

CLEBERTON CORREIA SANTOS

ORGANIZADOR

AGROBIODIVERSIDADE
Manejo e Produção
Sustentável

Volume I



Pantanal Editora

2020

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

AGROBIODIVERSIDADE
Manejo e Produção Sustentável
Volume I



2020

Copyright® Pantanal Editora
Copyright do Texto® 2020 Os Autores
Copyright da Edição® 2020 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora

Edição de Arte: A editora e Canva.com

Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI

- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A281	Agrobiodiversidade [recurso eletrônico] : manejo e produção sustentável - volume I / Organizador Cleberton Correia Santos. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 146p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-88319-14-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319147 1. Agrobiodiversidade. 2. Ecologia agrícola. 3. Sustentabilidade. I. Santos, Cleberton Correia. CDD 333.953
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

O e-book **Agrobiodiversidade: manejo e produção sustentável** de publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus 12 capítulos, estudos no âmbito agrônomo que direcionam para a sustentabilidade dos sistemas de produção por meio de técnicas baseadas numa ótica holística, objetivando-se o manejo dos recursos naturais renováveis, uma produção vegetal ambientalmente amigável e a qualidade de vida da população.

Considerando os padrões ambientais emergentes e panorama mundial pela busca por alimentos saudáveis associados a sustentabilidade dos agroecossistemas, o e-book tem como propósito a difusão de informações por meio de revisão de literatura, trabalhos técnico-científicos e/ou relatos de experiências que contribuam acerca do manejo da agrobiodiversidade. Os capítulos são compostos por trabalhos sobre a conservação *in situ* e *ex situ* de espécies nativas, manejo e controle de insetos-pragas e doenças e suas relações ecológicas, e dos aspectos fitotécnicos na produção de hortaliças convencionais e não convencionais, plantas ornamentais e medicinais.

Aos autores pela dedicação para o desenvolvimento dos trabalhos aqui apresentados, realizados junto a Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e à Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT/Campus de Juara), que serão bases norteadoras para outras pesquisas que fortaleçam a agricultura sustentável e promovam o desenvolvimento rural, os agradecimentos do Organizador e da Pantanal Editora.

Por meio desta obra, esperamos contribuir no processo de ensino-aprendizagem e reflexões sobre a aplicabilidade de práticas agrônômicas que promovam o manejo da agrobiodiversidade e o desenvolvimento rural sustentável.

Ótima leitura!

Cleberton Correia Santos


SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I	6
Trabalho voluntário: Implantação e condução de horta educativa em escola estadual de Juara MT ..	6
Capítulo II	14
Consortiação em horticultura: uma alternativa em sistemas produtivos	14
Capítulo III	32
Contribuição do uso de adubos verdes na classificação de bulbos de cultivares de cebola	32
Capítulo IV	43
Micropropagação para a conservação de espécies e melhoramento genético	43
Capítulo V	62
Intensidade luminosa na suscetibilidade de plantas a viroses.....	62
Capítulo VI	71
Atributos químicos dos substratos para aclimatização de Orchidaceae	71
Capítulo VII	79
Biofertilizante influenciando a emergência e acúmulo de biomassa em plântulas de <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	79
Capítulo VIII	86
Multiplicidade de usos de espécies arbóreas e arbustivas em sistemas agroflorestais biodiversos	86
Capítulo IX	104
Efeito de extratos vegetais de <i>Styrax camporum</i> Pohl. sobre a oviposição de <i>Plutella xylostella</i> (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae).....	104
Capítulo X	116
Extrato aquoso de <i>Simarouba versicolor</i> A. St-Hill (Simaroubaceae) afeta a oviposição de traça-das- crucíferas	116
Capítulo XI	126
Tamanho de mudas e solo coberto com cama de frango de diferentes bases influenciando o crescimento de plantas de mandioquinha-salsa.....	126
Capítulo XII	137
Tipos e tamanhos de propágulos influenciando o crescimento de plantas de <i>Maranta arundinacea</i> ..	137
Índice Remissivo	145

Micropropagação para a conservação de espécies e melhoramento genético


Recebido em: 21/07/2020


Aceito em: 30/07/2020

 10.46420/9786588319147cap4

Luan Marlon Ribeiro^{1*} 

José Carlos Sorgato¹ 

Jackeline Schultz Soares¹ 

Sílvia Correa Santos¹ 

INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade vegetal é uma questão importante para a população em todo o mundo. Uma vez que, fatores como a pressão antropogênica, a introdução de espécies exóticas, bem como as espécies domesticadas e a infestação crônica de ervas daninhas refletem em um aumento no número de espécies ameaçadas (Pandey et al., 2015; Brahmi; Tyagi, 2019).

Essa biodiversidade é uma fonte natural de produtos para as indústrias alimentícia e medicinal. Esses recursos genéticos representam uma fonte de variabilidade genética para a produção de novas variedades que atendem as necessidades de produtores e de consumidores, também são importantes por promoverem segurança ao meio ambiente, evitando que condições bióticas e abióticas possam causar danos irreparáveis aos ecossistemas (Cruz-Cruz et al., 2013).

Nesse contexto de conservação, duas organizações se mostram fundamentais. A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), que desde sua criação, em 1964, é responsável pelo estabelecimento de categorias de conservação de espécies da fauna e flora, com o propósito de preservar as espécies tidas como ameaçadas, auxiliando na identificação das que necessitam de maior atenção conservacionista (Costa; Martins, 2008). E a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que foi fundada no final da década de 1940, consolidando um tratado entre 146 países, inclusive o Brasil, sobre a forma como esses países devem lidar com a conservação de seus recursos genéticos, sendo suas maiores preocupações relacionadas à fome mundial e à conservação dos recursos genéticos vegetais (Santonieri; Bustamante, 2016).

Em decorrência da importância da conservação das espécies vegetais, as técnicas utilizadas podem ser realizadas tanto *in situ* quanto *ex situ*. A conservação *in situ* constitui estratégias de

¹ Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados/Itahum, Km 12 – Unidade II, CEP 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

* Autor de correspondência: luanmarlon@hotmail.com; josesorgato@ufgd.edu.br

conservação de ecossistemas e habitats naturais, além da manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies em seus ambientes naturais ou nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características. Já a conservação *ex situ* constitui em estratégias de preservação e recuperação de espécies vegetais como plantas cultivadas em estufas e sementeiras, ou seja, com o material biológico fora de seu habitat natural (Silva et al., 2018).

As estratégias de conservação *in situ* e *ex situ* são complementares e não exclusivos. Esses métodos oferecem alternativas diferentes para a conservação, mas a seleção da estratégia apropriada deve ser baseada em vários critérios, incluindo a natureza biológica das espécies e a viabilidade de aplicar os métodos escolhidos (Engelmann, 2012; Reed, 2017).

