

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
CURSO DE DOUTORADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

CAMILE THAIS CASTOLDI

**VIGOR DE SEMENTES NO DESEMPENHO DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS
AO DÉFICIT HÍDRICO**

**LAGES
2022**

CAMILE THAIS CASTOLDI

**VIGOR DE SEMENTES NO DESEMPENHO DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS
AO DÉFICIT HÍDRICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dra, Cileide Maria Medeiros Coelho.

LAGES

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Castoldi, Camile Thais

Vigor de sementes no desempenho de plantas de soja
submetidas ao déficit hídrico / Camile Thais Castoldi. -- 2022.

100 p.

Orientadora: Cileide Maria Medeiros Coelho

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal, Lages, 2022.

1. Glycine max L. . 2. Qualidade fisiológica. 3. Déficit hídrico.
4. Produção. 5. Fisiologia de plantas. I. Medeiros Coelho, Cileide
- Maria. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
- Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
- Produção Vegetal. III. Título.

CAMILE THAIS CASTOLDI

**VIGOR DE SEMENTES NO DESEMPENHO DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS
AO DÉFICIT HÍDRICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora:

(Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho)

UDESC

Membros:

(Dra. Natalia Carolina Moraes Ehrhardt Brocardo)

CEST

(Dr. Márcio Zílio)

UNOESC

(Dra. Naiara Guerra)

UFSC

(Dr. Geraldo Chavarria)

UPF

Lages, 25 de fevereiro de 2022

Dedico este trabalho aos meus pais, meus irmãos e a minha maior incentivadora nos estudos, minha vó Leonora (*in memoriam*), com amor e gratidão!

“Se você pode sonhar, você pode fazer”

Walt Disney

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelo dom da vida e por guiar o meu caminho e me levantar em todos os momentos dificeis durante o doutorado.

Gostaria de agradecer minha família, meu maior alicerce, que sempre me acompanhou, torceu, incentivou e foi meu maior colo. Palavras não conseguem expressar o tanto que vocês foram importantes durante esse processo. Obrigada pai Gilmar, mãe Ivanete, manos, Emanuelle, Luiz e Leonardo e meu namorado Daniel.

Agradeço também a todos os amigos que fiz durante o doutorado, amizades verdadeiras que levo e levarei sempre em meu coração, o apoio de vocês foi fundamental para seguir em frente, com carinho minha gratidão a Vanderléia, Lucieli, Bárbara, Gisiane, Jaqueline, Natália, Adrielle, Gabriela e Paula. Aos amigos e colegas de laboratório também, agradeço pelos momentos compartilhados.

Agradeço a Prof. Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho por ter aceito ser minha orientadora e por todos os ensinamentos repassados.

Agradeço a coordenação, secretaria e professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por todo o apoio prestado e ensinamentos repassados.

Agradeço a Universidade do Estado de Santa Catarina pelo ensino gratuito e de qualidade e a FAPESC pela concessão da bolsa.

Agradeço também aos membros da banca pela disponibilidade em contribuir com meu trabalho.

Por fim gostaria de agradecer a todos que de alguma forma fizeram parte da minha vida durante o doutorado e tornaram esse período mais leve.

Gratidão, gratidão, gratidão!!!

RESUMO

O vigor inicial das sementes é um dos principais atributos da qualidade fisiológica e pode influenciar na produtividade final da cultura da soja. Plantas oriundas de sementes com alto vigor podem contribuir para a tolerância da cultura ao estresse hídrico devido a sua emergência rápida e uniforme, o que resulta em plantas de alto desempenho, elevado potencial produtivo e consequentemente na produção de sementes de qualidade. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência do vigor inicial de sementes de soja no desenvolvimento e capacidade das plantas em suportar condições de déficit hídrico e sua influência na qualidade final da semente produzida. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages/SC. O primeiro experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes nos anos de 2018/2019 e 2019/2020 e, neste último ano, com análises complementares em casa de vegetação comparando sementes de alto e baixo vigor. Por meio da redução do vigor em condições artificiais, foi possível ranquear lotes e utilizar sementes com a mesma procedência para implantação do segundo experimento. Desta forma, foi possível verificar diferenças fisiológicas entre lotes com diferentes níveis de vigor e os seus efeitos durante os estádios de desenvolvimento da cultura. O segundo experimento foi realizado em duas fases no ano de 2019/2020. A Fase I foi realizada em casa de vegetação, utilizando delineamento experimental de blocos ao acaso, com arranjo fatorial 2x3, sendo o fator A: sementes de soja de alto e baixo vigor e o fator B: três níveis de déficit hídrico (ausência de déficit, e déficit severo e intermediário), com quatro repetições. Na Fase I, buscou-se avaliar alterações na fisiologia das plantas em condições de déficit hídrico e a influência nos componentes de rendimento da cultura. A Fase II foi realizada no Laboratório de Sementes e consistiu em avaliar a influência do vigor inicial das sementes e do déficit hídrico na qualidade das sementes produzidas. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As sementes de alto vigor demonstraram vantagens em relação ao baixo vigor para todas as variáveis avaliadas e a extensão dos efeitos do vigor foi observada até o estádio R5. As plantas oriundas de sementes de baixo vigor apresentaram redução nos componentes de rendimento em relação ao alto vigor. O vigor inicial de sementes não comprometeu a qualidade fisiológica das sementes produzidas, no entanto provocou alterações no desempenho das plântulas.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Qualidade fisiológica. Déficit hídrico. Produção. Fisiologia de plantas.

