RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 17/07/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MÉTODOS DE SELEÇÃO NAS ETAPAS INICIAIS DO PROGRAMA E OBTENÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES DE BATATA-DOCE

Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de Oliveira
Engenheiro Agrônomo

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MÉTODOS DE SELEÇÃO NAS ETAPAS INICIAIS DO PROGRAMA E OBTENÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES DE BATATA-DOCE

Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Pablo Forlan Vargas
Coorientador: Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

2024

O48m

Oliveira, Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de
Métodos de seleção nas etapas iniciais do programa e obtenção de novas progênies de batata-doce / Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de Oliveira. -- Jaboticabal, 2024
66 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Pablo Forlan Vargas
Coorientador: Bruno Ettore Pavan

1. Ipomoea batatas. 2. Melhoramento genético. 3. Policruzamento. 4. Seleção recorrente. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto potencial desta pesquisa

A pesquisa sobre o melhoramento genético da batata-doce, que comparou métodos de seleção e recombinou genótipos adaptados às condições edafoclimáticas brasileiras, desenvolveu novos genótipos e validou um novo método de seleção visual para a etapa inicial de melhoramento. Esse método, além de ser viável e eficaz, facilita a identificação precoce de genótipos promissores, resultando em cultivares mais produtivas e resilientes. O impacto dessa inovação se reflete na maior eficiência dos programas de melhoramento, no aumento da produtividade agrícola e na promoção de práticas sustentáveis, beneficiando diretamente a economia, a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental no Brasil.

Potential Impact of This Research

Research on sweet potato genetic improvement, which compared selection methods and recombined genotypes adapted to Brazilian soil and climate conditions, developed new genotypes and validated a new visual selection method for the initial stage of improvement. This method, besides being viable and effective, facilitates the early identification of promising genotypes, leading to more productive and resilient cultivars. The impact of this innovation is reflected in the increased efficiency of breeding programs, the enhancement of agricultural productivity, and the promotion of sustainable practices, directly benefiting the economy, food security, and environmental sustainability in Brazil.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: MÉTODOS DE SELEÇÃO NAS ETAPAS INICIAIS DO PROGRAMA E OBTENÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES DE BATATA-DOCE

AUTOR: DARLLAN JUNIOR LUIZ SANTOS FERREIRA DE OLIVEIRA
ORIENTADOR: PABLO FORLAN VARGAS
COORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participaçao Presencial)
Departamento de Agronomia / FCAVR UNESP Registro

Prof. Dr. MARCOS AURÉLIO ANEQUINE DE MACEDO (Participaçao Presencial)
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) / Colorado do Oeste/RO

Prof. Dr. DAVID LUCIANO ROSALEN (Participaçao Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. LUIZ COBINIANO DE MELO FILHO (Participaçao Presencial)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia / Colorado do Oeste/RO

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participaçao Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / FCA UNESP Botucatu

Jaboticabal, 17 de julho de 2024

“O futuro da agricultura depende do que fazemos no presente para melhorar as plantas e os animais que nos sustentam"

