CAPÍTULO 5

Conservação da biodiversidade em bancos de germoplasma: um olhar para o futuro

Larissa Viana Bruneli, Naianni de Sillis Rezende, Luana Aparecida de Oliveira Rodrigues, Maria Alice Brandão Silva, Evaldo de Paula, Monique Moreira Moulin, Ana Paula Candido Gabriel Berilli, Maurício Novaes Souza

https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-33-6.c5

Resumo

Os bancos de germoplasma são fundamentais para a preservação da biodiversidade, atuando como reservatórios estratégicos de genes essenciais para a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Eles garantem a conservação da diversidade genética de espécies vegetais, animais e microbianas, contribuindo para a adaptação às mudanças climáticas, o enfrentamento do crescimento populacional e a mitigação da erosão genética, fatores que ameaçam a resiliência dos ecossistemas e a sobrevivência de diversas espécies. Este capítulo discute a relevância dos bancos de germoplasma como ferramentas indispensáveis para a proteção da biodiversidade, detalhando os diferentes tipos existentes, como bancos de sementes, bancos de tecidos e conservação *in situ*, além das metodologias aplicadas. Também destaca o papel dessas instituições na manutenção de recursos genéticos para o desenvolvimento de sistemas agroecológicos mais robustos e na garantia de um futuro mais sustentável para o planeta.

Palavras-chave: Conservação Genética. Segurança Alimentar. Mudanças Climáticas. Diversidade Biológica e genética. Conservação da biodiversidade. Erosão genética. Recursos genéticos. Sustentabilidade. Conservação *in situ*. Conservação *ex situ*. Sistemas agroecológicos. Adaptação genética. Preservação ambiental.

Maurício Novaes Souza (Org.) © 2025 Mérida Publishers CC-BY 4.0

1. Introdução

A biodiversidade, ou diversidade biológica, refere-se à ampla variedade de formas de vida na Terra, abrangendo plantas, animais, microrganismos e os ecossistemas que eles compõem. Essa diversidade é essencial para a manutenção de processos ecológicos que sustentam a vida, como a polinização, a decomposição de matéria orgânica e a regulação climática (Young; Spanholi, 2020). No entanto, a biodiversidade enfrenta ameaças crescentes, incluindo desmatamento, mudanças climáticas, poluição e a expansão da fronteira agrícola (Costa; Mello, 2020). Nesse contexto, a conservação de recursos genéticos emerge como uma prioridade para assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas e a sobrevivência das espécies.

Os bancos de germoplasma desempenham um papel estratégico na preservação da diversidade genética, funcionando como repositórios de material genético (Costa *et al*., 2011). Eles não apenas protegem a variabilidade genética existente, mas também garantem sua disponibilidade para futuras gerações de cientistas, agricultores e conservacionistas. Esses bancos são fundamentais para a conservação de espécies ameaçadas, a melhoria de cultivos agrícolas e o avanço da pesquisa científica, fornecendo soluções para desafios globais, como segurança alimentar e adaptação às mudanças climáticas (BRASIL, 2021).

A criação e a manutenção de bancos de germoplasma envolvem processos técnicos e logísticos altamente especializados. Desde a coleta cuidadosa de amostras genéticas até o armazenamento em condições controladas, passando pela documentação rigorosa e a regeneração periódica do material, cada etapa é essencial para garantir a viabilidade e a integridade das amostras ao longo do tempo. Tecnologias avançadas, como a criopreservação[2] e a cultura de tecidos, ampliam significativamente as possibilidades de conservação, permitindo a preservação de material genético em condições estáveis e por períodos prolongados (Martínez, 2016).

Diante dos desafios impostos pelas mudanças ambientais e pelo aumento populacional, os bancos de germoplasma emergem como ferramentas indispensáveis para a conservação da biodiversidade. A perda de habitats, a

[2] Técnica de congelar células e tecidos biológicos em temperaturas muito baixas para preservá-los. O material congelado pode ser usado no futuro, sem perder as suas propriedades.

erosão genética e as rápidas mudanças climáticas evidenciam a urgência de preservar a diversidade genética, assegurando a adaptação e a resiliência das espécies frente a transformações constantes. Atualmente, existem centenas de coleções primárias ao redor do mundo, abrangendo culturas essenciais como milho, trigo, arroz, soja e colza (Yao *et al*., 2008; Lassois *et al*., 2016; Ambati *et al*., 2020; Sandhu *et al*., 2022; Guo *et al*., 2022).

Há de se considerar que os bancos de germoplasma desempenham um papel essencial na recuperação de áreas degradadas, fornecendo recursos genéticos para a restauração de ecossistemas por meio da reintrodução de espécies nativas e adaptadas às condições locais. A diversidade genética armazenada nesses bancos permite selecionar espécies resistentes a fatores de degradação, como solos pobres ou condições climáticas adversas, contribuindo para a recuperação da biodiversidade e a reestabilização dos serviços ecossistêmicos (Souza, 2024).

Os bancos de germoplasma não apenas armazenam a base genética da vida na Terra, mas também desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na busca por um futuro sustentável. Preservar e ampliar esses acervos genéticos são fundamentais para enfrentar os desafios ambientais e garantir a sobrevivência das espécies em um planeta em constante transformação.