Somente os métodos *in situ* são insuficientes para conservar a biodiversidade vegetal, uma vez que, devido à destruição de habitats e às transformações de ambientes naturais houve a diminuição de espécies e populações de certos ecossistemas, levando a uma perda significativa da biodiversidade. Assim, estratégias *ex situ*, tais como armazenamento em bancos de sementes, coleções de genes de campo, coleções *in vitro* e jardins botânicos, complementam os programas de preservação da diversidade genética vegetal. A conservação *ex situ* é uma maneira viável de preservar espécies vulneráveis ou em vias de extinção sendo, em alguns casos, a única estratégia possível para conservar essas espécies (Pandey et al., 2015; Silva et al., 2018; Oseni et al., 2018).

Atualmente, a biotecnologia tem sido utilizada para conservar *ex situ* espécies ameaçadas, raras, ornamentais, medicinais e florestais, permitindo a conservação de material livre de patógenos, plantas de elite e diversidade genética a curto, médio e longo prazo (Reed, 2017). A conservação *in vitro* é especialmente importante para espécies propagadas vegetativamente e para plantas com sementes não ortodoxas (Engelmann, 2011).

Além disso, as técnicas *in vitro* oferecem um meio seguro para a troca internacional de material vegetal, possibilitam o estabelecimento de coleções extensivas usando o espaço mínimo, permitem o fornecimento de material valioso para a recuperação da população nativa e facilitam as investigações moleculares e estudos ecológicos (Pandey et al., 2015). Dessa forma, as técnicas de micropropagação, merecem destaque, pois são ferramentas biotecnológicas importantes na conservação de espécies nativas ou obtenção de plantas tanto para a pesquisa, quanto para a produção em escala comercial (Cardoso, 2014).

Desse modo, o objetivo deste trabalho é relatar as técnicas utilizadas na micropropagação para a conservação de espécies e melhoramento genético.

BANCO DE GERMOPLASMA

As tecnologias destinadas à conservação têm como princípio básico manter o máximo da diversidade genética de determinados vegetais, visando o seu uso atual e futuro como fonte de variabilidade genética (Scherwinski-Pereira; Costa, 2010; Gulati, 2018). A preservação dessa variabilidade nas plantas é uma necessidade e um grande desafio para a pesquisa, considerando a complexidade e o grande potencial principalmente das plantas para o uso na alimentação, medicina, ornamentação entre outras utilidades, muitas das quais subestimadas (Souza, 2018).

As ações antrópicas, como a fragmentação dos ecossistemas, os estresses ambientais pela poluição e as mudanças climáticas, são apontadas, de maneira global como as principais causas da perda da diversidade genética. Além desses fatores, a exploração dos recursos naturais de forma excessiva e não planejada por meio da expansão agrícola, das queimadas, exploração madeireira, construção de estradas e hidroelétricas, além do extrativismo, tem levado a perda de recursos vegetais (Pandey et al., 2015; Brahmi; Tyagi, 2019).

Uma das formas de conter o acelerado ritmo de extinção de espécies vegetais potencialmente úteis ou de interesse econômico imediato é a conservação em bancos de germoplasma. Os bancos de germoplasma são classificados como coleções vivas de todo o patrimônio genético de uma espécie ou gênero, a qual deve conter uma variabilidade genética mínima, oriunda de acessos silvestres, nativos, cultivares obsoletas ou desenvolvidas pelo melhoramento genético, para conservação e utilização a longo ou curto prazo (Gulati, 2018; Souza, 2018).

Para atender a esse conceito, foram criados modelos de coleções de diferentes tipos, como por exemplo os bancos de germoplasma *ex situ*, que podem envolver o armazenamento de sementes, as plantas propagadas *in vitro* e também o cultivo no campo (Offord, 2017).

No Brasil, existem vários bancos de germoplasma ativos. As atividades de coleta e conservação da biodiversidade dessas coleções começaram a partir do ano de 1970 com a criação do Centro Nacional de Recursos Genéticos – CENARGEN, que desde sua fundação vem com a missão original focada na conservação dos recursos genéticos para alimentação e agricultura, inicialmente com diferentes iniciativas de coleta e conservação de germoplasma realizadas junto a diversas instituições de pesquisa e universidades brasileiras, e dentro do contexto, hoje é o órgão reconhecido como um dos maiores centros de conservação do mundo (Santonieri; Bustamante, 2016).

BANCO DE GERMOPLASMA *EX VITRO*

PRESERVAÇÃO DE SEMENTES

O armazenamento de sementes é um dos métodos de preservação *ex situ* que tem como principal objetivo a conservação seminífera, preservando a qualidade física, fisiológica e sanitária. Contudo, o êxito desse armazenamento depende do conhecimento sobre o comportamento destas durante o processo (Freitas et al., 2019).

As sementes podem ser classificadas como ortodoxas, recalcitrantes, ou intermediárias (Taiz et al., 2017). As ortodoxas permanecem viáveis posteriormente à dessecação até um grau de umidade em torno de 5% e podem ser armazenadas em baixas temperaturas por um longo período (Garcia et al., 2011). Já as recalcitrantes, ou sementes sensíveis à dessecação, não sobrevivem aos baixos níveis de umidade, o que impede o seu armazenamento por um longo período (Barros et al., 2019).

Além dessas, existem sementes com um comportamento intermediário entre ortodoxas e recalcitrantes, as quais toleram a desidratação de 7% a 10% de umidade, porém não sobrevivem a baixas temperaturas durante período de tempo prolongado (Garcia et al., 2011), tais como cafeeiro (*Coffea arabica* L.), mamoeiro (*Carica papaya* L.), e dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.) (Scherwinski-Pereira; Costa, 2010; Costa et al., 2011).

Ainda, a conservação de sementes também pode ser um método inviável para algumas espécies vegetais, tais como aquelas que não produzem sementes ou as produzem de modo insatisfatório, fazendo-se necessária a propagação vegetativa como exemplo bananeiras (*Musa* spp.), coqueiro (*Cocos nucifera* L.), abacateiro (*Persea americana* Mill.), mangueira (*Mangifera indica* L.) e cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) (Scherwinski-Pereira; Costa, 2010; Costa et al., 2011).

Mesmo assim, diversas espécies vegetais, principalmente as nativas dos diferentes biomas brasileiros e as de importância agrônômica, industrial e medicinal, vêm sendo conservadas através dos bancos de sementes, sendo algumas delas listadas na Tabela 1.

O banco de sementes é um tipo de conservação *ex situ* que desempenha papel fundamental para a conservação *in vitro* do material vegetal, pois pode possibilitar o armazenamento seminífero por longos períodos, evitando a perda de recursos genéticos e preservando as fontes e genes para o uso futuro, além de colecionar, identificar e caracterizar genótipos para o uso no melhoramento (Koopowitz; Hawkins, 2012; Hosomi, 2016).

Tabela 1. Lista de espécies armazenadas em bancos de sementes.