(Norman Borlaug)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DARLLLAN JUNIOR LUIZ SANTOS FERREIRA DE OLIVEIRA – nasceu em 13 de fevereiro de 1996, na cidade de Alvorada do Oeste – RO. Filho de Robson Luiz de Oliveira e Ione Santos Ferreira de Oliveira. Em 2010, ingressou no curso técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, Campus Ariquemes. Durante o curso técnico foi bolsista de iniciação científica, conduzindo trabalhos de pesquisa com hortaliças. Em 2013, ingressou no curso de Engenharia Agronômica pelo IFRO, Campus Colorado do Oeste. Durante a graduação foi bolsista de Apoio Técnico em Extensão no País – B, pelo projeto Núcleo de Estudos, Pesquisa e Extensão Tecnológica em Agroecologia, Agricultura Camponesa e Desenvolvimento Rural Sustentável: Espaço para a construção e disseminação de saberes e práticas de agriculturas de bases sustentáveis. Também foi bolsista no ano 2016 Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - PIBITI, no projeto avaliação de diferentes tipos e combinações de adubações na produção de beterraba (*Beta vulgaris*) no cone sul de Rondônia e, 2017 foi novamente bolsista no projeto desempenho do feijoeiro à inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada e molíbdica em condições amazônicas cultivado sob sistema de plantio direto. Em 2015 durante a graduação realizou intercâmbio pelo período de quatro meses na Universidade Nacional da Colômbia - Campus Palmira, onde conduziu o experimento avaliação de genótipos de pimenta e coentro no Vale del Cauca. Em 2018, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Sistemas de Produção), pela Faculdade de Engenharia, da Universidade Estatual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Ilha Solteira, trabalhando com a caracterização morfológica e agronômica genótipos de batata-doce obtidos por meio de policruzamento e obteve o título de mestre em dezembro de 2019. Em 2019, atuou no setor privado com responsável técnico na empresa Casa da Ração. No segundo semestre do ano de 2020, iniciou-se o curso de doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, com bolsa da CAPES por nove meses e posteriormente do CNPq, tendo como desafio conduzir o programa de melhoramento genético de batata-doce por meio de seleção recorrente.

AGRADECIMENTOS

Não posso deixar de demonstrar o meu reconhecimento, carinho e gratidão a todos que estiveram presente de forma direta e indireta durante esse período.

A Deus por ter me concedido determinação, força, e discernimento para concluir esta pesquisa.

Aos meus pais, Robson Luiz de Oliveira e Ione Santos Ferreira de Oliveira, sem vocês esses momentos não seriam possíveis. Vocês foram as pessoas que sempre estiveram ao meu lado nos momentos difíceis, me apoiando durante essa trajetória. Nunca mediram esforços, e só tenho a agradecer a vocês dois e a Deus por ter me abençoado com pais como vocês.

A minha esposa, Geissiane Neves Toledo que me apoio durante todo o percurso desde o momento que nos conhecemos, ágil de forma excepcional me apoiando.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pablo Forlan Vargas, pela disponibilidade, oportunidade, atenção, paciência, disposição, simpatia, ensinamentos e apoio científico ao longo desses seis anos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, pelas considerações, pelos ensinamentos e pela orientação durante o processo de análises estatísticas.

Aos funcionários do Setor de Olericultura e Plantas Aromático Medicinais da FCAV/UNESP, Inauro, Reinaldo e Silvio.

Aos amigos que fiz durante essa caminhada do curso, que foram fundamentais para a realização desta pesquisa. Não irei citar nomes, pois são muitos, e corro o risco de esquecer alguns.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais - Câmpus de Botucatu, pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo bolsa de estudo e apoio financeiro concedido ao presente trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de “Financiamento 001”.

SUMÁRIO

Página

RESUMO iii

ABSTRACT iv

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais 1

1 INTRODUÇÃO 1

2 REVISÃO DE LITERATURA 2

2.1 Importância econômica 2

2.2 Origem e classificação botânica 4

2.3 Batata-doce na alimentação humana 5

2.4 Batata-doce na produção de etanol 6

2.5 Melhoramento genético da batata-doce 7

3 Referências 9

CAPÍTULO - 2 Melhoramento genético de batata doce: influência do método de seleção em etapas iniciais do programa[1] 15

1. Introdução 17

2. Material e Métodos 18

2.1. Local do experimento 18

2.2. Material genético 19

2.3. Multiplicação dos genótipos 19

2.4. Delineamento experimental 20

2.5. Condução experimental 20

2.6. Método visual 21

2.7. Colheita dos experimentos 21

2.8. Análises estatísticas 22

3. Resultados 23

4. Discussão 28

5. Conclusões 30

6. Referências 31

CAPÍTULO 3 – Recombinação genética de genótipos de batata-doce por meio de seleção recorrente 34

1. Introdução 36

2. Material e métodos 37

2.1. Obtenção das progênies 37

2.2. Condução dos experimentos 40

2.3. Análise dos dados 43

3. Resultados 45

4. Discussão 49

5. Conclusões 52

6. Referências 53

MÉTODOS DE SELEÇÃO NAS ETAPAS INICIAIS DO PROGRAMA E OBTENÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES DE BATATA-DOCE

