

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CAMPUS IBATIBA

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM
EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

Daniel Soares Ferreira

**MELHORAMENTO GENÉTICO E SUSTENTABILIDADE:
UMA REVISÃO**

Ibatiba-ES

2023

DANIEL SOARES FERREIRA

**MELHORAMENTO GENÉTICO E SUSTENTABILIDADE:
UMA REVISÃO**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof. Dr. Wallisson da Silva Freitas

Ibatiba-ES

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Ifes - Campus Ibatiba)

F383m Ferreira, Daniel Soares, 1993-
Melhoramento genético e sustentabilidade: uma revisão /
Daniel Soares Ferreira. – 2023.
39 f.

Orientador: Wallisson da Silva Freitas.

Monografia (especialização) - Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação *Lato sensu* em Educação Ambiental e Sustentabilidade, 2023.

1. Engenharia ambiental e sustentabilidade - Monografias. 2. Melhoramento genético. 3. Sustentabilidade. I. Freitas, Wallisson da Silva. II. Instituto Federal do Espírito Santo. Campus Ibatiba. III. Título.

CDD 363.7

DANIEL SOARES FERREIRA

**MELHORAMENTO GENÉTICO E DESENVOLVIMENTO RURAL
SUSTENTÁVEL: UMA REVISÃO**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação *Lato sensu* em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Aprovado em: 26 de junho de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA

 Documento assinado digitalmente
WALLISSON DA SILVA FREITAS
Data: 25/07/2023 17:46:54-0300
Verifique em <https://validar.ifes.gov.br>

Prof. Dr. Wallisson da Silva Freitas
Instituto Federal do Espírito Santo -
Campus Ibatiba
Orientador

 Documento assinado digitalmente
ARNALDO HENRIQUE DE OLIVEIRA CARVALHO
Data: 22/07/2023 17:51:21-0300
Verifique em <https://validar.ifes.gov.br>

Prof. Dr. Arnaldo Henrique de Oliveira
Carvalho
Instituto Federal do Espírito Santo -
Campus Ibatiba
Membro Interno

 Documento assinado digitalmente
DIHEGO DE OLIVEIRA AZEVEDO
Data: 25/07/2023 17:07:02-0300
Verifique em <https://validar.ifes.gov.br>

Prof. Dr. Dihego de Oliveira Azevedo
Instituto Federal do Espírito Santo -
Campus Ibatiba
Membro Interno

 Documento assinado digitalmente
JOAO MARCOS SOARES FERREIRA
Data: 19/07/2023 13:13:01-0300
Verifique em <https://validar.ifes.gov.br>

Me. João Marcos Soares Ferreira
Membro Externo

Dedico esta monografia aos meus irmãos e irmãs, bem como aos meus pais, Djalma Santos Ferreira e Lúcia de Fátima Soares Ferreira, esposa Ana Caroline Figueiredo e Filho Miguel Figueiredo Ferreira, que sempre me apoiaram e incentivaram a cada passo dado em minha jornada pessoal e profissional.

BIOGRAFIA

Daniel Soares Ferreira, filho de Djalma Santos Ferreira e Lúcia de Fátima Soares Ferreira, nasceu em 20 de julho de 1993, em Manhumirim, estado de Minas Gerais. Coursou da primeira à quarta série na Escola Municipal Bonfim I (Acácio da Silva Guimarães) na Zona rural de Manhumirim-MG, a quinta série na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Maria Barros Horths no distrito de São João do Príncipe, cidade de Iúna-ES, da sexta a oitava série na Escola Municipal Doutora Maria da Conceição Oliveira Ribeiro na Cidade de Manhumirim-MG. Começou a caminhada na área das ciências agrárias no ano de 2009, quando ingressou no curso técnico em agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Alegre, atualmente Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), campus de Alegre. No ano de 2012, ingressou no curso de graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) em Alegre-ES. Durante a graduação, participou como pesquisador de iniciação científica com auxílio financeiro da EMBRAPA, FAPES e CNPq. Em julho de 2017, recebeu o título de Bacharel em Agronomia, no ano de 2019, tornou-se mestre em Produção vegetal pelo CCAUE-UFES, no mesmo ano ingressou no Programa de Pós Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, para cursar o doutorado. Em 2021 foi aprovado e iniciou a pós graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade pelo IFES campus de Ibatiba-ES, submetendo-se à defesa em 26 de junho de 2023.

Resumo

Ressalta-se que o melhoramento genético é uma ferramenta importante para o desenvolvimento rural sustentável, contribuindo para a segurança alimentar, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental das comunidades rurais. Objetivou-se com este trabalho construir uma abordagem literária sobre a importância do melhoramento genético participativo e edição gênica na produção sustentável de alimentos, abordando seus desafios, desvantagens e oportunidades do melhoramento genético para a produção de alimentos dentro do modelo agroecológico. Para atender ao objetivo proposto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica exploratória descritiva, por meio de seleção de materiais científicos que comuniquem entre a importância do melhoramento genético e o desenvolvimento rural sustentável. Foram utilizadas as bases de dados extraídas da Web of Science, Scopus, Google acadêmico e base de dados de dissertações e teses sem restrição do tempo de publicação, priorizando-se, no entanto, as publicações depositadas nos últimos cinco anos (2018- 2022). Com base nos resultados alcançados percebe-se que o melhoramento genético voltado para o modelo agroecológico ainda é pouco difundido, sendo que parte das variedades melhoradas são voltadas para o manejo agrícola convencional. Desta forma a adoção de metodologias de melhoramento mais participativos, assim como as técnicas que reduzem a perda genética ou erosão e preconizam a biodiversidade genética, são de fundamentais importância para o fortalecimento de pequenos produtores que têm seu sistema agrícola voltado para um manejo menos dependente de agroquímicos e que, muitas das vezes, ficam refém de sementes de híbridos que só expressam seu potencial quando empregado altos níveis tecnológicos.

Palavras Chave: Sustentabilidade, agroecologia, cultivares modernas, melhoramento participativo

Abstract

It should be noted that genetic improvement is an important tool for sustainable rural development, contributing to food security, economic development and environmental sustainability of rural communities. The objective of this work was to build a literary approach on the importance of participatory genetic improvement and gene editing in sustainable food production, addressing its challenges, disadvantages and opportunities of genetic improvement for food production within the agroecological model. To meet the proposed objective, a descriptive exploratory bibliographical research was carried out, through the selection of scientific materials that communicate the importance of genetic improvement and sustainable rural development. Databases extracted from the Web of Science, Scopus, Google academic and database of dissertations and theses were used without restriction of publication time, prioritizing, however, publications deposited in the last five years (2018-2022). Based on the results achieved, it can be seen that genetic improvement aimed at the agroecological model is still not widespread, and part of the improved varieties are aimed at conventional agricultural management. In this way, the adoption of more participatory improvement methodologies, as well as techniques that reduce genetic loss or erosion and advocate genetic biodiversity, are of fundamental importance for the strengthening of small producers whose agricultural system is geared towards a management that is less dependent on agrochemicals and who, many times, are hostage to hybrid seeds that only express their potential when high technological levels are used.

Keywords: Sustainability, agroecology, modern cultivars, participatory breeding

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO/CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
2. OBJETIVO.....	12
3. METODOLOGIA	12
4. DESENVOLVIMENTO	13
4.1. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS ..	13
4.2. MELHORAMENTO GENÉTICO E AGROECOLOGIA.....	15
4.3. VARIEDADES CRIOULAS, BASE GENÉTICA E CENTRO DE ORIGEM.....	17
4.4. MELHORAMENTO GENÉTICO E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL	20
4.5. EDIÇÃO GÊNICA E DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES SUPERIORES.....	22
4.6. MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO.....	26
REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO/CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção sustentável de alimentos é uma das maiores preocupações da atualidade, diante do crescimento populacional, das mudanças climáticas e da necessidade de preservar os recursos naturais. Nesse contexto, o melhoramento genético desempenha um papel crucial para garantir a segurança alimentar, aumentar a produtividade agrícola e promover a sustentabilidade a longo prazo (INYANG et al., 2021; BRITO et al., 2021).

A agricultura teve início a mais de 10.000 anos e com a evolução da agricultura e do homem, surgiu a necessidade de promover a domesticação de plantas e animais. Essa domesticação surgiu de forma empírica por meio do ato de selecionar as melhores plantas e separar suas sementes para que fossem plantadas na geração seguinte, com intuito de promover a evolução da produção (MAZOYER e ROUDART, 2010).

