

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* BAMBUÍ
BACHARELADO EM AGRONOMIA

MARIA GABRIELA DOMINGOS

**MULTIPLICAÇÃO *IN VITRO* DE BATATA E REVISÃO SOBRE O VIGOR
FISIOLÓGICO DE TUBÉRCULOS**

BambuÍ-MG

2025

MARIA GABRIELA DOMINGOS

**MULTIPLICAÇÃO *IN VITRO* DE BATATA E REVISÃO SOBRE O VIGOR
FISIOLÓGICO DE TUBÉRCULOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa

Bambuí-MG

2025

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

D671m Domingos, Maria Gabriela.

Multiplicação in vitro de batata e revisão sobre o vigor fisiológico de tubérculos. / Maria Gabriela Domingos. – 2025.

37 f.; il.: color.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2025.

1. Solanum tuberosum L.. 2. Micropropagação. 3. Cálcio. I. Corrêa, Ricardo Monteiro. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 635.21



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias

Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Multiplicação in vitro de batata e revisão sobre o vigor fisiológico de tubérculos

Aluna: Maria Gabriela Domingos

Data da Aprovação: 23/07/2025

Banca examinadora:

Orientador: Dr. Ricardo Monteiro Corrêa - IFMG campus Bambuí

Membro 1: Me. Maria Carolina Gaspar Botrel - IFMG campus Bambuí

Membro 2: Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas - IFMG campus Bambuí

23209.003808/2024-93

2392508v1



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Monteiro Correa, Professor**, em 23/07/2025, às 13:53, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina Gaspar Botrel, Professora**, em 23/07/2025, às 14:34, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Loran de Oliveira Freitas, Professor**, em 25/07/2025, às 07:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2392508** e o código CRC **E7BDDF0C**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus e à Nossa Senhora, por iluminarem meus passos ao longo desta caminhada. Aos meus pais, José Juvêncio Domingos e Heliene da Conceição Leandro Domingos, minha eterna gratidão. À minha mãe que me ensinou a sonhar alto, e ao meu pai, que tornou cada um desses sonhos realidade. Obrigada por todo amor, apoio e por acreditarem em mim. Vocês são minha base, e minha maior motivação.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”
(Provérbios 16:3)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e à Nossa Senhora por me sustentarem com fé, coragem e sabedoria em cada etapa dessa caminhada. Sem a presença divina, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Heliene e José Juvêncio, toda minha gratidão. Obrigada por se dedicarem de todas as formas, superando todos os obstáculos para me proporcionar a dádiva de estudar.

Ao meu tio Juninho e meu avô Francisco, pelo cuidado e apoio constante e por sempre acreditarem em mim, vocês foram fundamentais nessa jornada.

Aos meus avós, Dioene e Evandro, sou grata pelo apoio e incentivo, ao longo da minha caminhada.

Agradeço à minha família pelo carinho, pelas palavras de encorajamento e por estarem comigo em todos os momentos, especialmente nos mais difíceis.

Ao professor Ricardo Monteiro, meu orientador, agradeço a paciência, apoio, orientação e confiança durante esse trabalho.

Ao professor Marcelo, pela parceria e apoio constante, e aos demais professores do IFMG – *Campus* Bambuí, que contribuíram de forma significativa para minha formação acadêmica e pessoal ao longo desses anos.

À Maria Cristina e à Júlia, pelo suporte prestado nas atividades do Laboratório de Biotecnologia Vegetal – LABIOTEC, deixo minha sincera gratidão.

Aos amigos que a vida me deu nessa trajetória, em especial Anna Clara, Danielle e Rômulo, obrigada pela presença, companheirismo, apoio e amizade verdadeira.

Agradeço ao IFMG – *Campus* Bambuí pela oportunidade de realizar minha formação acadêmica, e ter sido palco de tantas vivências, descobertas, aprendizados e amizades que levarei para toda a vida. Foi um privilégio fazer parte dessa história.

Por fim, agradeço também às pessoas que não foram citadas nominalmente, mas que fizeram parte dos meus 4,5 anos de jornada no IFMG – *Campus* Bambuí e da minha vida. Cada uma deixou sua marca e levarei comigo tudo o que compartilhamos.

RESUMO

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) é de grande importância econômica e social no Brasil, mas ainda enfrenta entraves como a dependência da importação de batata-semente e a baixa qualidade fisiológica do material propagativo nacional. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes concentrações de cálcio (0,81 mM e 1,62 mM) no meio MS líquido sobre o desenvolvimento *in vitro* de quatro clones de batata, e realizar uma revisão de literatura sobre o vigor fisiológico de tubérculos. O experimento foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos do IFMG – *Campus* Bambuí, utilizando parâmetros morfológicos como número de hastes, número de nós, distância entre nós e comprimento da parte aérea aos 30 e 60 dias de cultivo. Os resultados demonstraram que o cálcio influencia positivamente o número de hastes nas fases iniciais do cultivo, com respostas dependentes do genótipo. A revisão de literatura, realizada através do estudo de artigos científicos disponíveis em plataformas digitais reforçou a relevância do vigor fisiológico dos tubérculos para a emergência, sanidade, produtividade e eficiência da multiplicação vegetal, destacando a importância do armazenamento adequado e do uso de reguladores vegetais e de técnicas de micropropagação otimizadas. Conclui-se que a integração entre práticas biotecnológicas, como a micropropagação, e o manejo nutricional eficiente, especialmente quanto ao cálcio, é essencial para a produção de mudas de alta qualidade. Os resultados obtidos demonstram que a suplementação de cálcio no meio MS líquido pode favorecer o crescimento inicial das brotações, enquanto a revisão de literatura reforçou a importância de práticas complementares para otimizar a qualidade fisiológica dos tubérculos-semente. Tais estratégias contribuem para o fortalecimento sustentável da cadeia produtiva da batata no Brasil, com aplicabilidade tanto na agricultura familiar, quanto em sistemas empresariais.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L.. Micropropagação. Cálcio. Cultura de Tecidos. Qualidade Fisiológica.

