

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE**  
**CAMPUS CASCAVEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PGEAGRI – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DA CULTURA DO FEIJÃO DESSECADA E**  
**QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS ARMAZENADOS**

**DIANDRA GANASCINI**

**CASCAVEL – PR**

**JANEIRO – 2019**

**DIANDRA GANASCINI**

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DA CULTURA DO FEIJÃO DESSECADA E  
QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS ARMAZENADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Sistemas Biológicos e Agroindustriais – SBA.

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Renata Machado Coelho

Coorientador: Prof. Dr. Eriuelto Mercante

**CASCADEL – PR**

**JANEIRO – 2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ganascini, Diandra

Caracterização espectral da cultura do feijão dessecada e qualidade tecnológica dos grãos armazenados / Diandra Ganascini; orientador(a), Sílvia Renata Machado Coelho; coorientador(a), Erivelto Mercante, 2019.

87 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Graduação em Engenharia Agrícola Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2019.

1. Phaseolus vulgaris L. 2. pós-colheita de grãos. 3. herbicidas. 4. espectroscopia. I. Coelho, Sílvia Renata Machado. II. Mercante, Erivelto. III. Título.

Revisão português, inglês e normas: Dhandara Capitani em 27/03/2019.

## DIANDRA GANASCINI

Caracterização espectral da cultura do feijão dessecada e qualidade tecnológica dos grãos armazenados

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



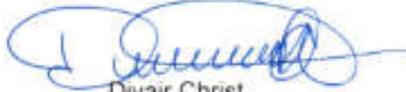
Orientador(a) - Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Suzana Costa Wrublack

União Educacional De Cascavel - UNIVEL



Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 24 de janeiro de 2019

## BIOGRAFIA

Diandra Ganascini, natural de Cascavel, PR – Brasil, nascida em 17 de novembro de 1993, formou-se com grau de Bacharelado em Engenharia Agrícola, na área de concentração de Ciências Exatas e Tecnológicas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) em março de 2017. Durante a graduação participou de projeto de iniciação científica (PIBIC) como bolsista CNPq de 2013 a 2014 no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON) com projeto de estudo da absorção de água em genótipos de feijão comum em função da temperatura da água de maceração, tendo como orientadora a professora Doutora Sílvia Renata Coelho Machado. Entre os anos de 2014 e 2016, participou de PIBIC do Laboratório de máquinas tratores e motores agrícolas, sendo em 2014 e 2015 bolsista pelo programa da UNIOESTE com o tema: avaliação transversal e longitudinal da faixa de distribuição de fertilizante orgânico em equipamentos a lanço com taxa variável. Em 2015 e 2016 foi bolsista pela Fundação Araucária com projeto referente à avaliação do perfil transversal de distribuição a lanço na aplicação de calcário com diferentes umidades. Em março de 2017 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) na UNIOESTE, *campus* Cascavel, como discente em nível de mestrado, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas.

Muito conhecimento, que se sintam humildes”.

Leonardo da Vinci

Dedico ao meu pai, Valdir Ganascini.

À minha mãe, Dirce Ritter Ganascini.

As minhas irmãs, Vanessa e Lidiane Ganascini.

Ao meu namorado, Fagner Diego Donato,  
pelo apoio e o incentivo sempre.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado a vida e ser o meu suporte todos os dias, por me iluminar e me dar força e ânimo para seguir em frente;

À minha família, por me darem força, formação de caráter e por nunca deixarem que eu desistisse. Agradeço principalmente por me acompanharem nas coletas de campo, e por não me deixarem sozinha nos dias de natal e ano novo, ao meu pai, Valdir, minha mãe, Dirce, minhas irmãs e meu amigo e companheiro Diego, por todo o apoio;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e a todos professores que fizeram parte da minha formação;

À minha orientadora Silvia Renata Machado Coelho e ao meu coorientador Erivelto Mercante, por terem me conduzido e orientado na carreira acadêmica e profissional. Obrigada pelos ensinamentos, conselhos, entusiasmo e, sobretudo, obrigada por confiarem em mim;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI. Aos seus docentes, pelos conhecimentos e ensinamentos compartilhados;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela concessão da Bolsa de estudos;

Ao Eduardo Cunha, por disponibilizar o espaço e o feijão da primeira safra de feijão do trabalho;

A todos os meus amigos e colegas que me ajudaram nesta etapa, principalmente Isaque de Souza Mendes, Carlos Eduardo Cattani, Ivã Luiz Caon, Eduardo Lange Sutil e Jessica Cristina Urbanski Laureth.

# CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DA CULTURA DO FEIJÃO DESSECADA E QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS ARMAZENADOS

## RESUMO

Uma alternativa para a realização da colheita de feijão fora do tempo apropriado de maturação fisiológica é a utilização de dessecantes; porém, dependendo da maneira como é aplicado, época e modo de ação, pode comprometer a qualidade do produto, inviabilizando a utilização. O armazenamento de grãos tende a ocasionar a perda de qualidade, podendo levar ao aumento da dureza dos grãos e do tempo de cocção, mudando sabor e cor do tegumento, e essa perda pode ser acentuada com o uso de dessecantes. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da aplicação de dois diferentes herbicidas dessecantes (diquat e amônio glufosinato) na cultura do feijão por meio de índices de vegetação, curvas espectrais e suas derivadas após aplicação, e por meio da avaliação da qualidade de grãos submetidos a diferentes tempos de armazenamento. O experimento foi realizado em duas propriedades agrícolas, no município de Santa Tereza do Oeste, PR. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, divididas em cinco tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses) e subdivididas nos dois diferentes dessecantes (diquat, e glifosinato de amônio) e testemunha, com cinco repetições. No Artigo 1 foi realizada a caracterização espectral das parcelas nos diferentes tratamentos; em seguida, foram calculados os índices de vegetação (IVs) e as derivadas da curva espectral. Os índices de vegetação (IV), as faixas de comprimento do IVP e IVM dos tratamentos com aplicação de dessecantes apresentaram  $p \leq 0,05$  a partir do segundo dia após aplicação (DAD), sendo possível identificar visualmente nos comprimentos de onda (705, 750, 860 e 1240 nm) nas curvas espectrais. Os IVs NDWI e mNVDI apresentaram  $p \leq 0,05$  no primeiro DAD. O uso de dessecante acarreta na degradação da clorofila, observado no primeiro DAD na região dos comprimentos de onda (650 e 800 nm). Por meio da red edge e da primeira derivada é possível observar o estresse gerado na planta, sendo mais expressivo com a aplicação do diquat, pois a magnitude dos picos com a aplicação do diquat se torna menor com o passar dos dias. O feijão é uma leguminosa de consumo humano e a aplicação de dessecante interferiu negativamente na qualidade dos grãos, com aumento do tempo de cozimento (TC) e redução do Hue (ângulo de coloração). Além disso, observou-se que o Hue apresentou correlação negativa (-0,52) com a diferença de teor de água da planta e (-0,59) com TC. Foi possível diferenciar os efeitos causados pelos dessecantes, mostrando que o amônio-glufosinato apresenta menor dano à qualidade, apresentando perda de água semelhante à testemunha. No Artigo 2 foi realizada a caracterização dos grãos, sendo avaliadas as seguintes variáveis dos grãos: produtividade, teor de água, tamanho do grão, parâmetros de cor, tempo de cozimento, textura e condutividade elétrica. Os resultados de produtividade e teor de água não apresentaram diferenças estatísticas, sendo que a testemunha obteve maior produtividade. Foi possível observar que o tempo prolongado de armazenamento acarreta na diminuição do tamanho dos grãos. Quanto à cor, observou-se que o armazenamento causa o escurecimento dos grãos, e com a aplicação de dessecantes este efeito é mais acentuado. O tempo de cozimento e textura dos grãos dessecados é maior que a testemunha e o diquat apresentou o maior tempo e resistência, sendo possível observar que com o armazenamento esses valores aumentam progressivamente. Conclui-se que a aplicação de dessecantes em pré-colheita influencia na qualidade tecnológica dos grãos, sendo este efeito mais acentuado com o armazenamento dos grãos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris* L., propriedades físicas, tecnologia de alimentos, pós-colheita de grãos, herbicidas, índices de vegetação, derivadas, espectroscopia.