O início do melhoramento genético de plantas ocorreu de forma espontânea através da seleção de plantas que se sobressaia perante as demais plantas que cultivadas pelos primórdios dos homens, através da melhor produção aparente, uniformidade de produção, resistência a pragas e doenças, melhor desenvolvimento vegetativo entre outras características (MACHADO, 2014). Atualmente o melhoramento genético de plantas e animais tem sido frequentemente associado ao uso constante de tecnologia avançadas como a engenharia genética e a edição gênica, que normalmente são executadas por grandes empresas, deixando muitas das vezes o mercado dependente destas tecnologias ((FERNANDEZ et al., 2021; LAPEGNA e PERELMUTER, 2020; SKILL et al., 2022).

Ressalta-se também, que embora o melhoramento genético tenha como objetivo desenvolver variedades com características desejáveis, isso muitas vezes resulta em uma redução da diversidade de plantas cultivadas. A ênfase em características específicas, como produtividade e resistência a pragas, pode levar à substituição de variedades tradicionais locais, o que pode comprometer a resiliência dos sistemas agrícolas a longo prazo. A perda da diversidade genética pode aumentar a vulnerabilidade da agricultura a mudanças climáticas, doenças e pragas emergentes (FERNANDES et al., 2021; LAPEGNA e PERELMUTER, 2020; SKILL et al., 2022).

Outro ponto de importância associado ao melhoramento genético, é que embora a utilização de variedade melhoradas possam ajudar a reduzir o uso de agroquímicos por

meio do desenvolvimento de variedades resistentes a pragas e doenças (BRZOZOWSKI e MAZOUREK, 2023; KOLSETH et al., 2015; FERNANDES et al., 2021), ainda existem preocupações ambientais. Por exemplo, a introdução de culturas geneticamente modificadas resistentes a herbicidas tem levado ao aumento do uso desses produtos químicos, causando problemas ambientais, como a contaminação de solos e recursos hídricos. Além disso, a monocultura de variedades melhoradas geneticamente pode resultar na perda de biodiversidade e no empobrecimento dos ecossistemas agrícolas (LAJMANOVICH et al., 2022; LIMA et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

Ademais, ressalta-se que melhoramento genético tende a desempenhar um papel significativo na segurança alimentar, contribuindo para a produção de alimentos mais nutritivos, resistentes a doenças e adaptados a diferentes condições ambientais, considerando o crescimento da população, a prática do melhoramento de plantas surge como ferramenta promissora visando aumentar a segurança alimentar mundial. Levando em conta que essa abordagem envolve a manipulação genética de plantas, animais e micro-organismos para melhorar suas características desejáveis (MACHADO et al., 2022; SOARES e ROSINHA, 2019, FAO, 2018), é necessária ética ao realizar melhoramento visando a agro biodiversidade do ambiente.

É importante ressaltar, ainda, que a segurança alimentar não se resume apenas à produção de alimentos, mas também abrange aspectos como acesso, disponibilidade, qualidade e utilização adequada dos alimentos. O melhoramento genético é uma das ferramentas disponíveis para enfrentar os desafios da segurança alimentar, mas deve ser usado de maneira responsável, considerando questões éticas, ambientais e de saúde humana, principalmente quando pensamos nos organismos geneticamente modificados (OGMs) (FERBACH et al., 2019; PHAM e MENDEL, 2019).

O uso de transgênicos na produção de alimentos é um assunto controverso e levanta preocupações sobre os riscos para a segurança alimentar. Embora haja um consenso científico geral de que os alimentos transgênicos aprovados para consumo humano são seguros, é importante considerar várias perspectivas e estudos realizados sobre o tema (FAO, 2018).

A Organização mundial da Saúde (OMS) aborda a segurança alimentar de maneira abrangente e inclui informações sobre os alimentos geneticamente modificados em seu

site. Ela afirma que os alimentos geneticamente modificados atualmente disponíveis no mercado passaram por avaliações de segurança e não foram identificados riscos à saúde humana. No entanto, a OMS ressalta a importância contínua de monitorar e avaliar os efeitos dos OGMs na saúde humana e no meio ambiente (FAO, 2018).

2. OBJETIVO

Objetivou-se com este trabalho construir uma abordagem literária sobre a importância do melhoramento genético participativo e edição gênica na produção sustentável de alimentos, abordando seus desafios, desvantagens e oportunidades do melhoramento genético para a produção de alimentos dentro do modelo agroecológico

3. METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica exploratória descritiva, por meio de seleção de materiais científicos que comuniquem entre a importância do melhoramento genético e o desenvolvimento rural sustentável. As bases de dados mais utilizadas nas análises bibliográficas são Web of Science e Scopus (ECHCHAKOUi, 2020; GORRAIZ e SCHLOEGL, 2008). Além das bases descritas também se utilizou o recurso google acadêmico e a base de dados de dissertações e teses.

A Web of Science foi utilizada por fornecer informações desde 1900, abrangendo mais de 13.000 periódicos e cerca de 256 disciplinas (ARCHAMBAULT et al., 2009; MARTÍN-MARTÍN et al., 2021; MORAL-MUÑOZ et al., 2020). O Scopus e o google acadêmico foram usados devido à sua cobertura global de resumos e índices de citação da literatura revisada por pares, incluindo abordagens de pesquisa multidisciplinar e emergente e a base de dados de dissertações e teses foi utilizada por fornecer uma leitura mais dinâmica e didática sobre o tema.

O critério de busca e compilação de materiais bibliográficos formaram as estratégias utilizadas para obter resultados relevantes para a confecção do manuscrito. A seleção de palavras-chave foi baseada na ideia central da pesquisa, buscando responder os objetivos propostos e suas combinações foram aplicadas visando atender um amplo aspecto do conceito para o desenvolvimento sustentável, melhoramento genético e melhoramento participativo.

Este estudo relacionou os achados da literatura a várias questões, como: melhoramento genético; sustentabilidade; agroecologia e melhoramento genético; melhoramento genético participativo; OGM (Organismos Geneticamente Modificados); produção sustentável de alimentos e agro biodiversidade; desafios da utilização de transgênicos na agricultura moderna; Transgênicos e saúde humana; melhoramento participativo; centro de origem e materiais crioulos.

As bases de dados foram baixadas (Scopus e Web of Science e google acadêmico e a base de dados de dissertações e teses) e analisadas de modo a forma toda a base de dados descritas neste estudo. A princípio priorizou-se a base de dados públicas nos últimos cinco anos (2018 a 2022), em seguida em função de reduzidos números de trabalhos na a respeito do assunto, foi realizado pesquisa sem restrição de tempo.

Análise de conteúdo foi realizada para melhorar a compreensão da estrutura teórica, contando com os dados inferidos a partir da análise de literatura encontrada. Foi feita uma observação chave de todos os dados, seguida de uma análise de conteúdo aprofundada. A análise de conteúdo é um método muito prático e conveniente para examinar sistematicamente dados conceituais aprofundados e reconhecer as lacunas e destacar a área onde a possível melhoria foi benéfica (BRETAS e ALON, 2021). Aqui, os resumos foram primeiro lidos para verificar se o artigo era relevante para o estudo. Em seguida, as publicações selecionadas e os dados foram analisados, revisados e comparados de acordo com os requisitos, incorporando todos os conteúdos relevantes, como procedimento, amostragem, localização, cálculo, metodologia e lacunas de pesquisa (BOUCKENOOGHE et al., 2021).

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS

Sobre o conceito de melhoramento muitas definições já foram propostas. Vavilov, em 1926 propôs que o melhoramento é a evolução conduzida pelo homem. Em 1958 Frankel disse que é a adaptação genética a serviço do homem. Mais recente Bernardo em 2002, traz que o melhoramento é a arte, ciência e negócio de alteração genética para o benefício do homem (FALEIRO et al. 2008).

Todas essas definições parecem subjetivas, contudo, nota-se que todas trazem a principal essência do melhoramento, que é buscar atender as demandas do homem. Logo o melhoramento, seja de plantas seja animal, busca sempre atender as necessidades da humanidade e por isso está em constante evolução.

Há mais de 10.000 mil anos quando o homem nômade resolve se fixar, ele percebeu ser possível guardar um pouco das sementes e reutilizá-las novamente para produzir seu próprio alimento em vez de coletar pela natureza. No processo de coleta o sucesso nem sempre era garantido, ao se plantar percebia que era possível colher. Em paralelo ao processo de guardar sementes e plantar novamente o homem percebeu que se ele guardasse as melhores sementes das melhores plantas ele obtinha melhores colheitas e foi dessa forma que iniciou o melhoramento genético de plantas. A princípio apenas como uma arte, pois era realizado empiricamente (MARTINS et al. 2019).

A ideia de melhoramento proposital tem registro em 1513 por Alonso de Herrera, que em sua publicação cita que ainda no século I a.C, os romanos já tinham realizado alguns métodos de melhoramento em plantas de autofecundação como o arroz e trigo, principais alimentos da época (FALEIRO et al., 2008).