ABSTRACT

The culture of potato (*Solanum tuberosum* L.) is of great economic and social importance in Brazil, but it still faces obstacles such as dependence on the import of seed potatoes and the low physiological quality of national propagative material. In this context, this work aimed to evaluate the effects of different calcium concentrations (0.81 mM and 1.62 mM) in liquid MS medium on the *in vitro* development of four potato clones, and to conduct a literature review on the physiological vigor of tubers. The experiment was carried out at the Tissue Culture Laboratory of IFMG - *Campus* Bambuí, using morphological parameters such as the number of stems, number of nodes, internode length, and the length of the aerial part at 30 and 60 days of cultivation. The results demonstrated that calcium positively influences the number of stems in the early stages of cultivation, with responses depending on the genotype. The literature review, conducted through the study of scientific articles available on digital platforms, reinforced the relevance of the physiological vigor of the tubers for emergence, health, productivity, and efficiency of plant multiplication, highlighting the importance of proper storage and the use of plant regulators and optimized micropropagation techniques. It is concluded that the integration of biotechnological practices, such as micropropagation, and efficient nutritional management, especially regarding calcium, is essential for the production of high-quality seedlings. The results obtained demonstrate that calcium supplementation in the MS liquid medium can promote the initial growth of the shoots, while the literature review reinforces the importance of complementary practices to optimize the physiological quality of seed-tubers. Such strategies contribute to the sustainable strengthening of the potato production chain in Brazil, with applicability in both family farming and business systems.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., Micropropagation. Calcium. Tissue Culture. Physiological Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura morfofisiológica da planta de batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	13
Figura 2 – Fotografia inicial dos clones/amostras antes da brotação	19
Figura 3 – Pré-brotados	20
Figura 4 - Meristemas através da Lupa	20
Figura 5 - Assepsia	21
Figura 6 – Meristemas no meio MS semissólido	21
Figura 7 – Preparo de meio de cultura MS	22
Figura 8 – Tubos altoclavados.....	22
Figura 9 – Plântulas antes de serem removidas do meio semissólido e transferidas para meio MS líquido	23
Figura 10 – Plântulas em meio MS líquido.....	24
Figura 11 – Avaliação de 30 dias.	27
Figura 12 – Avaliação de 60 dias	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Resultado da busca nos bancos de dados associados	25
Quadro 2- Quantitativo das bases de dados dos artigos filtrados.....	26
Quadro 3- Artigos selecionados para revisão	26
Quadro 4 – Desempenho de clones/amostras de batatas aos 30 dias de subcultivo em diferentes doses de Cálcio	28
Quadro 5 – Desempenho de clones/amostras de batatas aos 60 dias de subcultivo em diferentes doses de Cálcio	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Importância da batata na agricultura mundial e brasileira.....	11
3.2 Propagação de batata	11
3.3 Micropropagação vegetal.....	14
3.4 O meio MS e o papel dos reguladores no cultivo <i>in vitro</i>	15
3.5 Meio sólido e líquido no subcultivo de batata	15
3.6 O cálcio no cultivo <i>in vitro</i> da batata.....	16
3.7 Vigor de tubérculos: influência no desempenho agrônômico.....	17
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
5 MATERIAIS E MÉTODOS	19
5.1 Experimento	19
5.1.1 Localização do experimento.....	19
5.1.2 Ensaio para avaliação da influência da concentração de cálcio na eficiência de multiplicação de clones de batata	19
5.1.3 Análises estatísticas	24
5.2 Revisão de Literatura.....	255
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 Experimento	27
6.1.1 Ensaio com diferentes concentrações de cálcio	27
6.2 Revisão de Literatura.....	30
7 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das hortaliças de maior importância econômica no cenário agrícola mundial e brasileiro. No Brasil, sua produção alcançou aproximadamente 3,9 milhões de toneladas em 2022, distribuídas em cerca de 117 mil hectares cultivados, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A cultura se destaca também por sua relevância socioeconômica, sobretudo na agricultura familiar e produção empresarial. As regiões Sudeste e Sul concentram a maior parte da produção nacional, com destaque para os estados de Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul, apresentando os maiores índices de produtividade e investimento tecnológico (IBGE, 2023; MAPA, 2023).

No entanto, um dos principais obstáculos à expansão sustentável da bataticultura brasileira é a forte dependência da importação de batata-semente de origem estrangeira. Estima-se, que cerca de 6,4 mil toneladas tenham sido importadas em 2022, principalmente dos Países Baixos, Chile, Alemanha e França (MAPA, 2023). Essa dependência resulta em sérias implicações para a cadeia produtiva, como o aumento de custos, riscos fitossanitários com introdução de patógenos exóticos, dificuldades logísticas e baixa adaptabilidade das cultivares às condições edafoclimáticas brasileiras.

Diante deste cenário, a biotecnologia aplicada à produção de mudas, especialmente através da cultura de tecidos vegetais, surge como alternativa esperançosa. A micropropagação via cultura de meristemas (por meio da retirada e cultivo de ápices caulinares ou meristemas apicais), permite a obtenção de plantas saudias, livres de vírus e doenças sistêmicas, assegurando sanidade, uniformidade genética e rápido escalonamento da produção. Tal técnica tem se tornado uma ferramenta estratégica para programas de melhoramento genético (TORRES *et al.*, 2000; PAIVA; GOMES, 2019).

Dos fatores críticos para o sucesso da micropropagação, a composição do meio de cultura se destaca. O meio Murashige & Skoog (MS), desenvolvido em 1962, é amplamente utilizado, por apresentar alta concentração de macro e micronutrientes, favorecendo o crescimento celular em espécies exigentes como a batata. Na formulação tradicional, são utilizados de 20 a 30 g L⁻¹ de sacarose e uso de reguladores de crescimento, conforme o estágio do cultivo (PEREIRA; FORTES, 2003). O meio pode ser utilizado de forma semissólida (com ágar) ou líquida, que é mais valorizado por proporcionar uma eficiência maior na multiplicação e absorção de nutrientes, além de reduzir os custos de produção (PEREIRA; FORTES, 2003).

O cultivo em meio líquido, tem demonstrado efeitos positivos no aumento do número de brotações, desenvolvimento do sistema radicular e no vigor das plantas *in vitro* (FONSECA

et al., 2018). Um ponto de grande importância no cultivo *in vitro* é a concentração de cálcio no meio. O cálcio (Ca^{2+}) é um macronutriente fundamental, participando da integridade e rigidez da parede celular, na regulação de membranas, sinalização celular e adaptação a estresses abióticos. Estudos indicam que a deficiência deste nutriente pode comprometer o alongamento celular, a morfologia da planta e a formação de tecidos meristemáticos, especialmente sob condições de cultivo artificial. Por outro lado, o excesso pode induzir respostas fisiológicas adversas, como calosidade e hiperidricidade (SILVA *et al.*, 2021).

Compreender os fatores que influenciam a micropropagação da batata como o vigor fisiológico dos tubérculos, a composição e o estado físico do meio de cultura, além do papel de nutrientes essenciais como o cálcio é indispensável para otimizar a produção de mudas com alto desempenho agrônomico. Esses conhecimentos permitem o desenvolvimento de protocolos mais eficientes e adaptados à realidade produtiva brasileira, viabilizando técnicas acessíveis tanto para o cultivo comercial quanto para a agricultura familiar.

Uma forma eficaz de se obter conhecimento consolidado sobre determinado tema é por meio da revisão de literatura de artigos científicos e trabalhos acadêmicos. Essa metodologia destaca-se por sua utilidade em consolidar o conhecimento existente e apoiar decisões baseadas em evidências, seja no campo da saúde, da educação ou da agricultura.

O uso da revisão de literatura na área agrônômica tem permitido avaliar, por exemplo, a eficiência de tecnologias, o comportamento fisiológico de plantas em diferentes condições e a eficácia de manejos específicos, como no caso do uso de sementes ou mudas com alto vigor fisiológico.

Assim, compreender os fundamentos dessa metodologia é indispensável para qualquer pesquisador que deseje realizar uma análise aprofundada e confiável sobre determinado tema, como será feito neste trabalho em relação ao vigor fisiológico de tubérculos de batata.

A integração dessas informações possibilita a produção de mudas de batata pela técnica da cultura de tecidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de diferentes concentrações de cálcio no meio MS líquido sobre o crescimento *in vitro* de clones de batata, considerando o desempenho na multiplicação e o vigor dos tubérculos e revisar a literatura científica relacionada ao vigor de tubérculos.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o crescimento *in vitro* de clones de batata submetidos a duas concentrações de cálcio (0,81 mM e 1,62 mM) no meio MS líquido.
- Comparar os clones quanto à eficiência de multiplicação e ao vigor dos tubérculos produzidos pelas mudas micropropagadas.
- Realizar uma revisão de literatura sobre o vigor de tubérculos de batata.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da batata na agricultura mundial e brasileira

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é considerada uma das hortaliças mais importantes cultivadas no Brasil, tanto por sua versatilidade na alimentação quanto pelo papel expressivo que desempenha na economia agrícola nacional. Trata-se de uma cultura amplamente difundida, que atende desde o consumo doméstico até os mercados atacadistas e programas públicos de abastecimento. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2023), o Brasil produz cerca de 3,8 milhões de toneladas de batata por ano, o que evidencia sua relevância no cenário agrícola. Essa produção está distribuída ao longo de três safras distintas: das águas, das secas e de inverno, que permitem o fornecimento contínuo ao mercado consumidor e ao setor de processamento.

A produção está concentrada, principalmente, nos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, que juntos respondem por grande parte do volume nacional (MAPA, 2023). Esses estados se destacam não apenas pela área cultivada, mas também pelos investimentos em tecnologia, acesso à assistência técnica e tradição no cultivo da cultura, o que favorece o desenvolvimento de polos produtivos estruturados.