Autor	Espécie	Condição de armazenamento	Família	Local*
Macedo et al., 2014	<i>Brassavola tuberculata</i> Hook	4°C e 6% UR	Orchidaceae	UFGD
Hengling, 2015	<i>Cattleya tigrina</i> A.Rich	5°C e 6% UR	Orchidaceae	UNOESTE
Hengling, 2015	<i>Cattleya amethystoglossa</i> Lindley	5°C e 6,4% UR	Orchidaceae	UNOESTE
Caldeira et al., 2016	Tabaco spp.	10°C e 50% UR	Solanaceae	UFLA
Alves et al., 2017	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	26°C e 7% UR	Poaceae	IFG
Dantas et al., 2018	<i>Sapindus saponaria</i> Linnaeus	9°C e 65% UR	Sapindaceae	UFS
Oliveira et al., 2018a	<i>Vochysia divergens</i> Pohl	2°C e 10% UR	Vochysiaceae	INPP
Oliveira et al., 2018b	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	10°C e 9% UR	Anacardiaceae	INCAPER
Silva et al., 2019	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	8°C e 49% UR	Myrtaceae	UFLA

*UFGD: Universidade Federal da Grande Dourados; UNOESTE: Universidade do Oeste Paulista; UFLA: Universidade Federal de Lavras; IFG: Instituto Federal de Goiás; UFS: Universidade Federal de Sergipe; INPP: Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal; INCAPER: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Fonte: Os autores.

BANCO DE GERMOPLASMA *IN VITRO*

Convencionalmente, o germoplasma vegetal pode ser mantido na forma de sementes ou propágulos vegetativos. Estes últimos podem ser conservados *in vitro*, em nitrogênio líquido, em câmaras frias ou salas de crescimento com baixas temperaturas (Reed, 2017).

Os bancos de germoplasma *in vitro* são coleções de germoplasma mantidos em salas de crescimento, em condições que reduzem o crescimento dos propágulos (Reed, 2017). A conservação é feita por meio de meristemas ou outros tecidos das plantas. Essa técnica baseia-se em modificações nas

condições físicas ou químicas do meio de cultura, porém sem afetar a viabilidade genética e biológica das plantas (Carvalho et al., 2014).

Alguns métodos, como crescimento lento são comumente utilizados no cultivo *in vitro*. Essa técnica permite que o material vegetal seja mantido por alguns anos em condições de subcultivos periódicos (Gulati, 2018). Em outras palavras, o material vegetal permanece sob crescimento lento em condições estéreis e fatores ambientais controlados, como por exemplo, meios de cultura modificados. Os explantes mais utilizados nesse caso são brotos, folhas, pedaços de flores, embriões imaturos, fragmentos de hipocótilos ou cotilédones (Gulati, 2018).

A maior dificuldade da manutenção de bancos de germoplasma *in vitro* são os altos custos para manter o estoque, espaço disponível na sala de crescimento, riscos de contaminação e também de variação somática dos clones ao longo do tempo (Reed, 2017).

Comumente, as culturas de maior interesse comercial ainda são mantidas em bancos de germoplasma a campo, tanto por instituições de pesquisas como em jardins botânicos (Reed, 2017; Silveira; Sibov, 2019). Nesse sentido, a biotecnologia pode ser utilizada por essas mesmas instituições, oferecendo possibilidades de grande interesse como complemento à conservação tradicional a campo, tais como a conservação *in vitro* por meio dos bancos de germoplasma (Machado et al., 2011; Carvalho et al., 2014).

PROPAGAÇÃO *IN VITRO* DE PLANTAS COMO FERRAMENTA PARA A CONSERVAÇÃO

MICROPROPAGAÇÃO

Dentre as diferentes formas de conservar a biodiversidade, a micropropagação, com suas diversas técnicas, surge como ferramenta importante, que facilita a manipulação das plantas para obtenção de processos ou produtos de interesse, com aplicação em diferentes áreas, tais como o melhoramento genético e o aumento ou a produção de metabólitos de interesse econômico (Morales et al., 2015).

A micropropagação tem sido a técnica de propagação *in vitro* mais aplicada na cultura de tecidos de plantas, e tornou-se um termo utilizado para referir-se à propagação vegetal *in vitro*, a partir de alguma parte específica da planta, baseada na capacidade morfo genética e totipotencial das células (Correia et al., 2011).

Qualquer parte da planta destinada à utilização *in vitro* é um explante. Este pode ser uma célula, tecido ou órgão, o qual sob condições assépticas, em meio nutritivo, visa a micropropagação no

melhoramento, armazenamento e/ou limpeza clonal, além da conservação de espécies ameaçadas de extinção (Cruz-Cruz et al., 2013).

A micropropagação pode utilizar-se dos métodos da embriogênese de células somáticas ou organogênese adventícia, sendo realizada em explantes recém obtidos ou em calos subcultivados (Benelli et al., 2012). Na organogênese ocorre a diferenciação de novas gemas e brotações (cauligênese) e raízes (rizogênese) durante o desenvolvimento vegetal (Zimmerman, 2010). A embriogênese somática envolve o desenvolvimento de embriões a partir de células somáticas, constituindo-se de estruturas que contam com seus meristemas caulinares e radiculares e, por sua vez, manifestam um sistema vascular fechado sem conexão com os tecidos do explante inicial. Esta característica difere os embriões somáticos dos propágulos resultantes do processo de organogênese (Reed, 2017).

Esta técnica é aplicada na produção comercial de plantas em todo o mundo, apresentando diversas vantagens em relação aos métodos convencionais, como a multiplicação de clones em qualquer época do ano e rápida multiplicação clonal de espécies que dificilmente seriam propagadas por métodos convencionais, eliminação de patógenos em materiais infectados e de agentes causadores de doenças (Bonilla; Caetano, 2013; Tavazza et al., 2013).

A micropropagação permite que mudas sejam mantidas em bancos de germoplasma *in vitro*, livre de patógenos, em um espaço relativamente curto, baixo custo de manutenção e condições controladas que facilitam o manuseio a curto ou longo tempo desse material. Além disso, os bancos de germoplasma *in vitro* também possibilitam a introdução de espécies, troca de material entre instituições e pesquisadores, garantindo assim, a conservação e a disponibilidade desse recurso genético (Morales et al., 2015).

USO DE SEMENTES SINTÉTICAS

Sementes artificiais ou sintéticas têm sido definidas como estruturas análogas às sementes botânicas, obtidas a partir do encapsulamento de micropropágulos (unidades encapsuláveis) em endosperma artificial, passíveis de serem utilizadas para semeadura sob condições *in vitro* ou *ex vitro* e, sobretudo, capazes de se converterem em plantas normais (Silva et al., 2015).