RESUMO – Atualmente a cultura da batata-doce vem se destacando no cenário nacional, com aumento de 50% na produção nos últimos anos. Com essa demanda por raízes de batata-doce há grande demanda por novas cultivares adaptadas condições edafoclimáticas do Brasil. Diante disse, teve-se como objetivo comparar métodos de seleção e recombinar geneticamente e selecionar genótipos de batata-doce com características agronômicas promissoras. Para realizar o estudo trabalhou-se com duas populações obtidas por seleção recorrente em policruzamento. Com a primeira população realizou-se um estudo para estimar os parâmetros genéticos e comparar diferentes métodos de seleção na fase inicial de programas de melhoramento, sendo: método tradicional pelo índice de seleção soma de rank´s e uma nova metodologia proposta, por análise visual. O estudo contou com três experimentos, sendo o primeiro a seleção da população inicial conduzida no verão (agosto a dezembro de 2021), no delineamento de blocos ao acaso com duas repetições, sendo avaliados 512 tratamentos (510 genótipos e duas cultivares - 'Beauregard' e 'BRS Amélia'. Por sua vez, os seguintes experimentos de verão (dezembro 2021) e inverno (abril 2022), foram avaliados 30 genótipos selecionados no primeiro ciclo e uma cultivar testemunha ('Beauregard') no delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Sendo verificado que o método de seleção visual é viável para a etapa inicial de melhoramento genético de batata-doce. Com a segunda população foi realizado recombinação e seleção de genótipos de batata-doce com características promissoras. Foram recombinados 14 genótipos de batata-doce do programa de melhoramento genético da Unesp, que deram origem a 387 progênies avaliadas, das quais foram selecionadas por meio da seleção visual 22 genótipos. Após, foram realizados dois experimentos com as 22 progênies e 14 genitores em duas épocas, verão (setembro 2022) e inverno (junho 2022). Verificou-se que não houve diferença na média entre os dois grupos. Porém, há variabilidade genética entre os genitores e novos genótipos, possibilitando a seleção de genótipos que superam os genitores. Verificou-se que a seleção de características morfológicas da raiz realizada na primeira etapa é suficiente. Os genótipos CERAT#21-01-222, CERAT#21-01-64, CERAT#21-05-08 e CERAT#21-06-10, são promissores para continuidade dos estudos para lançamento de novas cultivares.

Palavras-chaves: *Ipomoea batatas* L, Melhoramento genético, Policruzamento. Seleção recorrente.

SELECTION METHODS IN THE INITIAL STAGES OF THE PROGRAM AND OBTAINING NEW SWEET POTATO PROGENIES

ABSTRACT - Currently, sweet potato cultivation has been standing out on the national scene, with a 50% increase in production in recent years. With this demand for sweet potato roots, there is a great need for new cultivars adapted to specific soil and climatic conditions. Therefore, the objective was to compare selection methods and genetically recombine and select sweet potato genotypes with promising agronomic characteristics. To carry out the study, two populations obtained through recurrent selection in polycross were used. With the first population, a study was conducted to estimate genetic parameters and compare different selection methods in the initial phase of breeding programs, namely: the traditional method by the selection index sums of ranks and a newly proposed methodology, by visual analysis. The study consisted of three experiments, the first being the selection of the initial population conducted in the summer (August to December 2021), in a randomized complete block design with two replications, evaluating 512 treatments (510 genotypes and two cultivars - 'Beauregard' and 'BRS Amélia'). In turn, the following summer (December 2021) and winter (April 2022) experiments evaluated 30 genotypes selected in the first cycle and one control cultivar ('Beauregard') in a randomized complete block design with three replications. It was found that the visual selection method is feasible for the initial stage of sweet potato genetic improvement. With the second population, recombination and selection of sweet potato genotypes with promising characteristics were performed. Fourteen sweet potato genotypes from the Unesp genetic improvement program were recombined, resulting in 387 evaluated progenies, of which 22 genotypes were selected through visual selection. Afterwards, two experiments were conducted with the 22 progenies and 14 parents in two seasons, summer (September 2022) and winter (June 2022). It was found that there was no difference in the mean between the two groups. However, there is genetic variability among the parents and new genotypes, allowing the selection of genotypes that surpass the parents. It was verified that the selection of root morphological characteristics performed in the first stage is sufficient. The genotypes CERAT#21-01-222, CERAT#21-01-64, CERAT#21-05-08, and CERAT#21-06-10 are promising for further studies for the release of new cultivars.