Além da expressiva contribuição econômica, o cultivo da batata possui importância social, especialmente no contexto da agricultura familiar. Desenvolvido predominantemente em pequenas e médias propriedades rurais, esse cultivo contribui diretamente para a geração de emprego e renda no campo. Em muitas regiões, a batata é uma das principais culturas responsáveis pela movimentação da economia local. A inclusão da batata em políticas públicas de abastecimento alimentar, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), reforça seu papel como base da segurança alimentar, promovendo não apenas o consumo de alimentos frescos, mas também a valorização da produção regional (SOUZA; MELO, 2021).

3.2 Propagação de batata

A propagação da batata (*Solanum tuberosum* L.) no Brasil é majoritariamente feita por via vegetativa, utilizando-se os tubérculos como material de propagação. Essa técnica é vantajosa para preservar as características genéticas da cultivar, mas quando feita de forma contínua e com materiais não certificados, favorece o acúmulo de patógenos, especialmente

vírus como o *Potato virus Y* (PVY), *Potato leafroll virus* (PLRV), *Potato virus X* (PVX) e *Potato virus S* (PVS), o que compromete o vigor fisiológico e reduz significativamente a produtividade das plantas (FONSECA; LOPES, 2020). Além das viroses, doenças bacterianas como a podridão mole, causada por bactérias dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*, também representam uma ameaça à sanidade dos tubérculos e ao sucesso da propagação vegetativa (MACHADO et al., 2021).

Outro fator que agrava os riscos sanitários é a presença de pragas quarentenárias, como *Phoma exigua* var. *foveata*, já interceptada em importações experimentais de germoplasma de batata e classificada como praga quarentenária ausente (PQA) no Brasil. Ademais, outras ameaças importantes incluem *Ralstonia solanacearum* (murcha bacteriana), *Phytophthora infestans* (míldio da batata), pulgões vetores de vírus (como *Myzus persicae*) e nematóides como *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus penetrans*, os quais impactam a sanidade, produtividade e comercialização da batata no país (BRASIL, 2018; EMBRAPA, 2021).

Com o objetivo de garantir a qualidade e a sanidade do material propagativo, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu a Instrução Normativa nº 36/2013, que regulamenta a produção e a comercialização de batata-semente.

Essa normativa define quatro categorias de sementes: básica, registrada, certificada de 1ª geração (C1) e certificada de 2ª geração (C2), sendo cada uma delas sujeita a exigências quanto à identidade varietal, sanidade e desempenho fisiológico (BRASIL, 2013).

A identidade varietal refere-se à fidelidade genética da cultivar, assegurando que as plantas produzidas correspondam às características morfoagronômicas da variedade registrada. A sanidade contempla a ausência ou controle rigoroso de patógenos, obedecendo aos limites máximos permitidos de vírus e outras doenças, como estabelecido na normativa do MAPA. Por exemplo, sementes de categoria básica não podem apresentar incidência de PLRV e PVY superior a 0,5% (BRASIL, 2013).

Já o desempenho fisiológico envolve parâmetros como o vigor, uniformidade, potencial de brotação e qualidade fisiológica dos tubérculos, que impactam diretamente na emergência e na produtividade do cultivo (OLIVEIRA et al., 2020).

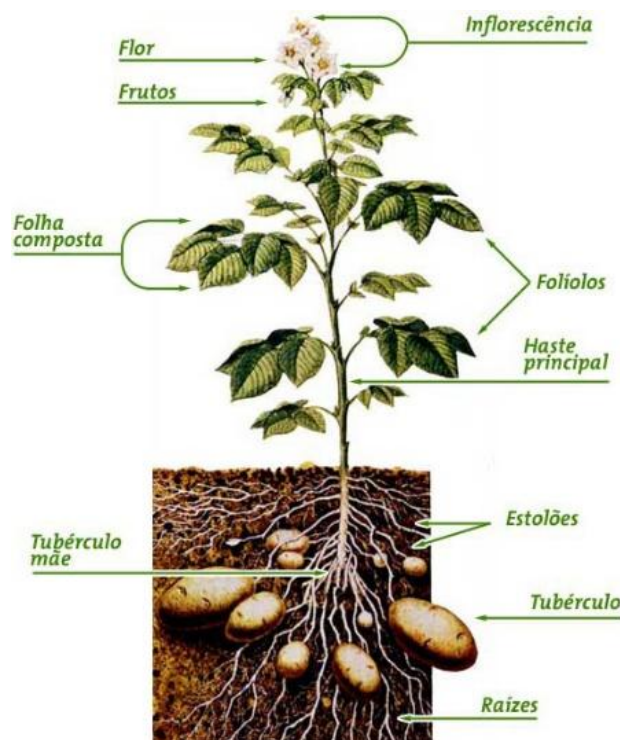
Apesar dos avanços registrados nas últimas décadas, a cadeia produtiva da batata no Brasil ainda enfrenta desafios expressivos. A dependência da importação de batata-semente, especialmente de países europeus, é um dos principais entraves. Essas sementes importadas, além dos altos custos e riscos fitossanitários, muitas vezes não são adaptadas às condições tropicais brasileiras, onde fatores como alta umidade, temperaturas elevadas e pressão de pragas podem afetar o desempenho agrônomo das plantas (FERNANDES; LIMA, 2017).

Diante desse contexto, torna-se indispensável o fortalecimento de estratégias nacionais para a produção de mudas de alta qualidade, especialmente por meio do uso de biotecnologias aplicadas à agricultura. Entre essas estratégias, sobressai-se a micropropagação, técnica baseada na cultura de tecidos vegetais *in vitro*, capaz de gerar mudas geneticamente uniformes, fisiologicamente jovens e livres de patógenos sistêmicos.

A adoção dessa tecnologia contribui para reduzir a dependência externa, aumentar a eficiência produtiva e oferecer maior segurança ao agricultor, promovendo sustentabilidade para a cadeia produtiva da batata no país (GOMES et al., 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A Figura 1 apresenta a estrutura morfofisiológica da planta de batata, destacando partes como raízes, caule e estolões, essenciais para a compreensão da propagação vegetativa.

Figura 1- Estrutura morfofisiológica da planta de batata (*Solanum tuberosum* L.)



Fonte: Associação Brasileira de Batata, Botânica (2025).

A aplicação da técnica de multiplicação *in vitro* oferece diversas vantagens, como a obtenção de grande número de plantas em menor tempo, a padronização genética e sanitária do material e a viabilidade de conservar germoplasma. Apesar disso, a adoção ainda é limitada em alguns segmentos da cadeia produtiva, principalmente entre agricultores de menor escala, o que reforça a importância de políticas públicas e ações de extensão rural para facilitar o acesso à semente de qualidade (SILVA; SOUZA; MARTINS, 2021).

3.3 Micropropagação vegetal

A cultura de tecidos é uma técnica biotecnológica que permite o cultivo e a multiplicação de células, tecidos ou órgãos vegetais em condições controladas de laboratório, geralmente em meio nutritivo estéril. Essa técnica tem como principal finalidade a propagação rápida e em larga escala de plantas com características desejadas, preservando sua qualidade genética e fitossanitária (DUTRA, 2010).

Dentre as diversas aplicações da cultura de tecidos, a micropropagação vegetal destaca-se como uma das ferramentas mais importantes da agricultura moderna para a multiplicação de plantas saudáveis. Essa técnica consiste na multiplicação *in vitro* de explantes vegetativos, como meristemas ou gemas axilares, que possuem elevado potencial regenerativo e estão livres de patógenos sistêmicos. O ambiente asséptico da micropropagação garante a produção de mudas com alta sanidade fitossanitária, fator crucial para culturas vegetais suscetíveis a doenças (DUTRA, 2010).