O segundo momento impactante no melhoramento genético foi o trabalho realizado por Mendel em 1866. Mendel estudando ervilhas (*Pisum sativum*) uma espécie autógama, conseguiu postular o que hoje chamamos das leis de Mendel. A primeira lei diz que todo caractere é condicionado por fatores (alelos) e que esses segregam durante o processo de formação dos gametas. A segunda lei de Mendel trata que todo fator (alelo) segrega independentemente no processo de formação dos gametas. Essas leis permitiram entender que as características são hereditárias e que passam de geração em geração de pai para filho e com um padrão (MEIRELES e RUPP, 2006; MARTINS et al. 2019).

O trabalho de Mendel foi fundamental para a definição de algumas terminologias muito importantes e ainda utilizadas. A exemplo, de fenótipo é o que observamos nos indivíduos, genótipo é o conjunto de alelos responsáveis em produzir o fenótipo, alelo é a variação possível de um genótipo, alelo dominante, alelo recessivo, dentre outras terminologias. Com o trabalho de Mendel o melhoramento de plantas começa a deixar de ser meramente arte/empírico e passa a ser uma ciência (ELER, 2017; BORÉM et al., 2021).

Paralelo aos trabalhos de Mendel, Darwin realizava expedições pelo mundo realizando observações e descrevendo as variações existentes entre populações de indivíduos e dentro das próprias populações (ELER, 2017; BORÉM et al., 2021).

Em artigo publicado em 1918 (Citado por Betran et al., 2009) sobre a teoria do melhoramento genético de plantas, Fisher introduz o termo variância e suas composições aditivas capaz de explicar a variação observada no fenótipo e definiu que o fenótipo é o somatório da variação genotípica e da variação ambiental sobre o indivíduo ou população.

4.2. MELHORAMENTO GENÉTICO E AGROECOLOGIA

A agroecologia é uma abordagem para a agricultura e produção de alimentos que se baseia nos princípios da ecologia e da sustentabilidade. Ela busca integrar os aspectos ambientais, sociais e econômicos da agricultura, promovendo a harmonia entre os sistemas agrícolas e os ecossistemas naturais (BARRIOS et al., 2020; DORIN, 2021, ONG e LIAO, 2020). Assim, o conceito de agroecologia envolve a compreensão dos processos ecológicos e a aplicação de práticas agrícolas que visam a conservação dos recursos naturais, a promoção da biodiversidade e a melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais (BARRIOS et al., 2020; DORIN, 2021, ONG e LIAO, 2020).

Conforme destacado por Barrios et al. (2020), Dorin (2021) e Ong e Liao (2020) os princípios ecológicos que diferem os cultivos agroecológicos dos cultivos com alto grau de tecnologia ou também conhecidos como convencionais, envolvem o manejo e a conservação e o equilíbrio da biodiversidade dos sistemas agrícolas, a pluralidade de culturas, por meio da utilização de culturas intercalares, rotação de cultura e plantio mínimo, controle biológico de pragas e doenças, entre outras técnicas que visam promover o equilíbrio entre os conceitos sociais, culturais e ambientais do sistema agroecológico.

No entanto, embora seja notória as qualidades do que o cultivo agroecológico promove para o agroecossistema, as técnicas de melhoramento genético visando atender as premissas deste modelo de cultivo ainda são muito restritas e pouco estudadas, visto que grande parte dos estudos voltados ao melhoramento de plantas é objetivando os cultivos que utilizam alta aporte tecnológico (VIELLA, 2008).

Para a formação de cultivares melhoradas visando o modelo agroecológico a técnica de melhoramento genético deve ocorrer de forma sustentável visando manter a integridade das plantas, sempre almejando a premissa de que essas plantas possam completar o seu ciclo independente da utilização de insumos externos (MEDEIROS, et al. 2015; MEIRELES e RUPP, 2006).

Destaca-se que a produção orgânica (modelo de produção que migra para o modelo de cultivo agroecológico), tem por princípio a utilização de variedades que possuem ciclos de produções próximos, regulação natural e agro biodiversidade. Devendo possuir ainda habilidade de adaptação ao ambiente e a diversidade genética das plantas respeitando as características próprias de cada planta (BORÉM, e MIRANDA, 2005), o que condiz com o modelo proposto também para o cultivo agroecológico.

Melo et al. (2022) destaca que existem poucas espécies melhoradas com o objetivo específico do manejo agroecológico. Desta forma tal manejo deve ser adotado utilizando espécies desenvolvidas para o cultivo convencionais ou as espécies tradicionalmente conhecidas como crioulas, que possuem características que possibilitam a redução de insumos químicos e que possuem a capacidade de sobreviver e reproduzir em ambientes dinâmicos sem que causem redução na qualidade dos produtos e em suas características, essas geralmente ligadas ao vigor das plantas.

De forma geral, na literatura é destacado que materiais como o Trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) (ROMANOVSKAJA et al., 2020), Feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris*) (MELO et al., 2022; SOUZA et al., 2019), variedades de milho crioulo (*Zea mays*) (FRAGOSO et al., 2020), variedades de tomate orgânico (*Solanum icopersicum*) (CHABLE et al., 2020; PERSIANI et al., 2022) e Variedade de Batata Doce Orgânica (*Ipomoea batatas*) (SYLLA et al., 2020; DARKO et al., 2020) perpetuam entre variedades que foram desenvolvidas ou selecionadas para atenderem aos cultivos agroecológicos.

Ademais, Viella (2008) destaca ainda, que o melhoramento de plantas necessita envolver as variedades locais e crioulas (que possuem grande variabilidade genética), para os processos de desenvolvimento de novas cultivares, que necessitaria de técnicas de introdução de germoplasmas, indução de mutação e cruzamento para a obtenção de novas espécies. A seleção é o segundo passo dos programas de melhoramento de plantas

onde esse atua visando a seleção de materiais com maiores variabilidades genéticas. Por fim o terceiro passo do melhoramento genético de plantas trata-se dos ensaios de avaliações, onde as variedades e os híbridos são avaliados em conjunto com outros cultivares em diferentes ambientes de maneira verificar o potencial desses conforme os diferentes ambientes. Desta forma existe a possibilidade de se obter as variedades que detenham melhores respostas a ambientes distintos, podendo ter respostas quanto a adubação, resistência a herbicida, a pragas e/ou doenças, entre outros. (VIELLA, 2008).

Embora os estudos vinculados ao melhoramento genético de plantas para cultivos agroecológicos sejam ainda insipientes, pode-se adotar técnicas que visam escolher dentre as variedades melhoradas as que apresentam melhor adaptabilidade para cultivo agroecológico (VIELLA, 2008). A escolha destas variedades embora possa não demonstrar todo o seu potencial genético no cultivo agroecológico, podem apresentar produções que atendam as premissas da sustentabilidade (MELO, 2007; VIELLA, 2008).

4.3. VARIEDADES CRIOULAS, BASE GENÉTICA E CENTRO DE ORIGEM

Com o avanço tecnológico e a busca pela domesticação das espécies dos diferentes biomas do mundo, surge a possibilidade de expandir os plantios para diferentes regiões cultivadas (MEIRELLES et al., 2006). O manejo da diversidade de espécies tem sido construído como um tipo de pilar central para os manejos agrícolas sustentáveis, onde grande parte dos agricultores familiares conservam a diversidade genética, contudo tal conservação vem sofrendo uma intensa pressão dos monocultivos, mudanças alimentares e êxodo rural (SOUZA, 2015).

O avanço das fronteiras agrícolas e o domínio dos monocultivos trazem juntos grandes perdas genéticas nas mais variadas espécies. Eira (2001) destaca que desde a década de 70 surgiram inúmeros estudos que assumiam a necessidade de condicionar a conservação de germoplasmas e preservar a agro biodiversidade, dentre as quais destaca-se a utilização das variedades conhecidas como crioulas.

Souza (2015) destaca que existem várias formas de denominar variedades crioulas, onde essas podem ser associadas a variedades tradicionais, locais ou landraces. Desta forma variedades crioulas podem ser definidas como as variedades mantidas pelos agricultores por várias gerações, sendo tais cultivadas por vários anos sem passar por processo de melhoramento tradicional adquirindo adaptações oriundas do meio ambiente

e de variedades (BELLON e BRUSCH, 1994; LOURETTE et al., 1997). Os autores corroboram com a ideia de que tais variedades, proporcionam uma base segura para produtores, visto que essas expressam uma base genética estruturada oriunda de sucessivos ciclos de plantio e superação a estresses adversos.

Na mesma linha, Vogt e Bolbinot Júnior (2011) destacam que a conservação de sementes crioulas se torna fundamental para que se possa promover a manutenção da viabilidade genética e preservação de genes que possam promover características desejáveis para a formação de novas cultivares, que venham a apresentar características relacionadas a atributos nutricionais, visuais, organolépticos ou relacionados a resistência a alguma praga ou doença.