O potencial do uso de sementes sintéticas é amplo, incluindo a facilidade no transporte, armazenamento e plantio de germoplasmas elite e conservação de características clonais, além de proporcionar melhor controle na produção de mudas, tempo de produção, subcultivos reduzidos e baixo custo de produção por planta no cultivo *in vitro* (Silva et al., 2014).

Esse tipo de semente foi utilizado pela primeira vez pelo pesquisador Toshio Murashige na década de 70, e desde então foram desenvolvidos vários trabalhos que permitiram a aplicação dessa

técnica não apenas em embriões somáticos, mas também para ápices caulinares, agregados de células (calos), gemas axilares, entre outros propágulos vegetativos (Silva et al., 2015).

Atualmente as sementes sintéticas podem ser usadas em conjunto com a criopreservação para a conservação dos recursos genéticos vegetais *in vitro*, sendo mais utilizadas para as culturas como cereais, frutíferas, hortaliças, ornamentais e florestais, com a técnica de encapsulamento (Silveira; Sibov, 2019).

Várias espécies já possuem protocolos específicos para a formação de sementes sintéticas, sendo algumas delas listadas na Tabela 2.

Tabela 2. Lista de espécies com formação sintética de semente.

Autor	Espécie	Formação	Local*
Pereira et al., 2008	<i>Piper hispidinervium</i> C. DC.	Sementes pré-germinadas + MS ½ + carvão ativado + NaC ₆ H ₇ O ₆ (2,5%)	Embrapa Acre
Hung; Trueman, 2012	Híbrido (<i>Corymbia torelliana</i> F. Muell x <i>C. citriodora</i> Hill & Johnson)	Brotos axilares + MS ½ + NaC ₆ H ₇ O ₆ (3%) + CaCl ₂ .2H ₂ O (0,1 M)	UCS
Hung; Trueman, 2012	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	Brotos axilares + MS ½ + NaC ₆ H ₇ O ₆ (3%) + CaCl ₂ .2H ₂ O (0,1 M)	UCS
Silva et al., 2015	<i>Passiflora cincinnata</i> Mast	Embriões somáticos + NaC ₆ H ₇ O ₆ (2,5%) + CaCl ₂ .2H ₂ O (0,1 M)	UNEMAT
Braga, 2017	<i>Campomanesia adamantium</i> Camb.	Sementes + NaC ₆ H ₇ O ₆ (2,5%) + CaCl ₂ .2H ₂ O (0,1 M)	UFG
Duarte et al., 2018	<i>Glycine max</i> L. Merrill	Sementes + (Ca(NO ₃) ₂) (5%) + NaC ₆ H ₇ O ₆ (2%)	UFV
Silveira; Sibov, 2019	<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.)	Ápices caulinares + MS + NaC ₆ H ₇ O ₆ (3%) + 4,4µM BAP	IFG

*UCS: Universidade de Caxias do Sul; UNEMAT: Universidade do Estado de Mato Grosso; UFG: Universidade de Goiás; UFV: Universidade Federal de Viçosa; IFG: Instituto Federal de Goiás. Fonte: Os autores.

Basicamente, em laboratórios de cultivo *in vitro*, o encapsulamento de camada simples (ou beads) é mais usual por sua facilidade. Esse método baseia-se em misturar os explantes de determinada espécie em alginato de sódio ($\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$), que é um produto de baixo custo e não apresenta toxicidade para a planta. Posteriormente, os micropropágulos são misturados, individualmente, a uma alíquota de endosperma sintético e, em seguida, essa mistura de propágulo e endosperma é colocada em solução de cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) para a formação da cápsula. Após o tempo determinado para cada espécie, as unidades encapsuladas são submetidas à tríplex lavagem com água destilada estéril, para a remoção do excesso de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, e em seguida são conservadas em baixas temperaturas (Silva et al., 2014; Silveira; Sibov, 2019).

CRIOPRESERVAÇÃO

A criopreservação é um método de conservação *in vitro* em longo prazo, em que o material biológico é submetido a temperaturas extremamente baixas utilizando nitrogênio líquido ($-196\text{ }^\circ\text{C}$) ou em sua fase de vapor ($-150\text{ }^\circ\text{C}$). Para a criopreservação, diferentes órgãos vegetais podem ser utilizados, tais como suspensão de células e sementes e até mesmo protocormos de orquídeas (Stulzer et al., 2018; Vendrame, 2018).

Esse método induz a planta a entrar em um estado de paralização celular, mas mantém a estrutura celular e o material genético perfeito. Assim, após o descongelamento, o vegetal tem suas atividades metabólicas restabelecidas, sendo possível produzir novas plantas saudáveis e viáveis (Hughes; Kane, 2018).

O sucesso na criopreservação depende dos diferentes níveis de tolerância da espécie utilizada e, mesmo entre diferentes tecidos de uma mesma espécie, geralmente estruturas menores são mais apropriadas, pois desidratam e congelam mais rápido e uniformemente. A desidratação, congelamento, descongelamento e regeneração são etapas críticas para o sucesso da criopreservação (Villalobos et al., 2019).

O ponto crucial neste processo é o teor de água do material a ser criopreservado, pois a desidratação excessiva da célula pode levar à morte e o acúmulo de água à formação de cristais de gelo no interior celular, podendo causar o rompimento das membranas celulares (Stulzer et al., 2018).

A utilização de soluções crioprotetoras é fundamental para que os propágulos tolerem temperaturas ultrabaixas ao serem armazenados em nitrogênio líquido. A vitrificação é uma das técnicas crioprotetoras. O método consiste em tratar o material vegetal com uma solução concentrada de lavagem inicial (glicerol 2,0 M e/ou sacarose 0,4 M) e, em seguida, desidratar o material vegetal por intermédio de uma solução altamente concentrada, sendo a solução vitrificante utilizada PVS2 (Plant Vitrification Solution 2) com base em glicerol e com molaridade igual a 7,8 M e congelamento rápido.

Para resgatar o material, o processo baseia-se no aquecimento rápido a 40 °C, remoção dos crioprotetores e inoculação em meio de cultivo (Moraes et al., 2019; Villalobos et al., 2019).

Para algumas plantas, como as arbóreas, cujas sementes não são produzidas em número suficiente ou são viáveis por curto período, os brotos apicais e axilares são o material preferido para a criopreservação, pois contém o meristema preexistente que pode se transformar diretamente em broto após o reaquecimento (Vendrame, 2018).

Outros tecidos vegetais *in vitro* podem ser usados para criopreservação, tais como suspensão celular, calo embriogênico, pólen e embrião somático. Algumas plantas criopreservadas pelo método de vitrificação são *Artocarpus heterophyllus* Lam. (eixo embrionário), *Citrus* spp. (eixo embrionário, ponta de broto, embrião somático e calo), *Populus nigra* L. (ponta de broto), *Prunus* spp. (miniastacas) e *Hevea brasiliensis* L. (cultura da antera) (Stulzer et al., 2018; Vendrame, 2018).