Na bataticultura, a micropropagação vem sendo adotada por instituições de pesquisa como a Embrapa Hortaliças, a EPAMIG e universidades públicas, visando a produção de mudas pré-básicas. Essas mudas são caracterizadas por apresentarem estágio fisiológico jovem e uniformidade genética, condições essenciais para garantir a qualidade da propagação subsequente. Além disso, a técnica é eficaz na eliminação de importantes vírus que acometem a cultura da batata, tais como o PVY (vírus Y da batata), PLRV (vírus do enrolamento das folhas) e PVS (vírus S da batata), que são comumente transmitidos por sementes convencionais e podem causar grandes prejuízos à produção (CASTRO et al., 2018).

A aplicação da técnica de multiplicação *in vitro* (micropropagação) baseada no cultivo de meristemas e explantes em meio de cultura oferece importantes benefícios: permite obter elevado número de plantas em menor tempo, assegura a padronização genética e sanitária do material e possibilita a conservação de germoplasma (FERNANDES; LIMA, 2017). Estudos indicam que o uso de mudas micropropagadas pode elevar a produtividade final em até 30%, além de diminuir os gastos com defensivos agrícolas, devido à maior resistência e sanidade das plantas (FERNANDES; LIMA, 2017).

Além disso, a adoção da micropropagação ainda enfrenta entraves significativos, especialmente entre os pequenos produtores, devido ao alto custo inicial dos insumos laboratoriais, à necessidade de infraestrutura especializada e à escassez de mão de obra técnica qualificada. Essas barreiras limitam o acesso à tecnologia, mesmo diante de seus comprovados benefícios, como a elevação da produtividade e a redução no uso de defensivos. Nesse contexto,

o fortalecimento de políticas públicas, programas de capacitação técnica e parcerias com instituições de pesquisa e extensão rural são estratégias essenciais para democratizar o uso da micropropagação e garantir a produção de mudas de batata com elevada qualidade sanitária e fisiológica no Brasil (SILVA; SOUZA; MARTINS, 2021).

3.4 O meio MS e o papel dos reguladores no cultivo *in vitro*

O meio MS (Murashige & Skoog, 1962) é amplamente reconhecido e utilizado nos protocolos de micropropagação vegetal por sua composição equilibrada de nutrientes essenciais para o cultivo *in vitro*. Esse meio nutritivo contém vitaminas, macro e micronutrientes em concentrações otimizadas, que atendem às demandas metabólicas das plantas em crescimento.

A sacarose, geralmente adicionada na concentração de 30 g L⁻¹, funciona como a principal fonte de carbono e energia para os explantes durante o desenvolvimento das plantas em ambiente asséptico, uma vez que, diferentemente do cultivo em campo, as plantas *in vitro* dependem exclusivamente do meio para obter recursos energéticos (TORRES; CALDAS; BUSO, 2000).

Além da oferta nutricional, o controle do crescimento e desenvolvimento das plantas *in vitro* depende do uso adequado de reguladores de crescimento vegetal, que são hormônios sintéticos ou naturais aplicados para modular processos fisiológicos específicos. No contexto da micropropagação, as citocininas, com destaque para a 6-benzilaminopurina (BAP), são utilizadas principalmente para estimular a multiplicação das gemas axilares. Essa ação hormonal promove a divisão celular e a formação de múltiplos brotos, ampliando a capacidade de propagação das plantas a partir de poucos explantes.

Por outro lado, as auxinas, como o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftalenoacético (ANA), são reguladores essenciais para o processo de enraizamento. Elas promovem a alongação celular e a diferenciação das raízes, garantindo que as mudas regeneradas em meio *in vitro* possam desenvolver um sistema radicular funcional para o posterior aclimatamento e plantio (MELO et al., 2017).

3.5 Meio sólido e líquido no subcultivo de batata

Durante a multiplicação *in vitro*, o tipo de meio de cultura utilizado exerce influência significativa no desempenho dos explantes, especialmente no que se refere ao crescimento e à taxa de multiplicação. O meio semissólido, preparado com ágar, é tradicionalmente o mais

empregado devido à sua facilidade de manuseio e à estabilidade que proporciona às plantas dentro dos frascos, sendo esta a abordagem adotada pela maioria dos laboratórios (PEREIRA; FORTES, 2003).

Entretanto, o meio líquido tem ganhado destaque em diversos estudos por oferecer vantagens importantes, como o maior contato dos tecidos com os nutrientes, o que favorece a absorção e o desenvolvimento das plantas. Segundo Pereira e Fortes (2003), a utilização do meio líquido, especialmente quando os frascos são mantidos sob agitação contínua, eleva a eficiência da multiplicação da batata. Tal agitação melhora a distribuição dos nutrientes e previne a deficiência de oxigênio nos tecidos.

Um aspecto relevante destacado pelos autores foi a ausência de vitrificação nas plantas cultivadas em meio líquido, fenômeno frequentemente observado neste sistema. Contudo, alertaram para o risco maior de contaminação, visto que os explantes permanecem imersos no mesmo meio e a contaminação de um pode comprometer todo o cultivo (PEREIRA; FORTES, 2003).

3.6 O cálcio no cultivo *in vitro* da batata

O cálcio (Ca^{2+}) é um nutriente essencial para o sucesso da micropropagação vegetal, desempenhando funções fundamentais na integridade das membranas celulares, na rigidez da parede celular e na regulação de processos fisiológicos, como a divisão e a alongação celular. Em condições de cultivo *in vitro*, o equilíbrio na concentração de cálcio no meio de cultura é essencial para o desenvolvimento adequado das brotações e para a formação de raízes saudáveis (PEREIRA; FORTES, 2003).

No caso da batata, o cultivo em meio MS geralmente utiliza o cálcio na forma de nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). A presença equilibrada desse nutriente favorece o desenvolvimento de brotos vigorosos, raízes bem formadas e maior taxa de sobrevivência das plantas após o processo de aclimatização.

De acordo com Silva *et al.* (2021), em um experimento com diferentes concentrações de cálcio aplicadas ao cultivo *in vitro* de batata, foi observado que a concentração de 3,0 mM proporcionou os melhores resultados. Os autores concluíram que o ajuste adequado desse nutriente no meio é determinante para maximizar o enraizamento fisiológico das plantas, especialmente nas fases de multiplicação e enraizamento.

3.7 Vigor de tubérculos: influência no desempenho agronômico

O vigor dos tubérculos-semente é um dos principais fatores que influenciam diretamente a produtividade da cultura da batata. Tubérculos com bom estado fisiológico tendem a apresentar emergência mais rápida, maior número de hastes por planta e desenvolvimento mais eficiente do sistema radicular, o que reflete positivamente na formação e no enchimento dos novos tubérculos (ATZA *et al.*, 2024).

De modo geral, tubérculos fisiologicamente mais jovens preservam melhor suas reservas energéticas e emitem brotações mais uniformes e vigorosas. Em contrapartida, os tubérculos mais envelhecidos apresentam tendência à emissão de múltiplos brotos, que embora sejam numerosos, costumam ser menos vigorosos e menos eficientes do ponto de vista produtivo (BISOGNIN *et al.*, 2008).

Além disso, o manejo adequado das condições de armazenamento é essencial para preservar o vigor fisiológico até o momento do plantio ou da multiplicação *in vitro*. Parâmetros como temperatura, ventilação, umidade e luminosidade precisam ser rigorosamente controlados.

Segundo protocolos técnicos, os tubérculos devem ser inicialmente mantidos em ambientes escuros, com temperatura média de 25 °C e umidade controlada, evitando a perda de água e a brotação precoce. Posteriormente, no momento de indução dos brotos, eles podem ser transferidos para salas de crescimento com fotoperíodo de 16 horas de luz e fornecimento controlado por lâmpadas de LED (CASTRO *et al.*, 2018; LEAL *et al.*, 2020).