ABSTRACT

SEEDS'S VIGOR IN THE PERFORMANCE OF SOYBEAN PLANTS SUBMITTED TO WATER DEFICIT

The seeds's initial vigor is one of the main attributes of the physiological quality and can influence the soybean crop's final productivity. Plants from seeds with high vigor can contribute to the tolerance of the crop to water stress due to their rapid and uniform emergence, which results in high performance plants, high productive potential and consequently in the production of quality seeds. Thus, this work aimed to evaluate the influence of the initial vigor of soybean seeds on the development and ability of plants to withstand water deficit conditions and its influence on the final quality of the seed produced. For that, two experiments were carried out at the Agroveterinary Science Center in the State University of Santa Catarina, in Lages/SC. The first experiment was conducted at the Seed Laboratory in the years 2018/2019 and 2019/2020 and in parts of 2021 with complementary analyzes in a greenhouse comparing high and low vigor seeds. By reducing vigor under artificial conditions, it was possible to rank lots and use seeds with the same origin for the second's experimentation implantation. In this way, it was possible to verify physiological differences between lots with different vigor levels and their effects during the crop development stages. The second experiment was carried out in two phases in the year 2019/2020. Phase I was carried out in a greenhouse, using a randomized block experimental design, with a 2x3 factorial arrangement, with factor A: high and low vigor soybean seeds and factor B: three levels of water deficit (absence of water deficit, severe and intermediate deficit), with four repetitions. In Phase I, changes in plant physiology under water deficit conditions and the influence on crop yield components were evaluated. Phase II was carried out at the Seed Laboratory and consisted of evaluating the influence of the initial vigor of the seeds and the water deficit on the seeds produced's quality. Data were selected for F-test analysis of variance and as means using tests for 5% probability error tests. Seeds with high vigor showed advantages in relation to low vigor for all variables evaluated and the extension of vigor effects was observed up to the R5 stage. Plants from low vigor seeds showed a reduction in yield components in relation to high vigor. The initial vigor of seeds did not compromise the seeds produced's physiological quality, however it caused changes in the seedlings's performance.

Key-Words: *Glycine max* L. Physiological quality. Water deficit. Production. Plant physiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conteúdo relativo de água na folha (CRAF) de plantas oriundas de sementes de alto e baixo vigor, submetidas à déficit hídrico (DH), severo e intermediário, além de um tratamento com ausência de déficit hídrico (controle) impostos através da umidade gravimétrica do solo de 35, 55 e 80% respectivamente.....52

Figura 2 - Plantas de soja da cultivar BS2606IPRO oriundas de sementes de baixo vigor durante o estádio R5.3 da cultura da soja (Fehr e Caviness, 1977) com ausência de déficit hídrico (a), e após 7 dias de déficit hídrico intermediário (b) e severo (c), impostos através da capacidade de campo do solo de 55 e 35% de umidade gravimétrica, respectivamente.55

Figura 3 – Análise de componentes principais (PCA) relacionando alto e baixo vigor com déficit hídrico severa e tratamento controle para as variáveis número de nós (NN), número de sementes abortadas, abortos (AB), total de vagens por planta (TVP), número total de sementes por planta (NTSP), índice SPAD (IS), fotossíntese (A), produção por planta (PP), massa seca de vagem e semente (MSVS), rendimento biológico (RB), altura de planta (AP), índice de colheita (IC), transpiração (E) e condutância estomática (gs)64

Figura 4 - Alterações nos teores de prolina (umol.g MF^{-1}) após período de déficit hídrico no estádio reprodutivo (R5.3).73

