade e maior massa do cacho quando comparados com as testemunhas (13).

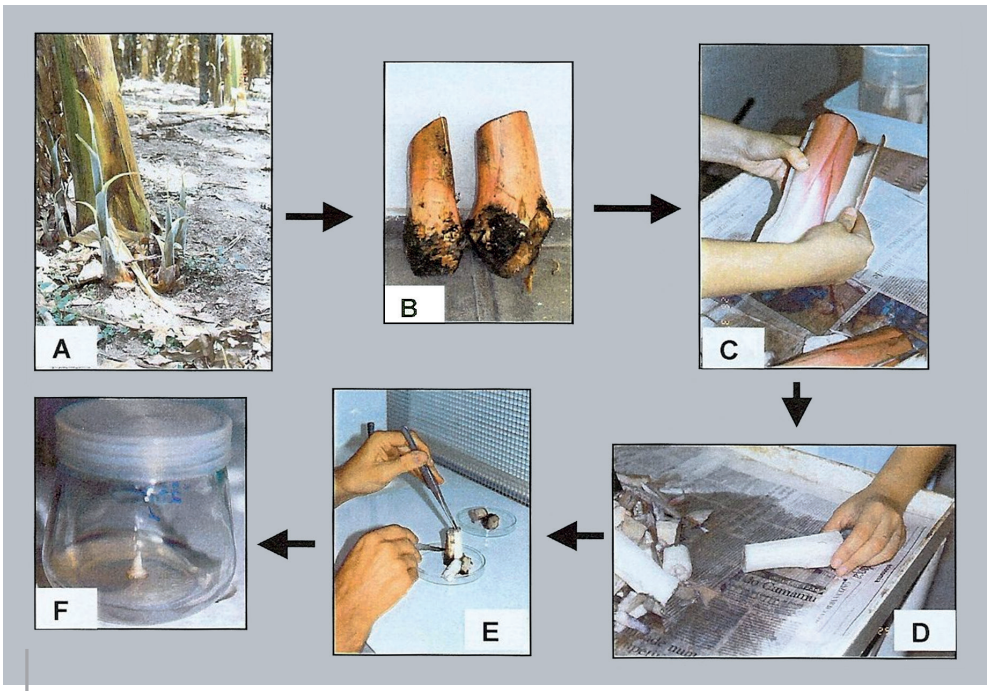
Por outro lado, por indução de mutação irradiando-se explantes com raios gama um mutante resistente a salinidade foi obtido por meio da seleção *in vitro* em banana maça e posteriormente a tolerância foi confirmada em casa de vegetação utilizando-se a técnica de hidroponia (8). Plantas originadas de irradiação e seleção *in vitro* para Mal do Panamá (8) foram enviadas para a Embrapa e colocadas em condição do campo em Cruz das Almas e segundo técnicos de tal instituição apenas uma sobreviveu. A EPAGRI em Itajai-SC, em colaboração com o Laboratório de Melhoramento de Plantas, iniciou em 2017 projeto com a cultura de banana utilizando a metodologia *in vitro* citada anteriormente visando seleção para doenças, mas resultados ainda não estavam disponíveis.

Como os procedimentos de micropropagação envolvem altos custos, para que eles pudessem ser diminuídos o Laboratório de Melhoramento de Plantas contribuiu com um trabalho em projeto coordenado pela IAEA, concluindo-se pela viabilidade dos procedimentos sugeridos (10).

As fotos a seguir ilustram alguns resultados obtidos.



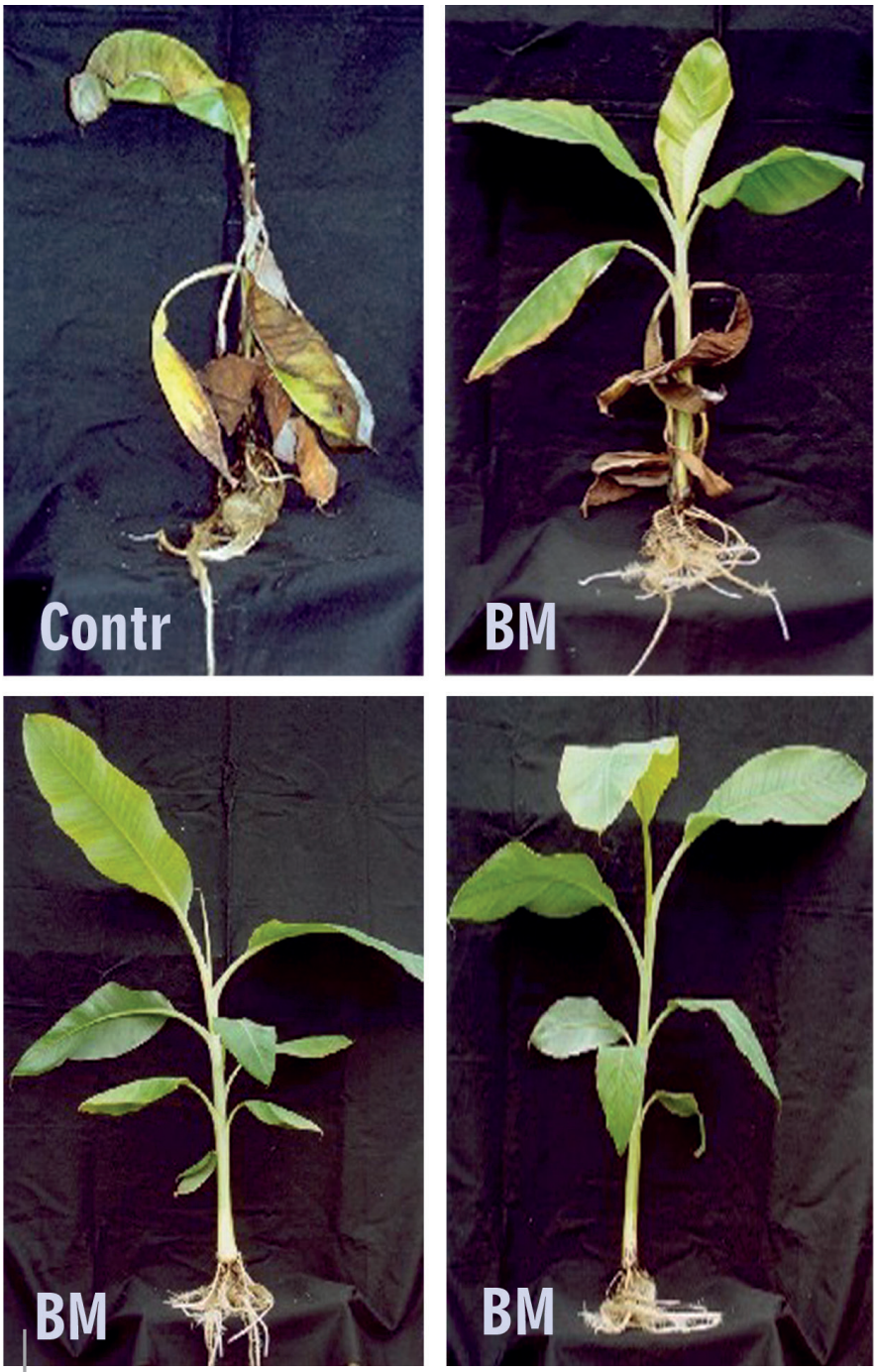
Radiosssensitividade de explantes de banana após irradiação com doses crescentes de raios gama



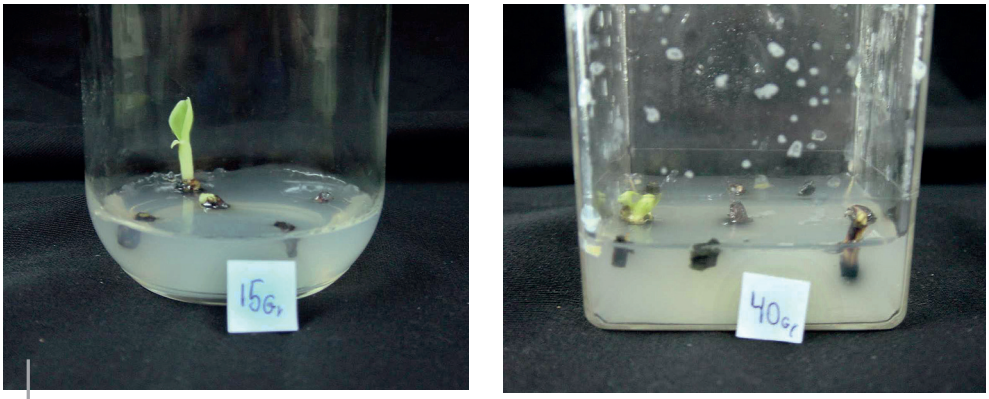
Etapas da obtenção de explantes (Foto F) utilizados para a irradiação. Laboratório de Cultura de Tecidos da Seção de Radiogenética do CENA. 1990



Aspecto do broto tolerante da geração M1V4 obtida após a irradiação, para seleção a resistência a salinidade, após 65 dias de cultivo em meio seletivo com 1,5% de NaCl



Plantas do controle (Contr) e 3 mutantes (BM) obtidos com raios gama, selecionados in vitro e resistentes ao sal em ensaio em solução hidropônica com NaCl em casa de vegetação



Seleção in vitro de regenerantes obtidos após irradiação com 15 e 40 Gy em meio de cultura com filtrado de Fusarium (30%)



Plantio comercial de banana: 250.000 plantas obtidas in vitro com a metodologia desenvolvida pela Seção de Radiogenética para evitar a ocorrência de variação somaclonal. Cooperativa Holambra, 1996, Paranapanema SP

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A.; DOMINGUES, E. T.; MENDES, B. M. J.; ANDO, A. Metodologia *In vivo* visando a indução de mutações no melhoramento da bananeira maçã. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 4, p. 871-875, 1989.

2. TULMANN NETO, A.; DOMINGUES, E. T.; ALVAREZ, A. L. F.; MENDES, B. M. J.; ANDO, A. *In vivo* methodology for mutation induction in banana cultivar maçã. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 36, p. 12, 1990.

3. TULMANN NETO, A.; DOMINGUES, E. T.; MENDES, B. M. J.; ANDO, A. *In vitro* mutation breeding methodology for *Fusarium* wilt resistance in banana. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, v. 36, p. 12-13, 1990.

4. DOMINGUES, E. T. **Adaptação de metodologia de cultura de tecidos, visando melhoramento através de indução de mutação em bananeira (*Musa* spp.)**. 1992. 199 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

5. MENDES, B. M. J.; RODRIGUES, B. I. P.; TULMANN NETO, A. Effect of toxic filtrate of *Fusarium oxysporum* f. sp cubense on the development of banana (*Musa* spp) shoot tips. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p. 194-198, 1993.

6. DOMINGUES, E. T.; TULMANN NETO, A.; MENDES, B. M. J.; ANDO, A. Efeitos de doses de raios-gama em ápices caulinares de bananeira (*Musa* spp) desenvolvidos in vitro visando indução de mutação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 7, p. 1091-1098, 1994.

7. RODRIGUES, P. H. V. **Efeito do número de subcultivos na ocorrência da variação somaclonal em mudas de bananeira micropropagadas, das cultivares nanicao e grande naine.** 1996. 127 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

8. KIDO, L. M. H. **Irradiação de gemas axilares, suspensão celular e protoplastos de bananeira Maçã visando à seleção de mutantes resistentes a salinidade.** 2003. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia

Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

9. ZANETTI, P. C.; SANTOS, P. C.; BOLIANI, A. C.; SCARPARE FILHO, J. A.; FIGUEIRA, A. V.; SOUZA, S. A. C.; TULMANN NETO, A. Avaliação de variante somaclonal de porte baixo de bananeira nanicão jangada (*Musa* sp) em duas densidades. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n.3, p. 471-474, 2003.

10. BERNARDI, W. F.; RODRIGUES, B. I. P.; CASSIERE NETO, P.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; CERAVOLO, L. C.; MONTES, S. M. N. M. Micropropagação de baixo custo em bananeira cv. Maçã em meios com diferentes fontes de carbono e avaliação da performance em campo das mudas produzidas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 503-506, 2004.

11. RESENDE, J. C. F. **Melhoramento da bananeira (*Musa* spp.) utilizando indução de mutação com raios-gama e variação somaclonal para a redução da altura de planta.** 2005. 155 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

12. PESTANA, R. K. N.; AMORIM, E. P.; SILVA, S.; TULMANN NETO, A. Irradiação gama para mutagênese *in vitro* em banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, DF, v. 45, p. 1328-1330, 2010.

13. AMORIM, E. P.; PESTANA, R. K. N.; SILVA, E.; TULMANN NETO. A. Caracterização agronômica de mutantes de bananeira obtidos por meio de radiação gama. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 13-18, 2012.

3.15. ORNAMENTAIS

O maior número de mutantes liberados para plantio comercial relatados na literatura relaciona-se aos diferentes tipos de ornamentais; na Holanda, por exemplo, são muito comuns mutantes em ornamentais. Apesar disto a Seção de Radiogenética não incluiu de início a indução de mutação em ornamentais, dando prioridade a outras culturas. Esta situação foi mudada justamente graças a fioricultores holandeses situados em Holambra-SP, os quais procuraram a Seção em 1990, interessados em indução de mutação em crisântemo de corte pois, segundo eles cultivavam uma excelente cultivar, Repin rosa claro mas havia pouca variabilidade para outras colorações.

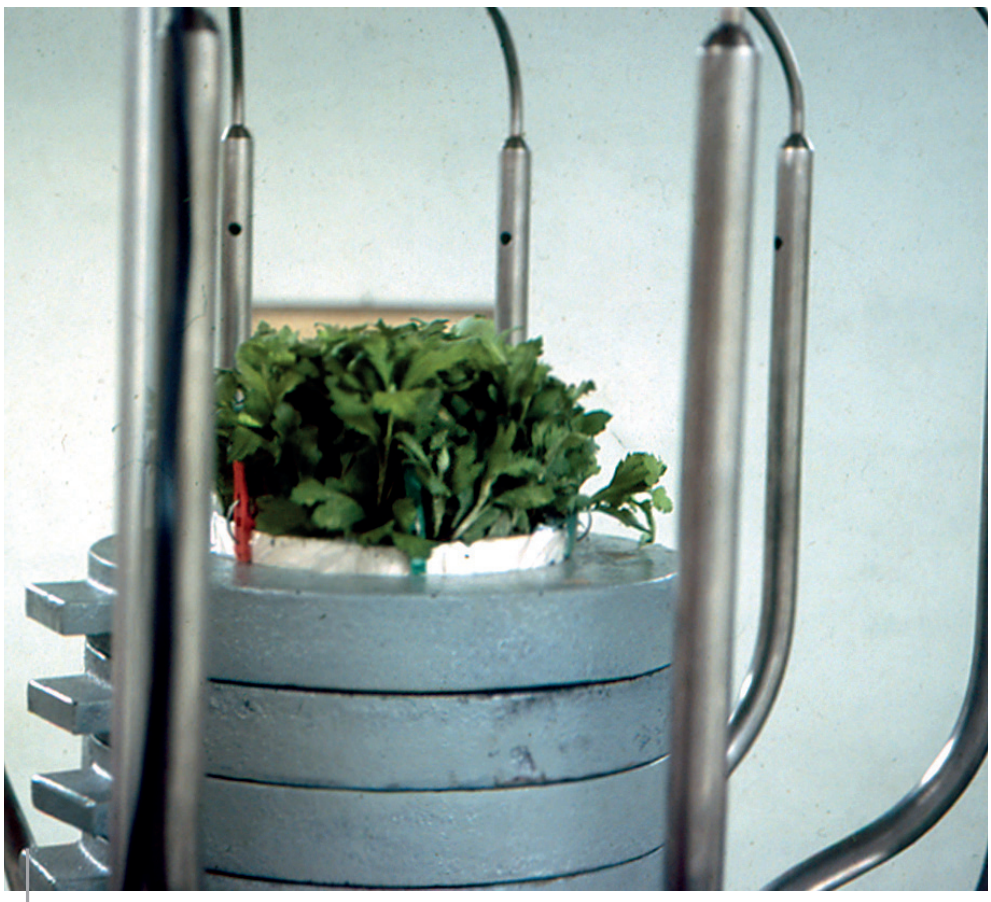
Objetivou-se então a obtenção a partir deste cultivar, de mutantes de outras colorações, mantendo-se as outras boas características originais de Repin. A Seção de Radiogenética contou para isto com um estudante de mestrado (1) que já havia feito estágio na mesma, e utilizou para o trabalho a irradiação de mudas enraizadas com várias doses de raios gama, aplicando-se a seguir o método das podas repetidas para avanço das gerações. Vários mutantes foram obtidos, mas após os ensaios de produção, dois deles despertaram maior interesse, o de coloração branca, denominado Cristiane e outro de cor rosa escuro, denominado Ingrid (2).

Tais mutantes foram comercializados com sucesso pelos produtores, tanto para venda de mudas a outros produtores como venda direta no comercio. Foram os primeiros exemplos de mutantes em ornamentais liberados para o cultivo no Brasil. Várias pesquisas foram efetuadas para esclarecer a metodologia *in vivo* aplicada (3,4,9) e novas cultivares foram utilizadas (5). Além de metodologia *in vivo* e o uso de raios gama em gemas axilares foram iniciadas em crisântemo pesquisas com mutagênese *in vitro* usando-se o mutagênico químico EMS (6) selecionando-se vários mutantes. Posteriormente a esses mutantes selecionou-se um com pétalas de cor mais marrom o qual foi denominado Magali (8).

Utilizando-se o acúmulo de experiência com a cultura foram realizadas pesquisas com crisântemo de vaso, obtendo-se vários mutantes de coloração, os quais mantiveram as outras características da cultivar original (10,13). Ainda em crisântemo pesquisas com sucesso foram realizadas utilizando-se a técnica da gema adventícia a partir de pedicelos e o mutagênico químico EMS, obtendo-se grande número de mutantes não quiméricos (11). A metodologia utilizada e os potenciais do uso de técnica de indução de mutação foram apresentados em revisões (14) e pesquisas com outras ornamentais tais como *Heliconia bihai* (12), Petunia (15), *Amarillis* (16) e *Mandevilla* (17) foram realizadas. Em Heliconia determinou-se a melhor dose de irradiação para trabalhos *in vitro*

(12). Em petúnia um novo mutante morfológico foi isolado (15) e em *Mandevilla* (17) foram esclarecidos aspectos relacionados a sensitividade de mudas a raios gama. Em colaboração com empresas de ornamentais de Rio Claro e Holambra, a partir de recomendações da Seção de Radiogenética, foram iniciados trabalhos *in vivo* e *in vitro* visando-se a indução de mutantes em folhagem em Stromanthe e Calathea e mutantes na coloração de fiores em Aster e Gladiolo (14). Estas pesquisas foram realizadas nos campos experimentais ou laboratórios das empresas. Em *Stromanthe* e *Calathea*, propagadas por rizomas, após a irradiação nas plantas originadas foi aplicado o método das podas repetidas, avaliando-se as folhas e selecionando-se os mutantes e alguns de interesse do produtor foram selecionados. Em Aster plantas *in vitro* foram enviadas ao CENA e no laboratório da empresa foram feitas várias repicagens antes da seleção e vários mutantes na coloração e número de pétalas foram obtidos.

As fotos ilustram aspectos de alguns dos trabalhos citados.



Irradiação de mudas de crisântemo de corte visando obtenção de mutantes na coloração

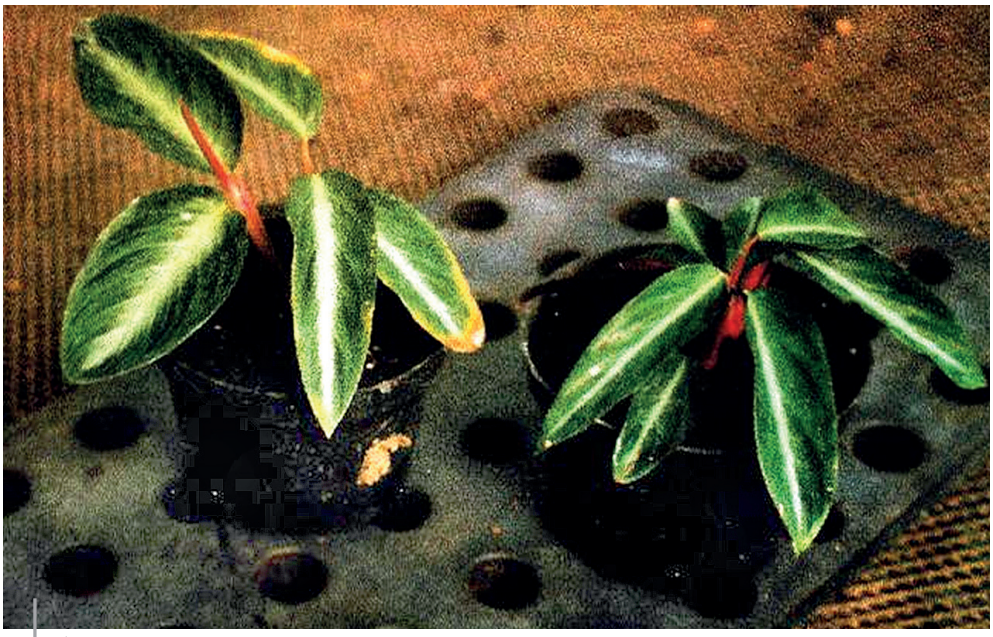


Acima cultivar Repin original rosa claro, abaixo mutantes obtidos e dois deles liberados para o cultivo (Ingrid à esquerda, Cristiane à direita)

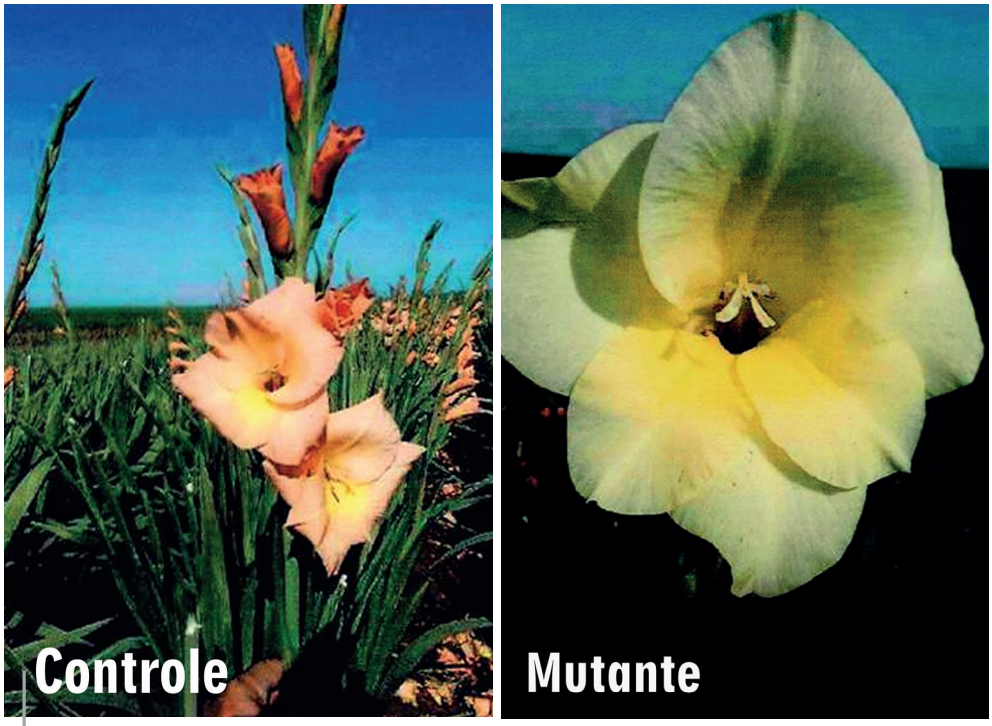




Indução de mutação em crisântemo de vaso variedade original Cherry Fark e mutante obtido por irradiação



À esquerda mutante na folhagem (nervuras brancas mais largas) ao lado do controle em Stromanthe



Controle e mutante na coloração de gladíolo, obtido pela irradiação de bulbos



A) Maço de mudas de Aster colocados para irradiação com raios gama no irradiador de 60Co do CENA-USP. B) Plantio no campo do produtor das mudas irradiadas em Holambra-SP. C) Planta quimérica com mutantes de cor branca e coloração azul original D) Inflorescência quimérica com cor rosa claro e a cor azul original



Mutante na coloração de flor sem quimerismo (esquerda) e controle (direita) em Aster

BIBLIOGRAFIA

1. LATADO, R. R. **Indução e uso de mutações *in vivo* e *in vitro* no melhoramento do *Crysanthemum morifolium* ram**. 1993. 103 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993. **Orientador:** Augusto Tulmann Neto.

2. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Cristiane and Ingrid - First chrysanthemum cultivars obtained by induced mutations *in vivo* in Brazil. **Mutation Breeding Newsletter**, Viena, n. 42, p. 18, 1996.

3. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; MENDES, B. M. J. Melhoramento de crisântemo (*Dendrathema grandifiora* Tzvelev) cv Repin Rosa através de indução de mutação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 31, n.7, p. 489-496, 1996.

4. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Indução de mutação *in vivo* no melhoramento de crisântemo cv Repin Rosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 32, n.11, p. 1153-1158, 1997.

5. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Use of gamma-rays to induce color mutations in *Chrysanthemum* cv. White Tinsel. **Multiciência**, São Carlos, v. 3, n.1, p. 139-145, 1998.

6. ADAMES, A. H. **Metodologia *in vitro* e *in vivo* na mutagênese de crisântemo (*Dendrathema grandiflora* Tzvelev) com o uso de raios-gama e metanossulfonato de etila (EMS) visando o melhoramento.** 1998. 129 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998. **Orientador:** Augusto Tulmann Neto.

7. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Indução e seleção de mutações para o melhoramento de ornamentais e as perspectivas de sua utilização no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 1-11, 1999.

8. ADAMES, A.; LATADO, R. R.; CAMARGO, N.; TULMANN NETO, A. Posição da gema axilar e a indução de mutação em mudas de crisântemo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 939-945, 1999.

9. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; ADAMES, A. H. Mutações induzidas e uso de podas repetidas in vitro visando o melhoramento de crisântemo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 133-141, 1999.

10. BOERSEN, A. M. **Indução de mutação por raios-gama a partir de mudas de crisântemo (*Dendranthema grandfloria*) de vaso visando a obtenção de novas cultivares.** 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. **Orientador:** Augusto Tulmann Neto.

11. LATADO, R. R.; ADAMES, A. H.; TULMANN NETO, A. *In vitro* mutation of chrysanthemum (*Dendranthema grandifiora* Tzvelev) with ethylmethanesulphonate (EMS) in immature fioral pedicels. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 77, n.1, p. 103-106, 2004.

12. RODRIGUES, P. H. V.; TULMANN NETO, A.; DUTRA, M. F. Gamma radiation LD 50 determination in Heliconia bihai (Heliconiaceae) explants. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 11, n.1, p. 79-81, 2005.

13. BOERSEN, A. M.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; SANTOS, P. C. Efeitos de doses de raios-gama na obtenção de mutantes de coloração de infiorescência de crisântemo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 12, p. 126-133, 2006.

14. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Indução de mutação: ampliação da variabilidade genética para o melhoramento de ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 13, p. 345-354, 2007. Suplemento. Anais do 16 Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 2007, Goiânia, GO.

15. BERENCHOT, A. S.; ZUCCHI, M. I.; TULMANN NETO, A.; QUECINI, V. Mutagenesis in *Petunia* x *hybrida* Vilm. and isolation of a novel morphological mutant. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 20, p. 95-103, 2008.

16. PEREIRA, T. O.; TULMANN NETO, A.; SANTOS, P. C. Sensitividade de bulbos de Amaryllis a raios gama visando melhoramento por mutação induzida. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 20, p. 97-104, 2011.

17. COSTA, E. G.; LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Determination of sensitivity to gamma rays and mutation induction in *Mandevilla* sp cuttings. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1087, p. 365-371, 2016.

3.16. FIGO (*Ficus carica* L.)

Na literatura não existem muitos trabalhos com indução de mutação em figo e em colaboração com a Faculdade de Agronomia da UNESP em Ilha Solteira, foram estabelecidas as bases para um projeto o qual visava inicialmente à seleção para resistência a nematoide a partir da cultivar Roxo de Valinhos (1, 2). Determinou-se a dose a ser utilizada (1) selecionando-se a dose de 30 Gy de raios gama. Estacas foram irradiadas e enraizadas no campo aplicando-se nos ramos das plantas obtidas o método das podas repetidas e dois procedimentos foram adotados visando-se a seleção de mutantes. Em um deles as estacas obtidas das plantas podadas foram plantadas em solo visando-se seleção de mutantes para nematoide e no outro, as estacas foram enraizadas e as plantas obtidas seguiram o método normal de poda para a formação da planta e nas ramificações obtidas, foram feitas seleções em busca de outros tipos de mutantes. No primeiro procedimento não foram selecionados mutantes para resistência a nematoide, pois foi muito grande o número de escapes.

No outro caso, nas ramificações originadas das estacas das podas foram selecionados vários tipos de mutantes para formatos de fruto, pedúnculo longo, ostíolo pequeno e fechado (5). Isto indicou o acerto da dose e metodologia aplicada. Posteriormente cinco destes mutantes foram incluídos em ensaios de produção (4) concluindo-se que um deles, o PI-189 foi superior ao cultivar original 'Roxo-de-Valinhos' em características de grande importância comercial, como "número de frutos por planta", "massa média por fruto" e "produtividade", igualando-se nas demais características.

Pode haver certas vantagens na indução de mutação *in vitro* e também se utilizando a cultivar Roxo de Valinhos foram realizados experimentos iniciais para determinação da dose em gemas e concluiu-se que também 30 Gy era a dose indicada (3).

As fotos demonstram alguns dos resultados obtidos.



Irradiação de estacas de figo com proteção da base no CENA.



Efeitos da irradiação na geração V1M1 em estacas irradiadas, UNESP, Ilha Solteira-SP



Planta obtida de ramos originados das podas de matriz formada com estacas irradiadas (UNESP – Ilha Solteira)



Plantas em desenvolvimento para seleção de mutantes



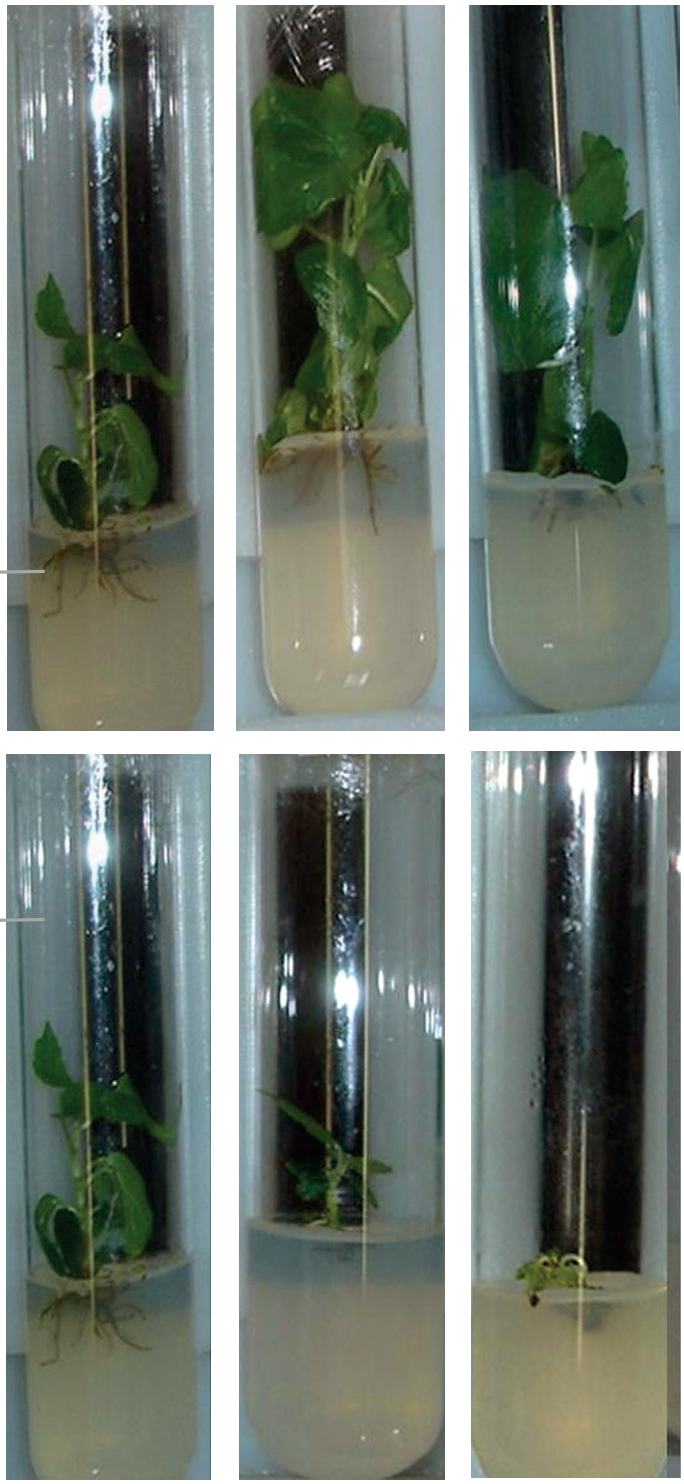
Figo do controle Roxo de Valinhos



Fruto mutante de Roxo de Valinhos com formato mais alongado



Planta com fruto mutante com pedúnculo longo



Determinação da sensitividade a raios gama em explantes de Roxo de Valinhos: da esquerda para a direita, controle e doses de 10, 20, 30, 40 e 50 Gy

BIBLIOGRAFIA

1. SANTOS, P. C.; CORREA, L. S.; TULMANN NETO, A.; BOLIANI, A. C. Sensitividade de estacas de figo à radiação gama. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, n. 3, p.150, 1997. Apresentado ao 43º Congresso Nacional de Genética, 1997, Caxambu, MG.

2. TULMANN NETO, A.; SANTOS, P. C.; LATADO, R. R. Aspectos sobre o melhoramento da figueira (Ficus carica L.). In: FUNEP. (Org.). **Cultura da figueira:** do plantio à comercialização. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 165-184.

3. FERREIRA, E. A.; PASCOAL, M.; TULMANN NETO, A. In vitro sensitivity of fig plants to gamma rays. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, p. 1-5, 2009.

4. RODRIGUES, M. G. F.; CORREA, L. S.; BOLIANI, A. C. Avaliação de seleções mutantes de figueira cv Roxo de Valinhos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 771-777, 2009.

5. RODRIGUES, M. G. F.; CORREA, L. S.; SANTOS, P. C.; TULMANN NETO, A. Seleção de clones de figueira cv Roxo de Valinhos formados por gemas irradiadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 604-611, 2012.

3.17. GIRASSOL (*Helianthus anuus* L.)

As pesquisas (1,2), realizadas em colaboração com a Embrapa – Londrina, PR, demonstram que apesar das dificuldades o trabalho de indução de mutação com plantas alógamas como o girassol pode trazer resultados de interesse. No caso, o objetivo era induzir mutantes resistentes a alternaria, doença para a qual existia pouca variabilidade genética para seleção. Foram utilizadas várias doses de raios gama ou mutagênico químico EMS em sementes e as populações obtidas (geração M1) foram mantidas em campo havendo polinização livre das plantas. A colheita foi realizada pelo sistema massal e as gerações seguintes (M2) plantadas em campo em condições de incidência natural da doença para avaliação e seleção. As plantas com menores sintomas da doença foram protegidas com sacos antes do florescimento e autofecundadas e colhidas individualmente e as progênies das gerações obtidas (M3, M4) avaliadas em condições de campo. Verificou-se que, com relação ao controle, várias delas apresentavam menor intensidade de sintomas. As fotos a seguir ilustram algumas fases da pesquisa.



Seleção de doses de raios gama após a irradiação de sementes com várias doses. Da direita para a esquerda: controle (0), 50,10,30,20 e 40 krad



Plantas selecionadas da geração M2, encapadas com sacos de pano para autofecundação. EMBRAPA_Londrina-PR



Planta do controle com sintomas de alternaria (esquerda) e mutante selecionado

BIBLIOGRAFIA

1. OLIVEIRA, M.; VILLAS BOAS, C. L.; CASTIGLIONI RODRIGUES, B. R.; TULMANN NETO, A.; FARIAS NETO, A.; ARIAS, A.; MANDARINO, G. J. Mutation breeding in sunfiower (*Helianthus anuus* L.) for disease resistance and oil content. In: Final Research Coordination Meeting, 2003, Corvallis, Oregon-USA. **Improvement of new and traditional industrial crops by induced mutations and related biotechnology.** Viena, Austria: IAEA, 2003. v. 1. p. 153-159.

2. OLIVEIRA, M.; TULMANN NETO, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; Castiglioni, V. B. R.; ARIAS, C. A. A. Mutation breeding in sunfiower for resistance to alternaria leaf spot. **Helia**, Basel, v. 27, p. 41-50, 2004.

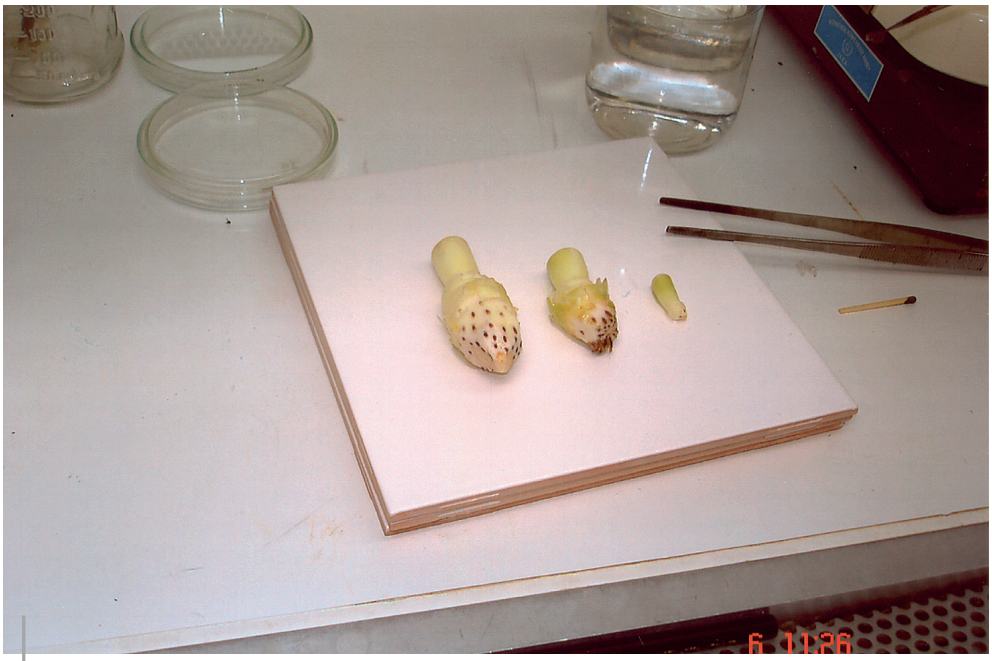
3.18. ABACAXI (*Ananas comosus* (L) Merril)

A pesquisa sobre indução de mutação em abacaxi (1) teve aspectos os quais devem ser destacados. Um deles é que realçou mais uma vez a utilidade da técnica de cultura de tecidos para avançar as gerações após o tratamento com o mutagênico. Para se avançar a geração *in vivo*, em condições de campo seria necessário pelo menos um ano para cada geração e com o emprego da técnica *in vitro* apenas de 30 a 40 dias. Também foi destaque a possibilidade de se realizar após 4 a 5 repicagens a seleção para doenças *in vitro*, sendo que uma parte das mudas obtidas após estas repicagens foi levada para condições de campo. Esta etapa do trabalho foi realizada em 2009 em cooperação com a APTA de Presidente Prudente e a Faculdade de Agronomia de Ilha Solteira da UNESP. Realizou-se a irradiação com raios gama *in vitro* de explantes de abacaxi, avançando-se também no CENA as gerações por meio de repicagens e as mudas obtidas s foram posteriormente levadas ao campo na APTA ou UNESP. Verificou-se que a irradiação afetou características de importância da fruta obtendo-se mutantes com diminuição ou ausência de espinhos ou outras alterações nas características morfológicas das folhas validando a técnica usada associando mutagênese e cultura de tecidos para aumentar a variabilidade a ser usada no melhoramento e demonstrando as vantagens da cooperação interinstitucional e de especialistas na cultura.

Algumas fotos servirão para se ilustrar estes comentários.



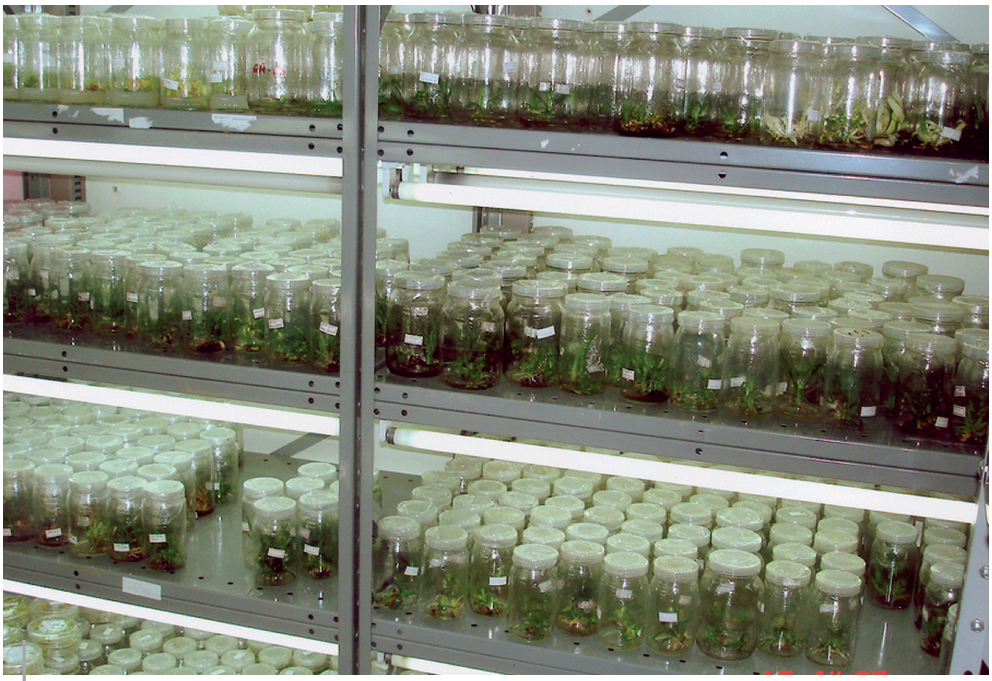
Seleção de mudas de abacaxi



Obtenção de explantes de abacaxi



Irradiação de explantes de abacaxi



Repicagem de abacaxi para avanço de gerações após a irradiação



Mudas de abacaxi provenientes da irradiação após repicagens para seleção de mutantes em casa de vegetação e em campo



Plantas de abacaxi provenientes da irradiação para seleção de mutantes, UNESP--Ilha Solteira



Mutante de abacaxi sem espinho comparado ao controle



Mutante de abacaxi com folhas mais estreitas



Mutante de abacaxi mais compacto



Seleção de mutantes para resistência a fusariose *in vitro*

BIBLIOGRAFIA

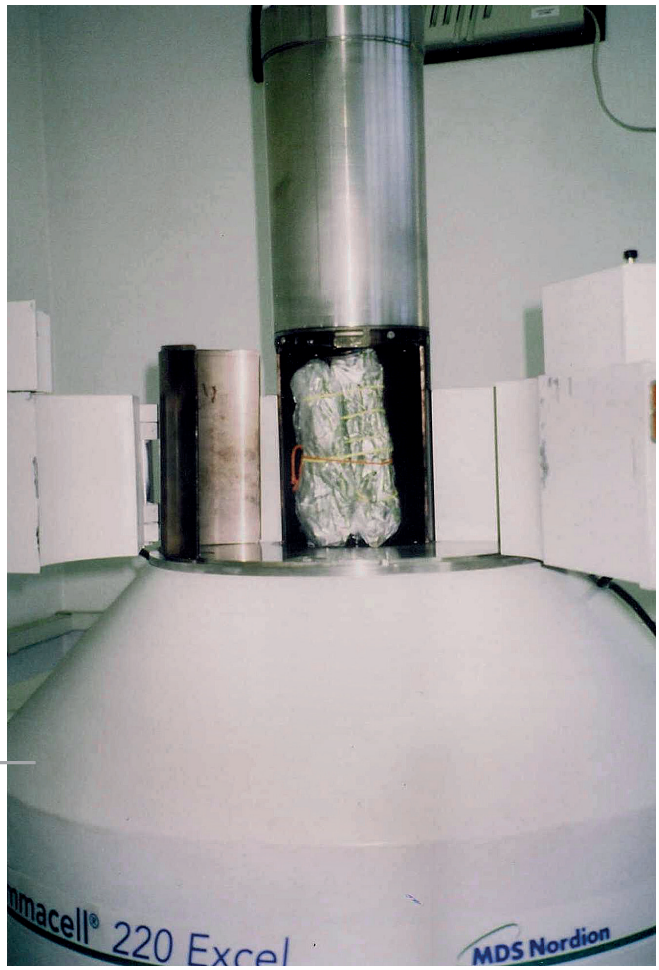
1. SCHERER, M. C. **Indução de mutação e seleção in vitro visando o melhoramento do abacaxizeiro *Ananas comosus* (L.) Merril cv. IAC Gomo de Mel.** 2003. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. **Orientador:** Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto.