Keywords: *Ipomoea batatas* L, Genetic improvement, Polycross. Recurrent selection.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a batata-doce vem ganhando destaque no cenário nacional. A cultura passou por um período de estagnação até que, no ano de 2014, apresentou crescimento de produção. Isso ocorreu devido à busca pela sociedade por alimentos saudáveis. Trata-se de um alimento com alto valor nutritivo, notabilizando-se por seu teor de carboidratos e versatilidade sensorial. Seus atributos integram uma diversidade de cores de polpa, sabores e texturas, juntamente com açúcares, sais minerais como cálcio, ferro e potássio, além de ser uma fonte de precursores das vitaminas A, C e do complexo B (Olaniran *et al*., 2024). Trabalhos recentes destacam o seu uso na redução da incidência de diabetes tipo 2, controlando os níveis de glicose e colesterol total (Kinoshita *et al*., 2023).

Com o aumento da demanda por raízes de batata-doce, surge a necessidade de estudos para fortalecer a cadeia produtiva. No Brasil, a cultura apresenta uma produtividade média de 14,5 t ha^{-1}, valor bem inferior ao produzido em outros países, como a China e Estados Unidos, onde a média é de 21,7 e 22,0 t ha^{-1}, respectivamente (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA - FAO, 2024). Essa baixa produtividade nacional deve-se principalmente ao uso de cultivares obsoletas. Há um total de 53 cultivares registradas no Brasil e muitas dessas cultivares são destinadas à produção de etanol e antigas.

Para suprir essa demanda de novos cultivares, faz-se necessário programas de melhoramento genético, com vista ao desenvolvimento de cultivares adaptadas às mais diversas condições edafoclimáticas brasileiras.

A batata-doce possui alta variabilidade fenotípica e genotípica, devido a características da planta, como a autoincompatibilidade esporofítica. Portanto, na obtenção de novas progênies, é necessário avaliar um grande número de genótipos na F1, tornando o processo trabalhoso. Há demanda por métodos de seleção que facilitem o processo, principalmente na fase inicial do programa.

Atualmente, o principal método de seleção utilizado na batata-doce é o índice de seleção com soma de ranks (Mulamba e Mock, 1978), baseado em valores genotípicos, que é uma técnica que demanda grande mão de obra e tempo. Uma alternativa seria a utilização da seleção visual na fase inicial do programa genético da

batata-doce, com atribuições de notas por avaliadores, o que pode reduzir o tempo demandado nesta etapa do processo.

Visando o desenvolvimento de novas cultivares de batata-doce, no ano de 2018, iniciou-se trabalhos com uma população elite de batata-doce com altos teores de betacaroteno, procedente do *International Potato Center* (CIP), onde foram avaliados mais de 300 genótipos de batata-doce provenientes de 15 distintas famílias de meios-irmãos, em quatro ambientes distintos, sendo estes o município de Selvíria, MS, Vera Cruz, SP, e dois ambientes (sistema orgânico e em consorciação) no município de Sete Barras, SP. A partir de trabalhos preliminares realizados por Oliveira (2019) e Otoboni (2019), com essa, população, foram selecionados genótipos de batata-doce com altas produtividades e boas qualidade de raízes tuberosas.

Assim, tem-se como hipótese que o método de seleção visual pode ser eficiente na seleção inicial em programas de melhoramento genético da batata-doce e que a recombinação de genótipos previamente selecionados, por meio de seleção recorrente, possibilitará a identificação de genótipos superiores e potencialmente promissores para as condições edafoclimáticas do estado de São Paulo, visando à obtenção de novas cultivares de batata-doce. Assim, em face do exposto, tem-se como objetivo comparar métodos de seleção e recombinar geneticamente e selecionar genótipos de batata-doce com características agronômicas promissoras.