As coleções de germoplasma criopreservado são armazenadas em vários criobancos como Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento (IRD) na França (dendê); o Departamento Nacional de Recursos Genéticos Vegetais (NBPGR) na Índia (cítricos, jacas, *Prunus amygdalus* L., mangas, bananas, nim, amoreiras, etc.); e o National Citrus Repositor na China (citros), para conservação e propagação futura (Hong et al., 2016; Rosa, 2018; Vendrame, 2018).

CLONAGEM

A clonagem é um método de propagação utilizado na multiplicação das mais variadas espécies de plantas, podendo ocorrer naturalmente ou por meio de métodos de enxertia ou estaquia, e desde a década de 1950 também por meios laboratoriais pela micropropagação (Sarmah et al., 2017).

O cultivo *in vitro* se destaca em vários setores agrícolas, tais como: fruticultura, floricultura, horticultura, como também na área florestal, por promover o incremento da produção de mudas vigorosas e livres de patógenos, contribuindo consequentemente, para o aumento da produtividade do setor agrícola (Morales et al., 2015). Dentre essas técnicas, a clonagem é uma das aplicações mais rotineiras e de maior impacto para agricultura, pois permite uma rápida multiplicação de plantas em larga escala, com características agronômicas superiores (Sarmah et al., 2017). Os explantes, segmentos de tecidos ou órgãos retirados da planta matriz, utilizados para iniciar o cultivo *in vitro*. Os mais frequentemente utilizados são os ápices caulinares, meristemas ou gemas (Balilashaki et al., 2014).

Essa técnica consiste, basicamente, em cultivar em ambiente asséptico segmentos de plantas (gemas, ápices caulinares, meristemas, fragmentos de folhas e raízes, entre outros), em frascos específicos contendo meio nutritivo com balanço hormonal adequado, proporcionando a produção de milhares de plantas idênticas à planta mãe, livres de doenças em curto espaço de tempo (Benelli et al., 2012).

Ulisses et al. (2010) divide a clonagem vegetal nos seguintes estágios:

- Estágio I - Seleção da planta mãe ou matriz: geralmente as plantas matrizes possuem características agrônômicas superiores e recebem tratamento fitossanitário, nutricional e hídrico, para aumentar a probabilidade de sucesso nos estágios seguintes da micropropagação;
- Estágio II - Seleção e tratamento do explante: nesse estágio retira-se um segmento de tecido (explante) da planta matriz, é realizada a desinfestação e inoculação em meio nutritivo;
- Estágio III - Multiplicação: para a propagação *in vitro* utiliza-se principalmente gemas apicais e axilares, além de brotações laterais do explante para realizar os sucessivos subcultivos;
- Estágio IV - Enraizamento: transferência para meio de enraizamento e posteriormente transplântio e aclimatização das plantas em substrato.

A técnica de clonagem é usada em diversas culturas de interesse comercial para seleção de plantas mais produtivas, resistentes a doenças ou para conservação daquelas que estejam vulneráveis e até mesmo ameaçadas de extinção (Castro et al., 2016; Sarmah et al., 2017).

No Brasil, na década de 40, aconteceram os primeiros estudos de seleção de híbridos oriundos de clones de *Eucalyptus* sp., com intuito de selecionar plantas com maiores produtividades em matéria prima (Castro et al., 2016).

Já na década de 80, foi criado pela Embrapa Hortaliças um projeto de seleção de clones de batata (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) que apresentassem certa resistência à murcha bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896), doença bacteriana que pode causar até 50% de perda na produção (Lopes et al., 2018).

Atualmente, com a aplicação da biotecnologia, foi desenvolvido um número maior de clones de culturas de interesse comercial, que são analisados quanto ao seu potencial em termos de produtividade, tolerâncias aos fatores ecológicos e a incidência de determinadas doenças (Moreira et al., 2019).

Atualmente as plantas mais produzidas, são de modo geral, clones de *Eucalyptus* sp. (Moreira et al., 2019), de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) (Morais et al., 2017), de café (*Coffea* sp.) (Oliveira, 2017) e alguns tubérculos como batata inglesa (*Solanum tuberosum*) (Batistel, 2018) e batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lamarck) (Sousa, 2018).

BIORREATORES

Os métodos atuais de micropropagação baseiam-se na utilização de meios de cultura semissólidos/geleificados, que podem ser de alto custo por conta do agente geleificante utilizado. Além disso, em diversas culturas, o uso desses meios implica em subcultivos periódicos do material vegetal para outros meios frescos, devido à exaustão dos nutrientes pelo rápido crescimento das plantas (Murthy et al., 2018). Assim, métodos de cultura baseados em meios líquidos foram desenvolvidos para

reduzir o custo de produção das plântulas e de tais culturas, permitindo a automação dos procedimentos (Faria et al., 2012).

Uma das opções para os laboratórios de micropropagação é a utilização de biorreatores. Os primeiros surgiram na década de 80 com intuito inicial de propagação de begônias (Valdiani et al., 2018). Atualmente são equipamentos destinados à produção massal e clonal de plantas por meio da imersão permanente ou temporária em meio de cultura líquido, geralmente contendo meio Murashige e Skoog (1962), suplementado com sacarose (Puga, 2019).

Esse sistema de biorreatores facilitam o controle de parâmetros físicos, como pH, temperatura e ambiente gasoso, o que promove o crescimento de plântulas saudáveis (Murthy et al., 2018). O sistema consiste em frascos de cultivo interligados por tubos que fornecem ar, água e nutrientes, via aspersão ou borbulhamento. Em biorreatores de imersão permanente, as plântulas ficam em contato com o meio de cultura durante todo o período de cultivo. Por outro lado, no sistema de imersão temporária, o material vegetal entra em contato com o meio líquido por período determinado, com intervalos programados de imersão seguido da drenagem do meio líquido (Georgiev; Weber, 2014).

De acordo com alguns pesquisadores, esse sistema apresenta inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais de produção, tais como a aceleração do processo de multiplicação com menor manipulação das plântulas, monitoramento e controle das condições de cultivo, além da redução do custo total por unidade produzida (Valdiani et al., 2018).

Além disso, os biorreatores também podem auxiliar na produção da biomassa vegetal útil para a extração de metabólitos secundários valiosos de importância farmacêutica (Murthy et al., 2018).

No Brasil, o sistema de produção vegetal por meio de biorreatores está sendo implantado e aperfeiçoado para atender as necessidades específicas de cada cultura (Valdiani et al., 2018). Os biorreatores podem ser de vidro ou aço inoxidável e são classificados como: agitados mecanicamente (por exemplo, biorreatores com aeração agitada, biorreatores de tambor rotativo e biorreatores de filtro de rotação), acionados pneumáticamente (biorreatores de bolhas sem agitação, biorreatores de coluna de bolhas, biorreatores de elevação de ar) e os com sistemas não agitados (por exemplo, biorreatores de fase gasosa, biorreatores de aerador de membrana permeável a oxigênio, aeração por sobreposição) (Valdiani et al., 2018) (Tabela 3).