Em trabalho analisando a viabilidade sócio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na região de Chapecó, Abreu et al. (2007) destaca que a pouca base de informações sobre o manejo de conservação das sementes crioulas obtidas pelos produtores, proporciona uma degradação destas, onde grande parte dos materiais estudados não obtiveram resultados satisfatórios referentes a germinação, ressaltando a necessidade de informação ao mesmo quanto as tecnologias de armazenamento de sementes para que não seja perdido sua capacidade germinativa.

No mesmo trabalho Abreu et al. (2007) ainda destacam que o custo com a aquisição de sementes e adubação das variedades comerciais ficaram em torno de 48% mais caro que as crioulas, quando comparado a utilização de variedades crioulas, demonstrando assim que de fato torna-se fundamental bases para a preservação e manutenção das sementes de cultivares crioulas para os cultivos agroecológico.

Em trabalho por Abreu et al. (2007) utilizando diferentes variedades de milho, crioulas ou cultivares comerciais, fornecendo adubações minerais e orgânicas para as plantas, constataram que as variedades Roxo, Branco e Palha Roxa adubadas com adubo orgânico apresentaram médias de produtividade iguais as variedades comerciais. Demonstrando que de fato o fornecimento de variedades crioulas podem ser uma solução produtiva eficiente para os agricultores familiares com menos acesso a insumos externos.

A utilização de variedades crioulas proporciona uma grande variação entre as plantas, visto que a diversidade genética proporciona a formação de plantas de diferentes portes, morfologia foliar, capacidade de retirar água e nutriente do solo, resistir a ataques

de insetos e doenças, visto que esses problemas afetariam de forma diferente cada planta, minimizando desta forma a perda produtiva da área (MEIRELES et al., 2006).

Trabalhando com a cultura do meloeiro (NEITZKE et al., 2009) e do arroz (AREIAS et al., 2006), destacam que em ambas as culturas se predomina a utilização de variedades híbridas que passaram por uma intensa melhoria genética. Contudo, os autores destacam que tais sementes têm um valor de aquisição, além de necessitarem de uma intensa carga de agroquímicos para que as mesmas possam expressar todo o seu potencial genético. Embora tais plantios possam favorecer um estande plantas mais uniformes, facilitando assim a colheita e o beneficiamento, essas ficam vulneráveis a possíveis contratempos causados por ataque de pragas e doenças, seca visto que nessas lavouras a diversidade genética tende a diminuir a resistência das plantas (MEIRELES et al., 2006).

Assim, ressalta-se que a utilização de variedades crioulas proporciona uma grande variabilidade entre as plantas, visto que a diversidade genética proporciona a formação de plantas de diferentes portes, morfologia foliar, capacidade de suportar estresses bióticos e abióticos, essa variabilidade é desejada pois reduz a pressão associado aos estresses bióticos e abióticos que o campo de cultivo enfrenta durante todo o ciclo de cultivo. No campo de sementes híbridas tradicionais por outro lado, a redução na variabilidade genética pode maximizar os danos isolados ou necessidades isoladas do campo de cultivo, demandando assim da implementação de pacotes tecnológicos, como a utilização constante e em escala de agroquímicos (MEIRELES et al., 2006).

Diante do disposto, percebe-se que dentro de uma determinada espécie pode ocorrer variações fenotípicas que podem ser relacionadas ao ambiente ou oriundas da diferença genética expressas entre a ação conjunta de genótipos e ambiente, essas variações genéticas estão relacionadas com mutações, fecundações cruzadas e são essenciais para o desenvolvimento de novas variedades (BESPALHOK, GUERRA E OLIVEIRA, 2012) que podem ter cunho voltado ao manejo agroecológico, ou não.

Bespalhok, Guerra e Oliveira (2012) destacam que germoplasma vindos de variedades crioulas, podem fornecer genes para determinada espécie, proporcionando assim a fonte de variabilidade genética para essas espécies.

4.4. MELHORAMENTO GENÉTICO E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

O melhoramento genético é uma técnica importante para o desenvolvimento rural sustentável e para toda a agricultura moderna, pois permite o desenvolvimento de plantas e animais mais resistentes, produtivos e adaptados às condições climáticas e ambientais locais (COCHARD et al. 2005; NIMBKAR et al., 2011). Essa técnica de seleção de características desejáveis em plantas e animais tem sido utilizada há milhares de anos por agricultores e melhoristas, com o objetivo de obter variedades mais produtivas e adaptadas ao ambiente local (BESPALHOK et al., 2022).

Para alcançar o pilar sustentável dos ambientes agrícolas é necessário entender que o sistema deve respeitar três pilares fundamentais, sendo socialmente justo (obedecendo os direitos, deveres e a soberania social), ambientalmente correto (respeitando a agro-biodiversidade ambiental e a preservação dos recursos matutais) e economicamente justos (visando sempre atender as premissas econômicas do sistema) (BARRIOS et al., 2020; DORIN, 2021, ONG e LIAO, 2020).

Ao visar atender esses pilares essenciais para a agricultura moderna, o melhoramento genético tenta contribuir para o desenvolvimento de variedades de plantas e animais mais produtivas, principalmente por meio da seleção de características desejáveis, como alto rendimento, maior resistência a estresses bióticos e abióticos, e melhoria na qualidade dos alimentos, com a premissa de alcançar um aumento significativo na produção agrícola e na qualidade dos alimentos produzidos, atendendo assim as premissas do desenvolvimento rural sustentável (BRZOZOWSKI e MAZOUREK, 2023; KOLSETH et al., 2015).

Ressalta-se que o conceito de desenvolvimento rural sustentável envolve a busca por soluções que equilibrem os pilares da sustentabilidade nas comunidades rurais, tentando garantir a qualidade de vida das pessoas que vivem no campo, ao mesmo tempo em que promove a conservação dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade (RASOOLIMANESH et al., 2019; SACHS et al., 2019).

Para que o desenvolvimento rural sustentável seja alcançado é necessário promover a diversificação das atividades econômicas, investir em tecnologias que permitam a produção de alimentos de forma mais eficiente e sustentável e garantir o

acesso da população rural a serviços básicos, como saúde, educação e infraestrutura (RASOOLIMANESH et al., 2019; SACHS et al., 2019; KSHOSLA et al., 2020), demandando assim de investimentos agrícolas e ecológicos bem como de apoios políticos e governamentais. Assim, a técnica de melhoramento desde que feita de forma ética, pode contribuir para a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico das comunidades rurais (FERRVASHNEY et al., 2020; KHAN et al., 2019).

Além disso, o melhoramento genético pode contribuir para a sustentabilidade ambiental, por meio do desenvolvimento de variedades mais adaptadas ao clima e ao solo local, que requerem menos insumos agrícolas e reduzem o impacto ambiental da produção agrícola. Isso pode contribuir para a conservação dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade local (FERRVASHNEY et al., 2020; KHAN et al., 2019).

Embora o melhoramento genético possa trazer benefícios significativos para a produção agrícola, também pode ter impactos sobre a agrobiodiversidade e a sustentabilidade agrícola. Ressalta-se que o foco no melhoramento genético de algumas espécies ou variedades pode levar à redução da diversidade genética em nível global. Isso ocorre quando variedades tradicionais ou locais são substituídas por variedades melhoradas. Como anteriormente descrito a perda da diversidade genética pode diminuir a capacidade de adaptação das culturas agrícolas a mudanças ambientais, como pragas, doenças e variações climáticas. Além disso, a redução da diversidade genética pode resultar na perda de características únicas presentes nas variedades tradicionais, como sabores, cores e texturas distintas (KARASAWA et al., 2005; ALVES, 2014; CARDOSO, 2007, FOYER et a., 2016; GAJ et al., 2016).

A ênfase no melhoramento genético de algumas variedades altamente produtivas pode levar a uma dependência excessiva dessas variedades. Isso pode aumentar a vulnerabilidade da agricultura a riscos, como o surgimento de novas pragas ou doenças que afetam especificamente as variedades amplamente cultivadas. Além disso, a dependência de poucas variedades pode limitar a resiliência dos sistemas agrícolas, pois a perda de uma variedade pode ter um impacto significativo na produção (FOYER et a., 2016; GAJ et al., 2016).

Outro ponto que os modelos tradicionais de melhoramento genético proporcionam na sustentabilidade agrícola está associado a perda de conhecimentos tradicionais. O

direcionamento para variedades melhoradas pode levar ao abandono de práticas agrícolas tradicionais e conhecimentos locais associados a variedades específicas. Esses conhecimentos tradicionais muitas vezes envolvem técnicas de manejo, seleção e uso de variedades específicas para diferentes condições locais. A perda desses conhecimentos pode comprometer a capacidade das comunidades agrícolas de enfrentar desafios específicos de seu ambiente local (FOYER et al., 2016; GAJ et al., 2016, FERBACH et al., 2019), o que poderia ser minimizado quando se pensa em utilizar modelos de melhoramento genético voltado para sistemas agroecológicos, aproximação das empresas e centro de melhoramento genético aos produtores e por meio do melhoramento genético participativo.