Esse conjunto de cuidados é especialmente importante quando os tubérculos são destinados à multiplicação *in vitro*, pois influencia diretamente a qualidade do material meristemático que será coletado. Quanto melhor o estado fisiológico dos tubérculos, maiores as chances de sucesso na regeneração das plantas e na obtenção de mudas livres de patógenos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura é uma etapa fundamental na elaboração de trabalhos acadêmicos e científicos, pois permite reunir, descrever e analisar criticamente os conhecimentos já produzidos sobre determinado tema. Embora seja tradicionalmente mais flexível em relação aos métodos utilizados, quando conduzida com critérios bem definidos, a revisão de literatura pode alcançar elevado grau de rigor e profundidade, aproximando-se da estrutura metodológica de uma revisão sistemática (GOMES; SILVA; OLIVEIRA, 2020).

Neste trabalho, optou-se por uma revisão de literatura com estrutura inspirada nos princípios da revisão sistemática, a fim de garantir maior organização, clareza e confiabilidade na seleção das informações. Foram utilizados critérios de inclusão e exclusão de estudos, priorizando publicações científicas em português e inglês indexadas em bases como Biblioteca Digital da Embrapa, Google Acadêmico e SciELO. A seleção considerou a atualidade dos dados, a relevância para o tema e a qualidade metodológica dos trabalhos.

Essa abordagem visa o favorecimento de uma análise crítica e aprofundada dos principais aspectos relacionados à micropropagação de batata, ao meio de cultura MS em estado líquido, ao papel do cálcio no desenvolvimento *in vitro* e aos fatores que influenciam o vigor fisiológico dos tubérculos.

Dessa forma, a revisão não apenas embasa teoricamente a pesquisa, como também contribui para a identificação de lacunas e direcionamentos para estudos futuros no campo da propagação vegetal.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Experimento

5.1.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, *Campus Bambuí*, Rodovia Bambuí/Medeiros – Km 05, Bambuí, MG. O laboratório possui sala de crescimento com temperatura regulada a 25°, e fotoperíodo de 16 horas luz.

5.1.2 Ensaios para avaliação da influência da concentração de cálcio na eficiência de multiplicação de clones de batata

Foram selecionadas quatro amostras/clones de batata: CBM 16-16, CCF 02-19, CCP 22-10 (fornecidos pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) (clones do programa de melhoramento genético da UFLA,)) e Atlantic (uma variedade comercial utilizada como testemunha no experimento) (Figura 2); para avaliação em cultivo *in vitro* sob diferentes condições nutricionais, especificamente duas concentrações de cálcio no meio de cultura líquido: 0,81 mM e 1,62 mM.

Figura 2 – Fotografia inicial dos clones/amostras antes da brotação



Fonte: Autora (2025)

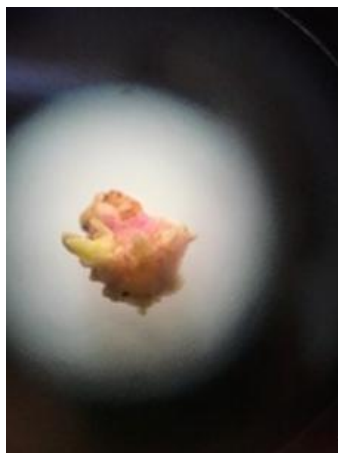
Os explantes de tubérculos pré brotados (Figura 3) foram retirados com o auxílio de lupa e lâmina de bisturi nº 24, na Figura 4 observam-se os meristemas através da lupa, ressaltando a precisão e o cuidado requeridos para garantir a sanidade do material inicial, e, posteriormente foi realizada a assepsia, onde os explantes foram lavados em água corrente com cinco gotas de detergente, durante 30 minutos (Figura 5), colocados em álcool 70%, por 30 segundos, e no hipoclorito, por 20 minutos.

Figura 3 – Pré-brotados



Fonte: Autora (2025)

Figura 4 - Meristemas através da Lupa



Fonte: Autora (2025)

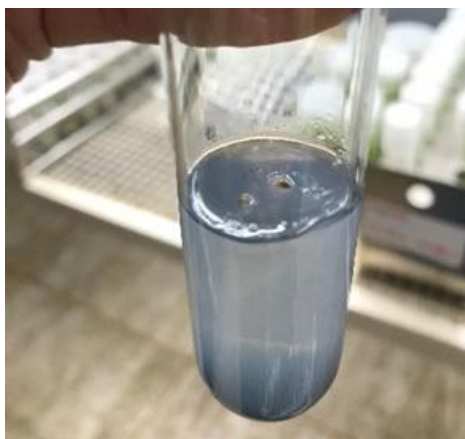
Figura 5 – Assepsia



Fonte: Autora (2025)

Os meristemas retirados foram levados a câmara de fluxo laminar, lavados com água destilada três vezes, e inoculados em meios semissólidos (Figura 6).

Figura 6 - Meristemas no meio MS semissólido



Fonte: Autora (2025)

Os meios de cultura semissólidos foram preparados com o pH ajustado para 5,90, condição que favorece a absorção de nutrientes e o desenvolvimento celular. A composição incluiu ágar, na concentração de 7 g L^{-1} para solidificação, sacarose, na concentração de 30 g L^{-1} como fonte de carbono e energia e carvão ativado, na concentração de $0,8 \text{ g L}^{-1}$ para adsorver substâncias tóxicas e melhorar a qualidade do meio, conforme o protocolo de preparo de meio de cultura MS (Figura 7). Após preparação, os meios foram distribuídos em frascos contendo

15 mL e esterilizados em autoclave para assegurar a ausência de contaminantes microbianos (Figura 8).

Figura 7 – Preparo de meio de cultura MS

LABORATÓRIO DE
CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DE SÃO CARLOS

PROTÓCOLO 01 - PREPARO DE MEIO DE CULTURA MS - MURASHIGE E SKOOG

Solução Estoque	Composto	Concentração Solução Estoque mg/L	Vol. da Sol. Estoque adicionado ao meio	Concentração Final mg/L
A	NH_4NO_3	82.500	20	1.650,0
B	KNO_3	95.000	20	1.900,0
C	H_2B_6	1.240		0,2
	$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	34.000		170,0
	KI	106	5	0,83
	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	50		0,25
	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5		0,025
D	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	8.800	50	440,0
E	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	74.000		370,0
	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4.360	5	22,30
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1.720		8,60
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5		0,025
F	$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	7.450	5	37,25
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5.570		27,85
Heatol	Mio-inulotol	2.000	50	100,0
Vitaminas	Tiamina HCl	50		0,50
	Piridoxina	50	10	0,50
	Ácido nicotínico	50		0,50
Amino ácido	Glicina	80	25	2,00
Agar	Sacarose (3%)	-	-	3.000,0
Agar	0,6%	-	-	-

Ajustar o pH para 5,7 ± 0,1

Referência
MURASHIGE, T. AND SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiology Plantarum*, Feb 1962, v. 15, n.2, p. 473-497. Abril, 1962.

Fonte: Autora (2025)

Figura 8 - Tubos autoclavados



Fonte: Autora (2025)

Meristemas extraídos dos clones foram inoculados em pares nos frascos com meio semissólido, configurando as unidades experimentais. Inicialmente, os explantes foram mantidos em condições de escuridão por 7 dias, prática que favorece a recuperação e adaptação das células ao ambiente *in vitro*, minimizando estresse oxidativo.

Posteriormente, as culturas foram transferidas para sala de crescimento, mantidas à temperatura média de 25°C e sob fotoperíodo de 16 horas de luz contínua, fornecida por lâmpadas de LED, simulando condições favoráveis para o processo fotossintético e crescimento vegetativo.

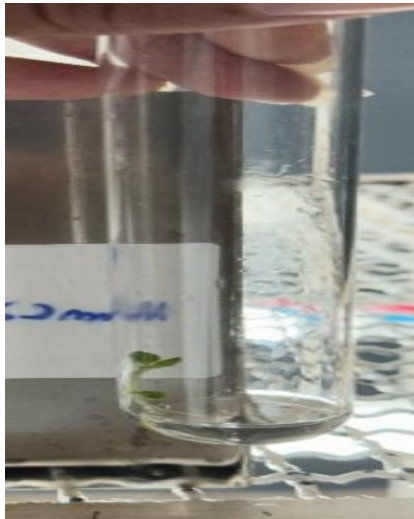
Após 60 dias, as plântulas foram levadas à câmara de fluxo laminar e, com o auxílio de um bisturi, cuidadosamente repicadas e removidas do meio semissólido, sendo então transferidas para meio MS líquido. As plântulas permaneceram nas mesmas condições ambientais a fim de promover o crescimento aerado e facilitar a absorção de nutrientes (Figura 9 e Figura 10).