Tabela 3. Lista de espécies cultivadas por biorreatores.

Autor	Espécie	Biorreator	Local*
Caproni, 2016	<i>Pfaffia glomerata</i> Spreng. <i>Zingiber spectabile</i> Griff.	Imersão temporária em meio MS	UFV
Fogaça et al., 2016	<i>Agapanthus umbellatus</i> var. <i>minor</i>	Imersão temporária em meio MS	UFSC
Ribeiro et al., 2016	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad ex Wendl.	Imersão temporária em meio MS	UFMT
Masiero, 2017	<i>Ipomoea batatas</i> (L.)	Imersão temporária em meio MS	UFP
Calaes, 2018	<i>Musa</i> spp.	Imersão temporária em meio MS ½	UFMG
Puga, 2019	<i>Solanum betaceum</i> Cav.	Imersão temporária em meio MS	UC

*UFV: Universidade Federal de Viçosa; UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso; UFP: Universidade Fernando Pessoa; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UC: Universidade de Coimbra. Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Cultivo *in vitro* é uma das maneiras mais eficazes de conservação dos recursos genéticos, tendo como intuito proteger, recuperar e promover o uso futuro desses recursos de forma sustentável e com medidas significativas para deter a degradação e a perda da biodiversidade. Além disso, para comprimento do objetivo 15 da lista dos objetivos sustentáveis da ONU, essas medidas para conservação devem ser tomadas de forma urgente e significativa para reduzir a degradação de habitats naturais e, até 2020, proteger e evitar a extinção de espécies ameaçadas (ONU, 2019).

Dentro desse contexto, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas, buscando aperfeiçoar as metodologias e especificando-as, pois o mercado consumidor está cada vez mais exigente. Nesse caso, é imprescindível estar atento às normas vigentes, para a produção de plantas de qualidade, além de proteger os recursos genéticos para uso futuro como na proteção de espécies ameaçadas de extinção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves BA, Medeiros LT, Sales JF, Branquinho AC, Silva JW, Souza RG (2017). Germinação de sementes de forrageiras do gênero *Brachiaria* em função dos ambientes e tempos de armazenamento. *Global Science and Technology*, 10(1): 11-19.
- Balilashaki K, Naderi R, Kalantari S, Soorni A (2014). Micropropagation of *Phalaenopsis amabilis* cv. Cool 'Breeze' with using of flower stalk nodes and leaves of sterile obtained from node cultures. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(7): 823-829.
- Barros HSD, Cruz ED, Pereira AG, Silva EAA (2019). Classificação fisiológica de sementes de maçaranduba quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Revista de Ciências Agrárias*, 62(1): 01-05.
- Batistel SC (2018). *Produção de miniestacas, brotação de tubérculos e desempenho agrônomo de clones de batata*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) – Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.
- Benelli C, Carlo A, Engelman F (2012). Recent advances in the cryopreservation of shoot-derived germplasm of economically important fruit trees of *Actinidia*, *Diospyros*, *Malus*, *Olea*, *Prunus*, *Pyrus* and *Vitis*. *Biotechnology Advances*, 31(2): 175-185.
- Bonilla M, Caetano C (2013). Inventario y valoración de la flora utilizada por la vereda Santa Teresa, Palmira (Valle del Cauca). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(1): 89-99.
- Braga VP (2017). *Avaliação do Encapsulamento de Sementes Recalcitrantes de Campomanesia Adamantium (Cambess) O. Berg*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade De Goiás.
- Brahmi P, Tyagi V (2019). Intellectual Property Rights (IPR) issues related to access and use of genetic resources. *Indian Journal Genetic*, 79(1): 315-319.
- Calaes JG (2018). *Floroglucinol no cultivo in vitro da bananeira*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Caldeira CM, Carvalho MLM, Guimarães RM, Coelho SVB (2016). Qualidade de sementes de tabaco durante o processo de pelotização e armazenamento. *Ciência Rural*, 46(2): 216-220.
- Caproni DTR (2016). Criopreservação de acessos de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) pedersen e propagação in vitro de *Zingiber spectabile* Griff. em biorreatores de imersão temporária. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa.
- Cardoso JC (2014). Publicação em cultivo *in vitro* de plantas: qualidade para o avanço científico e tecnológico. *Horticultura Brasileira*, 32(4): 383-384.

- Carvalho MJS, Santos EB, Souza AS, Ledo CAS, Soares Filho WS, Mendes MIS (2014). Fatores que afetam a conservação *in vitro* de plantas do limoeiro 'Rugoso da Flórida'. *Magistra*, 26(2): 186-197.
- Castro CAO, Resende RT, Bhering LL, Cruz CD (2016). Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances. *Ciência Rural*, 46(9): 1585-1593.
- Correia D, Borges N, Ribeiro E, Morais J (2011). *Produção de mudas in vitro e indução floral de abacaxizeiro ornamental*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 24p. (Documentos, 134).
- Costa PM, Martins CF (2008). Conservação de recursos genéticos animais através de biotécnicas de reprodução. *Universitas: Ciências da Saúde*, 6(1): 39-55.
- Costa TS, Silva AVC, Léo AS, Santos ARF, Silva Júnior JF (2011). Diversidade genética de acessos do banco de germoplasma de mangaba em Sergipe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(5): 499-508.
- Cruz-Cruz CA, Gonzáles-Arno MT, Engelmann F (2013). Biotechnology and conservation of plant biodiversity. *Resources*, 2(1): 73-95.
- Dantas SJ, Torres MFO, Ferreira RA, Miranda LCP, Graça GA (2018). Viabilidade e vigor de sementes armazenadas de *Sapindus saponaria* Linnaeus. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, 3(1): e6570, 2018.
- Duarte VGO, Nobre DAC, Leite VSA, Jesus BGL, Tronto J, Macedo WR, Pinto FG (2018). Qualidade de sementes de soja encapsuladas com alginato de sódio. *The Journal of Engineering and Exact Science*, 4(3):01-06.
- Engelmann F (2012). Germplasm collection, storage and conservation. In: Altman A, Hasegawa PM (Eds.). *Plant biotechnology and agriculture*. Montpellier: Academic Press, 1 ed. 255-268.
- Engelmann F (2011). Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In Vitro Cellular Developmental Biology Plant*, 47(1): 05-16.
- Faria RT, Assis AM, Unemoto LK, Carvalho JFRP (2012). *Produção de orquídeas em laboratório*. 1 ed. Editora: Mecenaz, Londrina. 124p.
- Fogaça LA, Pedrotti EL, Alves AC (2016). Micropropagation of *Agapanthus umbellatus* var. minor by using two systems of multiplication. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(5): 2923-2932.
- Freitas DA, Durães AF, Firmo DHT, Pinho NB, Carvalho LR (2019). Levantamento de dados de espécies florestais nativas do Cerrado: um meio para bancos de sementes implantados que permitem restauração e conservação de ecossistemas florestais. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 2(5): 1569-1583.
- Garcia LC, Sousa SGA, Lima RBM (2011). *Coleta e manejo de sementes florestais da Amazônia*. Brasília: Embrapa Amazônia Ocidental, 33p. (ABC da agricultura familiar, 39).
- Georgiev MI, Weber J (2014). Bioreactors for plant cells: hardware configuration and internal environment optimization as tools for wider commercialization. *Biotechnology Letters*, 36(7): 1359-1367.