O objetivo deste capítulo é destacar a relevância dos bancos de germoplasma no contexto da conservação da biodiversidade, abordando suas funções, tipos e metodologias de conservação, com ênfase no papel estratégico que desempenham para garantir um futuro mais sustentável.

2. Importância dos bancos de germoplasma

Um banco de germoplasma prioriza a coleta, preservação e manutenção de material genético de plantas, animais e outros organismos, essencial para a reprodução e o desenvolvimento das espécies. Historicamente, esses bancos surgiram como resposta à necessidade de conservar a diversidade genética frente às crescentes ameaças de extinção de espécies e degradação dos ecossistemas. Além de contribuírem para a pesquisa científica e o

desenvolvimento agrícola, fornecem material genético para estudos e melhoramento de culturas, desempenhando um papel fundamental na segurança alimentar e na sustentabilidade ambiental.

A prática de preservação de alimentos por meio de sementes remonta à domesticação de espécies, mas ganhou escala significativa com o desenvolvimento da agricultura. A conservação em bancos de germoplasma teve início na Rússia, no início do século XX, com o botânico e geneticista Nikolai Vavilov (Nass, 2007). Pioneiro na compreensão da importância da diversidade genética para a segurança alimentar e a agricultura sustentável, Vavilov estabeleceu em 1921 um dos mais importantes bancos de germoplasma do mundo, localizado em Leningrado (atual São Petersburgo). Este banco visava preservar uma ampla variedade de sementes e outros materiais genéticos, garantindo sua disponibilidade futura para programas de melhoramento e pesquisa.

A principal função de um banco de germoplasma é armazenar e disponibilizar germoplasma, além de prover informações detalhadas sobre os acessos, destacando características importantes para programas de melhoramento genético (Nass; Paterniani, 2000; Ramos *et al*., 2007; Carvalho; Quesenberry, 2009; Santos; Silva; Ferreira, 2023).

A diversidade genética é essencial para a resiliência dos ecossistemas e a sobrevivência das espécies (Young; Spanholi, 2020). Variações genéticas dentro de uma espécie permitem a adaptação a mudanças ambientais, como variações climáticas, novas doenças ou pragas, e outros desafios. Sem essa variabilidade, as espécies se tornam vulneráveis à extinção. Os bancos de germoplasma preservam uma ampla gama de genótipos, garantindo essa diversidade para o futuro. Tal preservação é ainda mais relevante diante da degradação de habitats e da redução de populações silvestres, que comprometem a variabilidade genética in situ.

No contexto da segurança alimentar global, os bancos de germoplasma mantêm coleções de sementes e outros materiais genéticos de plantas cultivadas, incluindo variedades tradicionais e silvestres que não são mais amplamente utilizadas (BRASIL, 2006). Essas coleções fornecem genes valiosos para o desenvolvimento de novas variedades de culturas alimentares,

adaptadas a condições adversas como seca, salinidade, pragas e doenças. Com as mudanças climáticas afetando cada vez mais a produção agrícola, esses recursos são cruciais para garantir a resiliência e a sustentabilidade da produção de alimentos.

Além disso, os bancos de germoplasma fornecem materiais essenciais para pesquisas científicas, permitindo o estudo da variabilidade genética, a identificação de genes de interesse e o desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar cultivos e espécies (Costa *et al*., 2011). Também são fundamentais para a biotecnologia, disponibilizando material para a engenharia genética e outras formas de manipulação genética.

A preservação cultural é outro papel significativo dos bancos de germoplasma. Muitas comunidades ao redor do mundo utilizam variedades tradicionais de plantas, adaptadas às suas condições locais e com significados culturais e históricos. Preservar essas variedades ajuda a manter práticas e conhecimentos tradicionais, beneficiando gerações futuras.

Os bancos de germoplasma também funcionam como uma forma de seguro contra a perda de biodiversidade. Desastres naturais, guerras, mudanças climáticas e outras catástrofes podem destruir populações inteiras de espécies em seus habitats naturais. Ao manter coleções ex situ, esses bancos garantem que o material genético estará disponível para restauração e reintrodução, mesmo que a espécie seja extinta na natureza (Martínez, 2016).

Por fim, os bancos de germoplasma promovem a cooperação internacional ao fornecer uma base para o compartilhamento de recursos genéticos entre países. A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura (TIRFAA) estabelecem diretrizes para essa troca, incentivando a colaboração global na conservação e uso sustentável da biodiversidade (Gimenes; Barbieri, 2010).

3. Processos de conservação

A conservação de germoplasma envolve uma série de processos técnicos e metodológicos cuidadosamente elaborados para garantir a viabilidade e

integridade do material genético ao longo do tempo. A primeira etapa nesse processo é a coleta de amostras genéticas, que deve ser realizada de forma a capturar a máxima variabilidade genética possível, representando a diversidade existente dentro de uma espécie (Martínez, 2016).