3.19. VIDEIRA (*Vitis vinifera*)

O projeto foi desenvolvido de 2004/2006 em colaboração entre o Laboratório de Melhoramento de Plantas e o Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho da Embrapa (Embrapa Uva e Vinho), mediante a participação de pesquisadores lotados na Estação Experimental de Viticultura Tropical (EEVT), localizada em Jales, SP, e na Sede, localizada em Bento Gonçalves, RS.

O objetivo era o de obtenção de mutantes apirênicos da cultivar Red Globe; embora, como será descrito, a pesquisa não tenha atingido o objetivo como o foi em outros países, será relatado para indicar a metodologia utilizada e o potencial do método se modificações forem realizadas. Em trabalho inicial determinou-se que a dose de irradiação a ser utilizada em estacas herbáceas, seria de 14,7 Gy e após a irradiação foram enxertadas sob o porta-enxerto IAC 572 'Jales'. O ramo V1M1 foi podado na altura da primeira ou segunda gema axilar. Nestes dois casos, os ramos V2M1 originados se desenvolveram e na época adequada foram podados e nos cachos dos ramos V3M1 obtidos foi realizada a seleção. Mutantes totalmente sem sementes com endosperma não foram obtidos, mas em relação ao controle foram selecionadas 4 plantas denominadas com traços macios de sementes (baixa % de endosperma) e ramos destas plantas foram retirados para multiplicação e enviados para Bento Gonçalves-RS. O maior número de plantas selecionadas foi originado da segunda gema axilar do ramo V1M1.

A conclusão do experimento, baseada na baixa ocorrência de outros tipos de mutantes tais como morfológicos ou de clorofila, muito comuns neste tipo de trabalho, é que, a dose de 14,7 Gy utilizada pode ter sido muito baixa e que mais de uma dose deveria ter sido empregada. Além disto, foram exploradas apenas as duas primeiras gemas axilares do ramo V1M1. Em experimentos com outras culturas, como por exemplo citros, houve a exploração de maior número de gemas (até a sexta) do ramo V1M1, sendo que na sexta obteve-se o maior número de mutantes. Além disto, o número de hastes irradiadas foi relativamente baixo. Estes fatos ocorreram devido a limitações na área experimental, e este conjunto de fatores citados deve ser levado em conta para trabalhos futuros de indução de mutação *in vivo* em videira.



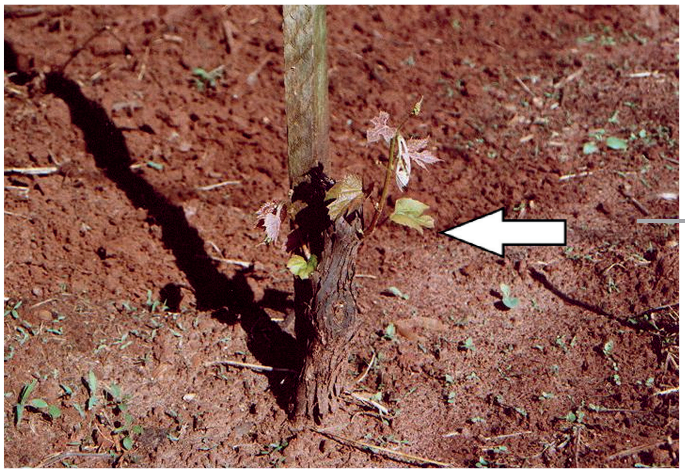
Irradiação de hastes da cultivar Red Globe com 14,7 Gy de raios gama



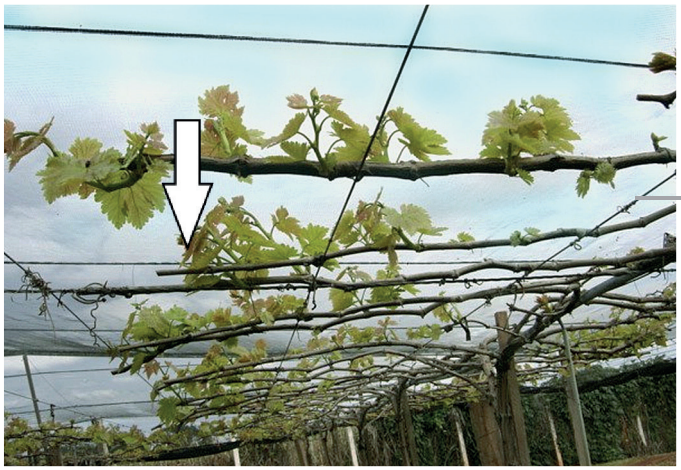
Hastes da cultivar Red Globe com gemas axilares utilizadas para a irradiação



Enxertia de hastes irradiadas com 14,7 Gy de raios gama. EEVT, EMBRAPA, Jales-SP



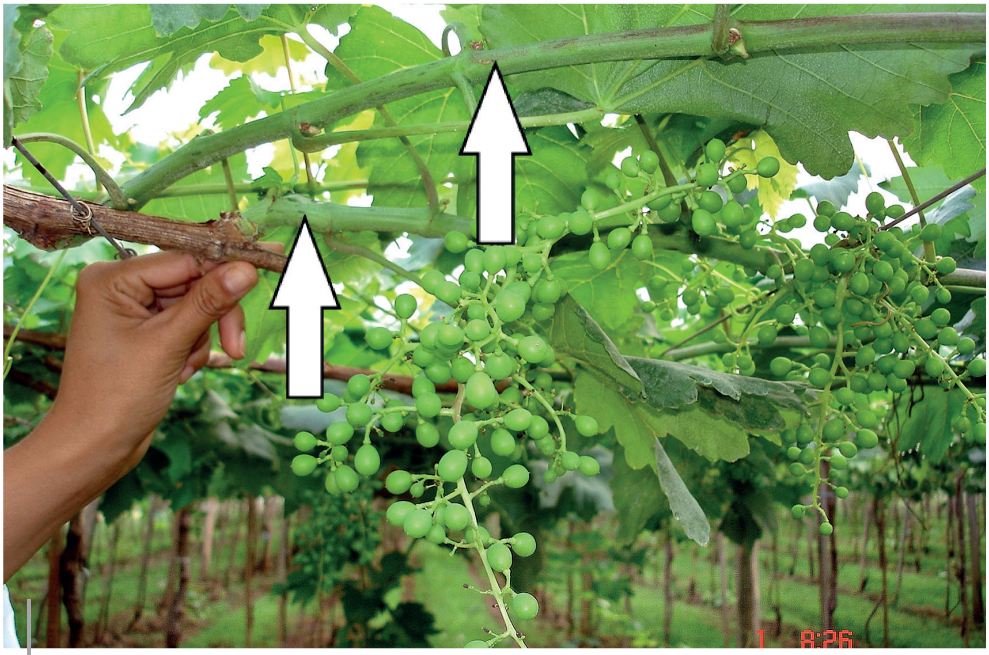
Obtenção do ramo V1M1 para podas a partir da primeira ou segunda gema axilar



A seta indica ramos V2M1 podados para a obtenção de ramos V3M1



Seta indica ramo V2M1 obtido da poda de ramo V1M,1 após a primeira gema axilar



As setas indicam ramos V3M1 originados da poda de ramos V2M1 e cachos originados destes ramos e utilizados para a seleção

3.20. TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Pesquisas com esta cultura foram conduzidas em colaboração com a ESALQ/USP em Piracicaba, utilizando-se a cultivar Micro-Tom, muito empregada devido a uma serie de vantagens, tais como ciclo curto e porte baixo. Por meio do uso do mutagênico químico EMS (0,7%) em sementes ou tratamento de pólen com 80 Gy de raios gama (1) foram isolados grande número de mutantes para forma dos frutos, diferenças na pigmentação, pedicelos mais curtos, ausência de quimerismo na geração M1, alterações no Brix etc... Um método rápido para seleção de mutantes para metais pesados foi desenvolvido (2) e por meio do uso do mutagênico químico EMS em sementes foram selecionados dois mutantes tolerantes a cádmio.

BIBLIOGRAFIA

1. PINO-NUNES, L.; FIGUEIRA, A. V.; TULMANN NETO, A.; ZSOGON, A.; SILVA, J. A.; BERNARDI, W.; PERES, L. E. P. Induced mutagenesis and natural genetic variation in tomato Micro-Tom. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 821, p. 63-71, 2009.

2. PIOTTO, F. A.; TULMANN NETO, A.; FRANCO, M. R.; BOARETTO, L. F.; AZEVEDO, R. A. Rapid screening for selection of heavy metal-tolerant plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, p. 1-7, 2014.

3.21. ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.)

Embora pesquisas com de indução de mutação com a cultura de algodão, como a citada abaixo, não tivessem continuidade, este trabalho foi de utilidade para dar ideias sobre as doses a serem utilizadas no caso de raios gama.

BIBLIOGRAFIA

1. CARVALHO, L. P.; TULMANN NETO, A.; LIMA, L. H. G. M. Doses de radiação gama aplicadas em sementes de algodoeiro. Efeito em algumas características da planta da geração M1. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1421-1425.

3.22. MAÇÃ (*Malus domestica* Bork)

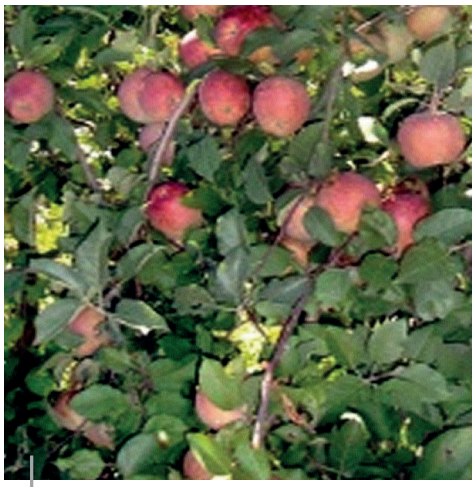
O trabalho com esta cultura foi destacado de uma revisão geral (1) sobre resultados obtidos em indução de mutação, pois apesar dos resultados de interesse, não houve publicação como artigo isolado. A pesquisa foi realizada em colaboração com o Dr. Roberto Hauagge pesquisador na área de fruticultura do IAPAR-Londrina e a parte experimental na empresa Clone Viveiros e Fruticultura em Araucária-PR. Destaca-se que o Dr. Hauagge foi um dos primeiros estagiários em iniciação cientifica da Seção de Radiogenética, realizando estágio em 1975 com indução de mutação.

Como descrito no trabalho (1) objetivou-se melhorar por indução de mutação a coloração de um mutante natural da cultivar Fuji o qual apresentava interesse por necessitar menor número de horas de frio para produção, mas cuja coloração não era a ideal para a comercialização. Após a irradiação de estacas com várias doses de raios gama, estas foram enxertadas e nos ramos V1M1 provenientes da enxertia foram utilizadas de 6 a 7 gemas para a obtenção de novas plantas. Na nova população foram observados vários tipos de mutantes para hábito de crescimento, tamanho e forma de fruto, vigor da árvore e coloração dos frutos. Foram selecionados para a continuação da pesquisa 102 mutantes com melhor coloração os quais foram avaliados em ensaios de produção e destes, 2 se mostraram promissores por apresentarem boa coloração do fruto e a manutenção da exigência de menor número de horas de frio para produção comercial. Foi realizado um teste comercial com um destes mutantes e houve boa aceitação pelos consumidores.

As fotos a seguir ilustram aspectos desta pesquisa.



Fuji Original



Mutante de Fuji selecionado para avaliação comercial



Fuji Mutante, selecionado pela Empresa Clone



Teste comercial do mutante de maçã com melhor coloração selecionado de Fuji

BIBLIOGRAFIA

1. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; FIGUEIRA, A. V.; LATADO, R. R.; SANTOS, P. C.; CORREA, L. S.; PERES, L. E. P.; HAUAGGE, R.; PULCINELLI, C. E.; ISHIY, T.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; CAMARGO, C. E. O. Genetic improvement of crops by mutation techniques in Brazil. **Plant Mutation Reports**, Viena, v. 2, p. 24-37, 2011.

3.23. MARACUJÁ (*Passiflora edulis*)

O maracujá é uma planta alógama e auto incompatível e, portanto, para trabalhos com indução de mutação devem ser adotadas estratégias que sobrepassem estas dificuldades.

Em 2011 foi iniciado um projeto em colaboração com o Dr. Nobuyoshi Narita pesquisador da APTA da Alta Sorocabana em Presidente Prudente visando-se aumento da variabilidade em maracujá por indução de mutação. Embora os resultados iniciais não tenham sido publicados e o trabalho ainda não concluído até 2019, pelos aspectos citados inicialmente, merece ser citado. Baseando-se em resultados anteriores de pesquisas da Seção de Radiogenética com a cultura, sementes foram irradiadas com 125 e 275 Gy de raios gama e plantadas em Presidente Prudente. Nas plantas provenientes foi aplicado o sistema de podas repetidas a partir da segunda, quarta e sexta gemas. Portanto, a estratégia foi aquela normalmente aplicada em plantas de propagação vegetativa para o isolamento de mutações somáticas. Os resultados indicaram que a dose de 275 Gy era muito alta e que a poda deveria ser feita após a segunda gema axilar, pois as plantas provenientes das outras gemas eram pouco vigorosas. Houve nova irradiação com a dose selecionada para a formação de mudas no telado da APTA, sendo feita a poda nestas mudas após a segunda gema axilar. Após a poda nas plantas obtidas foram observadas variações morfológicas e de clorofila, derivadas da irradiação, indicando a eficiência do método usado. As plantas obtidas foram levadas para campo de produtor para as seleções. Foram selecionadas várias plantas com frutos mais precoces e ramos destas plantas com gemas axilares foram utilizados para enxertia em telado na APTA para a obtenção de mudas. Posteriormente as mudas foram transplantadas para campo experimental da APTA visando-se a confirmação das mutações. No campo verificou-se que os mutantes eram mais precoces que o controle e gemas axilares destes mutantes foram utilizadas para formação de mudas as quais foram enviadas para campo de produtor em 2019. Neste campo novamente foi observado que os mutantes apresentaram precocidade em relação ao controle e, além disto, mostraram alta produção com frutos de bom tamanho comercial.

As fotos a seguir mostram etapas dos procedimentos com a cultura.



Sistema de podas em plantas da geração M1 obtidas da irradiação de sementes para seleção de mutantes. APTA Presidente Prudente-SP



Ponto de inserção da enxertia, dos ápices de mutantes precoces selecionados, visando clonagem para confirmação da precocidade



Controle ainda em florescimento



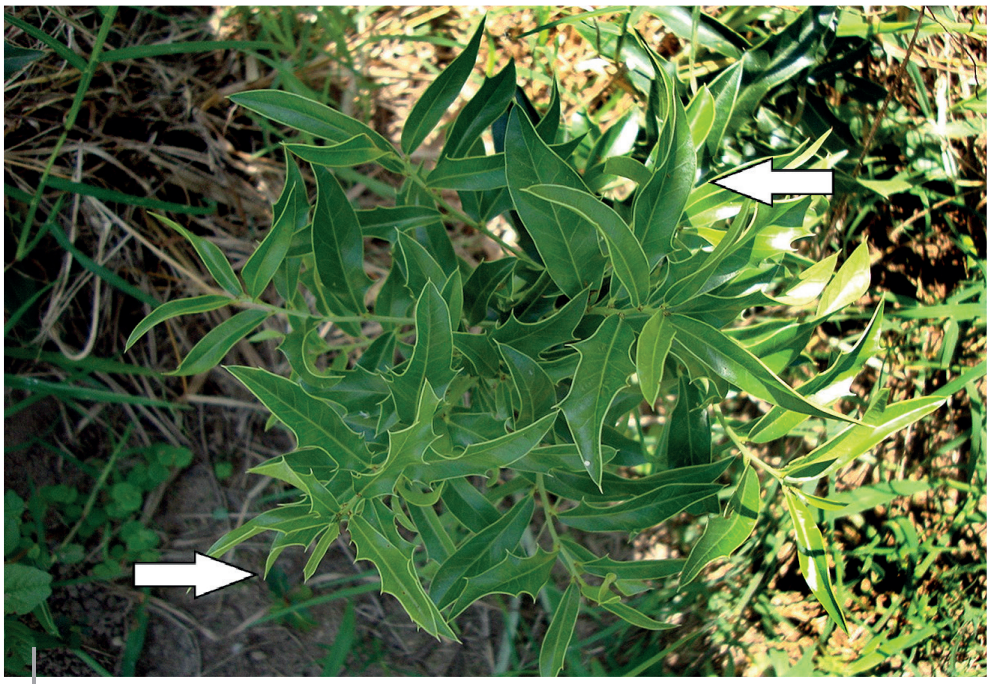
Fruto de mutante precoce em comparação com o controle o qual ainda estava florescendo

3.24. ESPINHEIRA SANTA (*Maytenus ilicifolia* Mart.ex Reiss)

Espinheira Santa é reconhecida por qualidades farmacológicas e um dos problemas é a presença de espinho nas folhas e em colaboração com a EPAGRI, Itajai-SC, iniciou-se em 2011 trabalho visando a obtenção de mutantes sem espinhos.

A primeira etapa foi a determinação da sensitividade a raios gama de duas plantas matrizes do banco de germoplasma da EPAGRI. Sementes foram irradiadas com várias doses de raios gama, determinando-se que a dose máxima seria a de 600 Gy (1). Baseando-se no ensaio anterior realizou-se a irradiação de sementes de três novas matrizes com as doses de 350, 450 e 600 Gy, colhendo-se sementes destas plantas para a etapa seguinte de seleção na geração M2. Observaram-se vários tipos de mutantes para características tais como altura da planta, morfologia da folha e plantas quiméricas com ausência de espinhas das folhas. Estas plantas podem ser multiplicadas para que se obtenha mutante não quimérico. A análise química de alguns destes mutantes revelou que não houve alteração das qualidades fitoquímicas em relação ao controle.

Nas fotos, alguns dos resultados obtidos.



Planta mutante com quimerismo, com parte das folhas com espinho (esquerda da foto) e parte da planta com folhas sem espinho (direita). EPAGRI-Itajai-SC



Mutante de Espinheira Santa sem espinhos nas folhas

BIBLIOGRAFIA

1. HECK, T. C.; MARSCHALEK, R.; SILVA JUNIOR, A. A.; TULMANN NETO, A. Determinação da sensitividade à radiação gama em sementes de Espinheira Santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.ex Reiss.) visando indução de mutação. In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 18.; Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos e Plantas, 5., 2011, Joinville, SC. **Anais...** Joinville, SC: ABCTP/SBFP, 2011. p. 97.

3.25. GERAIS

As referências citadas abaixo, não se referem especificamente a uma cultura, e seu conteúdo pode dar uma ideia da evolução dos trabalhos da Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas. Alguns destes trabalhos aprofundam a teoria do manejo de materiais e fontes de irradiação no processo de indução (1) outros dão base às diferenças na sensitividade à radiação em sementes (2), muito utilizadas para indução de mutação pela Seção. Há relatos de pesquisas nos quais se pode observar o potencial para aplicação no Brasil ou o inicio de projetos com indução de mutação tanto a partir de sementes (3) como em frutíferas (4).

Com a introdução do Laboratório de cultura de tecidos, já apareciam os primeiros trabalhos, possibilidades e resultados com indução de mutação *in vitro* (5,6). Os progressos e resultados da indução de mutação *in vitro* em diversas culturas na Seção de Radiogenética foram revistos e descritos em detalhes em revisões (7,9). Os progressos e resultados da Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas tanto *in vivo* como *in vitro* em plantas de propagação vegetativa foram detalhados e apresentados tanto em reunião científica (8) como em capítulo de livro (9).

Finalmente um resumo de todos os resultados até 2011 foi apresentado em publicação especializada (10). Neste caso é interessante a comparação entre as pesquisas da Seção até 1979 (3) e as realizadas posteriormente a esta data, até 2011 (10). Verifica-se que até 1979 das 9 culturas, apenas duas eram de propagação vegetativa e em nenhuma havia trabalhos *in vitro* e não havia sido liberado para cultivo nenhum mutante (3). Já em 2011 das 14 culturas relatadas, 7 eram de propagação vegetativa, houve uso de cultura de tecidos em 6 delas, 8 mutantes foram liberados para cultivo comercial e a variabilidade genética foi aumentada tanto para características morfológicas das plantas ou frutos, quanto para resistência a doença, ciclo, coloração etc...

BIBLIOGRAFIA

1. YAMAGUCHI, M.; ANDO, A. Handling of radiations for plant breeding. In: MATSUO, T. (Org.). **Plant Breeding Handbook.** Tokyo, Japão: Yokendo, 1974. v. 1, p. 266-273.