# SPECTRAL CHARACTERIZATION OF DESICCATED BEAN CULTURE AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF GRAINS STORED

## ABSTRACT

An alternative to the bean harvest at the appropriate time (physiological maturation) is the use of desiccants; however, depending on the way it is applied, type, time and mode of action, it can compromise the quality of the product, rendering it not usable. The storage of grains tends to cause the loss of quality and can lead to increasing of the hardness of the grains, cooking time, change of taste and color of the integument, and such loss can be augmented by the usage of desiccants. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of the application of two different desiccant herbicides (diquat and ammonium glufosinate) on the bean crop by means of vegetation indexes, spectral curves and their derivatives after application, and through quality evaluation of grains submitted to different storage times. The experiment was carried out in two farms, in the municipality of Santa Tereza do Oeste, state of Paraná. The experimental design was completely randomized in subdivided plots, the plots were divided into five storage times (0, 2, 4, 6, and 8 months) and redivided into two different desiccants (diquat and ammonium glyphosate) and control with five repetitions. In Article 1, the spectral characterization of the plots in the different treatments was performed, then the vegetation indices (IVs) and those derived from the spectral curve were calculated. The vegetation indices (IV), the IVP and IVM length ranges of the treatments with desiccant application presented  $\leq 0.05$  from the second day after application (DAD), being possible to identify visually in the wavelengths (705, 750, 860 and 1240 nm) in the spectral curves. The NDWI and mNDI IVs presented  $p \leq 0.05$  in the first DAD. The use of desiccant causes degradation of chlorophyll, which can be observed in the first DAD in the region of the wavelengths (650 and 800 nm). By means of the red edge parameter and the first derivative it is possible to observe the stress generated in the plant, being more expressive with the application of diquat, since the magnitude of the peaks with the application of diquat becomes smaller with the passing of days. It has been observed that the bean is a human consumed legume, the application of desiccant interfered negatively in the quality of the grains, with increase in its cooking time (TC) and reduction of Hue (coloring angle). In addition, it was observed that the Hue presented a negative correlation (-0.52) with the water content of the plant and (-0.59) with TC. It is concluded that it is possible to differentiate the effects caused by the desiccants, showing that the ammonium-glufosinate presents less damage to the quality, presenting loss of water similar to the control. In the Article 2 the grain characterization was carried out, evaluating the following grain variables: productivity, water content, grain size, color parameters, cooking time, texture, and electrical conductivity. The results for productivity and water content did not present statistical differences, and the control obtained higher productivity. It was observed that the prolonged storage time leads to a decrease in grain size. As for color, it was observed that storage causes browning of the grains and with the application of desiccants this effect is more pronounced. The cooking time and texture of the dried grains is higher than the control and the diquat presented the greatest time and resistance, and it is possible to observe that these values increase progressively along with storage time. It is concluded that the application of pre-harvest desiccants influences the technological quality of the grains, being this effect more accentuated with the grain storage

**KEYWORDS:** *Phaseolus vulgaris* L., physical properties, food technology, post-harvest grains, herbicides, vegetation indexes, derivatives, spectroscopy.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT GERAL.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELA.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE FIGURA.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivos Específicos .....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Feijão e seus benefícios a saúde .....	4
3.2 Panoramas da cultura .....	5
3.3 Manejo da cultura de feijão.....	8
3.4 Colheita mecanizada e uso de dessecantes na cultura do feijão .....	10
3.5 Dessecantes utilizados na cultura do feijão .....	12
3.6 Armazenamento e qualidade de grãos e sementes.....	15
3.7 Sensoriamento remoto terrestre .....	16
3.7.1 Espectroscopia de campo e assinaturas espectrais.....	17
3.7.2 Índices de vegetação e derivadas das curvas espectrais.....	19
<b>4 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>ARTIGO 1 - CARATERIZAÇÃO DA REPOSTA ESPECTRAL DA CULTURA (PHASEOLUS VULGARIS) DESSECADA COM DIQUAT E AMÔNIO-GLUFOSINATO POR MEIO DE SENSOR HIPERESPECTRAL .....</b>	<b>29</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
2.1 Unidade Experimental .....	31
2.2 Delineamento experimental .....	32
2.3 Coleta dos dados espectrais .....	33
2.4 Composição das faixas espectrais e geração de Índices de vegetação.....	33
2.5 Teor de água das folhas e Plantas .....	34
2.6 Clorofila total das folhas .....	34
2.7 Cor dos grãos de feijão .....	34
2.8 Tempo de cozimento .....	35
2.9 Análises estatísticas.....	35
<b>3 RESULTADO E DISCUSSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