Por fim, ressalta-se que o desenvolvimento rural sustentável é fundamental para garantir a segurança alimentar das populações rurais e urbanas, a conservação dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade. Além disso, esse modelo de desenvolvimento pode contribuir para a redução das desigualdades sociais e para a promoção de uma economia mais justa e inclusiva (RASOOLIMANESH et al., 2019; SACHS et al., 2019; KSHOSLA et al., 2021).

A adoção de políticas públicas e investimentos adequados por parte dos governos e da sociedade, visando garantir as condições necessárias para a transformação do modelo de produção e o desenvolvimento de comunidades rurais mais justas e sustentáveis também é requerido no processo de desenvolvimento rural sustentável. (RASOOLIMANESH et al., 2019; SACHS et al., 2019; KSHOSLA et al., 2021).

4.5. EDIÇÃO GÊNICA E DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES SUPERIORES

A preservação ambiental e a segurança alimentar são desafios cruciais que enfrentamos atualmente, com a necessidade de encontrar soluções para a redução das emissões de gases de efeito estufa, o aumento da disponibilidade de água e a conservação da biodiversidade, bem como a necessidade de acesso regular e sustentável a alimentos nutritivos e seguros para todos (KOLSETH et al., 2015; RÓTOLO et al. 2015; BRITO et al., 2021).

Torna-se essencial o estudo de modelos de produção mais sustentáveis. Nesse contexto, as variedades transgênicas podem desempenhar um papel importante na

preservação ambiental, necessitando, no entanto, de entendimento sobre o real impacto que essas culturas agrícolas podem desempenhar na saúde humana e do meio ambiente (BRISTER e NEWHOUSE, 2020; SHAH e PATHAK, 2019; ARANI et al., 2021; RÓTOLO et al., 2015; KOLSETH et al., 2015).

A agroecologia é como descrita anteriormente uma ferramenta promissora para alcançar modelos de produção mais sustentável, tendo em vista que ela considerada uma abordagem agrícola que busca promover a diversidade nos sistemas produtivos, valorizando a biodiversidade, a cultura local e a participação das comunidades rurais, por meio da valorização das culturas e a promoção da justiça social, auxiliando na busca ativa pela preservação ambiental (OSORIO e CHOCHAN, 2019; DREXLER, 2019). No entanto, a utilização de ferramentas como a edição gênica e o desenvolvimento de variedades transgênicas tem causado polêmicas e preocupação socioambientais ao longo dos anos (HAILE et al., 2019).

A edição genética trata-se de uma tecnologia que tem sido amplamente utilizada na agricultura para desenvolver plantas mais resistentes a doenças e pragas, mais produtivas e com maior valor nutricional. Essas plantas são tipicamente conhecidas no mundo, como organismos geneticamente modificados (OGMs) e são plantas que foram modificadas geneticamente para apresentar características desejáveis tais quais supracitados anteriormente (MAEDER et al., 2016; GAJ et al., 2016). Essas características podem contribuir para a redução do uso de agrotóxicos e fertilizantes, a economia de água e a preservação de habitats naturais. No entanto, ressalta-se que essa tecnologia também tem gerado preocupações em relação aos seus impactos na saúde humana e no meio ambiente (FOYER et a., 2016; GAJ et al., 2016).

De modo geral, destaca-se que os OGMs são organismos cujo material genético foi alterado por meio de técnicas de engenharia genética, visando melhorar características específicas, como aumento de produtividade, resistência a pragas e doenças, melhoria da qualidade nutricional dos alimentos, redução do uso de agroquímico em função da resistência de pragas e doenças, entre outros (KOLSETH et al., 2015; RÓTOLO et al. 2015), oriundas, no entanto, de organismo que foram submetidos a engenharia genética muitas das vezes oriundas de patentes de grandes empresas, e que quebram a premissa da diversidade e soberania na aquisição de sementes dos pequenos produtores (GAJ et al., 2016, FERBACH et al., 2019).

Ademais, embora a edição genética e a agroecologia possam parecer abordagens opostas, é possível encontrar pontos em comum e até mesmo oportunidades de sinergia entre elas. A edição genética pode ser utilizada para desenvolver plantas mais resistentes a doenças e pragas, o que pode ser útil em sistemas agroecológicos que valorizam a biodiversidade e a conservação dos recursos naturais. Além disso, a edição genética pode ser utilizada para desenvolver variedades de plantas adaptadas a condições climáticas extremas, o que pode ser útil em regiões onde a agroecologia é praticada (BRISTER e NEWHOUSE, 2020; SHAH e PATHAK, 2019; ARANI et al., 2021).

Outro exemplo prático que pode ser destacado é por meio da utilização de variedades transgênicas resistentes a doenças e seu efeito na menor necessidade de pulverização de agrotóxicos, o que pode ter um impacto positivo na saúde humana e no meio ambiente. Além disso, a utilização de variedades transgênicas tolerantes à seca pode permitir a produção de culturas em regiões com escassez de água, contribuindo para a segurança alimentar e a preservação dos recursos hídricos (SHAH e PATHAK, 2019; ARANI et al., 2021).

As abordagens sinérgicas entre o melhoramento genético, utilização de OGMs e a sustentabilidade agrícola têm sido objeto de discussão e pesquisa calorosas nos últimos anos. Essas abordagens buscam equilibrar a necessidade de aumentar a produção de alimentos para atender à crescente demanda global, ao mesmo tempo em que minimizam os impactos ambientais negativos e garantem a resiliência dos sistemas agrícolas. No entanto, é importante analisar criticamente essas abordagens e considerar seus possíveis desafios e limitações (FERNANDEZ et al., 2021; LAPEGNA e PERELMUTER, 2020; SKILL et al., 2022; FOYER et al., 2016; GAJ et al., 2016, FERBACH et al., 2019).

Dentre as limitações, destaca-se que o melhoramento genético é frequentemente associado ao uso de tecnologias avançadas, como a engenharia genética. Embora essas tecnologias possam trazer benefícios em termos de aumento da produtividade e resistência a pragas e doenças, também há preocupações relacionadas à dependência contínua dessas tecnologias. Isso pode resultar em uma maior dependência de grandes empresas de biotecnologia e na perda da autonomia dos agricultores para salvar e utilizar suas próprias sementes como anteriormente descrito (FERNANDEZ et al., 2021; LAPEGNA e PERELMUTER, 2020; SKILL et al., 2022).

Ressalta-se ainda que o melhoramento genético e a utilização de OGMs geralmente se concentra em características específicas, como produtividade e resistência a pragas, negligenciando outros aspectos importantes da sustentabilidade agrícola, como a conservação da biodiversidade, a saúde do solo, o uso eficiente de recursos naturais e a mitigação das mudanças climáticas (FOYER et al., 2016; GAJ et al., 2016, FERBACH et al., 2019). Essa abordagem limitada pode não abordar completamente os desafios complexos enfrentados pela agricultura, exigindo abordagens mais integradas e holísticas.

As abordagens sinérgicas entre o melhoramento genético e a sustentabilidade também devem levar em consideração os impactos socioeconômicos. A concentração de poder e recursos nas mãos de empresas de biotecnologia pode criar desigualdades e injustiças no acesso às tecnologias e nos benefícios resultantes. Além disso, a comercialização de variedades melhoradas pode afetar negativamente os agricultores de pequena escala, que podem enfrentar dificuldades em competir no mercado (KANSANGA et al., 2021; LOTZ et al., 2020; FERBACH et al., 2019). Desta forma, ressalta-se novamente que a utilização de práticas de melhoramento participativo poderia minimizar esse efeito para os pequenos agricultores.

O uso de tecnologias de melhoramento genético, como a engenharia genética, levanta questões éticas e ambientais. Preocupações com a segurança alimentar, a disseminação de OGMs no ambiente, a contaminação genética de espécies selvagens e a falta de transparência na rotulagem de alimentos geneticamente modificados são alguns dos desafios que precisam ser enfrentados e considerados em abordagens sinérgicas entre melhoramento genético (FOYER et al., 2016; GAJ et al., 2016, FERBACH et al., 2019).