5. Conclusões

Não houve diferenças, em médias entre os grupos de novos genótipos e os genitores em média. Existe variabilidade genética entre os genitores e novos genótipos, possibilitando a seleção de genótipos que superam isoladamente os genitores.

A seleção das características morfológicas da raiz, realizada na etapa inicial de seleção é suficiente, dispensando sua realização em etapas posteriores.

Os genótipos CERAT#21-01-222, CERAT#21-01-64, CERAT#21-05-08 e CERAT#21-06-10, são promissores para continuidade dos estudos para lançamento de novas cultivares.

6. Referências

Azevedo SD, Malu WR, Silveira MD, Freitas JD 2002 Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia** 26, 545-549.

BERNARDO R (2002) **Breeding for quantitative traits in plants**. Minnesota: Stemma press, p.369.1

Feltran JC, Peressin VA, Granja NdoP, Silva Filho HM, Lorenzi JO, Fernandes AM, Soratto RP, Factor TL, Rós AB, Aguiar EB (2022) Raízes e Tubérculos. In.: Cantarellan H, Quaggio JA, Mattos Jr D, Boaretto RM, Van Raij B (Eds.) **Boletim 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Agronômico de (IAC), p. 314–338.

Grüneberg WJ, De Boeck B, Diaz F, Eyzaguirre R, Low JW, Reif JC, Campos H (2022) Heterosis and Responses to Selection in Orange-Fleshed Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Improved Using Reciprocal Recurrent Selection. **Frontiers in Plant Science** 13:793904.

Hallauer AR, Russell WA, Lamkey KR (1988) Corn breeding. **Corn and corn improvement** 18:463-564.

Huamán Z (1999) **Botany, origin, evolution and biodiversity of the sweet potato: Sweet potato Germplasm Management Training Manual**. Lima, Peru: International Potato Center, p.1-11.

IBGE. **Sindra.** Produção Agrícola Municipal: Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. 2024. Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457>. Acesso em 04 de mai 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Registro Nacional de Cultivares - Cultivares de batata doce registradas. Brasília, 2024. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em 23 de fevereiro de 2024.

NGAILO, S. et al. Combining ability and heterosis of selected sweetpotato (Ipomoea batatas L.) clones for storage root yield, yield-related traits and resistance to sweetpotato virus disease. **Euphytica**, v. 215, n. 5, p. 87, 5 maio 2019.

Oliveira DJLSF (2019) **Caracterização morfológica e agronômica de genótipos de batata-doce obtidos por meio de policruzamentos**. 63 f. Disertação (Mestrado em Agronomia) Unesp, Ilha Solteira.

Oliveira DJLSFD, Otoboni MEF, Pavan BE, Fernandes AM, Vargas PF (2022) Agronomic characterization of sweet potato genotypes obtained through crossbreeding. **Revista Caatinga** 35:839–847.

Otoboni MEF (2019) **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata-doce com altos teores de betacaroteno**. 79 f. Disertação (Mestrado em Agronomia) Unesp, Ilha Solteira.

Otoboni MEF, Oliveira DJLSFD, Pavan BE, Andrade MI, Vargas PF (2022) Genotype × environment interaction for the agronomic performance of high β-carotene sweetpotato. **Acta Scientiarum. Agronomy** 44:e55766.

Rukundo P, Shimelis H, Laing M, Gahakwa D (2017) Combining Ability, Maternal Effects, and Heritability of Drought Tolerance, Yield and Yield Components in Sweetpotato. **Frontiers in Plant Science** 7:204674.

Silva JCDeO (2019) **Seleção de clones de batata-doce para diferentes aptidões agronômicas**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Ufla, Lavras.

Vargas PF, Godoy DRZ, De Almeida LCF, Castoldi R (2017) Agronomic characterization of sweet potato accessions. **Comunicata Scientiae** 8:116-125.