2. GUSMAN, A. B.; ANDO, A.; FERRAZ, E. S. B. **Radiossensitividade em sementes.** Piracicaba: CENA, 1975. 40 p. (Boletim Didático, 17).

3. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENTEN, J. O. M. Mutation breeding in Brazil. **Gamma Field Symposia**, Tokyo, v. 184, n. 24, p. 49-58, 1979.

4. CAMPO DALLORTO, F. A.; OJIMA, M.; FERRAZ, E. S. B.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENTEN, J. O. M.; TOMBOLATO, A. F. C.; BARBOSA, W. **Melhoramento pelo método de indução de mutação de algumas frutíferas de clima temperado.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 38 p. (IAC Circular, 120).

5. TULMANN NETO, A.; MENDES, B. M. J.; ANDO, A. Indução e uso de mutações in vitro. In: TORRES, C.; CALDAS, L. (Org.). **Técnicas de cultura de tecidos de plantas.** Brasília, DF: Embrapa, 1991. p. 340-378.

6. TULMANN NETO, A. Mutagênese e melhoramento de plantas. In: Encontro sobre Temas de Genética e Melhoramento, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1991. v. 7. p. 37-42.

7. TULMANN NETO, A.; MENDES, B. M. J.; VAZ, F. D. Applications of in vitro culture in mutation breeding. In: SIDDIQUI, B. A.; KHAN, S. (Org.). **Plant breeding advances & in vitro culture.** New Delhi, India: CBS Publishers & Distributors, 1997. chap.17, p. 254-268.

8. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; TSAI, S.; IEMMA, F.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M.; MACHADO, M.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; ROSSI, A. C.; DOMINGUES, E. T.; SANTOS, P. C.; BOLIANI, A. Mutation breeding *in vivo* and *in vitro* in vegetatively propagated crops. In: Final Research Coordination Meeting on Induced Mutation in Connection with Biotechnology for Crop Improvement in Latin America, 1998, Lima, Peru. Viena, Austria: IAEA, 2001. p. 55-62. (TECDOC, 1216).

9. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENDES, B. M. J. Progressos na indução e uso de mutações in vitro. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Org.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** Brasília, DF: Embrapa, 1998. p. 459-509.

10. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; FIGUEIRA, A. V.; HAUAGE, R.; LATADO, R. R.; SANTOS, P. C.; CORREA, L. S.; PERES, L. E. P.; HAUAGGE, R.; PULCINELLI, C. E.; ISHIY, T.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; CAMARGO, C. E. O. Genetic improvement of crops by mutation techniques in Brazil. **Plant Mutation Reports**, Viena, v. 2, p. 24-37, 2011.

4. ENSINO

A disseminação da técnica de indução de mutação no melhoramento de plantas, no Brasil e exterior foi realizada pela Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas, tanto por meio de disciplinas em cursos de graduação e pós-graduação, como por meio de cursos especializados.

4.1. NO BRASIL

O CENA, desde o inicio de suas atividades oferecia aos alunos de graduação da ESALQ o "Curso de Introdução à Energia Nuclear na Agricultura (CIENA)", os pesquisadores da Seção de Radiogenética lecionavam neste curso a disciplina "Radiogenética" na qual eram expostos os princípios básicos da técnica de indução de mutação no melhoramento de plantas. Este curso atraiu muitos estagiários para a Seção.

A Seção e, posteriormente, o Laboratório de Melhoramento de Plantas ofereceram aos alunos de graduação do Campus Luiz de Queiroz, a disciplina "Estágio Supervisionado" na qual a ênfase era indução de mutação.

No Curso de Pós-Graduação do CENA foram oferecidas as disciplinas "Radiobiologia" e "Uso de Indução de Mutação *in vivo* e *in vitro* no Melhoramento de Plantas" e "Técnicas e Aplicações de Cultura de Tecidos de Plantas", além de participação na disciplina "Ação das Radiações nos Sistemas Biológicos".

Anualmente, desde 1981, o Departamento de Genética da ESALQ/USP solicita à Seção de Radiogenética e agora ao Laboratório de Melhoramento de Plantas, o lecionamento de aulas práticas e teóricas sobre indução de mutação *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas aos alunos dos Cursos de Agronomia, Biologia e Ciências Florestais. Estas aulas atraem anualmente vários estudantes para iniciação científica no Laboratório de Melhoramento de Plantas.

A técnica também foi difundida por meio de cursos especializados, em vários estados do Brasil, estes cursos especialmente no inicio das atividades do CENA e da Seção de Radiogenética foram de grande importância para a difusão da metodologia empregada nas pesquisas com diferentes culturas, como se pode confirmar com o relato das participações em palestras, cursos e seminários, entre outros eventos:

1968 (março): Organização, juntamente com o Departamento de Genética da ESALQ/USP, do curso intensivo sobre "Radiação Aplicada na Agricultura", ministrado pelo Prof. H. Yamaguchi da Universidade de Toquio, com o auxílio da IAEA, Viena, Austria;

1977 (05-09/dezembro): Aulas sobre "Melhoramento proteico em feijão com indução de mutação", no Curso Intensivo sobre Proteínas Vegetais, realizado no CENA/USP;

1978 (20-23/novembro): Organização e aulas no Curso Intensivo sobre "Melhoramento de Plantas por Indução de mutação" realizado no CENA/USP. Este curso atraiu pesquisadores de várias instituições do Brasil e contou com a participação dos pesquisadores holandeses especialistas em indução de mutação no melhoramento de plantas de propagação vegetativa, Dr. C. Broertjes do Institute for Atomic Sciences in Agriculture (ITAL) e Dr. A.M. Van Harten do Institute of Plant Breeding, Agricultural University, Wageningen, graças ao auxílio da IAEA, Viena, Austria;

1980 (08-26/setembro): Organização e aulas sobre técnicas de indução de mutação no Curso de "Fundamentos e Indução de Mutação no Melhoramento de Plantas" realizado em Piracicaba;

1981: Organização de Seminários sobre "Efeitos Mutagênicos das Radiações em Plantas" ministrados no CENA/USP pelo Prof. H. Yamaguchi da Universidade de Toquio;

1982 (16-21/agosto): Organização e aulas no Curso "Agricultura Nuclear", oferecido aos participantes da 5 Semana de Integração Agronômica de Bandeirantes, na Faculdade de Agronomia de Bandeirantes, Paraná;

1983 (7-11/março): Organização e aulas sobre indução de mutações a pesquisadores do Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPAGRO) do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre;

1985 (15-17/julho): Organização e aulas no Curso de "Indução e Utilização de Mutações no Melhoramento de Plantas", durante a 37a Reunião Anual da SBPC, em Belo Horizonte, MG;

1985 (18/novembro-13/dezembro): Organização e aulas no "Curso Regional sobre Aplicação de Técnicas de Indução de Mutações para o Melhoramento de Cereais", realizado em Piracicaba, SP, no CENA/USP;

1988 (fevereiro): Organização e aulas sobre "Indução de Mutação no Melhoramento de Plantas", aos alunos do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em treinamento na Seção de Radiogenética do CENA/USP;

2007 (março): Organização do Workshop "Uso de Biologia Molecular e Mutagênese no Melhoramento de Plantas", no Centro de Pesquisas Genéticas da Cia Souza Cruz, em Rio Negro, PR;

2013 (25-29/novembro): Participação na organização e aulas sobre "Indução de Mutação no Melhoramento de Plantas", aos alunos do Curso Regional "Capacitación sobre Aplicación de la Mutación Inducida en el Mejoramiento Genético", realizado na EPAGRI, Itajai, SC.

4.2. NO EXTERIOR

1980 (03/novembro-05/dezembro): Aulas no "Regional Training Course on Induced Mutations in Plant Breeding", realizado em Maracaibo, Venezuela;

1984 (14-16/maio): Organização e aulas no "Curso Intensivo sobre Indução e Uso de Mutações Induzidas no Melhoramento de Plantas", ministrado aos alunos e professores da Faculdade de Agronomia de la Universidad San Carlos, na cidade da Guatemala, Guatemala, América Central;

1984 (maio): Aula sobre "Princípios de Inducción de Mutaciones en el Mejoramiento de Plantas", a alunos da Universidad del Valle, da cidade da Guatemala, Guatemala;

1986 (26-28/novembro): Organização e participação em aulas no Curso sobre "Aplicaciones de Técnicas de Inducción de Mutaciones en el Mejoramiento de Plantas", a nível de pós-graduação, ministrado a Melhoristas do Instituto Agropecuário Colombiano, em Tibaitata, Colombia;

1989 (28/setembro-06/outubro): Aulas ministradas sobre indução de mutações, no curso "Mejoramiento de los Cereales Mediante Fitotecnia por Mutaciones", em Havana, Cuba;

1992 (23/setembro): Aulas ministradas sobre indução de mutação no Curso "Aplicacion del Cultivo de Tecidos en el Mejoramiento de los Citricos", em Corrientes, Argentina;

1993 (15/novembro-03/dezembro): Aulas ministradas no Curso "Empleo de Mutaciones Inducidas por Radiaciones en el Mejoramiento Genetico de las Plantas" em Quito, Equador;

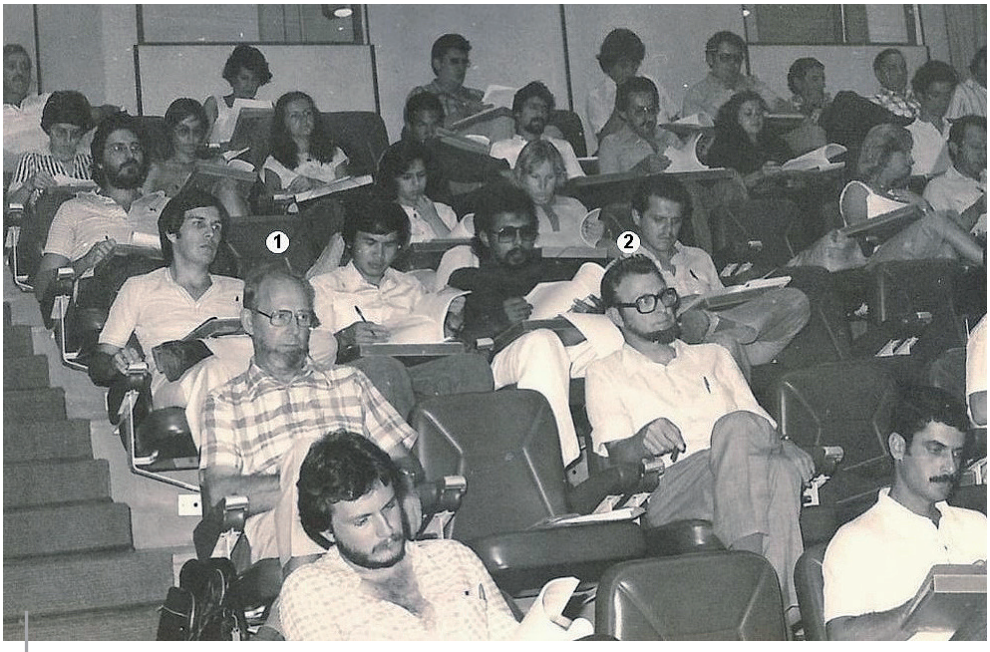
1995 (17-23/julho): Aulas ministradas sobre indução de mutação durante o "IAEA/FAO Regional Training Course on Mutation and in vitro Techniques for Crop Improvement", realizado em Caracas, Venezuela;

1997 (14-26/julho): Aulas ministradas sobre indução de mutação no "IAEA/Universidad Oriente Curso de Mutaciones Inducidas en el Mejoramiento Genético de los Cultivos", realizado na Universidad Oriente, Venezuela;

2008 (02-06/novembro): Aulas ministradas sobre indução de mutação no "Curso Regional de Capacitación en el Mejoramiento Genético de Cultivos empleando inducción de mutaciones", patrocinado pela IAEA/Universidad Nacional Agraria La Molina, em Lima, Perú;

2010 (08-12/novembro): Aulas sobre indução de mutação ministradas no Curso "Induccion de Mutaciones en el Mejoramiento Genético de Plantas", patrocinado pela IAEA e INIA e realizado em Santa Catalina, Equador.

As fotos expõem algumas destas atividades realizadas no Brasil e exterior.



Pesquisadores brasileiros e os professores Drs. Boertjes (1) e Van Harten (2), especialistas holandeses, no Curso "Melhoramento de Plantas por Indução de Mutação" organizado pela Seção de Radiogenética. Anfiteatro do CENA/USP, 1978



Dr. Van Harten, especialista holandês, do Institute for Atomic Sciences in Agriculture (ITAL) lecionando indução de mutação em ornamentais no Curso "Melhoramento de Plantas por Indução de Mutação" organizado pela Seção de Radiogenética. Anfiteatro do CENA/USP, 1978



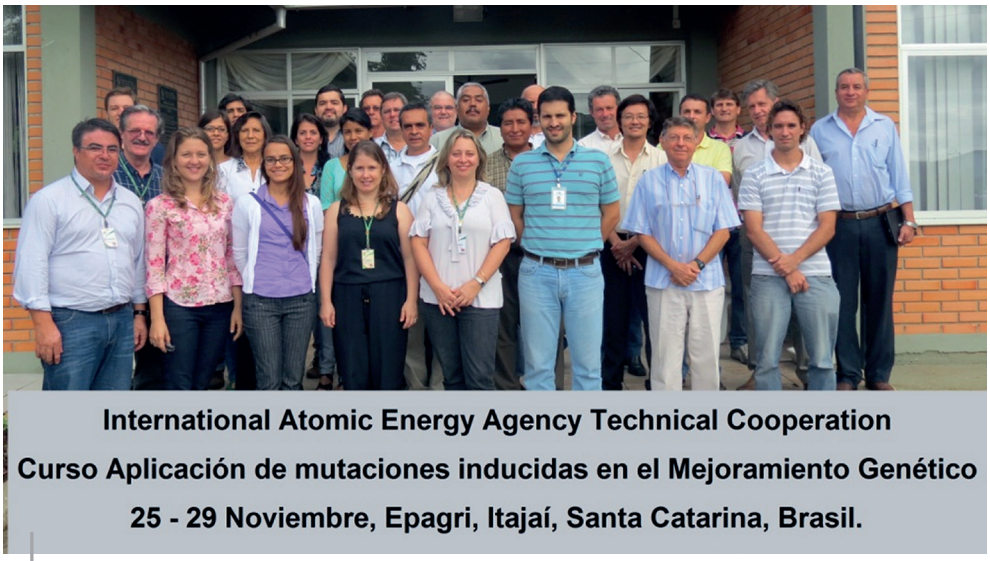
Participantes do ciclo de seminários sobre efeitos mutagênicos de radiações em plantas, ministrado em 1981 pelo Prof. Yamaguchi (segundo da esquerda para a direita), em visita a campos experimentais da Estação Experimental de Tiete, cujo diretor, Dr. Ary de Arruda Veiga (primeiro à esquerda) disponibilizava o uso da Estação para experimentos com indução de mutação



Participantes e professores do "Curso Regional sobre Aplicação de Técnicas de Indução de Mutações para o Melhoramento de Cereais", realizado no CENA/USP em Piracicaba, dezembro de 1985



Participantes do Curso "Inducción de mutaciones en el mejoramiento genético de plantas", realizado em Quito-Equador em 2010, o qual contou com a colaboração do Laboratório de Melhoramento de Plantas



Professores e participantes do Curso Regional "Capacitación sobre Aplicación de la Mutación Inducida en el Mejoramiento Genético", realizado no EPAGRI, Itajai, SC, em 2013. Curso organizado pela EPAGRI e Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA/USP, com financiamento da IAEA



Participantes em aula prática do Curso Regional "Capacitación sobre Aplicación de la Mutación Inducida en el Mejoramiento Genético", na aprendizagem de seleção de mutantes de arroz no campo da EPAGRI-Itajai, em 2013



Prática em indução de mutação em citros, e participantes do Curso no EPAGRI, 2013 - Itajai, SC



Aula prática ministrada por professores e técnicos do Laboratório de Melhoramento de Plantas, em 2003, aos participantes do curso de pós graduação do CENA/USP, na disciplina. Uso e Indução de Mutação *in vivo* e *in vitro* no Melhoramento de Plantas



Aula sobre indução de mutação *in vivo* e in *vitro* aos alunos da disciplina Genética Vegetal do Curso de Agronomia da ESALQ/USP, anfiteatro do CENA/USP, 2018



O biólogo do Laboratório de Melhoramento de Plantas, Felippe Buck Campana, explicando aos alunos o funcionamento do irradiador na aula prática sobre indução de mutação ministrada no CENA/USP para cursos de graduação da ESALQ, em 2018



Alunos de graduação da ESALQ/USP observando efeitos das irradiações em aula prática sobre indução de mutações *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas



Alunos da ESALQ/USP e a Dra. Danielle Scotton (à direita), em aula prática na sala de crescimento de cultura de tecidos do Laboratório de Melhoramento de Plantas, em 2018

A Dra. Scotton foi estagiária de iniciação científica do Laboratório de Melhoramento de Plantas de 2000 a 2003 e como pesquisadora da Agrocinco Hortaliças, iniciou no CENA a partir de 2014 pesquisas em colaboração

5. EXTENSÃO

A Seção de Radiogenética e o Laboratório de Melhoramento de Plantas tiveram expressivas participações dentre as atividades regulamentadas como Cultura e Extensão na USP. Destacam-se entre outras, as contribuições em eventos científicos, supervisão de estágios, participação em feiras de extensão, assessorias e consultorias, elaboração de pareceres e participação em bancas de diversos tipos. Algumas destas atividades serão detalhadas a seguir, e outras serão apenas quantificadas e inseridos alguns comentários.

5.1. CONTRIBUIÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS NO BRASIL

Como se observa pela relação a seguir, em 15 estados do Brasil foram relatados trabalhos de indução de mutação envolvendo eventos específicos de associações científicas voltadas a determinado tipo de cultura (arroz, milho, trigo, frutíferas, ornamentais), ou técnica (fitopatologia, cultura de tecidos, genética, melhoramento de plantas), simpósios de iniciação científica etc...

O melhoramento de plantas é uma atividade que demanda anos para que resultados finais sejam obtidos e, é natural que em muitos destes relatos sejam verificados resultados parciais envolvendo determinado objetivo.

Deve ser destacado que a participação nestas reuniões desde o inicio das atividades da Seção de Radiogenética, propiciou uma grande interação com pesquisadores de distintas instituições e, a partir disto, foram iniciadas importantes parcerias na área de indução de mutação entre pesquisadores do CENA/USP e pesquisadores de renome destas instituições, como descrito anteriormente. Além disto, estas parcerias, com o passar do tempo, foram também envolvendo estudantes de iniciação científica, graduação e pós-graduação, propiciando aos mesmos, importante componente em suas formações.

A seguir, estão listados os trabalhos apresentados em eventos científicos nacionais.

1. ANDO, A.; TULMANN NETO, A. Radiossensitividade de feijão. In: Simpósio Brasileiro de Feijão, 1., 1971, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: Ministério da Agricultura: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1971.

2. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Análise de radicais livres em sementes novas e envelhecidas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 24. p. 122-123, 1972. Apresentado à 24 Reunião Anual da SBPC, São Paulo, SP, 1972.

3. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; COSTA, A. S. Indução de mutação em feijão visando a obtenção de variedades resistentes ou tolerantes ao vírus do mosaico dourado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 28, p. 766-767, 1976. Apresentado à 28 Reunião Anual da SBPC, Brasília, DF, 1976.

4. TULMANN NETO, A.; MATSUMOTO, S. K. Indução de mutação na coloração do tegumento de sementes de feijão. In: Reunião Anual da SBPC, 32., 1980, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1980. p. 712.

5. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Efeitos da radiação gama em híbridos duplos de milho. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 13., 1980, Londrina, PR. **Anais...** da Londrina, PR: IAPAR, 1980. p. 23.

6. BORGONOVI, R. A.; TULMANN NETO, A. Obtenção de mutantes de sorgo sacarino. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 13., 1980, Londrina, PR. **Anais...** da Londrina, PR: IAPAR, 1980. p. 27.

7. ANDO, A.; TULMANN NETO, A. Azida sódica um potente mutagênico em plantas. In: Reunião Anual da SBPC, 34., 1982, Campinas, SP. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1982. p. 749.

8. PHILIPOVSKY, J. F.; TULMANN NETO, A. Indução de mutação visando obtenção de precocidade de trigo Tifton. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, 12., 1982, Cascavel, PR. **Resultados de pesquisa...** Passo Fundo, RS: EMBRAPA-CNPT, 1982. p. 56.

9. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Características genéticas de um mutante de hábito de crescimento determinado em feijão. In: Encontro de Geneticistas Paulistas, 3., 1983, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal, SP: UNESP, 1983. p. 80.

10. PHILIPOVSKY, J. F.; TULMANN NETO, A. Obtenção de precocidade na cultivar Tifton através de indução de mutação. In: Reunião Anual da SBPC, 36., 1984, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1984. p. 75.

11. REZENDE, J.; COSTA, A. S.; TULMANN NETO, A. Procura de mutantes de mamoeiro com resistência de campo ao vírus do mosaico. In: Congresso Paulista de Fitopatologia, 7., 1984, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: UNESP, 1984. p. 21.

12. PASQUAL, M.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Indução de mutações em Citrus sinensis Osb associando o uso de raios gama com culturas de nucelos in vitro. In: Reunião Anual da SBPC, 37., 1985, Belo Horizonte, MG. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1985. p. 811.

13. ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Obtenção de mutantes de porte baixo em sementes de arroz de sequeiro tratadas com azida sódica. In: Reunião Anual da SBPC, 37., 1985, Belo Horizonte, MG. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1985. p. 780.

14. REZENDE, J.; COSTA, A. S.; TULMANN NETO, A. Segregação da tolerância ao vírus do mosaico do mamoeiro na variedade IAC-98 observada em ensaio de progênies. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 11, p. 42-45, 1985. Apresentado ao 8° Congresso Paulista de Fitopatologia, Jaboticabal, SP, 1985.

15. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Indução de mutação visando a obtenção de precocidade em soja. In: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, 4., 1986, Porto Alegre, RS. **Programas e resumos...** Londrina, PR: EMBRAPA/CNPSo, 1986. p. 43.