<b>ARTIGO 2 - EFEITO DA APLICAÇÃO DE DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE DE GRÃOS RECÉM COLHIDOS E ARMAZENADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
2.1 Unidade Experimental .....	51
2.2 Delineamento experimental .....	53
2.3 Produtividade .....	53
2.4 Teor de água.....	54
2.5 Tamanho do grão.....	54
2.6 Parâmetros de cor dos grãos .....	54
2.7 Tempo de cozimento .....	55
2.8 Textura do grão.....	56
2.9 Capacidade de absorção de água antes do cozimento (AA) .....	56
2.10 Porcentagem de grãos duros .....	56
2.11 Compostos fenólicos .....	57
2.12 Condutividade Elétrica.....	57
<b>3 RESULTADO E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
3.1 Tamanho do grão.....	58
3.2 Parâmetros de coloração.....	60
3.3 Tempo de cozimento .....	62
3.4 Textura do grão.....	64
3.5 Capacidade de absorção dos grãos e Porcentagem de grãos Duros. ....	65
3.6 Compostos fenólicos .....	65
3.7 Condutividade elétrica .....	67
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 Levantamento de custo de produção da cultura de feijão e participação dos custos .....	7
Tabela 2 Etapas/estádios de desenvolvimento da planta do feijoeiro comum.....	8
Tabela 3 Faixas espectrais e índices de vegetação gerados .....	33
Tabela 4 Comparações de médias dos índices de vegetação, teor de água na folha (%), teor de água na planta (%) e clorofila total (mg/g), antes e após o processo de dessecação dos feijoeiros. ....	36
Tabela 5 Comparações dos parâmetros de cor de tempo de cozimento (TC) dos grãos de feijão submetidos a aplicações de dessecantes.....	42
Tabela 6 Coeficiente de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis de perda de água com qualidade tecnológica dos grãos. ....	43
Tabela 7 Comparações das médias de produtividade e teor de água dos grãos com os diferentes tratamentos. ....	57
Tabela 8: Comparações das médias dos tamanhos dos grãos de feijão com os diferentes dessecante antes da embebição. ....	58
Tabela 9: Comparações das médias dos tamanhos dos grãos de feijão com os diferentes dessecante após a embebição. ....	59
Tabela 10 Comparação de médias dos parâmetros de coloração dos tegumentos dos grãos. ....	60
Tabela 11 Comparação de médias de tempo de cozimento (min) correspondente a interação dos dados tratamento versus tempo de armazenamento.....	62
Tabela 12 Comparação de médias de textura (N) correspondente a interação dos dados tratamento versus tempo de armazenamento. ....	64
Tabela 13 Comparação das médias de teor de absorção de água dos grãos nos diferentes tratamentos.....	65

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 Representação das etapas/estádios de desenvolvimento do feijoeiro comum .....	8
Figura 2 Assinatura espectral da folha verde sadia.....	18
Figura 3 Condições meteorológicas no período de cultivo do feijão.....	32
Figura 5 Assinaturas espectrais após a aplicação dos desseccantes nos diferentes dias. ....	38
Figura 6 Primeira Derivada dos perfis espectrais da cultura de feijão após aplicação dos herbicidas desseccantes a) 0 DAD, b) 1 DAD, c) 2 DAD, d) 3 DAD, e) 4 DAD. ....	41
Figura 7 Condições meteorológicas no período de cultivo do feijão.....	52
Figura 8 Condições meteorológicas no período de armazenamento do feijão. ....	53
Figura 9: Fotografia da coloração dos grãos dos diferentes tratamentos (Amonio-Glufosinato: A-G; Diquat: D; Testemunha: T nos tempos de armazenamento (meses).....	61
Figura 10 Compostos fenólicos ao longo do tempo de armazenamento. ....	66
Figura 11 Valores de condutividade elétrica (CE) relativas ao tempo de armazenamento. ..	67

## 1 INTRODUÇÃO

Os grãos de feijão disponibilizados para os consumidores precisam apresentar qualidade nutricional, tecnológica e sensorial para que o produto possua características desejáveis.

As características procuradas pelo consumidor no momento da compra são visuais e, portanto, ao procurarem um feijão do grupo carioca, buscam o grão de cor clara, características próximas de um feijão recém-colhido, pois associam a cor com o tempo de cozimento reduzido e a baixa dureza da casca.