Ademais, a utilização do melhoramento genético e o uso de OGMs podem contribuir para a conservação da biodiversidade, por meio da redução da pressão sobre os habitats naturais. Por exemplo, a utilização de variedades transgênicas mais produtivas pode permitir a produção de mais alimentos em áreas menores, reduzindo a necessidade de expansão das áreas cultivadas em áreas de florestas e outros habitats naturais. (FOYER et al., 2016; GAJ et al., 2016, FERBACH et al., 2019; PHAM, 2019). No entanto, é importante ressaltar que a utilização de variedades transgênicas deve ser feita de forma responsável e ética, levando em consideração os possíveis impactos na saúde humana e no meio ambiente (PHAM, 2019). É fundamental que sejam realizados estudos para

avaliar a segurança e os possíveis riscos da utilização de variedades transgênicas, e que sejam estabelecidas regulamentações e monitoramentos rigorosos para sua utilização.

Embora diversos estudos tenham sido realizados para avaliar a segurança dos OGMs para o consumo humano, algumas preocupações persistem sobre possíveis efeitos adversos na saúde. É fundamental realizar pesquisas contínuas e rigorosas para garantir a segurança dos OGMs antes de serem amplamente adotados. A utilização de OGMs é frequentemente associada a grandes empresas de biotecnologia, o que pode levar à concentração do mercado de sementes e à dependência de agricultores em relação a essas empresas. Isso pode ter implicações socioeconômicas e limitar a diversidade genética nas culturas agrícolas (FOYER et al., 2016; GAJ et al., 2016; KOLSETH et al., 2015; RÓTOLO et al. 2015; FERBACH et al., 2019; PHAM, 2019).

Tanto a edição genética e o desenvolvimento de variedades transgênicas quanto a agroecologia apresentam oportunidades e desafios para a agricultura do futuro. É importante que essas abordagens sejam avaliadas de forma crítica e cuidadosa, considerando seus possíveis impactos na saúde humana, no meio ambiente e na sociedade como um todo. A utilização dessas tecnologias deve ser orientada por princípios de sustentabilidade, diversidade e justiça social, visando promover sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.

4.6.MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO

O melhoramento genético participativo (MGP) é um processo de melhoramento de plantas que envolve a participação ativa dos agricultores, comunidades locais e outros autores envolvidos na agricultura. Diferentemente dos métodos tradicionais de melhoramento genético, nos quais os cientistas e pesquisadores conduzem todo o processo, o MGP reconhece o conhecimento e a experiência dos agricultores como valiosos e os envolvidos de forma colaborativa no processo de seleção e melhoramento das variedades vegetais (MACHADO e MACHADO, 2009; MACHADO et al., 2008).

No MGP, os agricultores são encorajados a participar ativamente nas atividades de seleção, plantio, avaliação e multiplicação das sementes. Eles têm a oportunidade de escolher e adaptar as variedades de plantas de acordo com suas necessidades e motivações locais, considerando características como produtividade, resistência a doenças e pragas,

tolerância a condições adversas de clima e solo, qualidade nutricional, entre outros (MACHADO et al., 2008).

Esse processo colaborativo fortalece o conhecimento local e promove a conservação da diversidade genética das plantas cultivadas (MACHADO e MACHADO, 2009). Os agricultores participantes se tornam cocriadores de variedades vegetais adaptadas às suas condições específicas, o que resulta em uma maior resiliência dos sistemas agrícolas e uma maior segurança alimentar (MACHADO et al., 2008).

Além disso, o MGP também valoriza a troca de conhecimentos entre os agricultores e os pesquisadores, promovendo um diálogo horizontal e uma abordagem mais inclusiva no desenvolvimento de variedades de plantas. Isso ajuda a garantir que as variedades atendidas atendam às necessidades e demandas dos agricultores, levando em consideração as dimensões sociais, culturais, culturais e ambientais da agricultura local (MACHADO e MACHADO, 2009).

O MGP contribui para a autonomia dos agricultores, a preservação da diversidade genética das plantas cultivadas e a promoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. É uma abordagem que reconhece e valoriza o conhecimento e a participação das comunidades locais, fortalecendo sua capacidade de inovação e adaptação às mudanças nas condições agrícolas e ambientais (NODAIR e GUERRA, 2015)

Machado e Machado (2009) destacam que o melhoramento participativo pode ser muito eficiente para o desenvolvimento de variedades adaptadas com o propósito de atender o modelo de sistema agroecológico, visto que tal método tem por objetivo maximizar a autonomia produtiva dos produtores através do empoderamento, da seleção de sementes de plantas que melhor se desenvolve no campo e pelas premissas e dizeres populares.

Os objetivos do melhoramento participativo surgem com uma ideologia mais ampla que o manejo convencional, em que, embora ambos compartilhem a ideia de que umas das metas seja o ganho em produtividade, o participativo maximiza esse efeito através do aumento da biodiversidade, obtenção de variedades de adaptação local, seleção dentro das populações, avaliação experimental das variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes em menor custo (SPERLING et al., 2001; MACHADO, 2014; NODAIR e GUERRA, 2015). A organização desse sistema é

totalmente descentralizada e os trabalhos são desenvolvidos junto com grupos de produtores ou comunidades agrícolas (MACHADO e MACHADO, 2009).

Nodair e Guerra (2015) destacam que o melhoramento participativo propõe inverter as tendências históricas de separação entre agricultores e melhoristas, de modo que ambos possam trabalhar em conjunto com a ideologia de proporcionar a geração de uma variedade melhorada ou proporcionar o ajuste de vegetal de uma variedade já existente.

Machado (2014) destaca que a modalidade de melhoramento que enquadra o participativo, trata-se de um componente da diversidade genética, onde esses se baseiam em conhecimento genético dos vegetais convencionais, a entomo-fitopatologia que acarreta esse vegetal, a economia dos produtores, vinculado com fatores ligados a antropologia, sociologia, aos conhecimentos dos produtores e a pesquisa de mercados que consumirão esses produtos. O melhoramento participativo desta forma preconiza a participação dos diversos setores de produção dos alimentos (pesquisadores, produtores, consumidores, extensionistas, entre outros) para o desenvolvimento das variedades que vem a ser melhoradas (SPERLING et al., 2001).

A grande importância desta modalidade de melhoramento está relacionada a participação dos produtores, visto que desta forma torna-se possível a discussão e repasse de técnicas aos mesmos, de forma que esses possam fazer a seleção mais eficiente, evitando desta forma a erosão genética nas variedades locais (MACHADO et al., 2008). Uma vez que esses produtores dispõem de recursos limitados, seu sistema de cultivo prime para o sistema voltado para o manejo diverso. Desta forma, a interação pesquisa-agricultor proporciona uma maior preservação dos valores culturais e tradicionais, assim como a preservação das variedades locais sendo que essas variedades são fonte de grande resistência para diferentes tipos de estresses e adaptação aos múltiplos ambientes e manejos que são empregados naqueles ecossistemas (MACHADO et al., 2008).

O melhoramento participativo recorre da agrobiodiversidade e com enfoque no manejo agroecológico, privilegia a diversidade genética entre as diferentes espécies e dentro das espécies, preconiza ainda o desenvolvimento de variedades objetivando o cultivo diversificado, incorporação de plantas geradoras de serviço ao ambiente, entre outras práticas (MACHADO, 2014).

Essa modalidade do melhoramento pode ser realizada em diferentes espécies e no próprio agroecossistema do produtor. O sistema agrícola desenvolvido interage de forma a promover um maior grau de resistência ou tolerância as adversidades ambientais (pragas, doenças, fertilidade do solo, entre outros) (MENEZES et al., 2017).

As sistematizações do cultivo de milho em sistemas agroecológicos têm se aprimorado de variedades oriundas do melhoramento participativo. Conforme destaque por Machado et al. (2011), a variedade BRS 4157 Sol da Manhã, teve seu melhoramento voltado para a produção em condição de baixa disponibilidade de nitrogênio, a variedade BRS Eldorado foi desenvolvida para condição de cultivo com baixo aporte de cálcio, ambas se demonstraram eficiência produtiva para a condição de cultivo ao qual foram melhoradas em comparação as variedades comerciais. Destaca-se ainda, que variedade de feijão e das goiabeiras desenvolvidas por meio da prática do melhoramento participativo, demonstraram-se promissoras para o cultivo em condição de cultivo em modelo agroecológico (ANTUNES et al., 2009; SANTOS et al., 2017).

Em trabalho realizado utilizando variedades de polinização aberta de milho desenvolvidas no sistema de melhoramento participativo, Kamphorst et al. (2013) se destaca quando apresentado os dados referentes a produtividades destas variedades, em que as produtividades chegaram a valores $7,84 \text{ t ha}^{-1}$ demonstrando desta forma que tal sistema pode ser altamente produtivo.

Conforme destacado por Machado e Machado (2009) em seu estudo propondo estratégias de melhoramento participativo do milho em sistemas agroecológicos, a utilização de milhos desenvolvidos pela técnica de melhoramento participativo demonstrou-se muito efetiva para sistemas agroecológicos e de transição, apresentando alto potencial produtivo e superando significativamente as variedades comerciais nestes sistemas.