Figura 9 – Plântulas antes de serem removidas do meio semissólido e transferidas para meio MS líquido



Fonte: Autora (2025)

Figura 10 – Plântulas em meio MS líquido



Fonte: Autora (2025)

As avaliações foram realizadas aos 30 e 60 dias após a transferência para o meio líquido, com as duas concentrações de cálcio no meio de cultura líquido: 0,81 mM e 1,62 mM, considerando os seguintes parâmetros morfológicos por planta: número de hastes produzidas, número de nós, distância entre os nós (as medidas foram dadas em centímetros) e comprimento total da planta, medido desde a inserção do explante no meio até a parte aérea.

Esses indicadores foram escolhidos por refletirem diretamente o vigor e o desenvolvimento das plantas, aspectos cruciais para a qualidade das mudas produzidas via micropropagação.

5.1.3 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar a significância das diferenças entre tratamentos experimentais, adotando um nível de significância padrão de 5% ($p \leq 0,05$).

A análise foi realizada por meio do software Sisvar (Ferreira, 2003). Para comparações múltiplas entre médias, foi aplicada a técnica de teste de Tukey, garantindo maior rigor na identificação de diferenças estatísticas relevantes entre os tratamentos. Os tratamentos foram distribuídos em um suporte de metal no delineamento inteiramente casualizado, com 8 tratamentos, 3 repetições e 1 planta por repetição.

5.2 Revisão de Literatura

Foi realizada uma revisão da literatura, cuja finalidade foi integrar e consolidar informações provenientes de diversos estudos relacionados ao vigor de tubérculos e cultivo *in vitro* de batata.

A busca foi realizada em bases de dados eletrônicas reconhecidas, tais como Google Acadêmico, SciELO e Biblioteca Digital Embrapa, incluindo artigos científicos, publicados em inglês e português, no período compreendido entre 2009 e 2025.

A estratégia de pesquisa baseou-se em descritores-chave selecionados para abranger os temas centrais do estudo: Batata, (*Solanum tuberosum* L.), micropropagação e vigor de tubérculo. Os resultados da primeira busca podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1- Resultado da busca nos bancos de dados associados

Base de Dados	Descritores/Keywords	Artigos encontrados (unidades)
Biblioteca Digital Embrapa	<i>Solanum tuberosum</i>	13
	Micropropagação	9
	Vigor de tubérculos	117
Google Acadêmico	<i>Solanum tuberosum</i>	13.500
	Micropropagação	9.830
	Vigor de tubérculos	18.500
SciELO	<i>Solanum tuberosum</i>	289
	Micropropagação/ Micropropagation	194
	Vigor de tubérculos/ Vigor tuber	5 (2/6)

Fonte: Autora (2025)

Os critérios adotados para a seleção dos artigos incluíram a relevância do título em relação ao tema abordado, a coerência do resumo com os objetivos da pesquisa e a disponibilidade do texto completo nas bases de dados consultadas.

A triagem inicial foi realizada por meio da leitura dos títulos, com o intuito de identificar os estudos mais adequados ao tema proposto. Logo em seguida, foram feitas as leituras dos artigos selecionados, sendo descartados aqueles que não apresentavam relação direta com o objetivo da investigação.

Quadro 2- Quantitativo das bases de dados dos artigos filtrados.

Banco de Dados	Biblioteca Digital Embrapa	Google Acadêmico	SCIELO
Número de artigos encontrados	310	60	5
Critérios de inclusão			
Título alinhado ao tema	2	1	2
Disponível banco de dados	2	1	2
Total artigos analisados	2	1	2
Artigos incluídos	2	3	3

Fonte: Autora (2025)

Seguindo uma avaliação criteriosa, 8 (oito) estudos de diferentes autores foram considerados elegíveis para esta revisão, de acordo com os critérios de inclusão definidos (temporalidade, título alinhado ao tema, resumo alinhado ao tema, disponível em banco de dados), aos quais podem ser encontrados no Quadro 3.

Quadro 3- Artigos selecionados para revisão

Estado	Localização	Referência
DF	Laboratório de cultura de tecidos da Embrapa CENARGEN, Brasília	Escobar <i>et al.</i> (2009)
RS	Laboratórios e casa de vegetação da Embrapa Clima Temperado, Pelotas	Dutra <i>et al.</i> (2010)
-	Departamento de Biotecnologia, Instituto de Biotecnologia, Centro Nacional de Pesquisa, Cairo, Egito	Mandeeel <i>et al.</i> (2023)
RS / SC	Pelotas - RS / Canoinhas - SC	Silva <i>et al.</i> (2019a)
SC / RS	Canoinhas – SC / Pelotas - RS	Silva <i>et al.</i> (2019b)
PB	Montadas - PB	Freire (2018)
SP	FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, Jaboticabal - SP	Viana <i>et al.</i> (2022)
RS	Departamento de Fitotecnia da UFSM, RS	Müller <i>et al.</i> (2010)

Fonte: Autora (2025)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento

6.1.2 Ensaio com diferentes concentrações de cálcio

A análise dos dados obtidos após 30 e 60 dias de cultivo em meio MS líquido contendo duas concentrações de cálcio (0,81 mM e 1,62 mM) permitiu avaliar os efeitos desse nutriente no desenvolvimento *in vitro* da batata. Os parâmetros estudados foram: número de hastes, número de nós, espaçamento entre nós (cm) e comprimento da parte aérea (cm), conforme apresentado nos Quadros 4 e 5.

Após 30 dias de cultivo (Figura 11), verificou-se diferença estatística apenas para o número de hastes, variando conforme o genótipo e a concentração de cálcio utilizada (Quadro 4).

Os clones CBM 16-16, CCF 02-19 e CCP 22-10 apresentaram maior emissão de hastes na concentração de 1,62 mM, enquanto a cultivar Atlantic apresentou melhor desempenho na dose de 0,81 mM. Esses dados indicam uma resposta diferenciada à suplementação de cálcio, dependente do material genético, conforme apontado por Silva *et al.* (2021).

Figura 11 – Avaliação de 30 dias



Fonte: Autora (2025)

Quadro 4 – Desempenho de clones/amostras de batatas aos 30 dias de subcultivo em diferentes doses de Cálcio

Parâmetros analisados* com 30 dias						
Tratamento	Clone	Dose cálcio	Altura (cm)	Nº nós	Distância entre nós (cm)	Nº hastes
1	CBM 16-16	0,81	6,12 a	3,58 a	1,66 a	2,25 a
2	CBM 16-16	1,62	8,20 a	4,58 a	2,12 a	2,67 a
3	CCF 02-19	0,81	6,16 a	3,16 a	1,58 a	2,08 a
4	CCF 02-19	1,62	8,42 a	3,41 a	2,08 a	0,83 b
5	CCF 22-10	0,81	6,83 a	2,17 a	2,28 a	0,99 b
6	CCF 22-10	1,62	6,25 a	2,33 a	2,53 a	1,33 b
7	Atlantic	0,81	4,71 a	2,99 a	1,04 a	1,50 b
8	Atlantic	1,62	6,45 a	4,58 a	1,33 a	1,16 b

*médias seguidas por letras iguais na coluna não diferente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância
Fonte: Autora (2025)

Esse comportamento também corrobora os achados de Fonseca *et al.* (2018), que observaram maior multiplicação de brotos em cultivares de batata cultivadas em meio MS líquido suplementado com cálcio, especialmente nas fases iniciais do cultivo. O cálcio atua como sinalizador intracelular secundário, modulando a atividade de enzimas e proteínas estruturais envolvidas na divisão e diferenciação celular (PEREIRA; FORTES, 2003).

Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas nos demais parâmetros avaliados aos 30 dias, como número de nós, distância entre nós e comprimento da parte aérea.

Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que, embora o cálcio seja essencial para a formação de meristemas e indução de novas brotações, seus efeitos sobre o alongamento celular podem ser limitados quando o equilíbrio nutricional com potássio e boro não é mantido.

Segundo dados da Embrapa Hortaliças, a batata requer proporções específicas desses nutrientes, cerca de 9 % do cálcio absorvido, 68 % de potássio e 45 % de boro são acumulados

nos tubérculos ao longo do ciclo produtivo, o que evidencia a importância do balanço entre esses elementos para o desenvolvimento vegetativo, (EMBRAPA Hortaliças, 2023).

A carência ou desequilíbrio desses nutrientes pode comprometer a ação de fitohormônios como o ácido giberélico, responsável pelo alongamento celular e divisão nos meristemas, reduzindo a eficiência do crescimento *in vitro* mesmo com a presença de cálcio (EMBRAPA Hortaliças; estudos citados em FILGUEIRA, 2008).

Quadro 5 – Desempenho de clones/amostras de batatas aos 60 dias de subcultivo em diferentes doses de Cálcio

Parâmetros analisados* com 60 dias						
Tratamento	Clone	Dose cálcio	Altura (cm)	Nº nós	Distância entre nós (cm)	Nº hastes
1	CBM 16-16	0,81	5,20 a	3,91 a	1,29 a	2,91 a
2	CBM 16-16	1,62	8,29 a	4,99 a	1,99 a	4,08 a
3	CCF 02-19	0,81	8,40 a	3,62 a	1,83 a	5,41 a
4	CCF 02-19	1,62	9,70 a	4,08 a	2,08 a	3,08 a
5	CCF 22-10	0,81	7,04 a	2,75 a	2,41 a	2,66 a
6	CCF 22-10	1,62	6,67 a	2,91 a	2,50 a	3,33 a
7	Atlantic	0,81	4,29 a	2,41 a	0,87 a	1,75 a
8	Atlantic	1,62	3,45 a	1,83 a	0,75 a	0,75 a

*médias seguidas por letras iguais maiúsculas na coluna não diferente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Autora (2025)

Aos 60 dias de cultivo (Figura 12), nenhum dos parâmetros analisados apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Quadro 5), sugerindo que o efeito inicial do cálcio na indução de hastes tende a se estabilizar com o tempo. Esse comportamento pode ser atribuído a um ajuste fisiológico das plantas ao ambiente de cultivo. Além disso, fatores como a

hiperidricidade ou a depleção de nutrientes no meio de cultura, comuns em cultivos prolongados *in vitro*, podem ter limitado o crescimento contínuo, como apontado por Castro *et al.* (2018).

Diante desses resultados, observa-se que o cálcio possui papel relevante nas fases iniciais da multiplicação, mas a manutenção do crescimento vigoroso das plântulas ao longo do tempo requer um fornecimento nutricional equilibrado e adaptado às necessidades específicas de cada genótipo. Isso reforça a importância da definição de protocolos específicos para cada clone, considerando-se a interação entre o tipo de meio, a composição nutricional e as características genéticas.

Figura 12 – Avaliação de 60 dias



Fonte: Autora (2025)

6.2 Revisão de Literatura

A revisão de literatura realizada com base em estudos nacionais e internacionais, destacou a relevância do vigor fisiológico dos tubérculos para o desempenho agrônomo da cultura da batata. Oito estudos que atendem os critérios estabelecidos foram analisados, com foco em protocolos de micropropagação, manutenção *in vitro*, qualidade fisiológica e formação de tubérculos.

Escobar *et al.* (2009), demonstrou em seu trabalho que a manutenção de gemas encapsuladas *in vitro* promove alta viabilidade e preservação fisiológica do material vegetal. Essa técnica possibilitou a conservação do vigor dos explantes por períodos prolongados, essencial para garantir brotamento uniforme e emergência eficiente no momento da regeneração. Os autores destacam que o encapsulamento pode ser uma estratégia promissora para bancos de germoplasma e produção de mudas de qualidade.

Dutra *et al.* (2010), em protocolos desenvolvidos pela Embrapa Clima Temperado, mostraram que o uso de reguladores de crescimento como BAP (6-Benzilaminopurina) e AIA (Ácido Indolacético) nos estágios iniciais da micropropagação de batata propiciou taxas de multiplicação e vigor inicial das plântulas melhores. Além de que a aclimação cuidadosa e o endurecimento prévio das mudas aumentaram o sucesso da adaptação em campo, tendo influência direta no desenvolvimento de tubérculos mais vigorosos.

Silva *et al.* (2019a) avaliaram clones canadenses em ambientes diferentes do Sul do Brasil e observaram que o vigor das plantas está ligado diretamente ao desempenho agrônomo, qualidade de fritura e rendimento de tubérculos. Clones com maior vigor fisiológico apresentaram estrutura vegetativa melhor, maior número de hastes e uniformidade de brotação, fatores que são decisivos para a produtividade. Dessa forma, Silva *et al.* (2019b), evidenciaram que o armazenamento adequado em ambientes controlados (com ventilação, temperatura amena e baixa umidade) preservam as reservas energéticas dos tubérculos, favorecendo a brotação vigorosa e sincronizada no campo.

O estudo de Mandeel *et al.* (2023) fornece dados experimentais relevantes sobre fatores que afetam a tuberização *in vitro* da batata. Diferentes níveis de sacarose, cinetina e cumarina, foram testados, e observou-se que concentrações específicas desses componentes aumentaram significativamente o número e o peso dos microtubérculos. Essa resposta demonstra o potencial da nutrição e do uso de reguladores para a produção de tubérculos vigorosos em ambiente controlado.

Freire (2018), em seu trabalho de conclusão de curso, avaliou métodos alternativos para tratar tubérculos-semente de batata (cv. Electra) com baixo vigor na Paraíba, utilizando caldas agroecológicas. O estudo testou calda bordalesa, álcool de castanha de caju, biofertilizante, água de vidro e manipueira, visando desinfestação e melhoria do desempenho agrônomo.

Os resultados indicaram que o tratamento com calda bordalesa proporcionou maior produção e número de tubérculos por planta, enquanto o álcool de castanha de caju apresentou efeito negativo. Os demais tratamentos tiveram resultados intermediários, sugerindo que a calda bordalesa é uma alternativa promissora para tubérculos-semente de baixa qualidade.

Viana *et al.* (2022) investigaram a produtividade da batata cv. Orchestra sob diferentes formas de fertilização e massas de tubérculos-semente em condições de restrição hídrica (50% da evapotranspiração).

O experimento, conduzido em São Paulo, comparou fertilização convencional, fertirrigação parcelada em três vezes e fertirrigação conforme a marcha de absorção, com tubérculos menores e maiores que 50g. Constatou-se que tubérculos com massa superior a 50g garantiram maior produtividade (29,55 t ha⁻¹) e maior proporção de batatas graúdas, independentemente da forma de fertilização. Assim, o tamanho inicial do tubérculo-semente foi determinante para a eficiência produtiva mesmo sob déficit hídrico.

Müller *et al.* (2010) analisaram a dormência e a dominância apical de tubérculos de três clones de batata (SMINIA00017-6, SMIJ461-1 e Asterix) com diferentes tamanhos e armazenados em 10°C ou 20°C por 170 dias. Os resultados mostraram que tubérculos menores (<35 mm) apresentaram maior período de dormência e dominância apical, enquanto os maiores (>45 mm) tiveram menor tempo para brotação.

A temperatura de 20°C foi mais eficiente para romper a dormência, mas menos eficaz para quebrar a dominância apical. O estudo concluiu que tanto o tamanho, quanto a temperatura de armazenamento influenciam significativamente a fisiologia dos tubérculos-semente.