16. PASSOS, R. C. S.; TULMANN NETO, A. Cultura e irradiação de gemas de citros in vitro. In: Encontro dos Geneticistas Paulistas, 5., 1987, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ; SBG, 1987. p. 25.

17. REZENDE, J.; TULMANN NETO, A. Confirmada a tolerância ao vírus do mosaico do mamoeiro em progênies de IAC-96. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, SP, v. 13, p. 27, 1987. Apresentado ao 10° Congresso Paulista de Fitopatologia, Piracicaba, SP, 1987.

18. TULMANN NETO, A.; ALBERINI, J. Indução de mutações na coloração de sementes da cultivar Rio Negro. In: RENAFE, 2., 1987, Goiânia, GO. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA/CNPAF, 1987. p. 148.

19. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Cultura de meristemas visando indução de mutações no melhoramento da bananeira. In: Simpósio Nacional de Cultura de Tecidos Vegetais, 2., 1987, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA/CENARGEN, 1987. p. 16-18.

20. TULMANN NETO, A. Indução de mutações através de métodos *in vivo* e *in vitro*. In: Curso de Extensão Universitária em Biotecnologia Agrícola, 1987, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1987. p. 16-18.

21. ANDO, A.; TULMANN NETO, A. Indução de mutação através de metodos *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas. In: Semana Agropecuaria de Botucatu, 1., 1987, Botucatu, SP. Botucatu, SP: FEPAF, 1989.

22. ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; MENDES, B. M. J.; Potencialidade mutagênica de azida sódica (NaN3) em arroz. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, 3., 1987. Goiânia, GO.p. 49.

23. TULMANN NETO, A. Ampliação da variabilidade genética em bananeira através de indução de mutação. In: Encontro sobre Recursos Genéticos, 1., 1988, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal, SP: UNESP, 1988. p. 188.

24. TULMANN NETO, A.; ALBERINI, J. Reação a Xanthomonas em condições de campo de linhagens de feijoeiro obtidas por tratamento com mutagênicos. In: Seminário sobre Pragas e Doenças do Feijoeiro, 3., 1988, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1988. p. 1.

25. MARTINS, A. L.; TULMANN NETO, A. Indução de mutação para resistência horizontal do feijoeiro a Uromyces appendiculatus. In: Seminário sobre Pragas e Doenças do Feijoeiro, 3., 1988, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1988. p. 3.

26.TADA, R. M.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; MENDES, B. M. J. Estudo sobre o efeito e a eficiência mutagênica de tratamentos combinados de raios-gama e azida sódica. In: Reunião Paulista de Iniciação Científica em Ciências Agrárias, 1., 1989, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1989.

27. CAMARGO, M. J.; TULMANN NETO, A. Indução de mutações visando a resistência ao vírus do mosaico do mamoeiro. In: Congresso de Iniciação Científica da ESALQ/USP, 4., 1989, Piracicaba. **Indução de mutação visando resistência ao vírus do mosaico do mamoeiro**; **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 1989. p. 85.

28. WATANABE, T.; TULMANN NETO, A. Uso da cultura de tecidos em bananeira maça visando indução de mutação. In: Congresso de Iniciação Científica da ESALQ/USP, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ-USP, 1990. p. 6.

29. SANTOS, P. C.; TULMANN NETO, A. Taxa de mutação induzida e seleção em feijão. In: Jornada sobre temas de genética e melhoramento vegetal, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1990. p. 139.

30. FALCO, M. C.; TULMANN NETO, A. Sensibilidade a raios-gama de embriões de Vitis vinifera. In: Jornada sobre temas de genética e melhoramento vegetal, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1990. p. 110-111.

31. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Radiossensitividade de 5 variedades de *Chrysanthemum morifolium* Ram. a raios gama. **Ciência e Cultura,** São Paulo, SP, v. 43, p. 727-728, 1991.

32. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Melhoramento do crisântemo através da técnica de indução de mutação *in vitro*. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 15, p. 145, 1992. Suplemento. Resumos 38 Congresso Brasileiro de Genética, 1992, Rio de Janeiro, RJ.

33. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Radiossensitividade de Plantas *In Vitro* de *Chrysanthemum morifolium* Ram. Var. Tinsel Branco. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 15, p. 146, 1992. Suplemento. Resumos 38 Congresso Brasileiro de Genética, 1992, Rio de Janeiro, RJ.

34. TULMANN NETO, A. ARCAL VII: um exemplo de sucesso no uso de técnicas nucleares no melhoramento de cereais na América Latina. In: Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, 2., 1993, Caxambu, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: CNEN, 1993. p. 81-82.

35. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENDES, B. M. J. Contribuição de mutações induzidas na obtenção de cultivares de feijão do Brasil. In: Congresso Na-

cional de Genética, 39., 1993, Caxambú, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: CNEN, 1993. p. 382.

36. DOMINGUES, E. T.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Ampliação da variabilidade genética em bananeira através da indução de mutações associada a cultura de tecidos. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13., 1994, Salvador, BA. **Resumos...** Salvador, BA: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. p. 209-210.

37. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Cristiane e Ingrid: Primeiros cultivares de crisântemo obtidos por indução de mutação no Brasil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 18, p. 121, 1995. Suplemento. Resumos 41° Congresso Brasileiro de Genética, 1997, Caxambu, MG.

38. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Use of gamma-rays in mutation breeding of *Calathea louisae*. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, p. 197, 1996. Suplemento. Resumos 42° Congresso Brasileiro de Genética, 1996, Caxambu, MG.

39. CAMARGO, N. M.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Radiossensitividade de plantas in vitro de crisântemo. In: Congresso de Iniciação Científica de São Carlos, 1996. **Anais...** São Carlos, SP, 1996. p. 74.

40. CAMARGO, N. M.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Organogênese somática em crisântemo var. Reagan Royal. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP- SIICUSP, 5., 1996, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP. p. 418.

41. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Mutation Breeding In Stromantha Sanguinea By Gamma Radiation. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, p. 197, 1996. Suplemento. Resumos 42 Congresso Brasileiro de Genética, 1996, Caxambu, MG.

42. SILVA, E. F.; ANDO, A.; MONTALVAN, R. Redução no comprimento e na produção de grãos por panícula em linhagens mutantes de porte baixo de arroz induzidas por azida sódica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, p. 225, 1996. Suplemento. Resumos 42° Congresso Brasileiro de Genética, 1996, Caxambu, MG.

43. NUMATA, I.; ANDO, A. Seleção dos mutantes de arroz de sequeiro obtidos por tratamento de raios-gama e azida sódica. In: Simpósio de Iniciação Científica da USP, 1996, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba, SP, 1996. p. 447-447.

44. ANDO, A. Obtenção de mutantes resistentes à fusariose (Fusarium solani f. sp. piperis) em pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) através de radiação gama. In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu, 1997, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental; JICA, 1996.

45. ANDO, A. Aplicação da energia nuclear em recursos genéticos. In: Simpósio Latino-Americano de Recursos Genéticos Vegetais, 1., 1997, Campinas, SP. **Resumos...** Campinas, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 1997.

46. ANDO, A. Use *in vivo* and in vitro of induced mutation in plant breeding. In: International Workshop on Agricultural Biotechnology, 1997, Piracicaba, SP. **Proceedings...** Piracicaba, SP, 1997.

47. ANDO, A. Seleção de mutantes de arroz de sequeiro obtidos por tratamento de radiação gama e azida sódica. In: Simpósio de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, 5., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 1997.

48. KOESTER, A. D.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Desenvolvimento de Metodologia de Hibridação Entre *Nicotiana tabacum* e *Nicotiana Repanda.* In: Simpósio de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, 5., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 1997. p. 485.

49. SANTOS, P. C.; TULMANN NETO, A. Sensitividade de estacas de figo a radiação gama. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, p. 147, 1997. Suplemento. Resumos 43° Congresso Brasileiro de Genética, 1997, Caxambu, MG.

50. FALCO, M. C.; TULMANN NETO, A. Sensitividade de calos embriogênicos da cana de açucar ao antibiótico geneticina. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, p. 190, 1997. Suplemento. Resumos 43 Congresso Brasileiro de Genética, 1997, Caxambu, MG.

51. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Indução de Embriogênese Somática Em Folhas de Crisântemo Cv Ingrid. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão

Preto, v. 20, p. 191, 1997. Suplemento. Resumos 43º Congresso Brasileiro de Genética, 1997, Caxambu, MG.

52. BARROS, L. C. S.; CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; TULMANN NETO, A.; FELICIO, J. C. Reciprocal and gamma radiation effects on wheat anther culture. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 21, p. 208, 1998. Suplemento. Resumos 44º Congresso Brasileiro de Genética, 1997, Águas de Lindóia, SP.

53. ADAMES, A. H.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Determinação da sensitividade do crisântemo ao metanossulfonato de etila. In: Encontro Científico dos Pós-Graduandos do CENA/USP, 1998, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: CENA/USP, 1998. p. 3.

54. ADAMES, A.; LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Efeito de altura de poda na frequência de mutação em crisântemo. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 21, p. 203, 1998. Suplemento. Resumos 44º Congresso Brasileiro de Genética, 1998, Águas de Lindóia, SP.

55. LATADO, R. R.; KOESTER, A. D.; TULMANN NETO, A. Utilização de Hibridação Sexual entre Duas Espécies Incompativeis de Nicotiana. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 21, p. 203, 1998. Suplemento. Resumos 44º Congresso Brasileiro de Genética, 1998, Águas de Lindóia, SP.

56. SOUZA, S. A. C. D.; TULMANN NETO, A.; FIGUEIRA, A.; SANTOS, P. C.; BOLIANI, A.; SCARPARE FILHO, J. A. Marcador RAPD Associado ao Nanismo em *Musa* spp. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, p. 727-728, 1999. Suplemento. Resumos 45º Congresso Brasileiro de Genética, 1999, Gramado, RS.

57. SANTOS, P. C.; TULMANN NETO, A.; BOLIANI, A.; ANDO, A. Avaliação do primeiro ciclo de produção de variante somaclonal de porte baixo de banana. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, p. 688, 1999. Suplemento. Resumos 45º Congresso Brasileiro de Genética, 1999, Gramado, RS.

58. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; TSAI, S. Hibridação somática entre tangerina cleópatra e laranja caipira por meio de protoplastos visando o me-

lhoramento de porta-enxertos. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, p. 666, 1999. Suplemento. Resumos 45° Congresso Brasileiro de Genética, 1999, Gramado, RS.

59. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; YEMMA, A.F.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M.; MACHADO, M. A.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; ROSSI, A. C. Obtenção de mutantes sem sementes em laranjeira pêra por meio de indução de mutações. In: International Symposium of Fruit Crop Production and Quality of Citrus Fruits, 1., 1999, Botucatu, SP. **Proceedings...** Botucatu, SP: UNESP, 1999. p. 12.

60. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Mutações induzidas e uso de podas repetidas in vitro no melhoramento de crisântemo. In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 12., 1999, Jaboticabal, SP. **Resumos...** Jaboticabal, SP: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1999. p. 95.

61. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Uso indução de mutações no melhoramento de ornamentais e suas perspectivas no Brasil In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 12., 1999, Jaboticabal, SP. **Resumos...** Jaboticabal, SP: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1999. p. 94.

62. TULMANN NETO, A.; RODRIGUES, B. I.; CASSIERI NETO, P.; HOULLOU KIDO, L. H. Teste de tolerância de mutantes de bananeira cv Maçã, selecionados e testados previamente em Pernambuco, frente ao isolado de *Fusarium oxysporum* f. sp *cubense*, proveniente do Estado de São Paulo. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, p. 704-705, 2000. Suplement. Resumos 46 Congresso Brasileiro de Genética, 2000, Águas de Lindóia, SP.

63. TULMANN NETO, A.; KIDO, L. H.; RODRIGUES, B. I. Efeito de diferentes doses de radiação gama sobre o desenvolvimento de protoplastos de bananeira Maçã. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, p. 706, 2000. Suplement. Resumos 46° Congresso Brasileiro de Genética, 2000, Águas de Lindóia, SP.

64. ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; ALBUQUERQUE, F.; POLTRONERI, M.; LEMOS, O.; DUARTE, M. Indução de mutantes tolerantes à fusariose em pimenta do reino (*Piper nigrum*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23,

p. 720-721, 2000. Suplement. Resumos 46° Congresso Brasileiro de Genética, 2000, Águas de Lindóia, SP.

65. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; IEMMA, F.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R.; MACHADO, M.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; ROSSI, A. C. Clones mutantes de laranja Pêra com reduzido número de sementes obtidos através de mutações induzidas. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 16., 2000, Fortaleza, CE. **Resumos...** Jaboticabal, SP: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 230.

66. TULMANN NETO, A.; LOURENÇO, M.; LATADO, R. R.; CARVALHO, M. T. V.; POMPEU JUNIOR, J. Metodologia para obtenção de híbridos somáticos tetraplóides em citros visando a produção de cultivares triplóides sem sementes. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 16., 2000, Fortaleza, CE. **Resumos...** Jaboticabal, SP: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 232.

67. FERREIRA FILHO, A. W. P.; TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; PETTINELLI JUNIOR, A.; MISTRO, J.; SALOMON, M.V. Avaliação de linhagens de trigo oriundas de hibridações seguidas ou não de irradiação gama. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Londrina, PR: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2001.

68. HOULOU-KIDO, L.; TULMANN NETO, A.; BERNARDI, W.; SCOTTON, D.; RODRIGUES, B. I.; MATSUMOTO, K. Seleção in vitro de mutantes de bananeira maça tolerantes ao cloreto de sódio, obtidos através de irradiação gama. In: Congresso Nacional de Melhoramento de Plantas, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Londrina, PR: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2001.

69. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; IEMMA, F.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R.; MACHADO, M.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L. C.; ROSSI, A. Clones mutantes de laranja Pêra com maturação precoce de frutos obtidos a partir de mutagênese induzida. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Londrina, PR: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2001.

70. ZONETTI, P.; SANTOS, P. C.; TULMANN NETO, A. Avaliação do segundo ciclo de produção de variante somaclonal de porte baixo em Piracicaba. In:

Congresso Nacional de Genética, 48., 2002, Águas Lindoia, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

71. LATADO, R. R.; TULMANN NETO, A. Detecção de polimorfismos de DNA em plantas mutantes de laranja Pêra. In: Congresso Nacional de Genética, 48., 2002, Águas Lindoia, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

72. KIDO, L. M. H.; TULMANN NETO, A. Tolerância a salinidade em cultivo hidropônico de mutantes de bananeira selecionados *in vitro*. In: Congresso Nacional de Genética, 48., 2002, Águas Lindoia, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

73. LIMA, J. E.; TULMANN NETO, A. Obtenção de híbridos assimétricos entre espécies de Nicotiana sexualmente incompatíveis. In: Congresso Nacional de Genética, 48., 2002, Águas Lindoia, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

74. LIMA, J. E.; TULMANN NETO, A. Avaliação da sensibilidade de protoplastos de Nicotiana para a utilização em experimentos de cibridização. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, 10., 2002, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2002.

75. BRANCALION, P.; TULMANN NETO, A.; PENA, R. Determinação da sensitividade in vitro de cormos da cultivar de gladíolo Red Beauty visando indução de mutações em ornamentais. In: Encontro Científico dos Pós-Graduandos no CENA-USP, 9., 2002, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: CENA/USP, 2002.

76. ALVES, S.; TULMANN NETO, A.; SEREGEN, M.; YANAGISHI-COSTA, J.Y.; MARTINS, E. Efeito de diferentes doses de radiação gama em calos e plântulas de antúrio cultivadas in vitro. In: Congresso Brasileiro de Cultura de Tecido de Plantas, 1., 2002, Lavras, MG. **Anais...** Brasília-DF: Sociedade Brasileira de Cultura de Tecido de Plantas, 2002. v. 1. p. 427-427.

77. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; CERAVOLLO, L.; ROSSI, A.; NAKEMATA, T.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, O.; MARANGONI, S.; PIO, R. M. Mutantes de laranja Pêra com porte compacto e menor número de sementes obtidos por indução de mutação com raios-gama. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17., 2002, Belém, PA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2002. v. 1. p. 1.

78. TULMANN NETO, A.; MARSCHALECK, R.; TERNES, M. Determinação da radiossensitividade a raios-gama na cultivar de mandioca pernambucana visando indução de mutação. In: Congresso Nacional de Genética, 48., 2002, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética. v. 1. p. 1168-1168.

79. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; ANDO, A.; IEMMA, A. F.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; MONTES, S. M.; ROSSI, A. C. Metodologia para obtenção de mutantes estáveis em laranja Pêra após a irradiação de borbulhas com raios-gama. In: International Citrus Seminar - Improvement, 7., 2002, Bebedouro, SP. **Anais...** Bebedouro, SP: Estação Experimental de Bebedouro, 2002. v. 1. p. 132.

80. BRANCALION, P.; TULMANN NETO, A. ; PENA, R. C. M. Determinação da sensitividade a raios-gama in vitro de cormos de gladíolo. In: Encontro Científico dos Pós-Graduandos do CENA/USP, 9., 2003, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: CENA, 2003.

81. BRANCALION, P. H. S.; PENA, R. C. M.; RODRIGUES, B. I. P.; TULMANN NETO, A. Cultivo in vitro de plantas de gladíolo visando tolerância a fusariose. In: Simpósio Internacional de Iniciação Cientifica da USP – SIICUSP, 11., 2003, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2003.

82. FUJINAWA, J.; TULMANN NETO, A.; ARAUJO, D. G. Efeito da radiação gama na germinação de pólen de *Nicotiana tabacum*. In: Simpósio Internacional de Iniciação Cientifica da USP – SIICUSP, 11., 2003, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2003.

83. SCOTTON, D. C.; TULMANN NETO, A.; KIDO, L. M. H.; RODRIGUES, B. I. P. Determinação da concentração de NaCl visando a seleção *in vitro* de mutantes resistentes à salinidade de solo. In: Simpósio Internacional de Iniciação Cientifica da USP – SIICUSP, 11., 2003, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2003.

84. DUARTE, M.; TULMANN NETO, A.; DUTRA, M.; RODRIGUES, P. H. V. Determinação da LD 50 em explantes de *Heliconia biha* empregando radiação gama. In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 14., 2003, Lavras, MG. **Anais...** Lavras, MG: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 2003. v. 1. p. 291.

85. PIAZENTIM, A. C.; SILVA, J. A. CARVALHO, C.; PULCINELLI, C. E.; TULMANN NETO, A. Indução de mutação visando a obtenção de soja não transgênica resistente a herbicida. In: Simpósio Internacional de Iniciação Cientifica da USP – SIICUSP, 12., 2004, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2004.

86. SILVA, J. A.; CARVALHO, C.; TULMANN NETO, A.; PIAZENTIM, A. C. Determinação da sensitividade de sementes da cv de tomate micro-tom a raios-gama e metanossulfonato de etila (EMS) visando a seleção de mutantes. In: Simpósio Internacional de Iniciação Cientifica da USP – SIICUSP, 13., 2005, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2005.

87. BOERSEN, A.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; SANTOS, P. C. Efeitos de raios-gama na obtenção de mutantes periclinais na coloração da infiorescência de crisântemo de vaso (*Dendranthema grandifiorum*). In: Congresso Brasileiro de Genética, 51., 2005, Águas de Lindóia, SP. **Resumos...** São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2005. res. 434.

88. ISHIY, T.; SCHIOCCHET, M. A.; BACHA, R. E.; MOREL, D. A.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; KNOBLAUCH, R. Desenvolvimento da cultivar de arroz Ando San 114 por meio de mutação induzida. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Editora Orium, 2005. v. 1. p. 114-116.

89. BOERSEN, A. M.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; SANTOS, P. C. Efeitos de doses de raios-gama na obtenção de mutantes de coloração e morfológicos na infiorescência de crisântemo de vaso. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 3., 2005, Gramado, RS. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2005.

90. SILVA, J. A.; NUNES, L. E. P.; TULMANN NETO, A.; PERES, L. E. P. Obtenção de mutantes no modelo micro-tom com o uso do agente químico EMS. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica, 14., 2006, Piracicaba. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2006.

91. CRISTOFOLETTI JUNIOR, S. C.; OLIVEIRA, B. G.; TULMANN NETO, A. Metodologia visando o uso da cultura de tecidos na seleção in vitro para resistência a herbicida utilizando *Nicotiana tabacum* como planta modelo. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica, 14., 2006, Piracicaba. **Anais...** São Paulo, SP: USP, 2006.

92. RESENDE, J. C.; TULMANN NETO, A.; SILVA, S. O.; SOARES, J. F. Efeito da radiação gama na produção de plantas de bananeira de Pacovan Ken (AAAB) no primeiro ciclo. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19., 2006, Cabo Frio, RJ. **Resumos...** Cabo Frio, RJ: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2006. p. 378.

93. RESENDE, J. C.; TULMANN NETO, A.; SILVA, S. O. Avaliação do primeiro ciclo produtivo de bananeira Pacovan (AAB) em plantas provenientes da irradiação de explantes com raios-gama. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19., 2006, Cabo Frio, RJ. **Resumos...** Cabo Frio, RJ: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2006. p. 378.

94. GONZAGA, D. L.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Avaliação da radiossensitividade de epicótilos de limão cravo em cultivo in vitro. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19., 2006, Cabo Frio, RJ. **Resumos...** Cabo Frio, RJ: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2006. p. 366.

95. NUNES, L. P.; TULMANN NETO, A.; SILVA, J. A.; PERES, L. Mutagênese em larga escala no modelo genético micro-tom (*Lycopersicum esculentum*). Viabilidade e adequação de metodologias. In: Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 16., 2006, Piracicaba, SP. **Anais...** São Paulo, SP: Sociedade Botânica de São Paulo, 2006.

96. NUNES, L. P.; TULMANN NETO, A.; PERES, L. Mutagênese no modelo genético micro-tom. Uma ferramenta para o estudo do controle hormonal do desenvolvimento em tomateiro (*Lycopersicum esculentum*). In: Congresso Brasileiro de Genética, 52., 2006, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. p. 1305.

97. TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C. E. O.; AZEVEDO FILHO, J. A. Efeitos da radiação gama em sementes híbridas F1 na obtenção de linhagens diaplóides de trigo (*Triticum aestivum* L.). In: Congresso Brasileiro de Genética, 52., 2006, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. p. 933.

98. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Indução de mutação: ampliação da variabilidade genética para o melhoramento de ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 13, p. 1-10. Suplemento. Resumos 16 Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 2007, Goiânia, GO.

99. BERENSCHOT, A. S.; TULMANN NETO, A.; QUECINI, V. Mutagenesis aiming reverse genetics in petunia. In: Congresso Brasileiro de Genética, 53., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2007. p. 187.

100. FERREIRA, E. A.; PASQUAL, M.; TULMANN NETO, A. Sensitividade *in vitro* de plântulas de figueira a radiação gama. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 4., 2007, São Lourenço, MG. **Anais...** Lavras, MG: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007.

101. PEREIRA, O.; SANTOS, P. C.; TULMANN NETO, A. Sensitividade de bulbos de Amarilis a raios-gama visando indução de mutação. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 4., 2007, São Lourenço, MG. **Anais...** Lavras, MG: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007.

102. SILVA JUNIOR, A.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Obtenção de plantas autotetraplóides de citros por meio de cultivo em meio contendo colchicina: efeito do tempo de cultivo e da concentração da colchicina. In: Simpósio Científico dos Pós-Graduandos no CENA, 1., 2008, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba, SP: CENA/USP, 2008.

103. CORREA, M.; TULMANN NETO, A. Sensitividade a raios-gama de sementes de trigo visando-se indução de mutação. In: Simpósio Científico dos Pós-Graduandos no CENA, 1., 2008, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba, SP: CENA/USP, 2008.

104. GONZAGA, D. L.; TULMANN NETO, A.; TULMANN NETO, A.; PIO, R. M. Indução de mutação para obtenção de cultivares de tangerinas sem sementes. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20., 2008, Vitória, ES. **Resumos...** Vitória, ES: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. res. 167.

105. VIEIRA, J.; SCHIOCCHET, M. A.; TULMANN NETO, A. Melhoramento genético de arroz irrigado através de mutação induzida. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 6., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: IRGA, 2009. p. 30-33.

106. CARVALHO, L. P.; TULMANN NETO, A.; LIMA, L. H. G. M. Doses de radiação gama aplicadas em sementes de algodoeiro -Efeito em algumas características da planta da geração M1. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 7., 2009, Foz do Iguaçu, PR. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e**

expansão dos mercados. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2009. p. 1421-1425.

107. RAIMUNDI, V.; MARSCHALECK, R.; TULMANN NETO, A. Efeito de raios gama sobre sementes de arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Camboriú, SC. **Anais...** Itajai, SC: EPAGR, 2011. p. 171-174.

108. CARVALHO, S. A.; NUNES, W. M. C.; CROCE FILHO, J.; LATADO, R. R.; BELASQUE-JUNIOR, J.; TULMANN-NETO, A.; BRAIDO, R. Reação em folhas de frutos de clones de mutantes de laranja Pêra em região endêmica ao cancro cítrico. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 36, p. 1-1, 2011. Suplemento. Resumos 44º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2011, Bento Gonçalves, RS.

109. HECK, T. C.; MARSCHALECK, R.; SILVA JUNIOR, A. A.; TULMANN NETO, A. Determinação da sensitividade à radiação gama em sementes de espinheira santa visando a indução de mutação. In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 18., 2011, Joinvile, SC. **Anais...** Joinvile, SC: SBFP, 2011. p. 1-1.

110. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; SANTOS, P. C.; SILVA, S.; HAUAGE, R. Uso e indução de mutação *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de frutíferas. In: Encontro de Genética do Nordeste, 19., 2012, Juazeiro, BA. **A genética, a natureza e o ser humano**. Juazeiro, BA: Polo Petrolina – Regional da SBG, 2012. p. 1-2.

111. COSTA, E. G.; TULMANN NETO, A. Indução de mutações no melhoramento de Aster. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 7., 2013, Uberlândia, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2013. p. 858-861.

112. COSTA, E. G.; TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R. Determinação da sensitividade a raios gama de mudas de Mandevilla sp visando a indução de mutação. In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 19., 2013, Recife, PE. **Anais...** Recife, PE: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 2013.

113. LOBATO, M. T. V.; TULMANN NETO, A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CAMARGO, C. E. O. Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialélica de trigo envolvendo a cultivar BH-1146 e linhagens selecionadas da irradiação de

sementes. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 8., 2015, Goiânia, GO. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2015. p. 10-16.

114. TULMANN NETO, A. In vitro mutation breeding of Tradescantia zebrina. In: Congresso Brasileiro de Genética, 61., 2015, Águas de Lindóia, SP. **Palestra...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2015.

115. TULMANN NETO, A. Melhoramento de plantas *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas visando resistência a doenças. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 8., 2015, Goiânia, GO. **Palestra...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2015.

116. SCOTTON, D.; TULMANN NETO, A. Efeito da radiação gama em explantes cultivados in vitro de alho para indução de mutação no melhoramento. In: Simpósio Cientifico dos PG do CENA, 9., 2016, Piracicaba, SP. ***Resumos...*** Piracicaba: CENA/USP, 2016.

117. OLIVEIRA, R.; PIOTTO, F.; TULMANN NETO, A. Sensitividade a radiação gama em beterraba. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP - SIICUSP, 24., 2016, Piracicaba, SP. **Resumos...** São Paulo: USP, 2016.

5.2. CONTRIBUIÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS NO EXTERIOR

Os 36 trabalhos relatados a seguir, foram apresentados em 11 países da América Latina, Europa e Ásia nas mais importantes reuniões relacionadas à indução de mutação ou emprego de radiações. É de importância que se relate que apesar da grande competição por recursos para participação nestas reuniões, em todos estes casos os organizadores destes eventos financiaram a participação dos pesquisadores brasileiros, após recebimento e análise dos resumos ou trabalhos a serem relatados. Isto indica a qualidade dos trabalhos enviados. Em poucos desses eventos houve a necessidade de complementação de recursos de instituições brasileiras tais como FAPESP, CNPq ou mesmo da USP.

1. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; COSTA, A. S. Attempts to induce mutants resistant or tolerant to golden mosaic virus disease in dry beans. In: Induced mutations against plant diseases, 1977, Viena. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1977. p. 281-289.

2. TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Mutation Breeding in Brazil. In: International Symposium on Crop Improvement by Induced Mutation, 1979, Gozenyama, Japan. **Abstracts...** Gozenyama, Japan: IRB, 1979. p. 4.

3. VEIGA, A. A.; TULMANN NETO, A. Radiation induced mutants in two Brazilian wheat varieties. In: International Congress of Radiation Research, 6., 1979, Tokyo, Japan. **Abstracts...**Tokyo, Japan: Japanese Association of Radiation Research, 1979. p. 78.

4. ANDO, A.; TULMANN NETO, A. Comparison of sodium azide mutagenicity irice seeds with radiations and some alkylant compounds. In: International Congress of Radiation Research, 6., 1979, Tokyo, Japan. **Abstracts...** Tokyo, Japan: Japanese Association of Radiation Research, 1979. p. 278.

5. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; ALBERINI, J.; BIANCHINI, A.; COSTA, A. S. Induced mutations for disease resistance in beans. In: FAO/IAEA Research co-ordination meeting on the use of induced mutations for improvement of grain production, 1979, Kuala Lampur, Malasia. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1980. p. 89-96. (TECDOC, 234).

6. VEIGA, A. A.; CAMARGO, C.E.; FELICIO, J.; BARROS, B. C.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A. Evaluation of three induced mutants with short culm, obtained in Brazil. In: FAO/IAEA Research co-ordination meeting on evaluation for mutants stocks for semi-dwarf plant type as cross breeding materials in cereals, 1981, Viena, Austria. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1981. p. 47-51.

7. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; ALBERINI, J.; BIANCHINI, A.; COSTA, A. S. Induced mutations for disease resistance in beans: New results. In: Research Coordination Meeting on Induced Mutations for Disease Resistance in Crop Plants II, 1981, Riso. Viena, Austria: IAEA, 1981. p. 219-223.

8. MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; YORINORI, J. T.; DESLANDES, J. A.; COSTA, A. S.; SILVÉRIO, J. C. O. Induced mutation in soybean.

In: Regional Seminar on the Utilization of Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America, Lima, 1982. **Proceedings...**Viena, Austria: IAEA, 1984. p. 173-190. (TECDOC, 305).

9. PHILIPOVSKY, J. F.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; MENTEM, J. O. M. Induced mutation aiming to obtain earliness in the Tifton wheat variety. In: Regional Seminar on the Utilization of Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America, Lima, 1982. **Proceedings...**Viena, Austria: IAEA, 1984. p. 99-110. (TECDOC, 305).

10. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; ALBERINI, J. L. ; BIANCHINI, A.; COSTA, A. S.; SANTOS, P. C. Induced mutations for disease resistance in beans. In: Regional Seminar on the Utilization of Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America, Lima, 1982. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1984. p. 211-224. (TECDOC, 305).

11. PASQUAL, M.; ANDO, A.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M. Determination of methodology to obtain resistance to citrus canker (*Xanthomonas Campestris* pv. *Citri*) Through Nuclear Techniques Combined with *in vitro* culture. In: Symposium on Nuclear Techniques and In Vitro Culture for Plant Improvement, 1985, Viena, Austria. **Proceedings...**Viena, Austria: IAEA, 1986. p. 129-136.

12. ALCANTARA, P. B. A.; MECELIS, N. R.; GHISI, O. M. A. A.; TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A. Induced mutation for disease resistance in *Stylosanthes guyanensis*. In: FAO/IAEA Workshop on Improvement on Grain Legume Production Using Induced Mutation, 1986, Pulmann, USA. **Proceedings...**Viena, Austria: IAEA, 1988. p. 229-234.

13. TULMANN NETO, A.; MENTEN, J. O. M.; ANDO, A.; ALBERINI, J.; PEIXOTO, T. C. Induced mutation for disease resistance and other agronomic characteristics in bean and soybean. In: FAO/IAEA Workshop on Improvement on Grain Legume Production Using Induced Mutation,1986, Pulmann, USA. **Proceedings...**Viena, Austria: IAEA, 1989. p. 167-187.

14. TISSELI FILHO, O.; AZZINI, L. E.; BASTOS, C. R.; TULMANN NETO, A. Rice breeding using induced mutations in the state of Sao Paulo, Brazil. In: Plant mutation breeding for crop improvement, 1991, Viena, Austria. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1991. p. 474-477.

15. CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G.; PETTINELLI JUNIOR, A.; TULMANN NETO, A. Mutation breeding of bread wheat for tolerance to disease and aluminun. In: Seminar on the Use of Mutation and Relat. Biotech. for Crop, 1992, Zaragoza. **Proceedings...** Zaragoza, 1992. p. 11.

16. TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; ROSSI, A. C.; MENTEN, J. O. M.; CERAVOLO, L.; NAMEKATA, T.; POMPEU JUNIOR, J. Mutation breeding aimed at obtained resistance to citrus canker (*Xanthomonas campestris*) and other characteristics in sweet orange (*Citrus sinensis* Osb.). In: Symposium Plant Mutation Breeding for Crop Improvement, 1992, Viena. **Proceedings...**Viena, Austria: IAEA, 1991. p. 235-240.

17. TULMANN NETO, A.; SANTOS, P. C.; BOLIANI, A. Use of in vitro mutation Induction for resistance to Fusarium wilt in banana. In: International Symposium on the Use of Induced Mutations and Molecular Techniques, 1995, Viena, Austria. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1995. p. 641-642.

18. CRISTOFANI, M.; GRATTAPAGLIA, D.; TULMANN NETO, A.; MACHADO, M. Genetic Linkage Mapping of *Citrus sunki* and *Poncirus trifoliata*. In: REDBIO-95, 1995, Puerto Iguazu, Argentina. **Anais....** Puerto Iguazu, Argentina, 1995. p. 38.

19. MAIRESSE, L. A. S.; TULMANN NETO, A. Mutation breeding of wheat and triticale in Rio Grande do Sul. In: The use of mutation techniques for improvement of Cereals in Latin America, 1996, Montevideu. **The use of mutation techniques for improvement of Cereals in Latin America.** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 113-125.

20. CAMARGO, C. E.; TULMANN NETO, A. Mutation breeding of wheat in Brazil. In: The use of mutation technlques for improvement of cereals in Latin America, 1996, Montevideu. **The use of mutation techniques for improvement of cereals in Latin America.** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 95-111.

21. CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; TULMANN NETO, A. Genetic diversity in wheat breeding for tolerance to acid soils. In: Induced mutations and molecular techniques for crop improvement, 1996, **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 321-333.

22. ANDO, A.; TULMANN NETO, A. Induction of short culm mutants in rice by sodium azide. In: The use of mutation technique for crop improvement in Latin America, 1996, Colonia, Uruguai. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 59-61.

23. RIEDE, C. R.; CIRINO, V. M.; TULMANN NETO, A. Mutant selections from wheat cultivar IAPAR 3 with reduced height. In: The use of mutation technique for crop improvement in Latin America, 1996, Colonia, Uruguay. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 127-132.

24. YOKOIAMA, S.; ISHIY, T.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Mutation breeding for irrigated rice at EMPASC, Santa Catarina-Brazil. In: The use of mutation technique for crop improvement in Latin America, 1996, Colonia, Uruguai. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 23-30.

25. TISSELI FILHO, O.; AZZINI, A.; TULMANN NETO, A. Increasing upland rice variability through induced mutation. In: The use of mutation technique for crop improvement in Latin America, 1996, Colonia, Uruguai. **Proceedings...** Viena, Austria: IAEA, 1996. p. 17-22.

26. TULMANN NETO, A.; LATADO, R. R.; TSAI, S.; IEMMA, F.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M.; MACHADO, M.; NAMEKATA, T.; CERAVOLO, L.; ROSSI, A. C.; DOMINGUES, E. T.; SANTOS, P. C.; BOLIANI, A. Mutation breeding *in vivo* and *in vitro* in vegetatively propagated crops. In: Final research coordination meeting on induced mutation in connection with biotechnology for crop improvement in Latin America, 2001, Peru. **Induced mutations in connection with biotechnology for crop improvement in Latin America.** Viena, Austria: IAEA, 1998. p. 55-62.

27. BASTOS, C.; AZZINI, L.; GALLO, P.; CASTRO, L. H. S. M.; SOAVE, J.; TULMANN NETO, A. Improvement of rice through somaculture and induced mutations in São Paulo State. In: Final research coordination meeting on induced mutation in connection with biotechnology for crop improvement in Latin America, 2001, Lima. **Induced mutations in connection with biotechnology for crop improvement in Latin America.** Viena, Austria: IAEA, 1998. p. 25-36. (TECDOC, 1216).

28. BASTOS, C.; CASTRO, L.; AZZZINI, L.; SOAVE, J.; TULMANN NETO, A. Improving rice through somaculture and induced mutation. In: Second Temperate Rice Conference, 2002, Sacramento. **Proceedings...**Filipinas: IRRI, 1999. p. 377-388.

29. CAMARGO, C. E. O.; TULMANN NETO, A.; RAMOS, L. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P. Anther culture and induced mutation for wheat improvement. In: International Wheat genetics and Breeding Symposium, 2001, Pequim. **Proceedings...** Zehngzhou: China Association of Agricultural Science, 2001. p. 138-146.

30. OLIVEIRA, M.; VILLAS BOAS, C. L. R.; CASTIGLIONI RODRIGUES, V.; TULMANN NETO, A.; FARIAS NETO, A.; ARIAS ARRABAL, C.; MANDARINO, G. J. Mutation breeding in sunfiower (***Helianthus anuus*** L.) for disease resistance and oil content. In: Final Research Coordination Meeeting, 2003, Corvallis, Oregon-USA. **Improvement of new and traditional industrial crops by induced mutations and related biotechnology.** Viena, Austria: IAEA, 2003. p. 153-159.

31. BELASQUE, J.; TULMANN NETO, A. Resistance of mutants of sweet orange induced by gamma-rays to citrus canker under artificial inoculation. In: FAO/IAEA International Symposium on Induced Mutations in Plants, 2008, Viena. **Abstracts...** Viena, Austria: IAEA, 2008. p. 112.

32. LATADO, R. R.; SILVA JUNIOR, A.; CRISTOFANI, Y. M.; TULMANN NETO, A. Autotetraploid citrus rootstock plants obtained by in vitro culture in medium containing colchicine. In: Second International Citrus Biotechnology Symposium, 2009, Catania-Sicilia. **Book of Abstracts...** Catania, Sicilia: University of Catania, 2009. p. 129.

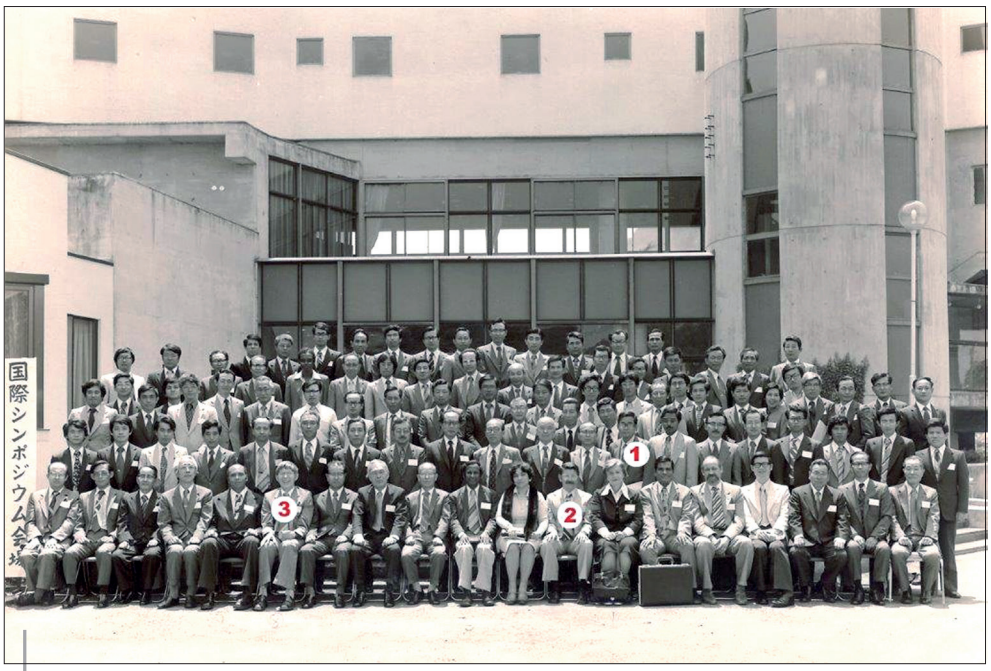
33. TULMANN NETO, A. Uso e indução de mutações *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas de propagação vegetativa. In: Latin American Congress of Genetics, 15., 2012, Rosario, Argentina. **Journal of Basic and Applied Genetics,** Rosario, v. 23, p. 21, 2012.

34. SCHERER, R.; ANDRADE, A.; TULMANN NETO, A.; RIGO, G. Banana mutagenesis in vitro: sensitivity of shoots to gamma radiation. In: FAO/IAEA International Symposium on Plant Mutation Breeding and Biotechnology, 2018, Viena, Austria. **Abstracts...** Viena, Austria, 2018. (IAEA-CN-263-32).

35. PIO, R. M.; TULMANN NETO, A.; SOUZA, P. S.; LATADO, R. R.; BARROS, V. L. N. P. Induction and selection of mandarin mutants with fruits containing low number of seeds. In: FAO/IAEA International Symposium on Plant Mutation Breeding and Biotechnology, 2018, Viena, Austria. **Abstracts...**Viena, Austria, 2018. (IAEA-CN-263-152).

36. MARSCHALEK, R.; PEREIRA, A.; OLIVEIRA NETO, A. M.; TULMANN NETO, A.; TCACENCO, F. A.; NOLDIN, J. A.; ANDRADE, A. de. Gamma rays application in the development of rice lines tolerant to aryloxyphenoxypropionate herbicides. In: FAO/IAEA International Symposium on Plant Mutation Breeding and Biotechnology, 2018, Viena, Austria. **Abstracts...** Viena, Austria, 2018. (IAEA-CN-263-7).

Dentre as apresentações no exterior, é importância destacar a realizada no Japão em 1979 no "International Symposium on Crop Improvement by Induced Mutation" (2), cujos participantes se encontram na foto a seguir. Dentre eles pode-se identificar os representantes da Seção de Radiogenética, Professores Ando (1) e Tulmann (2) e o Responsável na época pelo Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas da International Atomic Energy Agency, Viena-Austria, Dr. Alexander Micke (3). Na ocasião foi feita a apresentação do trabalho "Mutation Breeding in Brazil", no qual se resumiam os resultados das primeiras pesquisas em indução de mutação da Seção de Radiogenética, criada em 1966, nas nove culturas utilizadas até aquele momento, e o potencial de futuras aplicações no Brasil. Em se tratando de melhoramento de plantas, cujas pesquisas demandam longo período, os resultados obtidos em apenas 13 anos foram expressivos e tal apresentação na presença do Dr. Micke certamente foi de grande importância para os muitos apoios financeiros recebidos posteriormente da IAEA para projetos em indução de mutação.



Participantes do "International Symposium on Crop Improvement by Induced Mutation", em Gozenyama, Japão (1979); dentre eles os representantes da Seção de Radiogenética Professores Akihiko Ando (1), Augusto Tulmann Neto (2) e o Dr. Alexander Micke (3), na época responsável pelo Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas da International Atomic Energy Agency, Viena, Austria

5.3. ORIENTAÇÕES EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA

À medida que progrediam as pesquisas e atividades de ensino relacionadas a indução de mutação *in vivo* e *in vitro*, houve a procura de estágios e orientações para estudantes de graduação e pós-graduação e treinamento especializado de profissionais, para a aprendizagem das técnicas utilizadas. Muitos dos orientados posteriormente tornaram-se colaboradores neste tipo de atividade. Apesar da falta de uniformidade ou de detalhamento, a qual será observada em alguns dos itens, irá se procurar dar uma ideia da capacitação oferecida, sendo que no que se refere a mestrado e doutorado os temas e nomes já foram citados quando do detalhamento das pesquisas em indução de mutação nas diferentes culturas.