Em trabalho propondo analisar o melhoramento participativo de milho e sua contribuição no empoderamento comunitário no município de Muqui, no estado do Espírito Santo conduzido por Machado et al (2006), os autores destacaram que as variedades Caiano da Sobrália e Palha Roxa de Santa Catarina demonstrou-se bem adaptadas a região, permitiu a conquista da autonomia da comunidade. Foi destacado

ainda que a produção de sementes apresentou bom potencial produtivo, demonstrando que o melhoramento participativo pode ser eficaz para o cultivo agroecológico.

Ressalta-se desta forma, que o melhoramento genético participativo desempenha um papel essencial na promoção do cultivo agroecológico. Ao envolver os agricultores como protagonistas do processo de melhoramento, ele fortalece a resiliência dos sistemas agrícolas, preserva a diversidade genética e promove a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar. É uma abordagem inclusiva e participativa que valoriza o conhecimento local e promove a autonomia das comunidades rurais, provocada em benefícios sociais, ecológicos e sustentáveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético voltado para o modelo agroecológico ainda é pouco difundido, sendo que parte das variedades melhoradas são voltadas para o manejo agrícola convencional. Desta forma a adoção de metodologias de melhoramento mais participativos, assim como as técnicas que reduzem a perda genética e preconizam a biodiversidade genética, são de fundamental importância para o fortalecimento de pequenos produtores que têm seu sistema agrícola voltado para um manejo menos dependente de agroquímicos e que, muitas das vezes, ficam refém de sementes de híbridos que só expressam seu potencial quando empregado altos níveis tecnológicos.

Tanto a edição genética e o desenvolvimento de variedades transgênicas quanto a agroecologia apresentam oportunidades e desafios para a agricultura do futuro. É importante que essas abordagens sejam avaliadas de forma crítica e cuidadosa, considerando seus possíveis impactos na saúde humana, no meio ambiente e na sociedade como um todo. A utilização dessas tecnologias deve ser orientada por princípios de sustentabilidade, diversidade e ética, visando promover sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.

Torna-se importante realizar pesquisas em formato de estudo de caso do melhoramento participativo na região do Espírito Santo, demonstrando a potencialidades, perspectivas e desafios deste modelo de melhoramento genético para a comunidade local.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. et al. Avaliação do rendimento socio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microregião de Chapecó. **Revista brasileira de Agroecologia**. v.2, n.1, 2007.

ANTUNES, I. F., BEVILAQUA, G. A. P. **Partitura de Biodiversidade – PBio – Uma nova alternativa para ampliar a base genética de espécies cultivadas e promover a segurança alimentar**. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMERICA LATINA Y CARIBE, 7, 2009, Pucón, Chile. Proceedings ..., Santiago de Chile, Ministério de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2009. 1 CD-ROM., 2009.

ARANI, A.B. et al. Investigating the status of transgenic crops in Iran in terms of cultivation, consumption, laws and rights in comparison with the world. **Scientific Reports**, v.11, n. 9204. 2021.

Archambault, É. Et al. Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. **Journal of the American society for information science and technology**, v.60, n.7, p. 1320-1326. 2009.

AREIAS, R.A.B.M. et al. Similaridade genética de variedades crioulas de arroz, em função da morfologia, marcadores rapd e acúmulo de proteína nos grãos. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.19-28, 2006.

BARRIOS, E. et al. The 10 Elements of Agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. **Ecosystems and People**. V. 16, n. 1. 2020.

BELLON, M.R. e BRUSH, S.B. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. **Economic Botany**, New York, v. 48, n.2, p. 196-209, 1994

BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Noções de Genética Quantitativa**. In: BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Melhoria de Plantas. Disponível em: www.bespa.agrarias.ufpr.br/conteudo (2007). Acesso em dezembro de 2022.

BETRÁN, J.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; ROMAGOSA, I. **Theory and application of plant breeding for quantitative traits**. In: CECARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. (Ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Rome: FAO, 2009. p. 27-62.

BORÉM, A. et al., **Melhoramento de plantas**. 8 ed. Editora ofina textos. 2021.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. Editora UFV. 2005.

Bouckennooghe, D. et al. Revisitando a pesquisa sobre atitudes em relação à mudança organizacional: análise bibliométrica e análise faceta de conteúdo. **Journal of Business Research**, v.135 , p. 137-148. 2021.

Bretas, VP, e Alon, I. Pesquisa de franquias em mercados emergentes: Análise bibliométrica e de conteúdo. **Journal of Business Research** , v. 133 , p. 51-65. 2021.

BRISTER, E.; NEWHOUSE, A.E. Not the Same old chestnut: Rewilding forest with biotechnology. **Environmental Ethics**. V. 42, n.2. p. 149-167. 2020.

BRITO, L.F. Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. **Animal**. V.15, n.1. 2021.

BRZOWSKI, L. and MAZOUREK M. A Sustainable Agricultural Future Relies on the Transition to Organic Agroecological Pest Management. **Sustainability**. V.10, n.6. 2023.

CHABLE, V. et al. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. **Sustainability**. V. 12, n.3. 2020.

COCHARD, B. Oil Palm Genetic Improvement and sustainable development. **OCL**. v.12, n.2, 2005.

DAKO, C. et al. Productivity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) as influenced by fertilizer application in different agro-ecologies in Ghana. **Scientific African**. V. 10, n.e00560. 2020.

DORIN, B. Theory, Practice and Challenges of Agroecology in India. **International Journal of Agricultural Sustainability**. V.20, n.2. 2022.

DREXLER, K. Government Extension, Agroecology, and Sustainable Food Systems in Belize Milpa Communities: A Socio-Ecological Systems Approach. **Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development**, v.9 n.3, p. 85–97. 2020.

Echchakoui, S. Por que e como fundir Scopus e Web of Science durante a análise bibliométrica: o caso da literatura da força de vendas de 1912 a 2019. **Journal of Marketing Analytics** , v.8, p.165-184. 2020.

ELER, J.P. **Bases do melhoramento genético animal**. Editora PIRASSUNGA, 239p., 2017.

FALEIRO, F.G. et al. **Pré-melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios**. Editora Embrapa, 2008, 184p.

FAO. (2018). The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building climate resilience for food security and nutrition. Acesso em: <http://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf> , 14/06/2023.

FERNANDEZ, A.S. Relationship between Maize Seed Productivity in Mexico between 1983 and 2018 with the Adoption of Genetically Modified Maize and the Resilience of Local Races. **Agriculture**. v.11, n.8. 2021.

FERNBACH, P.M. et al. Extreme opponents of genetically modified foods know the least but think they know the most. **Nature Human behaviour**, v.3, p. 251–256, 2019.

FOYER C.H. et al. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. **Nature Plants**, v. 2, n.16112. 2016.

FRAGOSO, E.J.N. et al. Agroecology and family farming: A perspective of sustainability in the brazilian Semiarid region. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**. V.7, n.12. 2020.

GAJ, T. et al. Genome-Editing Technologies: Principles and Applications. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**. v. 1, n.8. 2016.

Gorraiz, J., e Schloegl, C.A bibliometric analysis of pharmacology and pharmacy journals: Scopus versus Web of Science. **Journal of information science**, v.34 ,n.5, p.715-725. 2008.

HAILE, A. et al. Community-based breeding programmes are a viable solution for Ethiopian small ruminant genetic improvement but require public and private investments. **Journal of Animal Breeding and Genetics**. v. 136, n.5. p. 319-328. 2019.

HAILE, A. et al. Community-based breeding programmes are a viable solution for Ethiopian small ruminant genetic improvement but require public and private investments. **Journal of Animal Breeding and Genetics**. V. 136, n.5, p. 319-328. 2019.

HILL, W. Is Continued Genetic Improvement of Livestock Sustainable?. **Genetics**. V. 202, n. 3, p. 807-881. 2016.

HOUSTON, D.R. et al. Harnessing genomics to fast-track genetic improvement in aquaculture. **Nature Reviews Genetics**. V. 21, p.389–409, 2020.

INYANG, P. et al. Environmental impact and genetic expressions of new drought tolerant maize genotypes in derived savannah agro-ecology. **NOTULAE SCIENTIA BIOLOGICAE**. V. 13, n.1. 2021.

KAMPHORST, S.H. et al Performance of open-pollinated population of maize on participatory geneticbreeding process. **Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia**. V. 8, n. 2, 2013.

KANSANGA, M.M. et al., Agroecology and household production diversity and dietary diversity: Evidence from a five-year agroecological intervention in rural Malawi. **Social Science & Medicine**. V.288, n. 113550, 2021

KHAN, S. et al. Development of Drought-Tolerant Transgenic Wheat: Achievements and Limitations. **International Journal of Molecular Sciences**. V. 20, n. 13, p.3350. 2019.