- Gulati R (2018). Strategies for sustaining plant germplasm evaluation and conservation – A review. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 4(5): 01-08.
- Hengling MM (2015). *Armazenamento de sementes de orquídeas em diferentes condições de temperatura e umidade*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade do Oeste Paulista.
- Hong Y, Bhatnagar S, Chandrasekharan S (2016). Biotechnology of tropical tree crops. In: Anis M, Ahmad N. (Eds.). *Plant tissue culture: Propagation, conservation and crop improvement*. Singapore: Springer, 1 ed. 245-298.
- Hosomi ST (2016). *Sementes de orquídeas: conservação e avaliação de viabilidade*. Tese de Doutorado (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade do Oeste Paulista.
- Hughes BA, Kane ME (2018). Seed cryopreservation of selected Florida native orchid species. *Seed Science and Technology*, 46(3): 431-446.
- Hung CD, Trueman SJ (2012). Preservation of encapsulated shoot tips and nodes of the tropical hardwoods *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* and *Khaya senegalensis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 109(2): 341-352.
- Koopowitz H, Hawkins BA (2012). Global climate change is confounding species conservation strategies. *Integrative Zoology*, 7(2): 158-164.
- Lopes CA, Melo PE, Rossato M, Pereira AS (2018). Breeding potatoes for resistance to bacterial blight in Brazil: a quick review in face of a more effective screening protocol. *Horticultura brasileira*, 36(1): 01-07.
- Macedo MC, Rosa DBCJ, Soares JS, Tatara MB, Hofmann NTK, Rosa YBCJ (2014). Armazenamento de sementes e aclimatização de *Brassavola tuberculata* Hook. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(6): 2883-2894.
- Machado MA, Cristofani-Yaly M, Bastianel M (2011). Breeding, genetic and genomic of citrus for disease resistance. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(spe): 158-178.
- Masiero DS (2017). *Cultivo in vitro de batata-doce*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.
- Moraes RM, Nery FC, Pinto MCC, Paiva R, Silva DPC, Paiva PDO, Barbosa S (2019). Conservation of *Hibiscus acetosella* germplasm by seed cryopreservation. *Australian Journal of Crop Science*, 13(3): 372-379.
- Morais KP, Medeiros SLP, Silva SDA, Biondo JC, Boelter JH, Dias FS (2017). Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. *Revista Ceres*, 64(3): 291-297.

- Morales MMB, Murillo CM, Morales ACA (2015). Conservación *in vitro*: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1): 01-16.
- Moreira FTA, Silva JAA, Ferreira RLC, Castro MRC (2019). Adubos orgânicos e biocarvão utilizados para reflorestamento com espécies nativas e clones de *Eucalyptus* no semiárido brasileiro. *Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agronômicas*, 16(1): 91-102.
- Murashige T, Skoog F (1962). A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3): 473-497.
- Murthy HN, Paek KY, Park SY (2018). Micropropagation of orchids by using bioreactor technology. In: Lee YI, Yeung ECT. (Eds.). *Orchid propagation: from laboratories to greenhouses-methods and protocols*. New York: Springer, 1 ed. 195-208.
- Offord CA (2017). Germplasm Conservation. In: Thomas B, Murphy DJ, Murray BG. (Eds.). *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. United Kingdom: Elsevier, 2 ed. 281-288.
- Oliveira AKM, Alves FF, Fernandes V (2018). Germinação de sementes de *Vochysia divergens* após armazenamento em três ambientes. *Ciência Rural*, 28(2): 525-531.
- Oliveira FTG, Vitória RZ, Posse SCP, Arantes SD, Schmildt O, Viana A, Malikouski RG, Barros BLA (2018). Qualidade fisiológica de sementes de aroeira em função das condições de armazenamento. *Nucleus*, 15(2): 567-574.
- Oliveira LNL (2017). *Divergência genética em clones superiores de Coffea canephora pierre ex froenber em Rondônia*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, Universidade Federal do Amazonas.
- ONU (2019). Organização das Nações Unidas. *17 objetivos para transformar nosso mundo*. Brasil: ONU. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods15/>>. Acesso em: 02 Dez. 2019.
- Oseni OM, Pande V, Nailwal TK (2018). A review on plant tissue culture, a technique for propagation and conservation of endangered plant species. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(7): 3778-3786.
- Pandey R, Sharma N, Agrawal A, Gupta S, Hussain Z, Jain A, Tyagi RK (2015). *In vitro* and cryopreservation of vegetatively propagated crops. In: Jacob SR, Sinhg N, Srinivasan K, Gupta V, Radhamani J, Kak A, Pandey C, Pandey S, Aravind J, Bisht IS, Tyagi RK. (Eds.). *Management of plant genetic resources*. Singapore: ICAR-National Bureau of Plant Genetic Resources, 1 ed. 197-204.
- Pereira JES, Guedes RS, Costa FHS, Schmitz GCB (2008). Composição da matriz de encapsulamento na formação e conversão de sementes sintéticas de pimenta-longa. *Horticultura Brasileira*, 26(1): 093-096.