Na lista abaixo são citados alunos de graduação, os quais realizaram treinamento em iniciação científica com indução de mutação com os vários orientadores da Seção. Vários deles durante o primeiro ano de estágio aprenderam

os princípios básicos de algumas técnicas e posteriormente, como bolsistas deram desenvolvimento a projetos específicos. Pela relação nota-se que foram originários de instituições de diferentes estados, tanto governamentais como particulares. Embora não se possa indicar a importância que esta iniciação teve para a maioria destes alunos, pode-se afirmar com certeza que para alguns deles, foi um forte estímulo para a realização de mestrado ou doutorado e continuação de atividades na área de pesquisa em diferentes instituições, por exemplo, no IAC (67,72,81,85,97), IAPAR (1,6,), Embrapa (96) ESALQ/USP (23,76) e empresas particulares voltadas para o melhoramento de plantas (41,42,54,71). Quando possível será indicado o tipo de trabalho desenvolvido durante o estágio, o que não ocorre em vários casos devido às diferenças encontradas na catalogação destes dados durante os anos ou falta de descrição detalhada em alguns currículos dos orientadores.

1. **ROBERTO HAUAGE.** Principios básicos de indução de mutação no melhoramento de plantas. 1975. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

2. **ANTONIO LUIZ CERDEIRA.** Avaliação de mutantes de coloração de feijão obtidos por raios-gama e EMS. 1975. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

3. **PAULO WESTIN LEMOS.** Princípios básicos de indução de mutação no melhoramento de plantas. 1976. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

4. **MONICA NOGUEIRA LEONI.** Melhoramento genético do cultivar de feijão Costa Rica. 1976. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da CNEN.

5. **JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN.** Indução de mutação na coloração de sementes de feijão. 1976. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da CNEN.

6. **VANIA MODA.** Indução de mutação na coloração de feijão através do mutagênico químico EMS. 1976. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da CNEN.

7. **RENATO FERRAZ DE ARRUDA VEIGA.** Análise estatística de produção de feijão em diversos delineamentos experimentais. 1977. Aluno da Faculdade de Agronomia, UNIPINHAL, Espírito Santo do Pinhal, SP.

8. **KAZUMITSU MATSUMOTO.** Obtenção de linhagens melhoradas de feijão através do uso de raios-gama. 1979. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

9. **SELI MARCHEZONI.** Efeitos de raios-gama em plantas de feijão em florescimento. 1979. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

10. **JOÃO GOMES MARTINES FILHO.** Metodologia do tratamento de sementes com mutagênicos químicos. 1980. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

11. **MARCELO CAMPELLO MONTESUMA.** Caracterização de alguns mutantes obtidos pelo Setor de Radiogenética do CENA. 1980. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

12. **TANIA GALVÂO CATIB.** Obtenção de mutantes em soja resistentes ao vírus da queima do broto. 1981. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

13. **IVANA SPOLIDORIO.** Sensitividade de algumas culturas a raios-gama. 1982. Aluna da Faculdade de Agronomia da UNIPINHAL, Espírito Santo do Pinhal, SP.

14. **NILSON SOARES VAL.** Mosaico comum do feijoeiro: indução de mutação para resistência. 1983. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

15. **ELIZABETH FRIEDRICH.** Mosaico comum do feijoeiro: indução de mutação para resistência. 1984. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

16. **EDNA NAGAO.** Obtenção de resistência ao vírus do mosaico do mamoeiro comum através de cruzamento interespecífico e técnica de cultura de embrião em cultura de tecido. 1984. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

17. **LISETE FOLTRAN.** Indução de mutação visando resistência ao vírus do mosaico dourado em feijão. 1984. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

18. **CIBELE CHALITA.** Princípios do uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. 1985. Aluna da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus Jaboticabal, SP.

19. **MARIANGELA CRISTOFANI.** Utilização da técnica de cultura de tecido visando indução de mutação em bananeira através de raios-gama. 1986. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

20. **CLAUDINE SANTOS.** Uso e indução de mutação e técnicas de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. 1987. Aluna de Agronomia da UFLA, Lavras, MG.

21. **AUREA CLAUDIN.** Uso de cultura de tecidos no melhoramento. 1987. Aluna de Agronomia da UFLA, Lavras, MG.

22. **FERNANDO BOSCARIOL.** Seleção de mutantes resistentes a mosaico dourado em feijão. 1987. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

23. **ROBERTO CARLOS DOS SANTOS PASSOS.** Cultura de meristemas de caju *in vitro*. 1987. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

24. **CAMILA ELIAS.** Técnicas de micropropagação. 2003. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

25. **ELAINE JANUZZI MENDES.** Adaptação de metodologia de seleção in vitro para resistência a doenças em Citrus. 1987. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

26. **LUIZ ROBERTO MARTINS.** Controle de *Xanthomonas campestris* pv citri (cancro citrico) em laranja através da radiação gama. 1987. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

27. **CLAUDIO COELHO DE PAULA.** Uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. 1988. Aluno de Engenharia Agronômica da UFV, Viçosa, MG.

28. **ADOLFO BEISSMAN FILHO.** Uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. 1988. Aluno de Agronomia da UFLA, Lavras, MG.

29. **JOSÉ BALDIN PINHEIRO.** Uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. 1988. Aluno de Agronomia da UFLA, Lavras, MG.

30. **EDSON FERREIRA DA SILVA.** Uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. 1988. Técnico Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas, SP.

31. **ANTONIO CONCEIÇÃO.** Uso de energia nuclear no melhoramento. 1988. Aluno de Agronomia da UNIPINHAL, Espírito Santo do Pinhal, SP.

32. **FABIO IVAN GERALDO.** Uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. 1988. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

33. **RODRIGO ROCHA LATADO.** Uso de energia nuclear em feijão. 1988. Aluno de Engenharia Agronômica da UFV, Viçosa, MG.

34. **MARIA CRISTINA FALCO.** Indução de mutações visando a obtenção de resistência ao míldio em videira. 1988. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

35. **MARCOS ANTONIO DE GASPARI.** Efeito de baixas doses de radiação gama na produtividade de plantas propagadas por sementes. 1989. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

36. **GLAUCIA ANDRADE.** Uso de raios-gama no melhoramento do mamoeiro. 1989. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

37. **TELMA WATANABE.** Indução de mutação no melhoramento da bananeira. 1989. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

38. **EDSON TOBIAS DOMINGUES.** Desenvolvimento de metodologia *in vivo* e *in vitro* visando a indução de mutações através do uso de raios-gama no melhoramento da bananeira. 1989. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

39. **ELIANA TSUMETOMI.** Uso de raios-gama no melhoramento da banana Maçã. 1990. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

40. **CESAR BRAGAIA.** Uso de raios-gama no melhoramento do feijoeiro. 1991 Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

41. **MARCIO JOSÉ DE CAMARGO.** Indução de mutação em bananeira Maçã. 1991. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

42. **MARCOS MERZEL.** Uso de mutação no melhoramento de banana Maçã. 1992. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

43. **MÔNICA PEDUTO PECORARO.** Estágio em Radiogenética. 1994. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

44. **RHAINER GLEICO CARDOSO.** Estudos de radiossensitividade em feijoeiro. 1994. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

45. **FERNANDA MENDES.** Variação somaclonal em bananeira. 1995. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

46. **LUCIANA DE SOUZA WERNECK.** Uso de cultura de tecido no melhoramento de ornamentais. 1996. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

47. **NALZA MARIA CAMARGO.** Princípios básicos de indução de mutação no melhoramento de plantas. 1996. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

48. **ALYSON KOESTER.** Uso de cultura de tecidos associado à indução de mutação. 1997. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

49. **GISELE SPENCE.** Uso de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

50. **LUIZ FERNANDO ZINSLY.** Principios básicos de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. 1998. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

51. **NALZA CAMARGO.** Indução de mutação no melhoramento de crisântemo. 1998. Aluna de Biologia da UNIMEP, Piracicaba, SP.

52. **ANDRÉ DE SOUZA E SILVA.** 1998. Melhoramento de plantas. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

53. **LEORNARDO S. SUGIMOT.** 1999. Melhoramento de plantas. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

54. **VERIDIANA DE OLIVEIRA.** 1999. Melhoramento de plantas por indução de mutação. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

55. **JONY ESROM LIMA.** Uso de Nicotiana em biotecnologia. 1999. Aluno de Biologia da UNIMEP, Piracicaba, SP.

56. **KELSON ROBERTO KODAMA.** 1999. Melhoramento de plantas. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

57. **ERICA PINAZZA MARCONATO.** Uso de biotecnologia em banana. 1999. Aluno da UNIMEP, Piracicaba, SP.

58. **ALEXANDRE FREIRE DOS REIS.** Indução de mutação *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas. 1999. Aluno da UNIMEP, Piracicaba, SP.

59. **LUIZ C. ALMEIDA BENAMIM.** 1999. Melhoramento de plantas por indução de mutação. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

60. **SÍLVIA S. N. VIEIRA.** Melhoramento de Plantas. 2000. Aluna da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

61. **CHRYSTIANE B. FRÁGUAS.** 2000. Aluna da UFLA, Lavras, MG.

62. **DANIELLE CAMARGO SCOTTON.** Uso de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. 2000. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

63. **WALTER BERNARDI.** Micropropagação em bananeira Maçã. 2000. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

64. **ANGELA T. DINI.** 2001. Melhoramento de plantas. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

65. **ALBA R. PEREIRA.** 2001. Aluno da UFLA, Lavras, MG.

66. **DANIELLE CAMARGO SCOTTON.** Obtenção de mutantes de banana Maçã. 2001. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

67. **THIAGO R. POZZOBON.** 2001. Melhoramento de plantas. Aluno da UFLA, Lavras, MG.

68. **BRUNA MARENGO.** 2001. Melhoramento de plantas por indução de mutação. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

69. **ADRIANA FURLAN.** 2001. Melhoramento de plantas por indução de mutação. Aluna da Escola de Engenharia de Piracicaba, SP.

70. **MARIANA S. ROSA.** 2001. Melhoramento de plantas aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

71. **MARIA C. C. RAPPRESSI.** 2002. Melhoramento de plantas aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

72. **JONY ESROM LIMA.** Uso de raios-gama para a obtenção de híbridos somáticos em Nicotiana. 2002. Aluno da UNIMEP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

73. **WALTER BERNARDI.** Seleção de mutantes resistentes ao Mal do Panamá. 2002. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

74. **INOCÊNCIO JUNIOR DE OLIVEIRA.** 2002. Micropropagação em bananeira. Aluno de Agronomia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP.

75. **LUIZ FERNANDO ZINSLY.** 2002. Indução de mutação em laranja Pera. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

76. **MARIA CRISTINA CANALE RAPPUSSI.** 2002. Indução de mutação em abacaxi. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

77. **LUIZ JUN FUJINAWA.** Uso de Nicotiana como modelo em estudos de biotecnologia. 2003. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

78. **MARCELA DE FRANÇA CABRINI.** 2003. Uso de cultura de tecidos no melhoramento de ornamentais. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

79. **AMALIA CRISTINA PIAZENTIN.** 2003. Uso de cultura de tecidos em indução de mutação em abacaxi. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

80. **PEDRO BRANCALEON.** 2003. Indução de mutação em gladíolo, com bolsa do CNPq. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

81. **DANIELLE SCOTTON.** 2003. Indução de mutação em banana visando tolerância a salinidade. 2003. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP, bolsista da USP.

82. **DEBORAH NISHIMURA.** 2003. Hibridação somática em Nicotiana, com bolsa da USP. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

83. **FELIPE YAMADA FONSECA.** 2004. Indução de mutação no melhoramento do abacaxi. Aluno da UNIMEP, Piracicaba, SP.

84. **CRISTIANE DE CARVALHO.** 2004. Indução de mutação em abacaxi. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista da FAPESP.

85. **GUILHERME JOSÉ FARIAS.** 2005. Indução de mutação no melhoramento do abacaxi. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

86. **JULIANA APARECIDA DA SILVA.** 2005. Indução de mutação em tomateiro. Aluna da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

87. **CLAUDINEY BARDINI JUNIOR.** 2006. Uso de Nicotiana tabacum como cultura modelo em trabalhos de indução de mutação. Aluno da UNIMEP, Piracicaba, SP.

88. **NARA GUSTINELLI BORTOLAZZO.** 2006. Uso de cultura de tecidos em indução de mutação. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

89. **BRUNA GONÇALVES DE OLIVEIRA.** 2006. Indução de mutação visando resistência a herbicida em Nicotiana, com bolsa da USP. Aluna da UNIMEP, Piracicaba, SP.

90. **SILVIO CARLOS CRISTOFOLETTI JUNIOR.** 2006. Indução de mutação visando resistência a herbicida em Nicotiana tabacum, com bolsa do CNPq. 2006. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

91. **JOSÉ VICENTE GOMES DOS SANTOS.** 2006. Indução de mutação in vitro em açafrão, com bolsa do CNPq. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

92. **MARCELO FAVARETTO CORREA.** 2007. Uso de Nicotiana tabacum como cultura modelo em trabalhos de indução de mutação. Aluno da UNIMEP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

93. **AUGUSTO GUIMARÃES GÓMEZ.** 2007. Princípios básicos do uso de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

94. **FERNANDO WERGLES SANTOS.** 2007. Cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Aluno da Faculdade de Agronomia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP.

95. **RAFAEL MARANGONI MONTES.** 2008. Uso de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Aluno da Faculdade de Agronomia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP.

96. **GABRIELE SOUZA VALADÃO.** 2008. Princípios básicos do uso de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

97. **AUGUSTO GUIMARÃES GÓMEZ.** 2008. Indução de mutação em Curcuma (Curcuma longa) *in vivo* e *in vitro* visando aumentar o teor de curcumina. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, bolsista do CNPq.

98. **GIULIA GERDES GYURICZA.** Treinamento em técnicas de cultura de tecidos. 2009. Aluno da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de Piracicaba, SP.

99. **LIVIA EIKO USHIRO NATSUMEDA.** 2010. Uso de cultura de tecidos em indução de mutação. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

100. **FERNANDO GARCIA ESPOLADOR.** 2010. Indução de mutação no melhoramento de plantas. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

101. **LARISSA DOS SANTOS.** 2014. Indução de mutação no melhoramento de plantas ornamentais. Aluna da FATEC, Piracicaba, SP.

102. **GABRIEL MOLINA REGALADO DE OLIVEIRA.** 2016. Co orientação no trabalho: Indução de mutação em beterraba. Aluno da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

5.4. APRIMORAMENTO DE PROFISSIONAIS

Como relatado a seguir, profissionais de 9 países, provenientes de instituições governamentais ou empresas fizeram aprimoramento ou atualização profissional na Seção de Radiogenética ou Laboratório de Melhoramento de Plantas, realizando trabalhos em laboratório, casa de vegetação ou acompanhando trabalhos no campo. Em fotos alguns aspectos deste treinamento.

1. **DR. FRANCISCO RAMON** – Professor da Faculdade de Agronomia do Panamá. Trabalho desenvolvido: "Introdução sobre uso de energia nuclear no melhoramento de plantas". Período: novembro/1979.

2. **DR. PEDRO CESAR DOS SANTOS** – Professor de Genética e Melhoramento de Plantas da UNESP Campus de Ilha Solteira, atuação como orientador externo no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa do referido professor, sobre melhoramento de feijão. Período: dezembro/1981 a dezembro/1990.

3. **ROLDÁN R. MONTEPEQUE** – Pesquisador da Dirección General de Energia Nuclear da Guatemala. Estágio sobre "Princípios básicos do uso de energia nuclear visando indução de mutações no melhoramento de plantas" com ênfase na cultura do feijoeiro. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: novembro/1984.

4. **EDGARDO MONTEVERDO PENSO** – Professor da Faculdade de Agronomia de Maracai, Venezuela. Estágio para acompanhamento de trabalhos em desenvolvimento na Seção de Radiogenética do CENA sobre o uso de energia nuclear no melhoramento de plantas. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: março/1990.

5. **DRA. NILDA BLANCO SANCHEZ** – Pesquisadora do Instituto Fundamental de Agricultura Tropical (INFAT), Havana, Cuba. Treinamento sobre o uso de energia nuclear em indução de mutações no melhoramento de feijoeiro. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 3 meses em 1991.

6. **DRA. MARTA GUMA DIAS** – Pesquisadora do Instituto Fundamental de Agricultura Tropical (INFAT), Havana, Cuba. Treinamento sobre o uso de energia nuclear em indução de mutações no melhoramento de feijoeiro. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 3 meses em 1991.

7. **JOSÉ VENTURA MARTIN** – Pesquisador do Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales em Santo Domingo, Cuba. Treinamento sobre o uso de energia nuclear associado a cultura de tecidos para a indução de mutação no melhoramento de bananeira. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: junho/1993.

8. **JUAN JOSÉ LOPEZ ARGUETA** – Pesquisador da Direccíon General de Energia Nuclear da Guatemala. Treinamento sobre o uso de energia nuclear em cultura de tecido visando a indução de mutações no melhoramento de arroz. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 3 meses em 1994.

9. **DRA. CARMEM BARRETO** – Pesquisadora da Universidade Central de Venezuela. Treinamento sobre o uso de energia nuclear em cultura de tecido

visando a indução de mutações in vivo e *in vitro* no melhoramento de plantas. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 3 meses em 1994.

10. **DRA. SUZANA PEREZ TALAVERA** – Pesquisadora do Instituto Fundamental de Agricultura Tropical (INIFAT) de Havana, Cuba. Treinamento sobre o uso de energia nuclear em indução de mutação em plantas de propagação vegetativa. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: abril/1995.

11. **LUCIA LOPES SCUCIATO** – Professora em Ciências, funcionária do Centro de Pesquisas Genéticas de Fumo, Rio Negro, Paraná, da Companhia Souza Cruz. Desenvolveu estágio de especialização em protoplastos. Período: abril/1996.

12. **MÁRCIA MARIA NEGRÃO DE OLIVEIRA** – Técnica do Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP. Treinamento na área de indução de mutação *in vitro*. Período: setembro/1996.

13. **LUCIA LOPES SCUCIATO** – Professora em Ciências, funcionária do Centro de Pesquisas Genéticas de Fumo, Rio Negro, Paraná, da Companhia Souza Cruz. Treinamento sobre cultura de suspensões celulares em fumo e princípios do uso de mutagênicos no melhoramento de plantas. Período: novembro/1997.

14. **DRA RACHEL NYEMBEZI MKSKITA** – Pesquisadora do Ministério de Agricultura de Zambia. Estágio sobre princípios de indução de mutação. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: outubro/1998.

15. **DR. VICTOR OTHAOLA.** Professor da Faculdade de Agronomia da Venezuela. Treinamento em indução de mutação em maracujá. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 2000.

16. **DR. JEONG HANG.** Pesquisador da Coréia do Sul. Treinamento em indução de mutação em maçã. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 2001.

17. **DR. RODRIGO ROCHA LATADO.** Pós-doutoramento no CENA/USP – Análise molecular e caracterização de mutantes de citros. Período: 2002.

18. **MARILISA GERVATOKSHY.** Bióloga. Treinamento em técnicas de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Período: 2003.

19. **LUANA BERTHOLO GUIMARÃES.** Bióloga. Treinamento em técnicas de cultura de tecidos no melhoramento de plantas. Período: fevereiro/2004.

20. **MR. PROTUL KUMAR ROY.** Pesquisador da Bangladesh Atomic Energy Commission. Treinamento sobre indução de mutação no melhoramento de plantas. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: maio – agosto/2008.

21. **ODILIA DOS SANTOS.** Bióloga e pesquisadora de Angola. Treinamento em princípios básicos de indução de mutação no melhoramento de plantas. Bolsista da IAEA, Viena, Áustria. Período: 3 meses em 2010.

22. **KELLY CRISTINA WOJAKEVICZ.** Bióloga e funcionária do Centro de Pesquisas Genéticas de Fumo, Rio Negro, Paraná, da Companhia Souza Cruz. Treinamento em técnicas *in vitro* na indução de mutação no melhoramento de plantas. Período: novembro/2015.



Na esquerda o pesquisador do IAPAR especialista em frutíferas, Dr. Roberto Hauage, o qual em 1975 foi um dos primeiros estagiários de Iniciação Científica da Seção de Radiogenética e o pesquisador da Coréia do Sul, Dr. Jeong Hang, em treinamento na Seção de Radiogenética em indução de mutação em maçã, em visita ao campo de seleção de mutantes de maçã, no Paraná, em 2001



Mr. Protul Kumar Roy, pesquisador da Bangladesh Atomic Energy Commission em treinamento em indução de mutação no Laboratório de Melhoramento de Plantas, em visita a campo para seleção de mutantes em abacaxi na APTA - Presidente Prudente, em 2008

5.5. ASSESSORIA E CONSULTORIA EM PROJETOS NO BRASIL

Os professores da Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas por muitos anos tiveram bolsa de Produtividade do CNPq e projetos aprovados por tal instituição e FAPESP. Deste modo, ao longo dos anos, auxiliaram na assessoria ou consultoria de dezenas de projetos enviados para estas instituições, não apenas na área de indução de mutação, mas também em melhoramento de plantas, em trabalhos com diversos cereais, frutíferas, leguminosas e ornamentais. Dentre estas atividades citam-se as realizadas na consultoria ad hoc para o CNPq, FAPESP, USP, CNEN, CAPES, FAPERGS, Embrapa, Universidade Federal de Paraíba.

5.6. ASSESSORIA E CONSULTORIA EM PROJETOS INTERNACIONAIS EM INDUÇÃO DE MUTAÇÃO

Com o desenvolvimento das pesquisas da Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas, foram sendo requisitadas assessorias ou consultorias com visitas efetuadas a vários países, para atendimento a outras Instituições de pesquisa e em projetos relacionados à indução de mutação, financiados pela IAEA.

1. **1983 -** Assessoria ao projeto BRA/05/012 relacionado a indução de mutação desenvolvido no IPAGRO. Porto Alegre, RS, financiado pela IAEA, Viena, Austria.

2. **1984 -** Assessoria ao projeto GUA/5/005-04 – Mutaciones inducidas en el mejoramiento de plantas con enfasis en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Guatemala, Guatemala, financiado pela IAEA, Viena, Austria.