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Estadios reproductivos da cultura da soja e suas respectivas caracteristicas a nível de alterações na planta (FEHR E CAVINESS; RITCHIE et al., 1977) | 21 |
| Tabela 2 - Caracterização fisiológica das sementes da cultivar de soja BS2606IPRO, com alto e baixo vigor, através dos testes de germinação (GE), Primeira contagem de germinação (PCG) vigor por tetrazólio (TZV), Índice de velocidade de germinação (IVG) comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz primária (CR) e comprimento total de plântula (CTP). | 34 |
| Tabela 3 - Caracterização de sementes da cultivar de soja BS2606IPRO, de alto e baixo vigor, através dos testes massa fresca de parte aérea (MFP), massa fresca de raiz primária (MFR), massa fresca total de plântula (MFTP) massa seca de parte aérea (MSP), massa seca de raiz (MSR), massa seca total de plântula (MSTP), taxa de redução de reservas da semente (TRRS) taxa de mobilização de reservas da semente (TMRS), eficiência no uso de reservas (EUR) e gasto energético (GE)..... | 37 |
| Tabela 4 - Caracterização da extensão do vigor de sementes de alto e baixo vigor da cultivar de soja BS2616 IPRO, na emergência de plântulas em condições de casa de vegetação, através das avaliações de altura (APA), massa fresca (MF) e seca (MS) de parte aérea de plântulas aos 10, 20 e 30 dias após a semeadura (DAS). | 39 |
| Tabela 5 - Acompanhamento da duração dos efeitos do vigor de sementes, de lotes com alto e baixo vigor da cultivar de soja BS2616 IPRO com base nos estadios de desenvolvimento da cultura realizado no Experimento 2..... | 40 |
| Tabela 6 – Caracterização da qualidade fisiológica de sementes de soja da cultivar BS2606IPRO de alto e baixo vigor. | 45 |
| Tabela 7 – Médias das variáveis condutância estomática (gs), transpiração (E), fotossíntese (A) e índice SPAD – Clorofila (IS), obtidos em função da interação entre os níveis de vigor (alto e baixo) e déficit hídrico (DH), e seus respectivos coeficientes de variação (CV%) | 53 |
| Tabela 8 - Médias das variáveis, área foliar (AF), número de trifólios (NT), massa seca de folhas (MSF), relação raiz/parte aérea (R/PA) e volume de raiz (VR) obtidos em função de níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH). | 56 |
| Tabela 9 – Médias das Altura de planta (AP) e número de nós (NN), obtidos em função da interação entre os níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH). | 57 |

| | |
|--|----|
| Tabela 10 - Médias das total de vagens por planta (TVP), obtidos em função da interação entre os níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH) do total de sementes por planta (TSP) e massa seca de vagem+semente (MSVS) obtidos em função de níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH), avaliados no último dia de estresse..... | 58 |
| Tabela 11 - Médias das variáveis massa seca de vagem + semente (MSVS), número total de sementes/planta (TSP), número de sementes abortadas (NSA), produção/planta (PRP), rendimento biológico (RB) e índice de colheita (IC) obtidos em função da interação entre os níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH), avaliados após a colheita. | 60 |
| Tabela 12 - Médias das variáveis, total de vagens por planta (TVP) e massa de mil sementes (PMS) avaliados após a colheita, obtidos em função de níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH), severo, intermediário e controle, impostos através da capacidade de campo do solo de 35, 55 e 80% respectivamente. | 62 |
| Tabela 13 - Médias das variáveis, total de vagens com zero sementes (V0S), uma semente (V1S), duas sementes (V2S) e três sementes (V3S) obtidos em função de níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH), severo, intermediário e controle, impostos através da capacidade de campo do solo de 35, 55 e 80% respectivamente. | 63 |
| Tabela 14 - Médias do comprimento de raiz primária (CRP), comprimento total de plântula (CTP), massa seca de plântula (MSP), taxa de mobilização de reservas das sementes (TMRS) e eficiência do uso de reservas (EUR) obtidos em função de níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH), avaliados após a colheita das sementes..... | 76 |
| Tabela 15 - Percentual do teor de proteína total (TPT) e teor de proteína solúvel (TPS) obtidos em função de níveis de vigor (alto e baixo) e intensidades de déficit hídrico (DH). | 78 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| 2. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1 | CULTURA DA SOJA (<i>Glycine max</i> L.): IMPORTÂNCIA E PRODUÇÃO..... | 17 |
| 2.2 | IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA DE QUALIDADE | 18 |
| 2.3 | EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA CULTURA DA SOJA PARA OBTER ALTOS RENDIMENTOS E ALTA QUALIDADE DE SEMENTES | 20 |
| 2.4 | ALTERAÇÕES NA FISIOLOGIA DA PLANTA, QUALIDADE DE SEMENTES E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE SOJA EM RESPOSTA A CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA | 22 |
| 2.5 | EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA E QUALIDADE DAS SEMENTES DE SOJA | 26 |
| 3. | APRESENTAÇÃO DA TESE | 28 |
| 4. | CAPÍTULO 1: HIDRÓLISE E MOBILIZAÇÃO DAS RESERVAS DAS SEMENTES EXPLICAM AS DIFERENÇAS NO VIGOR NA CULTURA DA SOJA | 29 |
| 4.1 | INTRODUÇÃO | 29 |
| 4.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 30 |
| 4.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 4.4 | CONCLUSÕES | 42 |
| 5. | CAPÍTULO 2: CONTRIBUIÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES NA FISIOLOGIA, MORFOLOGIA E COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO NO ESTÁDIO REPRODUTIVO | 43 |
| 5.1 | INTRODUÇÃO | 43 |
| 5.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 44 |
| 5.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 51 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.4 | CONCLUSÕES | 65 |
| 6. | CAPÍTULO 3: CONTRIBUIÇÃO DO VIGOR INICIAL DE SEMENTES DE SOJA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DAS SEMENTES PRODUZIDAS SOB DÉFICIT HÍDRICO | 66 |
| 6.1 | INTRODUÇÃO | 66 |
| 6.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 67 |
| 6.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 72 |
| 6.4 | CONCLUSÕES..... | 79 |
| 7. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 80 |
| | REFERÊNCIAS | 81 |
| | APÊNDICES | 90 |