A coleta pode envolver sementes, tecidos, células e DNA de diferentes populações e habitats. A coleta de sementes, uma das formas mais comuns de conservação, deve ser feita no momento certo da maturação para garantir sua viabilidade. Após a coleta, as sementes são secas com cuidado para reduzir o conteúdo de umidade, prolongando sua vida útil durante o armazenamento. Para espécies cujas sementes são inviáveis ou cuja conservação por esse método é impraticável, a coleta de tecidos ou células pode ser empregada, como folhas, caules, raízes ou células específicas que podem ser cultivadas in vitro (Martínez, 2016).

Hoyt (1992) propõe que a preservação do germoplasma pode ser feita tanto *in situ* quanto *ex situ*. O processo *in situ* refere-se à manutenção contínua de uma população em seu ambiente natural, enquanto o *ex situ* implica na conservação em ambientes distintos aos naturais. De acordo com Ramos *et al*. (2007), ao definir parâmetros para conservação *ex situ*, seja em coleções ativas ou de base, deve-se considerar a classificação das sementes para armazenamento, como recalcitrantes, ortodoxas[3] ou intermediárias[4]. Além disso, o objetivo e escopo da conservação, seja a curto, médio ou longo prazo, devem ser levados em conta.

Gimenes e Barbieri (2010) explicam que a preservação de recursos genéticos em bancos ativos pode ser realizada por diferentes métodos, como conservação em sementes, *in vitro*, criopreservação ou em campo. A escolha do método depende do comportamento das sementes da espécie em questão. No caso das sementes ortodoxas, a conservação envolve o armazenamento em câmaras frias a -20 °C, em umidade controlada, o que permite a conservação por longos períodos, como mais de dez anos, de diversos genótipos em espaços

[3] São sementes que podem ser armazenadas secas e que sobrevivem a baixas temperaturas e secagem.

[4] São aquelas que toleram secagem considerável (pelo menos até 30% UR), mas não completa.

reduzidos. Segundo a FAO, cerca de 90% dos seis milhões de acessos conservados no mundo são armazenados em bancos de sementes. Para espécies recalcitrantes ou genótipos específicos, utiliza-se conservação in vitro, criopreservação e in vivo (Gimenes; Barbieri, 2010).

A conservação *in vitro* é feita em meio de cultura estéril, geralmente em frascos de vidro, sendo indicada para espécies com sementes recalcitrantes[5] ou reprodução assexuada, como a mandioca e a batata. Contudo, essa técnica não é ideal para conservação em longo prazo devido à necessidade de infraestrutura especializada e pessoal qualificado, o que gera custos elevados. Já a criopreservação envolve o resfriamento de células ou tecidos a temperaturas extremamente baixas, de até -196 °C, interrompendo qualquer atividade biológica, como as reações bioquímicas associadas à morte celular. Para proteger as células, são usados crioprotetores[6] durante o resfriamento ou descongelamento. Após o congelamento, o material preservado está relativamente seguro de danos adicionais.

A conservação in vivo envolve a manutenção do material genético em campo, em uma área diferente da original. Essa prática é especialmente útil para espécies perenes, como aquelas com sementes recalcitrantes ou baixa produção de sementes, além de espécies com ciclo de vida muito longo ou aquelas que preferem ser mantidas como clones (Gimenes; Barbieri, 2010).

Os resultados obtidos por Perez-Garcia *et al*. (2006) indicam que, para armazenamento de médio prazo, o controle da umidade das sementes, especialmente utilizando sílica gel, é mais importante do que a temperatura. Gomes-Campo (2006) recomenda revisar as práticas de curadoria para sementes ortodoxas, destacando a importância do uso de sílica gel para um controle mais eficiente da umidade e a preservação em longo prazo.

Em relação ao armazenamento de sementes, Gomes-Campo (2002) e Costa *et al*. (2017) recomendam o uso de embalagens impermeáveis, como

[5] São aquelas que não sobrevivem ao armazenamento em ambientes secos ou congelamento. Elas são sensíveis à perda de água, o que faz com que precisem ser mantidas úmidas e plantadas o mais rápido possível.

[6] Substâncias que reduzem danos a células e tecidos durante o congelamento, descongelamento e secagem.

alumínio com tampas seladas, frascos com borrachas, frascos de laboratório e ampolas de vidro seladas a chama. Essas opções demonstraram ser adequadas para a conservação em longo prazo, garantindo a preservação do material genético. Além disso, ambos os autores sugerem que os bancos de sementes ortodoxas incorporem a utilização de indicadores químicos, como a sílica gel, para evitar perdas irreparáveis de germoplasma e reduzir a necessidade frequente de testes de germinação ou regeneração dos acessos.

4. Documentação do germoplasma

A etapa de documentação é fundamental para a conservação e o manejo sustentável da diversidade genética das plantas, envolvendo o armazenamento e a recuperação das informações relacionadas às amostras preservadas. É fundamental contar com um sistema de informações coordenado sobre os recursos genéticos, que integre os procedimentos de obtenção, registro, processamento, armazenamento e recuperação adequada dos dados (Giacometti, 1987). O acesso rápido às informações facilitará a utilização dos acessos preservados.