3. **1984 -** Assessoria ao projeto COL5/008/02 – Inducción de mutaciones para el mejoramiento de plantas. Bogotá, Colombia, financiado pela IAEA, Viena, Austria.

4. **1985 -** Assessoria ao projeto ARCAL VII C7-RLA/5/021-004, Havana, Cuba, relacionado a indução de mutações em cereais. financiado pela IAEA, Viena, Austria.

5. **1991 -** Assessoria ao projeto COL/8/014 – Fitotecnia por mutaciones radioinducidas. Bogota, Colombia, financiado pela IAEA, Viena, Austria.

6. **1992 -** Consultoria para avaliação do Projeto ARCAL VII, em visita realizada à International Atomic Energy Agency, Viena, Austria, financiada pela IAEA, Viena-Austria.

7. **1993 -** Assessoria ao projeto ECU/5/016 Increasing genetic variability through induced mutations, Quito, Equador, financiado pela IAEA, Viena-Austria.

8. **1995 -** Assessoria a projeto relacionado à indução de mutação em plantas de propagação vegetativa, com ênfase em pimenta do reino, Sri Lamka, financiado pela IAEA, Viena, Austria.

9. **1996 -** Assessoria ao projeto ZAM/5/020 – Improvement of beans through mutation breeding, Luzaka, Zambia, financiado pela IAEA, Viena-Austria.

10.1996 - Assessoria ao projeto GUA/5/012 – Mutations and biotechnology for crop improvement, Guatemala, Guatemala, financiado pela IAEA, Viena-Austria.

11.1998 - Assessoria projeto ZAM/5/020 – Improvement of beans through mutation breeding, Luzaka, Zambia, financiado pela IAEA, Viena-Austria.

12. 2010 - Assessoria aos projetos ECU/5023 e ECU5025 – Contribution for mutation breeding in vivo and *in vitro* for Equador, Guayaquil e Quito, Equador, financiado pela IAEA, Viena-Austria.

13. 2010 - Assessoria para a IAEA em Viena-Austria, Evaluation of contributions and role of the Agriculture and Biotechnology Laboratory (ABL), visita financiada pela IAEA, Viena-Austria.

5.7. PRESTAÇÃO DE SERVIÇO TÉCNICO ESPECIALIZADO

A Seção de Radiogenética, por meio do Projeto Equipamentos Multiusuários (Processo 1997/10402-4), obteve da FAPESP um irradiador Gamma Cell 220, o qual tem sido utilizado desde 1999 para centenas de irradiações. Estas irradiações envolveram trabalhos realizados tanto por instituições governamentais (CENA/USP, ESALQ/USP, UNICAMP, IAC, UNIPAMPA, UFSCar, EPAGRI, Embrapa, FCFRP/USP (Laboratório de Bioquímica), IPAGRO, INTA (Peru), como empresas de melhoramento de plantas (Souza Cruz, Oryza & Soy, RICETEC, SAKATA, entre outras).

Esses trabalhos envolveram diferentes objetivos além de melhoramento de plantas, mas no caso de indução de mutação, o referido equipamento tem sido utilizado para irradiação de sementes de arroz, trigo, tomate, alfafa, Sacha indi, cenoura, mini jambo, trevo e feijão. Também foram irradiados meristemas de banana, borbulhas de tangelo, anteras de eucalipto, melão e Hippeastrum sp e pólen de tabaco. Na maioria destes casos procurou-se, além de sugestões relacionadas a doses a serem utilizadas, acompanhar os efeitos dos tratamentos e sugerir maneiras mais adequadas de condução do material visando a seleção de mutantes.

As fotos ilustram alguns dos aspectos citados.



Pesquisadores da Embrapa e irradiação de hastes com borbulhas de citros, visando indução de mutação, em 2018



Vista do irradiador Gamma Cell e funcionários mais antigos da Seção de Radiogenética, José Benedito Alves (1), Paulo Cassieri Neto (2), Benedita Ines Possignolo Rodrigues (3), os quais colaboraram em diversas etapas, desde a preparação de materiais para irradiação, até a própria irradiação, que ficou a cargo do técnico Paulo Cassieri Neto. O Prof. Tulmann (4) foi o coordenador do projeto enviado pela Seção de Radiogenética do CENA à FAPESP para obtenção do irradiador. Projeto intitulado: "Irradiador Gamma Cell para indução de mutação"



Irradiação de morango em 2018 para o Curso de Tecnologia em Radiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

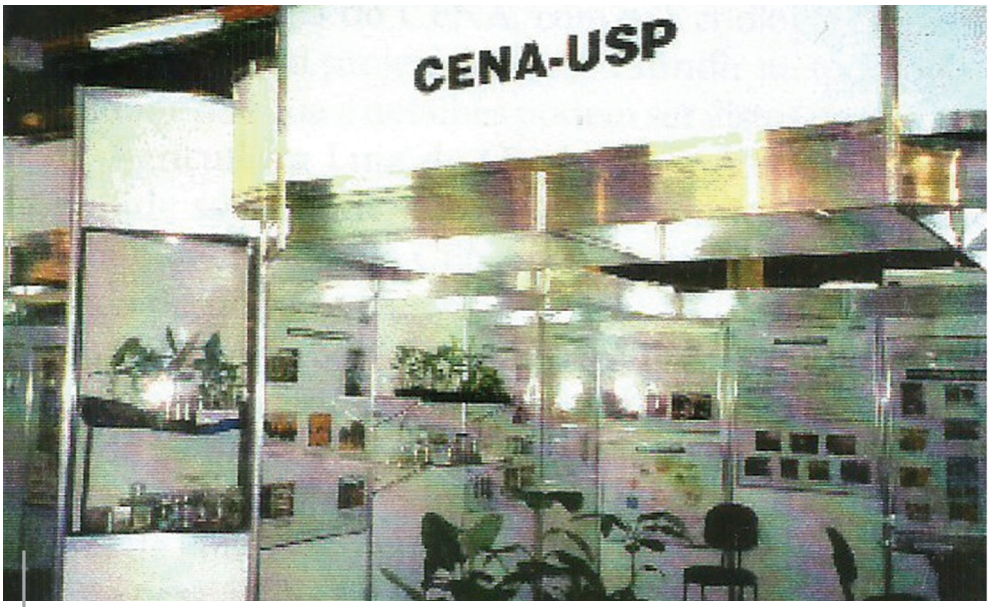
5.8. PARTICIPAÇÕES EM EXPOSIÇÕES E FEIRAS

As Diretorias que se sucedem no CENA, reconhecem o importante papel desempenhado pela Seção de Radiogenética e, posteriormente, o Laboratório de Melhoramento de Plantas, para a difusão das atividades do CENA à comunidade. Isto posto, em todas as edições de feiras e exposições, nas quais houve participação do CENA, os funcionários da Seção, José Benedito Alves, Paulo Cassieri Neto, Wlamir de Aguiar Godoy e particularmente a bióloga Benedita Inês Possignolo Rodrigues, foram convidados a fazer parte da Comissão Organizadora para participação do CENA. Vale ressaltar que a Seção de Radiogenética / Laboratório de Melhoramento de Plantas sempre esteve presente, demonstrando as pesquisas e iniciativas do Laboratório.

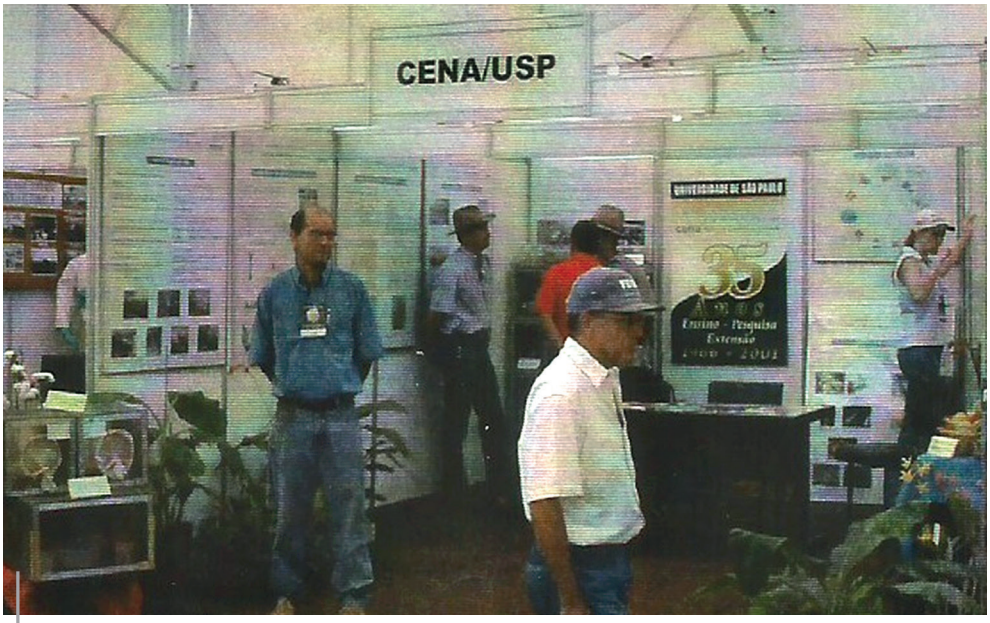
De início o CENA contava para suas exibições na Feira USP e as Profissões, apenas com um pequeno estande, mas com o passar do tempo, houve a necessidade de aumento do espaço para o CENA. A Seção de Radiogenética sempre prepara materiais muito atraentes para as apresentações, tais como, mutantes de ornamentais, abacaxi, citros, efeitos das irradiações em sementes e *in vitro*, sendo o motivo de atrair muitos estudantes para o estande. Além

destas feiras da USP o Laboratório de Melhoramento de Plantas sempre apresenta seus resultados em outros tipos de eventos tais como, por exemplo, no Agrishow-Flores e Frutas em Jundiai, SP, 2001; Feira Internacional de Frutas, Derivados e Afins, São Paulo, SP, 2001; Agrishow, Ribeirão Preto, SP, 2001, entre outros.

Nas fotos aspectos de algumas destas exposições.



No estande do CENA no Agrishow em Ribeirão Preto, 2010 o Laboratório de Melhoramento de Plantas expôs painel sobre resultados em várias culturas e materiais *in vitro*. A Agrishow deste ano foi visitada por 130.000 pessoas



No estande do CENA na Feira Internacional de Frutas, Derivados e Afins em São Paulo em 2001, o Laboratório de Melhoramento de Plantas expôs seus trabalhos com abacaxi, banana e citros



O estande do CENA sempre foi muito visitado, e a Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas colaboraram muito com isto devido à variedade e atratividade dos materiais apresentados



Benedita Inês Possignolo Rodrigues, na época, bióloga do Laboratório de Melhoramento de Plantas, explicando a metodologia utilizada em indução de mutação em ornamentais e *in vitro* em Feira de Profissões da USP



Prof. Tulmann em Feira de Profissões da USP apresentando mutante de laranja pêra sem sementes, obtido por radiação gama liberado para cultivo aos citricultores em 2014 com o nome de IAC 42, resultado de projeto em colaboração com o IAC, Instituto Biológico e APTA de Presidente Prudente

5.9. PARTICIPAÇÃO EM BANCAS EXAMINADORAS OU JULGADORAS

A Seção de Radiogenética e Laboratório de Melhoramento de Plantas contribuíram com centenas de participações em bancas examinadoras realizadas tanto dentro como fora da Universidade de São Paulo, tais como exame de qualificação e defesa de mestrado e doutorado, concursos de ingresso ou de acesso ou progressão. Apenas como um dos exemplos vale a pena citar a continua participação de membro da equipe como examinador externo em várias teses de PhD na área de indução de mutação na Aligarh Muslim University, India.

5.10. PALESTRAS E SEMINÁRIOS PROFERIDOS

Para a divulgação da técnica de indução de mutação, foram ministradas 70 palestras no Brasil (Embrapa, IAC, IAPAR, ESALQ/USP, CENA/USP, UNESP, entre outras) e exterior (Austria, Colombia, Cuba, Guatemala, Equador, Zambia) tanto para organizações governamentais, Faculdades de Agronomia particulares, como empresas de melhoramento.

Neste último caso em várias ocasiões, tais palestras eram feitas no próprio local da empresa, para capacitar os técnicos de laboratório que iriam realizar a pesquisa e informar os dirigentes da empresa das etapas do desenvolver das pesquisas usando a técnica e o volume de trabalho necessário para se alcançar os objetivos pretendidos.

Na fotoa seguir ilustra-se um destes exemplos.



Palestra sobre "Indução de mutação *in vitro* e *in vivo* em ornamentais", ministrada em 2011 aos técnicos de laboratório, pesquisadores e proprietário da empresa de produção e melhoramento de ornamentais Viveiros, nas dependências da empresa, localizada em Hortolândia, SP

5.11. DIVULGAÇÕES EM JORNAIS E REVISTAS, RÁDIO E TELEVISÃO

A Seção de Radiogenética, na medida em que resultados foram sendo obtidos, passou a dar entrevistas em vários veículos de informação tais como rádio, televisão, jornais e revistas tais como Agricultura Hoje, Veja e Globo Rural.

Na televisão, como exemplos, foram feitas entrevistas ao vivo quando da liberação da primeira cultivar de ornamental obtida por indução de mutação e uma entrevista filmada a sobre produção de mudas de banana *in vitro*, a qual fez muito sucesso, trazendo ao CENA vários produtores de banana em busca de mais detalhes.

O Setor de Divulgação existente no CENA na época, providenciou para vários jornais do país a divulgação da primeira cultivar de laranja obtida por indução de mutação no Brasil.

6. CONTRIBUIÇÕES NA ADMINISTRAÇÃO

Os professores e funcionários da Seção e Radiogenética e Melhoramento de Plantas sempre reconheceram a importância e necessidade de contribuírem nas atividades científicas e também nas relacionadas à administração, tanto do CENA como do Campus Luiz de Queiroz. Assim, contribuíram em todas as atividades que seguem descritas: Diretor e Vice Diretor do CENA, Conselho Deliberativo do CENA, Diretoria da DVPROD, Responsável pela Seção de Radiogenética, Responsável pelo Laboratório de Melhoramento de Plantas, Representação dos Docentes no Conselho do Campus Luiz de Queiroz, Membro da Comissão de Pós Graduação, Membro da Comissão de Graduação, Membro da Comissão de Pesquisa, Membro da Comissão de Interna de Eventos do CENA, Representação do CENA no Conselho de Pesquisa da USP, Representação do CENA no Conselho de Extensão, Membro da Comissão Interna de Biossegurança, Membro do Conselho Municipal de Ciência e Tecnologia, Membro da Comissão do PIBIC, Representação dos Funcionários no Conselho Deliberativo do CENA, Representação dos Funcionários na Divisão.

7. PRÊMIOS, DISTINÇÕES E RECONHECIMENTOS NA ÁREA DE INDUÇÃO DE MUTAÇÃO EM MELHORAMENTO DE PLANTAS

7.1. NO BRASIL

2002: Menção Honrosa no 10 Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, realizado na ESALQ/USP em Piracicaba, SP. Trabalho intitulado: "Avaliação da sensibilidade de protoplastos de *Nicotiana tabacum* para utilização em experimentos com cibridização", apresentado pelo aluno da ESALQ/USP Jony Lima, estagiário do Laboratório de Melhoramento de Plantas sob orientação do Prof. Augusto Tulmann Neto e do pesquisador Rodrigo Rocha Latado do IAC;
2002: Homenagem do CENA ao Prof. Ando, através de uma placa no Laboratório de Melhoramento de Plantas, o qual passou a ter o seu nome;
2003: Menção Honrosa no 11 Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, realizado na ESALQ/USP em Piracicaba, SP. Trabalho intitulado: "Indução de mutação e seleção *in vitro* de plan-

tas de gladíolo visando tolerância a fusariose", apresentado pelo aluno da ESALQ/USP Pedro Henrique Brancalion, estagiário do Laboratório de Melhoramento de Plantas e bolsista do CNPq sob orientação do Prof. Augusto Tulmann Neto. Atualmente Pedro Henrique Brancalion, é professor da ESALQ/USP e venceu a categoria Juventude do Prêmio Fundação Bunge;

2005: Homenagem do Clube dos Escritores de Piracicaba ao Prof. Ando, pelos relevantes serviços prestados à comunidade, na Câmara Municipal de Piracicaba, em outrubro de 2005;

2005: Homenagem da Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária (EPAGRI) de Santa Catarina ao Prof. Ando, durante o Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, realizado em Santa Maria-RS, em função do uso de mutagênese e técnica sugerida pelo Prof. Ando, em cultivar de arroz, gerando a variedade denominada SCS 114 ANDO SAN. Tal variedade teve ampla aceitação por rizicultores sendo cultivada de 2005 a 2013 atingindo um total acumulado de 180 mil ha, sendo levada para cultivo com sucesso na Bolivia, demonstrando assim que sua contribuição trouxe resultados financeiros para os agricultores;

2005: Homenagem de amigos, funcionários, ex orientados e pesquisadores do CENA/USP, ESALQ/USP e várias outras instituições, por ocasião da liberação da cultivar Ando San, com a publicação pelo CENA/USP do livro "Ando San";

2006: Menção Honrosa no 14º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, realizado na ESALQ/USP em Piracicaba, SP. Trabalho intitulado "Metodologia visando o uso de cultura de tecidos na seleção in vitro para resistência a herbicida utilizando *Nicotiana tabacum* como planta modelo", apresentado pelo aluno da ESALQ/USP Silvio Cristofoletti Junior, estagiário do Laboratório de Melhoramento de Plantas sob orientação do Prof. Augusto Tulmann Neto;

2008: Homenagem do Centro de Pesquisa de Arroz e Feijão da Embrapa ao Prof. Ando, já como Professor Sênior do CENA/USP, através de placa em reconhecimento à excelência de sua contribuição à cultura de arroz no Brasil;

2016: Menção Honrosa no 24º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, realizado na ESALQ/USP em Piracicaba, SP. Trabalho intitulado "Sensitividade a radiação gama em beterraba", apresentado pelo aluno da ESALQ/USP Gabriel Molina Regalado de Oliveira, realizado em colaboração com o Departamento de Genética da ESALQ/USP, sob a co orientação do Prof. Augusto Tulmann Neto.

Algumas fotos ilustram estas homenagens.

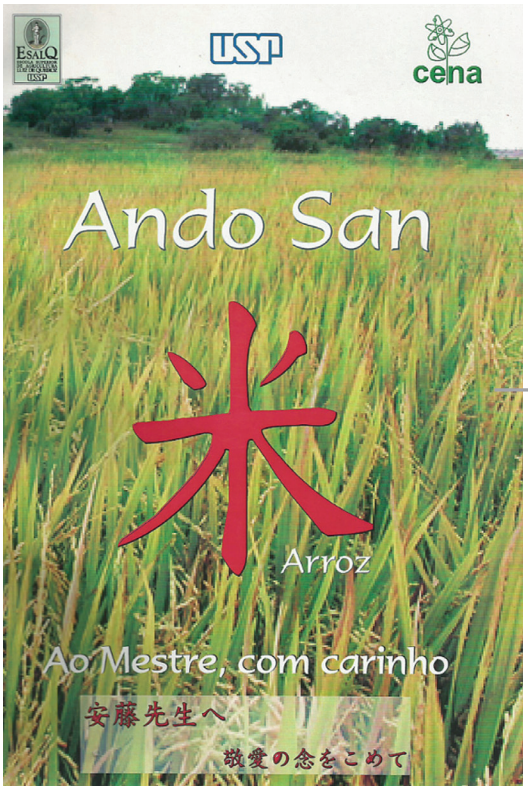


Homenagem do CENA ao Prof. Ando, em 2002, nomeando o Laboratório de Melhoramento de Plantas com seu nome





Placa do troféu recebido pelo Prof. Ando da EPAGRI em 2005, no lançamento da cultivar de arroz ANDO SAN



Por ocasião do lançamento da cultivar Ando San os amigos, ex orientados e pesquisadores de diversas instituições, fizeram uma homenagem ao Prof. Ando, na forma de uma compilação publicada em 2005

7.2. NO EXTERIOR

Em livro editado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical, em 2000, sobre "Mejoramiento Genético de Frijol-Um Legado de Variedades de America Latina 1930-1999", o autor destaca que no período de 1990 a 1999 no estado do Paraná, uma das mais exitosas variedades e de ampla difusão foi a IAPAR 57, resistente ao mosaico dourado, originada de um trabalho envolvendo indução de mutação em colaboração entre a Seção de Radiogenética, IAPAR e IAC.

O Prof. Dr. Akihiko Ando, recebeu no Japão, em 2006, o prêmio denominado "The Koshi-Hikari International Rice Prize", tendo sido a ele atribuído devido às suas significativas contribuições ao melhoramento de arroz no Brasil, principalmente envolvendo a técnica de indução de mutação.



Prof. Ando apresentando seu Prêmio The Koshi-Hikari International Rice Prize, recebido no Japão em 2006, devido às suas significativas contribuições ao melhoramento de arroz no Brasil, principalmente usando a técnica de indução de mutação

Pelo conjunto de atividades desenvolvidas em indução de mutação *in vivo* e *in vitro*, o grupo de pesquisa iniciado e coordenado pela Seção de Radiogenética e continuado pelo Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA recebeu em 2014 da International Atomic Energy Agency, Viena-Austria o "Achievement Award".


ACHIEVEMENT AWARD

is hereby bestowed upon

Research Group: Use of in vivo and in vitro induced mutation in plant breeding

Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Instituto Agronômico Campinas, Instituto Agronômico do Paraná, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Centro de Melhoramento Genético do Fumo, Clone Viveiros e Fruticultura, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual Paulista, BRAZIL

in appreciation and recognition of the contribution to food security and sustainable agricultural development through Plant Mutation Breeding

granted on September 2014, Vienna, Austria

Mr Aldo Malavasi
Deputy Director General
International Atomic Energy Agency

IAEA
Joint FAO/IAEA Programme
Nuclear Techniques in Food and Agriculture

Mr Ren Wang
Assistant Director General
Food and Agricultural Organization of the United Nations

Diploma recebido da International Energy Atomic Agency, Viena, Austria, em reconhecimento ao trabalho desenvolvido durante os anos de pesquisa na "Indução de mutação *in vivo* e *in vitro* no melhoramento de plantas"