Se de um lado estão os consumidores preocupados em adquirir um produto de qualidade, do outro estão os fornecedores do produto preocupados em satisfazer a necessidade do consumidor. Diante disso, há uma importância ligada à qualidade tecnológica dos grãos fornecidos pelos agricultores; sendo assim, cada decisão tomada no campo pode interferir direta ou indiretamente na qualidade do produto.

A colheita do feijão é uma das etapas mais importantes no que diz respeito à qualidade, e por muito tempo esta operação foi realizada de forma manual, exigindo muita mão de obra. A situação vem mudando a cada dia e a colheita mecanizada progressivamente vem sendo utilizada, mas para isso o feijão necessita estar em condições adequadas, sem acamamento, possuir uma estatura ereta, maturar de forma uniforme e, principalmente, estar na umidade ideal de colheita.

A umidade dos grãos deve estar homogênea, evitando danos mecânicos causados pelo mecanismo debulhador da máquina, que provoca a quebra do grão, no caso de estar muito seco (inferior a 13%), ou o esmagamento, no caso de possuir alta umidade (superior a 18%).

Para homogeneizar a maturação e conseqüentemente a umidade dos grãos a serem colhidos, existem herbicidas que possibilitam esta uniformização, denominados desseccantes. A aplicação de desseccantes é uma alternativa para a colheita ser realizada no momento adequado, uma vez que a hipótese que se tem é que quando a colheita é realizada no momento adequado há um menor número de danos aos grãos.

Porém, o uso de desseccantes ainda deixa dúvidas quanto à qualidade tecnológica dos grãos, por isso o desenvolvimento de trabalhos que caracterizem os grãos após a aplicação é fundamental, garantindo ao consumidor e ao produtor que esta operação não comprometa o rendimento e a qualidade do produto.

Devido à necessidade da utilização dos desseccantes e tendo em vista que a aceitabilidade dos grãos para consumo é dependente da sua qualidade, técnicas que relacionem e prevejam as condições dos grãos ainda no campo são necessárias.

Neste sentido, sensores remotos terrestres que possibilitem detectar a condição da planta in situ, predizendo as condições dos grãos, são ferramentas que podem diminuir as

incertezas tanto no momento da compra, por parte dos fornecedores, como na venda, por parte dos produtores.

## **2 OBJETIVO**

Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de dois herbicidas dessecantes (diquat e amônio glufosinato) na cultura do feijão por meio de índices de vegetação, curvas espectrais e suas derivadas após aplicação, e por meio da avaliação da qualidade de grãos submetidos a diferentes tempos de armazenamento.

### **2.1 Objetivos Específicos**

a) Avaliar a influência da aplicação de dois herbicidas dessecantes (diquat e amônio glufosinato) e da testemunha na qualidade física e tecnológica dos feijões recém colhidos e armazenados por oito meses;

b) Caracterizar e diferenciar a resposta espectral da cultura do feijão dessecado com diquat e amônio-glufosinato, utilizando sensor terrestre hiperespectral, relacionando aos aspectos visuais dos grãos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Feijão e seus benefícios a saúde

O feijão é uma semente domesticada há cerca de 7000 anos. Existem vários relatos sobre sua origem, sendo que alguns historiadores citam que era cultivado na Grécia antiga e no império romano. O feijão era tido como símbolo da vida e no império romano um elemento de voto, em que semente branca representava o sim e a preta, o não. Pesquisas recentes apontam sua origem como americana por sua divisão nas raças M (Mesoamericana), D (Durango), J (Jalisco), N (Nueva Granada), C (Chile) e P (Peru) (VIEIRA, 2015).

O gênero *Phaseolus* pertencente à família Fabaceae, subfamília *Papilionoideae* e gênero *Phaseolus*, contém aproximadamente 55 espécies, sendo as mais cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman (MARIOT, 1989; SANTOS; GAVINALES, 2006). *Phaseolus vulgaris* L., popularmente conhecido como feijoeiro-comum ou feijoeiro, é a espécie cultivada mais antiga em todos os continentes (SANTOS; GAVINALES, 2006; VIERA, 2015).