KHOSLA, R. et al. Cooling for sustainable development. **Nature Sustainability**. V.4, p. 201-208. 2021.

KOLSETH A.K. et al. Influence of genetically modified organisms on agro-ecosystem processes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. V. 124, n.27, p. 96-106. 2015.

LAJMANOVICH, R.C. et al. Glyphosate and glufosinate ammonium, herbicides commonly used on genetically modified crops, and their interaction with microplastics:

Ecotoxicity in anuran tadpoles. **Science of The Total Environment**. V. 804, n.15, p.150177. 2022.

LAPEGNA, P e PERELMUTER, T. Genetically modified crops and seed/food sovereignty in Argentina: scales and states in the contemporary food regime. **The Journal of Peasant Studies**. V.47, n.4, 2020.

LI, H. et al. Applications of genome editing technology in the targeted therapy of human diseases: mechanisms, advances and prospects. **Signal Transduction and Targeted Therapy**. V.5, n. 1. 2020.

Lima, J.A.M.C. et al. “Modern agriculture” transfers many pesticides to watercourses: a case study of a representative rural catchment of southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**. V.27, p.10581-10598. 2020.

LOTZ, L.A.P. Genetic engineering at the heart of agroecology. **Outlook on Agriculture**. V49, n.1, p. 21–28. 2020.

LOUETTE, D.; CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. **Economic Botany**. v. 51, p. 20–38, 1997.

MACHADO A.T. e MACHADO C.T.T. Estratégias de melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.4345-4348, 2009.

MACHADO A.T. et al. A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas. **Texto para Discussão (Brasília)**, v. 34, p. 1-98, 2008.

MACHADO A.T. et al. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 6, n. 1, p. 127- 136. 2011.

MACHADO, A. T. et al. Mejoramiento participativo en maíz; su contribución: en el empoderamiento comunitario en le municipio de Muqui, Brasil. **Agronomía Mesoamericana**, v. 17, n. 3, p. 393-405, 2006.

MACHADO, A.T. Historical construction of plant breeding: from conventional to participatory. **Rev. Bras. de Agroecologia**. V.9, n.1, p.35-50 2014.

MACHADO, A.T.; MACHADO, C.T.T. **Melhoramento Vegetal Participativo com ênfase na eficiência Nutricional**. Documento 104. EMBRAPA. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Planaltina-DF. 2003.

MACHADO, B.O. et al., Melhoramento genético e biotecnologia vegetal aplicados à fruticultura: uma revisão sistemática. **OPEN SCIENCE RESERCH**. V.2, 2022.

MAEDER, M.L. e GERDBACH, C.A. Review: Genome-editing Technologies for Gene and Cell Therapy. **Molecular therapy**. V. 24, n.3, p.430-446. 2016.

Manda lá, Ciência. Arquivo eletrônico disponível em <
<https://mandalaciencia.com.br/biodiversidade-recurso-natural-superexplorado-mas-subutilizado-para-existencia-humana-e-o-desenvolvimento-economico/>>. Acesso: 29/05/2023.

Martín-Martín, A. et al. Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. **Scientometrics**, v.126, n.1, p. 871-906. 2021

MARTINS et al. **A história do melhoramento animal, construindo interfaces**. Editora PluMX. V.20. 2019.

MAZOEYER, M. ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Editora UNESP, NEAD, 2010, 568p.

MEDEIROS, L.S. et al. First mass selection cycle in melon PM3 population (*Cucumis melo L*) **Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)**, V.10, n. 4, p. 21 - 27, 2015.

MEIRELES, L.R.; RUPP, L.C.D. Biodiversidade. Passado, presente e futuro da humanidade. Centro Ecologico. **Informtivo Técnico**. 2006.

MELO, L.C. et al. BRS FC310: Carioca common bean cultivar with semi-early cycle, upright growth habit, and resistance to major diseases. **Functional Plant Breeding Journal**. V.4, n.1. 2022.

MENEZES, G.M.T. et al.. Construindo o saber agroecológico: a experiência do Centro Vocacional Tecnológico de São Paulo. **Anais do II SNEA**, V. 12, n.1. 2017.

Moral-Muñoz, J.A. et al. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. **Profesional de la Información**, v.29 n.1. 2020.

NEITZKE, R.S. et al. Caracterização morfológica e dissimilaridade genética entre variedades crioulas de melão. **Hortic. bras.**, v. 27, n. 4. 2009.

NIMBKAR, C. et al. Sustainable use and genetic improvement. **Animal Genetic Resources/Resources Génétiques Animales/Recursos Genéticos Animales**, v.42, p.49-65. 2008.

NODAIR, R.O.; GUERRA, M.P. **A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores**. Estud. av. v.29 n.83, 2015.

ONG, T.W.Y., LIAO, W. Agroecological Transitions: A Mathematical Perspective on a Transdisciplinary Problem. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. v.4, n.1, 2020.

OSORIO A.A.; CHOCHAN, J.K. Agroecology as social movement and practice in Cabrera's peasant reserve zone, Colombia. **Agroecology and sustainable food systems**. V.44, n.3, p.331-351. 2019.

PERSIANI, A. et al. Soil hydraulic arrangement and agro-ecological practices in organic rotations: effects on crop performance, soil properties and carbon balance. **Agroecology and Sustainable Food Systems**. V.46, n.8. 2022.

PHAM, N., MANDEL, N. What Influences Consumer Evaluation of Genetically Modified Foods?. **Journal of Public Policy & Marketing**. v.38, n.2. 2019.

RASSOOLIMANESH, S.M. et al. A systematic scoping review of sustainable tourism indicators in relation to the sustainable development goals. **Journal of Sustainable Tourism**. V.1, n.1. 2019.

REGAN, T. et al. Genetic improvement technologies to support the sustainable growth of UK aquaculture. **Reviews in Aquaculture**. V. 13, n.4, p.1958-1985. 2021.

ROMANOVSKAJA, D. et al. Influence of Morphostructural Elements for Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Productivity in Different Agricultural Systems. **Plants**. V.11, n.18. 2022.

RÓTOLO, G.C. et al. Time to re-think the GMO revolution in agriculture. **Ecological Informatics**. V. 26, N.1, P.35-49. 2015.

SACHS, J.D. et al. Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. **Nature Sustainability**. V.2, p. 805-814. 2019.

SANTOS, D.R. et al., Pesticide bioaccumulation in epilithic biofilms as a biomarker of agricultural activities in a representative watershed. **Environmental Monitoring and Assessment**. V.192, n.381. 2020.

SANTOS, K.L. et al. Participatory research with stimulating the breeding process for a native fruit species. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n.4, 2017.

SHAH, K.; PATHAK, L. Chapter 15 - Transgenic Energy Plants for Phytoremediation of Toxic Metals and Metalloids. **Academic Press**. V.1, p.319-340. 2019.

SKILL, K. et al., Cultivating Agroecological Networks during the Pandemic in Argentina: A Sociomaterial Analysis. **Land**. V.11, n.10. 2022.

SOARES, C.O. e ROSINHA, G.M.S. **Segurança alimentar, sustentabilidade e produção de proteína de origem animal**. In. VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. Coord. Biomass e agricultura: oportunidades e desafios. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. 304p.

SOUZA, L.F. et al. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds for agroecological cultivation. **CABI**. V.14, n.1, p.33-40. 2019.

SOUZA, R. **Diversidade de variedades crioulas de milho doce e adocicado conservados por agricultores do oeste de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina- 2015.

SPERLING, L.; ASHBY, J.A.; SMITH, M.E.; WELTZIEN, E.; McGUIDE, S.A. Framework for analyzing participatory plant breeding approaches and results. **Euphytica**, Dordrecht, v.122, n.3, p.439-450, 2001.

SYLLA, P.M.D.D. et al. Agronomic Performances and Nutritional Assessment of Three Sweet Potato Varieties (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) Introduced in an Agroecological Zone of Groundnut Basin in Senegal. **Journal of Experimental Agriculture International**. V. 12, n.7, p.1-12. 2020.

VASRSHNEY, R.K. et al. 5Gs for crop genetic improvement. **Current Opinion in Plant Biology**. v.56, p. 190-196. 2020.

VAVILOV, N. I. **Tzentry proiskhozhdeniya kulturnykh rastenii**. [The centers of origin of cultivated plants]. Works of Applied Botany and Plant Breeding. 16(2), 1926. 248 p.

VIELLA, M.S. **Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de cenoura em sistemas de cultivo agroecológico**. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 2008.

VOGT, G.A. e BALBNOT JUNIOR, A.B. Estratégias de conservação de sementes de variedades locais ("crioulas") de milho e feijão em Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**. V.24, n.3. 2011.

ZHANG, D. et al. Genome editing with the CRISPR-Cas system: an art, ethics and global regulatory perspective. **Plant Biotechnology journal**. V.18, n.8, p.1651-1669. 2020.