- Puga APN (2019). *Desenvolvimento de biorreatores para a propagação de Solanum betaceum Cav.* Dissertação de Mestrado (Mestrado em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.
- Reed BM (2017). Plant cryopreservation: a continuing requirement for food and ecosystem security. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 53(1): 285-288.
- Ribeiro AS, Brondani GE, Tormen GCR, Figueiredo AJR (2016). Cultivo *in vitro* de bambu em diferentes sistemas de propagação. *Nativa*, 4(1): 15-18.
- Rosa GG (2018). *Propagação vegetativa de porta-enchertos de Prunus spp. e criopreservação de Prunus avium.* Tese de Doutorado (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.
- Santonieri L, Bustamante PG (2016). Conservação *ex situ* e on farm de recursos genéticos: desafios para promover sinergias e complementaridades. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 11(3): 677-690.
- Sarmah D, Kolukunde S, Sutradhar M, Singh BK, Mandal T, Mandal N (2017). A review on: *In vitro* cloning of orchids. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8): 1909-1927.
- Scherwinski-Pereira JE, Costa FHS (2010). Conservação *in vitro* de recursos genéticos de plantas: estratégias, princípios e aplicações. In: Cid LPB. (Eds.). *Cultivo in vitro de plantas*. Rio de Janeiro: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1 ed. 177-234.
- Silva HW, Vale LSR, Silva CF, Velasco MF, Monfort LHF (2019). Qualidade de sementes de *Eugenia dysenterica* DC. durante o armazenamento. *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(1): 12-21.
- Silva JÁ, Zeng S, Galdiano Junior RF, Dobránszki J, Cardoso JC, Vendrame WA (2014). *In vitro* conservation of *Dendrobium* germplasm. *Plant Cell Reports*, 33(9): 1413-1423.
- Silva LFL, Souza DC, Resende LV, Gonçalves WM (2018). Manejo de recursos genéticos vegetais. *Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agronômicas*, 15(1): 109-126.
- Silva ML, Pinto DLP, Guerra MP, Lanii ERG, Carvalho IF, Rossi AAB, Otoni WC (2015). Produção de sementes sintéticas de maracujazeiro silvestre com potencial ornamental. *Ornamental Horticulture*, 21(3): 331-338.
- Silveira AAC, Sibov ST (2019). Encapsulamento-desidratação de ápices caulinares de *Eugenia dysenterica*. *Multi-Science Journal*, 2(2): 39-41.
- Sousa RMD (2018). Diversidade genética, caracterização morfoagronômica, potencial de uso e qualidade pós-colheita de clones de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lamarck). Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade de Brasília.

- Souza CS (2018). *Caracterização da diversidade genética de acessos do banco de germoplasma de seringueira*. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Ciências e Inovação Tecnológica) – Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Universidade Federal do Acre.
- Stulzer GCG, Wanderley CS, Suzuki ABP, Faria RT, Hoshino RT (2018). Criopreservação de sementes de orquídeas epífitas brasileiras em nitrogênio líquido. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, 34(esp.): 01-12.
- Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A (2017). *Fisiologia Vegetal*. 6 ed. Editora: Artmed, Porto Alegre. 918p.
- Tavazza R, Luciola A, Benelli C, Giorgi D, D'aloisio E, Papacchioli V (2013). Cryopreservation in artichoke: towards a phytosanitary qualified germplasm collection. *The Annals of Applied Biology*, 163(2): 231-241.
- Ulisses C, Willadino L, Albuquerque CC, Camara TR (2010). Clonagem vegetal. *Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agrônomicas*, 7(1): 86-91, 2010.
- Valdiani A, Hansen OK, Nielsen UB, Johannsen VK, Shariat M, Georgiev ML, Omidvar V, Ebrahimi M, Dinanai ET, Abiri R (2018). Bioreactor-based advances in plant tissue and cell culture: challenges and prospects. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(1): 01-16.
- Vendrame WA (2018). Cryopreservation. In: Lee Y, Yeung EC. (Eds.). *Orchid propagation: From laboratories to greenhouses – Methods and protocols*. Singapore: Humana Press, 1 ed. 283-302.
- Villalobos A, Arguedas M, Escalante D, Martínez J, Zevallos BE, Cejas I, Yabor L, Martínez-Montero ME, Sershen, Lorenzo JC (2019). Cryopreservation of sorghum seeds modifies germination and seedling growth but not field performance of adult plants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 92(2019): 94-99.
- Zimmermann MJ (2010). Embriogênese somática. In: Cid LPB. (Org.). (Eds.). *Cultivo in vitro de plantas*. Brasília: Embrapa Recursos e Biotecnologia, 1 ed. 67-101.

ÍNDICE REMISSIVO

A

aclimatização, 16, 21, 6, 7, 8, 12
adubos verdes, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 9
agentes fitopatogênicos, 7
agromedicinal, 6
araruta, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Arracacia xanthorrhiza Bancroft, 6, 15

B

banco de sementes, 9
biodiversidade, 6, 7, 8, 11, 18, 7, 6, 8, 10, 6
biofertilizante, 6
bokashi, 6, 7, 8, 9, 10, 11

C

cama de frango, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16
Cerrado, 20, 12, 11, 6, 8, 6, 9, 10
classificação de bulbos, 6, 7, 10, 12, 15, 16
competição, 10, 21, 14
consorciação, 6, 17, 22
crotalária, 13

E

emergência, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 10, 8
espécies vulneráveis, 7, 10
extrato aquoso, 9, 13, 16, 10, 11
extrato hidroalcoólico, 9, 10

F

Feijão-de-porco, 9, 13, 14

G

germoplasma, 7, 9

H

hormônios vegetais, 10
hortaliças, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 6, 7, 8, 11, 14, 15,
16, 20, 21, 22, 23, 6, 7, 15, 16, 13, 15, 12
hospedeiro, 6, 7, 9, 11

I

índice de equivalência de área, 13
inseticidas botânicos, 6, 7, 12
intensidade luminosa, 6

L

LED, 9, 12, 14

M

meio ambiente, 13
melhoramento genético, 6, 7, 8, 11
micropropagação, 7, 11, 12, 15, 16, 17, 13, 7,
12

O

orquídeas, 14, 20, 21, 24, 10, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
12, 13

P

plantas de cobertura, 9, 15, 16
Plutella xylostella, 6, 7, 15, 16, 17, 7, 8, 10, 11,
12, 13, 14, 15
potencial medicinal, 10, 7
práticas agroecológicas, 11
propagação, 9, 11, 15, 16, 17, 19, 23, 7, 10, 6, 7,
8, 9

R

recursos naturais, 12, 6

reeducação alimentar, 7

resíduos agrícolas, 8

rizomas, 9, 6, 7, 8, 9

S

Simarouba versicolor A. St-Hill, 6

sistemas agroflorestais, 6, 7, 8, 11, 7

Styrax camporum Pohl., 6, 7, 16

substrato, 19, 10, 16, 7, 8, 9, 10, 11, 6, 7, 8, 10,
11, 13

T

tamanho de mudas, 6, 12

trabalho social, 10, 11

traça-das-crucíferas, 7, 16, 6

V

viroses, 6, 7, 11

Cleberton Correia Santos

Graduado em Agroecologia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Mestre e Doutor em Agronomia - Produção Vegetal pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Atualmente é Pós-Doutorando (PNPD/CAPES) pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFGD.

Tem experiência nos seguintes temas: Agroecologia, Indicadores de Sustentabilidade e Recursos Naturais, Uso de Resíduos Sólidos Orgânicos, Produção de Mudanças, Propagação de Plantas, Substratos, Plantas nativas do Cerrado e medicinais, Sistemas Agroflorestais, Estresse Salino e por Alumínio em Sementes, Ecofisiologia, Nutrição e Metabolismo de Plantas, Planejamento e Análises Experimentais Agrícolas. Contato: cleber_frs@yahoo.com.br.



ISBN 978-658831904-8



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br