Com o aumento da erosão dos recursos genéticos vegetais, a principal preocupação dos melhoristas é a redução ou perda da variabilidade genética de espécies cultivadas e seus parentes silvestres, além das variedades locais, o que resulta no estreitamento da base genética (Hallauer; Miranda, 1988). Para preservar a variabilidade genética de culturas relevantes, o CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) estabeleceu o *International Plant Genetic Resource Institute* (IPGRI, 1974), que propõe normas internacionais para a regulamentação da coleta e transferência de recursos genéticos vegetais, facilitando seu uso e acesso. Este instituto se dedica à coleta, preservação, documentação e intercâmbio global de germoplasma.

A pesquisa em recursos genéticos e melhoramento vegetal no Brasil têm avançado consideravelmente, resultando no desenvolvimento de cultivares que atendem às crescentes demandas dos agricultores. Esses avanços buscam aumentar a produtividade, a diversidade, à adaptação a fatores bióticos e abióticos, além de viabilizar a modernização do sistema de cultivo, como a

mecanização e a adoção de práticas como o plantio direto (Andrade; Mendes, 2005).

Segundo os mesmos autores, é fundamental considerar o futuro da pesquisa nesse campo, diante do rápido avanço do conhecimento em biotecnologia moderna e tecnologia da informação. Este progresso ocorre em um contexto de grandes expectativas sociais em relação a questões como o meio ambiente e a segurança alimentar. O desenvolvimento tecnológico está no centro das discussões públicas e midiáticas, apresentando desafios significativos para as organizações de inovação tecnológica. Essas organizações precisarão transitar de um modelo acadêmico e disciplinar para um modelo mais complexo, alinhando diversas disciplinas e competências em redes de inovação que consigam enfrentar problemas cada vez mais complexos e interdisciplinares.

Em um cenário internacional complexo, marcado por interesses estratégicos em recursos biológicos, avanços em tecnologias dependentes de variabilidade genética e a consolidação de marcos legais de proteção do conhecimento, mudanças nas relações entre países e organizações no acesso a recursos genéticos são inevitáveis (Silva *et al*., 2001). A implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica, que resultou em legislações nacionais afirmativas de soberania sobre recursos biológicos, tem dificultado e reduzido o fluxo desses recursos globalmente.

Os mesmos autores ressaltam que as atividades de melhoramento genético no Brasil continuarão a depender fortemente da base genética disponível, representada pelos materiais armazenados nos bancos de germoplasma. Esses materiais são insumos críticos para o contínuo desenvolvimento do agronegócio nacional. Para garantir que o Brasil tenha acesso à variabilidade genética exótica e aos avanços internacionais em pesquisa genética, é necessário implementar políticas públicas que protejam o patrimônio genético nacional e promovam um intercâmbio eficiente com outros países.

5. Bancos de germoplasma

Alguns bancos de germoplasma notáveis, com foco em diferentes culturas:

- ✓ **Svalbard Global Seed**

- Localização: Noruega

O **Svalbard Global Seed Vault**, também conhecido como o "Cofre do Juízo Final", está situado na ilha de Spitsbergen, no arquipélago de Svalbard, Noruega. Inaugurado em 2008, o cofre foi criado para proteger a diversidade genética das plantas contra perdas causadas por desastres naturais, conflitos e outras crises globais. Seu objetivo principal é funcionar como um backup global para outros bancos de sementes, armazenando cópias de segurança das coleções de sementes de todo o mundo (Global Crop, 2022).

De acordo com esses mesmos autores, este banco de sementes oferece uma camada adicional de segurança para a preservação da diversidade genética vegetal, garantindo a proteção contra a perda irreversível de variedades e espécies. As sementes são armazenadas em pacotes hermeticamente selados, em condições de temperatura controlada a -18°C. A presença de *permafrost* natural na região é uma vantagem crucial, pois ajuda a manter essas condições ideais mesmo no caso de falha de energia, proporcionando uma camada extra de proteção para o material genético armazenado (Figura 1).

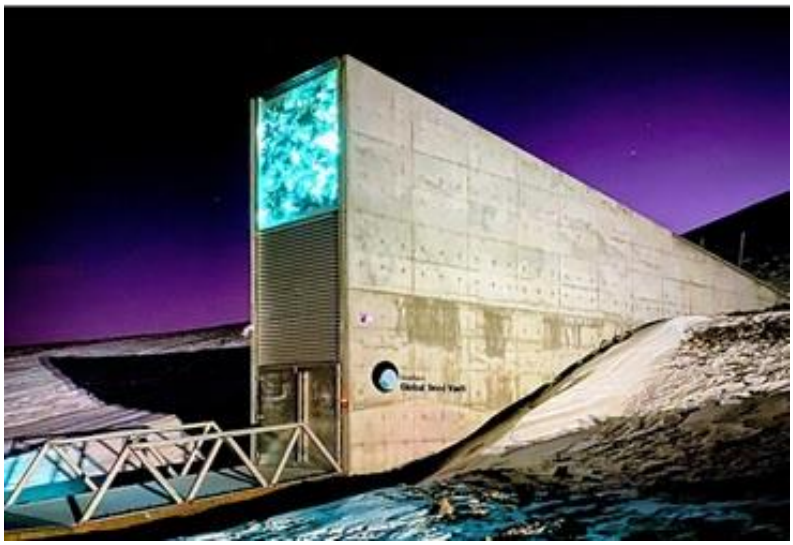

Figura 1. Banco de germoplasma “Svalbard Global Seed”. Fonte: https://revistacultivar.com.br/noticias/banco-mundial-de-sementes-guarda-uma-das-maiores-riquezas-da-humanidade.