De forma geral, os estudos analisados nesta revisão de literatura evidenciam que o vigor fisiológico dos tubérculos é influenciado por múltiplos fatores, como a qualidade genética, as práticas de micropropagação, a tuberização eficiente, o uso de reguladores de crescimento, as condições de armazenamento e o manejo pré-plantio.

Observa-se que técnicas como encapsulamento *in vitro* com alignato de sódio a 3 % (m/v), a escolha adequada do tamanho dos tubérculos-semente com peso entre 40 a 50 g, e tratamentos alternativos como a aplicação de calda bordalesa (1,0% de sulfato de cobre + 1,0% de cal virgem) são estratégias que demonstraram resultados positivos no aumento do vigor fisiológico dos tubérculos e na uniformidade da brotação, conforme relatado por Müller *et al.* (2010), Freire (2018) e Viana *et al.* (2022).

Além disso, destaca-se que a adoção de práticas baseadas em evidências científicas, como o uso de mudas micropropagadas com alto padrão fisiológico, o manejo de armazenamento em condições adequadas e a seleção criteriosa de tubérculos-semente, promove não apenas a produtividade, mas também a sustentabilidade da bataticultura.

Estratégias como o tratamento com calda bordalesa (Freire, 2018), a utilização de tubérculos maiores em condições adversas (Viana *et al.*, 2022) e a adequação da temperatura de armazenamento (Müller *et al.*, 2010) são exemplos de intervenções que favorecem a

uniformidade de brotação, o desenvolvimento equilibrado da parte aérea e o pleno aproveitamento do potencial genético das cultivares.

Portanto, as abordagens discutidas ao longo desta revisão reafirmam a importância de integrar conhecimento científico e práticas agrícolas para fortalecer a produção nacional, tornando-a menos dependente de material propagativo importado e mais alinhada com os princípios de autonomia produtiva e eficiência agronômica.

7 CONCLUSÃO

A micropropagação demonstrou ser uma técnica eficiente para a produção de mudas de batata, especialmente quando aliada ao manejo adequado do meio de cultura. As concentrações de cálcio testadas no meio MS líquido favoreceram a emissão de hastes aos 30 dias, embora não tenham promovido ganhos expressivos em demais parâmetros morfológicos, sugerindo a necessidade de equilíbrio com outros nutrientes ou reguladores de crescimento.

Resultados paralelos apontam para o potencial do sulfato de cobre como estímulo adicional à brotação *in vitro*, abrindo possibilidades para estudos futuros. A revisão de literatura reforçou a importância do vigor fisiológico dos tubérculos, evidenciando que práticas desde a multiplicação *in vitro* até o armazenamento influenciam diretamente na qualidade e no desempenho das plantas.

Conclui-se que o cálcio, embora promissor, deve ser utilizado em associação com outros fatores nutricionais e hormonais para resultados mais expressivos. Além disso, a adoção de práticas fundamentadas em evidências científicas é essencial para garantir mudas com alto vigor, sanidade e uniformidade, contribuindo para a sustentabilidade e o fortalecimento da cadeia produtiva da batata no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA – ABBA. **Botânica da batateira: sistema radicular, estolões e desenvolvimento do tubérculo**. [S.l.: s.n.], s.d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA, BOTÂNICA. **Botânica**. 2025. Disponível em: <https://www.abbabatatabrasileira.com.br/botanica/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultivares de batata**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 25 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 36, de 24 de setembro de 2013**. Estabelece normas para produção e comercialização de batata-semente. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 5-6, 25 set. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Livro de pragas prioritárias ausentes no Brasil**. Brasília, DF: MAPA, 2018. Acesso em: 25 jul. 2025.

DUTRA, L. F. et al. **Protocolos de micropropagação de plantas. I - Batata**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 20 p. (Folheto Técnico, 78).

EMBRAPA. **Pragas quarentenárias**. 2021. Acesso em: 25 jul. 2025.

EMBRAPA. **Sistema de produção de batata-doce**. Embrapa Clima Temperado, 2023. Acesso em: 25 jul. 2025.

ESCOBAR, M. S. I. *et al.* **Viabilidade do uso de unidades encapsuláveis na manutenção *in vitro* de germoplasma de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. In: Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, 2009, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2009.

FERNANDES, A. M.; LIMA, M. F. **Produção de batata-semente: desafios e oportunidades para o Brasil**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 11, n. 5, p. 1412–1420, 2017.

FERNANDES, A. M. *et al.* Produção de minitubérculos de batata em sistema aeropônico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 1, p. 43–49, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1093-1100, 2003.

FERNANDES, J. R.; LIMA, M. F. **Micropropagação de batata: uma alternativa para produção de mudas de qualidade**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 12, n. 3, p. 539-544, 2017.

FILGUEIRA, D. S. (Ed.). **Manejo de adubação da cultura da batata para obtenção de altas produtividades**. In: Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, 2008.

FONSECA, M. E. N.; LOPES, C. A. **Batata-semente: produção, doenças e qualidade**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. (Documentos, 179).

FREIRE, O.O. **Tratamento alternativo de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) semente**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agroecologia) – Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca, 2018.

GOMES, L. M. S. *et al.* **Micropropagação de batata (*Solanum tuberosum* L.) em diferentes concentrações de sais do meio MS**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, v. 14, n. 1, p. 12-18, 2019.

GOMES, M. T. S.; SILVA, R. P.; OLIVEIRA, J. C. **Revisão de literatura: importância, estrutura e etapas**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 5, n. 10, p. 124-138, 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: batata – Brasil, 2023**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MACHADO, J. C. *et al.* **Doenças bacterianas da batata: diagnóstico e estratégias de controle**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 42, n. 281, p. 26-35, 2021.

MANDEEL, H. *et al.* Factors affecting *in vitro* tuberization of potato. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 47, p. 1-15, 2023.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Painel de informações da batata**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-nacional-de-hortas-e-hortalicas>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MELO, D. M. *et al.* Avaliação de diferentes concentrações de sais e vitaminas no cultivo *in vitro* de batata. **Revista Verde**, v. 12, n. 3, p. 529–534, 2017.

MÜLLER, D. R; *et al.* Dormência e dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2454–2459, dez. 2010.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473–497, 1962.

OLIVEIRA, D. C. et al. **Parâmetros fisiológicos na avaliação da qualidade de sementes de batata**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 50, n. 3, p. 1-9, 2020.

PAIVA, R.; GOMES, F. L. **Biotecnologia vegetal**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2019. 220 p.

PEREIRA, Jonny Everson Scherwinski; FORTES, Gerson Renan de Lucas. **Protocolo para produção de material propagativo de batata em meio líquido**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1035–1043, set. 2003.

SILVA, L. A.; SOUZA, R. C.; MARTINS, T. S. **Difusão de tecnologias em olericultura: o caso da micropropagação de batata no Sul de Minas Gerais**. Revista Extensão Rural, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 88-102, 2021.

SILVA, G. O. da; PEREIRA, A. S.; AZEVEDO, F. Q.; CARVALHO, A. D. F. de; PINHEIRO, J. B. Seleção de clones canadenses de batata para caracteres agrônômicos e de qualidade de fritura. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 423–428, 2019a.

SILVA, G. O. da; PEREIRA, A. S.; AZEVEDO, F. Q.; CARVALHO, A. D. F. de; PINHEIRO, J. B. Rendimento de tubérculos, qualidade de fritura, vigor de plantas e ciclo vegetativo de clones de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 1–7, 2019b.

SILVA, T. R. B. da *et al.* Resposta de plantas de batata à aplicação de cálcio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e0200133, 2021.

SOUZA, R. C. et al. Efeito do cálcio no crescimento e na fisiologia de plantas de batata. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 14, 2021.

TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultivo in vitro de plantas**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa-CNPQ, 2000. 240 p.

VIANA, J. S; *et al.* Fertilizações e massas de tubérculos-semente na produtividade da batata cultivada sob condições de restrição hídrica. **Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 43, n. 1–4, p. 8–14, 2022.