✓ **Banco de Germoplasma Vegetal da Embrapa (Brasil)**

- Localização: Brasília, Brasil

Com 1.418 acessos, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) é o maior da América Latina. Além de preservar recursos genéticos vegetais, também abriga recursos genéticos de animais e microrganismos (Figura 2 e 3).

Um exemplo notável é o BAG de abacaxi, localizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, que é o maior do mundo dedicado ao gênero *Ananas*. Essa coleção *ex situ* preserva mais de 350 acessos em condições de campo, protegidos por telados com vasos plásticos, e em duplicata de segurança *in vitro*, iniciada em 2003, sob condições de crescimento mínimo. A coleção reúne uma ampla variabilidade genética, tanto intra quanto interespecífica, abrangendo características como cores, formas e tamanhos de frutos, teores de fibras e metabólitos secundários, com elevado potencial de exploração (Pádua; Albuquerque; Melo, 2020).

Conforme esses mesmos autores, as pesquisas associadas ao BAG têm gerado importantes avanços no melhoramento genético, caracterização, conservação e documentação. Essas ações são realizadas em colaboração com diversas instituições de ensino e pesquisa, promovendo o desenvolvimento de novos produtos e aplicações inovadoras.

Figura 2. Banco de Germoplasma da Embrapa (área externa). Fonte: https://am.cenargen.embrapa.br/numeros/Executar?acao=BGE.numeros.

Figura 3. Banco de Germoplasma da Embrapa (parte das dependências interna). Fonte: https://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2014-04/embrapa-completa-41-anos-e-inaugura-maior-banco-genetico.

✓ **Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT):**

- Localização: Cali, Colômbia.

A instituição possui um repositório de 23.140 recursos filogenéticos (127 gêneros e 700 espécies) de feijão, mandioca e forrageiras tropicais (Figura 4).

Figura 4. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Fonte: https://www.ecured.cu/Centro_Internacional_de_Agricultura_Tropical.

✓ **Banco Mundial de Germoplasma de Milho** (CIMMYT)

- Localização: Texcoco, México.

O Banco Mundial de Germoplasma de Milho no México, localizado no Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), tem como objetivo preservar a diversidade genética do milho promovendo a segurança alimentar e facilitando o melhoramento da cultura, além de apoiar pesquisas agrícolas sustentáveis (Figura 5 e 6).

Figura 5 e 6. Banco Mundial de Germoplasma de Milho. Fonte: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-visita-centro-de-melhoramento-de-milho-e-trigo-no-mexico.

O Banco Mundial de Germoplasma de Milho do CIMMYT, localizado em Texcoco, México, possui uma coleção de aproximadamente 28.000 acessos de milho, incluindo a maior coleção mundial de variedades tradicionais de milho, desenvolvidas e mantidas por agricultores ao longo de gerações, bem como parentes selvagens do milho, como o “teosinte” e o “Tripsacum” (GENEBANKS. CIMMYT, 2022).

- ✓ **Banco Mundial de Germoplasma de Arroz** (IRRI)

- Localização: Los Baños, Filipinas.

O Banco Mundial de Germoplasma de arroz fica localizado no *International Rice Research Institute* (IRRI), nas Filipinas, o instituto mantém uma das maiores coleções de germoplasma de arroz do mundo. Esse banco é um recurso fundamental para o desenvolvimento de variedades de arroz mais resilientes, nutritivas e adaptadas às diferentes condições climáticas e ambientais ao redor do globo (Figuras 7 e 8). Possui a maior coleção mundial de germoplasma de arroz, com aproximadamente 78.800 acessos (WORLD BANK, 2022).

Figura 7 e 8. Partes das dependências do Banco Mundial de Germoplasma de arroz no International Rice Research Institute (IRRI). Fonte: https://www.irri.org/news-and-events/news/irri-receives-google-support-apply-ai-climate-resilient-rice-development.

- ✓ **Banco de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas** (NBPGR)

- Localização: Nova Delhi, Índia.

O Banco de Germoplasma de Plantas Medicinais em Nova Delhi, Índia, está localizado no *National Bureau of Plant Genetic Resources* (NBPGR), que faz parte do Ministério da Agricultura e Bem-Estar dos Agricultores da Índia. Este banco contém plantas medicinais nativas e exóticas, com o objetivo de preservar a diversidade genética dessas plantas, apoiar pesquisas sobre suas propriedades terapêuticas, e promover o uso sustentável das plantas medicinais (Figura 9).

Figura 9. National Bureau of Plant Genetic Resources (NBPGR). Fonte: https://agri.bot/category/agricultural-universities-research-institutes/icar-national-bureau-of-plant-genetic-resources-new-delhi/.

✓ **Banco de Germoplasma de Hortaliças** (NPGS)

- Localização: Fort Collins, EUA.

O Banco de Germoplasma de Hortaliças está localizado no Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (NPGS), que faz parte do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), mais especificamente dentro do Agricultural Research Service (ARS). O banco é mantido no Gene Bank de Hortaliças, localizado em Fort Collins, Colorado. Este banco de germoplasma é um dos maiores e mais importantes do mundo, com coleção que inclui uma vasta gama de hortaliças, como alface, cenoura, pepino, tomate, entre outras (Figura 10).

Figura 10. Departamento de agricultura dos Estados Unidos. Fonte: https://www.ars.usda.gov/midwest-area/peoria-il/national-center-for-agricultural-uti lization-research/.

✓ **Banco de Germoplasma da Floresta Amazônica**

- Localização: Manaus, Brasil.

O Banco de Germoplasma da Floresta Amazônica é uma coleção de recursos genéticos de plantas nativas da Amazônia, que visa preservar a biodiversidade da região. Embora não exista um único banco de germoplasma exclusivo para toda a Floresta Amazônica, várias iniciativas e instituições estão envolvidas na conservação de germoplasma da biodiversidade amazônica. Algumas das principais iniciativas incluem a EMBRAPA (Figura 11), INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) e Museu Paraense Emílio Goeldi.

Figura 11. EMBRAPA – Amazônia Ociental. Fonte: https://agroflorestamazonia.com/noticias-recentes/saiba-qual-e-a-situacao-da-embrapa-amazonia-ociden tal/.

No Ifes Campus de Alegre há também algumas coleções de trabalho, compostas por acessos que foram coletados junto aos agricultores capixabas. No momento, há bancos ativos de germoplasma de feijão, pimenta, tomate, milho e batata-doce. Abaixo seguem algumas informações desses bancos, com os respectivos catálogos, que abordam importantes informações, com uma linguagem acessível aos agricultores, do germoplasma capixaba.

- ✓ **Banco Ativo de Germoplasma de Feijão Comum (Evaldo de Paula, Monique Moulin)**

- Localização: IFES - Campus Alegre

O catálogo de germoplasma, que inclui os acessos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) coletados em 2021, foi desenvolvido por meio de uma colaboração com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Esta parceria visa não apenas preservar a variabilidade genética do feijão cultivado no estado do Espírito Santo, mas também fornecer uma base sólida para o estudo e o uso sustentável dessa cultura tão importante para a agricultura local e nacional.

A coleta dos acessos realizada em 2021 tem como objetivo documentar e preservar a diversidade genética dos feijões cultivados pelos produtores rurais capixabas, que frequentemente utilizam variedades tradicionais adaptadas a condições específicas da região. Essas variedades são fundamentais para a segurança alimentar local, dado o papel central do feijão na alimentação dos brasileiros, sendo uma das principais fontes de proteína vegetal.

Com a presença de 132 acessos de feijão-comum no banco, este se torna um importante recurso para o desenvolvimento de novas variedades adaptadas a diferentes condições ambientais e para o aprimoramento das características agronômicas, como resistência a pragas, doenças, tolerância à seca e maior produtividade. A manutenção da diversidade genética é essencial, pois permite que os pesquisadores possam acessar uma ampla gama de características genéticas, favorecendo o melhoramento genético de cultivares que atendam às necessidades dos agricultores, especialmente no Espírito Santo, onde o feijão é uma das principais culturas (Figura 12).

Figura 12. Catálogo do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris*) do Ifes Campus de Alegre. Fonte: Paula *et al.*, 2022.

Além disso, a preservação e o estudo dessa variabilidade genética são de extrema importância para garantir a resiliência das culturas agrícolas em face das mudanças climáticas, que podem afetar a produtividade e a segurança alimentar. A coleta e o armazenamento de diferentes acessos de feijão ajudam a proteger contra a erosão genética, permitindo que o material genético de variedades tradicionais seja disponibilizado para futuras gerações de pesquisadores, melhoristas e agricultores.

Este banco de germoplasma também tem um valor significativo para a adaptação às exigências do mercado e ao desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis. A diversidade genética representada nos acessos coletados permite que os produtores rurais tenham acesso a cultivares mais eficientes e de melhor qualidade, contribuindo não apenas para a segurança alimentar, mas também para a sustentabilidade do agronegócio no Espírito Santo e em outras regiões.

O trabalho conjunto com o INCAPER é fundamental para garantir que esses recursos genéticos sejam utilizados de forma estratégica e eficaz, integrando práticas de manejo sustentável, que incluem o melhoramento genético e o manejo agroecológico, para que os feijões cultivados no estado continuem a atender às necessidades locais, ao mesmo tempo em que preservam a biodiversidade e contribuem para a conservação dos recursos naturais.

- ✓ **Banco Ativo de Germoplasma de Pimentas (Fábio Zampieri, Monique Moulin)**

- Localização: IFES – Alegre

No presente catálogo está representado os acessos de pimentas do gênero *Capsicum* coletados desde o ano de 2011. Nele há doações de germoplasmas de ouros estados, porém em sua maioria busca retratar a variabilidade de pimentas cultivadas pelos produtores rurais do estado do Espírito Santo O banco atualmente conta com 110 acessos de pimentas (Figura 13).

Figura 13. Catálogo do Banco Ativo de Germoplasma de Pimentas do Ifes Campus de Alegre. Fonte: Zampieri *et al.*, 2022.

- ✓ **Banco Português de Germoplasma Vegetal**

- Localização: Portugal

O Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV) está localizado no Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), em Braga-Portugal. Este banco tem como principal objetivo a conservação da diversidade genética de plantas cultivadas e de espécies vegetais de interesse agrícola, hortícola, florestal e ornamental (Figura 14 e 15).

Figura 14 e 15. Fachada e dependências do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV). Fonte: https://www.iniav.pt/index.php?id=1362.

O BPGV mantém uma vasta coleção de germoplasma, que inclui variedades tradicionais, espécies autóctones e outras com valor econômico ou ambiental. Além de sua função de conservação, o BPGV também promove a pesquisa científica e oferece apoio à agricultura sustentável, auxiliando em programas de melhoramento genético e na adaptação de espécies a diferentes condições ambientais.

- ✓ ***Millennium Seed Bank (*Monique Moulin)**

- Localização: Sussex, Inglaterra

O *Millennium Seed Bank*, localizado nos Jardins Botânicos Reais de Kew, no Reino Unido, é uma das maiores iniciativas de conservação de sementes do mundo. Sua missão é coletar e conservar sementes de plantas selvagens para salvaguardar a biodiversidade global e apoiar a restauração ecológica.

O banco possui uma coleção que abrange cerca de 40.000 espécies de plantas de todo o mundo, com um foco especial em espécies ameaçadas e aquelas de importância econômica. As sementes são secas e armazenadas em condições de baixa umidade e temperatura para maximizar sua viabilidade em longo prazo. Além da conservação, o *Millennium Seed Bank* atua como um centro de pesquisa e colabora com outras instituições globais para promover a ciência da conservação. Ele oferece suporte técnico e treinamento para melhorar as capacidades de conservação em outros países (Figuras 16 e 17).

Figura 16 e 17. Banco de Germoplasma Millennium Seed Bank, Sussex, Inglaterra. Fonte: Professora Dra. Monique Moulin, 2024.

6. Considerações

A conservação da biodiversidade é um pilar essencial para a sustentabilidade ambiental, pois possibilita a criação de estratégias eficazes para garantir a sobrevivência das espécies em um mundo em constante transformação. A diversidade genética dos ecossistemas naturais é um elemento fundamental para a adaptação das espécies a desafios globais, como as mudanças climáticas, doenças emergentes, a degradação ambiental e o impacto de atividades humanas. Nesse contexto, a preservação da variabilidade genética não apenas fortalece a resiliência das espécies, mas também assegura a continuidade dos processos ecológicos fundamentais para a saúde do planeta.

Os bancos de germoplasma surgem como ferramentas indispensáveis para a preservação de recursos genéticos, atuando como repositórios estratégicos que desempenham um papel vital na manutenção da diversidade genética necessária para os programas de melhoramento de cultivos e para a pesquisa científica. Por intermédio de metodologias avançadas, como a criopreservação, cultura de tecidos, e outras técnicas de preservação de longo prazo, esses bancos garantem a integridade e a acessibilidade do material genético, proporcionando um legado seguro para as gerações futuras. Além disso, práticas criteriosas de documentação e manejo desses recursos são essenciais para facilitar o acesso, o compartilhamento e a utilização do germoplasma de forma eficaz e responsável.

Ademais, os bancos de germoplasma não se limitam a sustentar a pesquisa e a produção agrícola moderna, mas desempenham um papel significativo na preservação do patrimônio cultural ligado às variedades tradicionais. Muitas dessas variedades, cultivadas por comunidades locais ao longo de gerações, estão intimamente associadas a práticas agrícolas ancestrais e saberes tradicionais. A proteção e o uso sustentável desses recursos genéticos asseguram a continuidade de métodos de cultivo adaptados a contextos locais, respeitando a diversidade cultural e promovendo a soberania alimentar.

Em um cenário de crescente erosão genética, causado pela homogeneização das culturas agrícolas e pela perda de habitats naturais, os bancos de germoplasma desempenham uma função insubstituível na conservação da biodiversidade. Eles são, de fato, um dos pilares mais

importantes para mitigar os impactos da globalização, do uso indiscriminado de recursos naturais e das práticas agrícolas insustentáveis. O investimento contínuo na manutenção e aprimoramento dessas coleções genéticas deve ser uma prioridade global, uma vez que suas implicações transcendem as fronteiras nacionais e os limites de uma única geração.

O papel dos bancos de germoplasma vai além da simples preservação de sementes e plantas: eles são guardiões da resiliência ambiental e da soberania alimentar. Ao garantir a proteção e a utilização responsável dos recursos genéticos, esses bancos ajudam a construir um futuro mais sustentável e seguro para as próximas gerações, promovendo a inovação tecnológica e científica, e contribuindo para a criação de soluções que atendam às necessidades ambientais, sociais e econômicas globais. Portanto, a sua continuidade e fortalecimento são fundamentais para a construção de um futuro resiliente e próspero, onde a biodiversidade, a cultura e a segurança alimentar caminham juntas em harmonia.

7. Referências

AMBATI, D. *et al*. Assessment of genetic diversity and development of core germplasm in durum wheat using agronomic and grain quality traits. **Cereal Research Communications**, v. 48, p. 375-382, 2020

ANDRADE, A. P. A. de; MENDES, R. A. **Levantamento dos recursos genéticos de Manihot silvestre no cerrado.** 2005.

BRASIL. **Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. - Brasília: MAPA/SENAR, 2021.

BRASIL. **Parentes silvestres das espécies de plantas cultivadas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 42 p.

CARVALHO, M. A.; QUESENBERRY, K. H. Morphological characterization of the USA Arachis pintoi Krap. and Greg. collection. **Plant Systematics and Evolution**, v. 277, p. 1-11, 2009.

COSTA, R.; DE MELLO, R. Um Panorama Sobre a Biologia da Conservação e as Ameaças à Biodiversidade Brasileira. **SAPIENS-Revista de divulgação Científica**, v. 2, n. 2, p. 50-69, 2020.

COSTA, T. S. *et al*. Diversidade genética de acessos do banco de germoplasma de mangaba em Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 46, p. 499-507. 2011.

GIMENES, M. A.; BARBIERI, R. L. **Manual de curadores de germoplasma - vegetal:** conservação em BAGs. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.

GÓMEZ-CAMPO, C. **Long term seed preservation:** the risk os selecting inadequate containers is very high. Madrid: Universidad Politécnica de Madri, 2002.

GUO, Yiyi *et al*. Construction of a worldwide core collection of rapeseed and association analysis for waterlogging tolerance. **Plant Growth Regulation**, v. 98, n. 2, p. 321-328, 2022.

HOYT, E. **Conservação dos parentes silvestres das plantas cultivadas**. Wilmington, Delaware: Addison Wesley, 1992. 52 p.

GENEBANKS. CIMMYT - **Banco Mundial de Germoplasma de Milho**. Disponível em: https://www.genebanks.org/genebanks/cimmyt/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 19 jan. 2025.

GIACOMETTI, D. C. Conservacion de recursos fitogenéticos. In: CONTRERAS, A. J.; ESQUINAS ALCAZAR, J J. SIMPÓSIO RECURSOS FITOGENÉTICOS, 1984, Valdívia. **Anais....** Chile: UACH-IBPGR, p. 167-173. 1987.

LASSOIS, L. *et al*. Genetic diversity, population structure, parentage analysis, and construction of core collections in the French apple germplasm based on SSR markers. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 34, p. 827-844, 2016

MARTÍNEZ, I. M. **Conservación de recursos fitogenéticos**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentación, 2016. 28 p.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 581-587, 2000.

PÁDUA, J. G.; ALBUQUERQUE, M. do S. M.; MELO, S. C. M. de. **Bancos e coleções de germoplasma da Embrapa:** conservação e uso (Editores Técnicos) – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 167 p. - (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 371).

PAULA, E. de *et al*. **Catálogo do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris*) do Ifes Campus de Alegre**, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre 2022. 26 f.

PÉREZ-GARCIA, F.; GONZÁLES-BENITO, M. E.; GÓMEZ-CAMPO, C. High viability recorded in ultra-dry seeds of 37 species of Brassicaceae after almost 40 years of strorage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 35, p. 1-11, 2006.

RAMOS, S. R. R; QUEIROZ, M. A.; PEREIRA, T. N. S. Recursos genéticos vegetais: manejo e uso. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 19, n. 4, p. 265-273, 2007.

SANDHU, N. *et al*. Development and validation of a novel core set of KASP markers for the traits improving grain yield and adaptability of rice under direct-seeded cultivation conditions. **Genomics**, v. 114, n. 2, p. 110269, 2022.

SANTOS, D. M. dos; SILVA, A. R.; FERREIRA, P. L. Bancos de germoplasma e sua importância para a conservação da biodiversidade e o melhoramento genético. **Revista Brasileira de Recursos Genéticos**, v. 12, n. 2, p. 45-62, 2023. DOI: 10.1590/rbrg.2023.12.2.0045.

SILVA, D. J. H.; MOURA, M. C. C. L.; CASALI, V. W. D. Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: Histórico e expedições de coleta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 108-114, 2001.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental.** Vol. III. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. 311 p. **ISBN:** 978-65-84548-27-5. DOI: **h**ttps://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-27-5

YAO, Q.-l.; PING, F. A. N.; ZOU, S.-X. Constructing a core collection for Maize (Zea mays L.) landrace from Wuling Mountain Region in China. **Agricultural Sciences in China**, v. 7, n. 12, p. 1423-1432, 2008.

YOUNG, C. E. F.; SPANHOLI, M. L. Uma visão econômica sobre a conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. **Comciência**, Campinas, 5 out. 2020.

ZAMPIERI, F. G. **Catálogo do banco ativo de germoplasma de pimentas do Ifes campus de Alegre** – Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre, 2022, 21 f.

WORLD BANK. **Banco Mundial de Germoplasma de Arroz (IRRI).** Disponível em: https://documents1.worldbank.org/curated/es/745601468765287938/pdf/31133010spanish.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 19 jan. 2025.

Global Crop Diversity Trust (Crop Trust). **Svalbard Global Seed Vault**. Disponível em: https://www.croptrust.org/what-we-do/svalbard-global-seed-vault/. Acesso em: 19 jan. 2025.