O feijoeiro é a terceira leguminosa mais importante do mundo, precedida pela soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e o amendoim (*Arachis hypogea* L.). É fonte de proteína, fibra dietética, ferro, carboidratos complexos, minerais e vitaminas para milhões de pessoas em países em desenvolvimento e desenvolvidos (MESQUITA et al., 2007; LIN et al., 2008).

No Brasil, as principais espécies cultivadas são: *Phaseolus vulgaris* L., existente em todo o território nacional; *Vigna unguiculata*, conhecido como feijão de corda ou caupi, plantado na região Nordeste e na Amazônia, e o *Cajanus cajan*, comum na região Nordeste, na variedade arbórea, onde é chamado de feijão guandu e andu, cultivado como planta recuperadora, por ter raiz pivotante e agressiva (VIEIRA, 2015).

O feijão é um alimento importante para os brasileiros, chegando a representar um componente obrigatório na dieta da população rural e urbana. É uma cultura bastante difundida em todo o território nacional, sendo conhecida como uma cultura de subsistência para os pequenos produtores, e tem tomado seu espaço nos últimos anos, gerando um crescente interesse pelos produtores de outras classes, sendo adotado o uso de novas tecnologias (YOKOYAMA et al., 2001).

A alimentação saudável é considerada uma alternativa para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. O aumento de consumo de frutas verduras e o estímulo do aumento de consumo de arroz e feijão são exemplos de adaptações em dietas que estão ao alcance da sociedade como um todo. Hábitos de alimentação saudável têm grande impacto sobre os mais importantes fatores relacionados às várias doenças. O feijão é elemento de resgate, pelo seu conteúdo em fibras, ácido fólico e ferro (SICHERI et al., 2000; LUJÁN et al., 2008), sendo de fácil acesso à população em geral.

O feijão é um alimento de composição nutricional interessante, com proteínas, fibras, vitaminas e minerais, estando ligado a diminuição dos níveis de glicemia e pressão arterial,

contribuindo para à redução do número de enfermidades crônico-degenerativas, cardiovascular e da diabetes (SHOENINGER, 2012). Luján et al. (2008) afirmam que dietas à base de feijão promovem redução dos níveis de glicose, colesterol e triacilgliceróis plasmáticos em relação à caseína.

O feijão carioca e o arroz branco são os alimentos mais consumidos pelos idosos no Brasil, o que mostra que a população idosa tem preservado o hábito alimentar, sendo visto de forma positiva em relação a faixas etárias mais jovens. Além de ser um prato típico brasileiro, há estudos que mostram que o feijão apresenta propriedades benéficas contra o câncer (LEVY-COSTA et al., 2005; MARCHIONI et al., 2007; FREITAS et al., 2011).

Embora apresente grandes benefícios à saúde, devido ao seu alto teor de proteínas e nutrientes, este alimento vem perdendo lugar aos fast foods. Devido à concretização do espaço da mulher no mercado de trabalho, o tempo demandado na hora do preparo foi se tornando inconveniente na rotina familiar, tornando a alimentação de algumas faixas etárias menos saudáveis (SHOENINGER, 2012). O Ministério da Saúde do Brasil (2006) relatou que em 1974 a participação do arroz com feijão em relação ao consumo energético total da dieta correspondia a 42,1%; em 2003 houve um decréscimo no consumo e a participação baixou para 38,7%.

A combinação de feijão com arroz se torna a mistura perfeita quando levado em consideração que o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados e rico em lisina; e o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados. O feijão, quando combinado com arroz, forma uma mistura proteica mais nutritiva (MESQUITA et al., 2007). Além disso, enquanto o primeiro é rico em amido (carboidrato) e fornece ferro (Fe), vitamina do complexo B e outros minerais; o segundo é rico em proteínas, fibras, Fe, zinco (Zn), potássio (K) e outros minerais. Há relatos de que o ser humano consegue absorver em média 10% do Fe contido nos alimentos; no entanto, se vier acompanhado de um alimento rico em vitamina C essa absorção sobe para 40%, daí a ideia da presença da laranja como acompanhamento para a feijoada (VIEIRA, 2015).

### 3.2 Panorama da cultura

A cultura de feijão tem pouca importância comercial, em âmbito internacional, fato recorrente do baixo consumo em países de primeiro mundo, limitando a expansão do comércio internacional, uma vez que todos os países produtores são também grandes consumidores, o que gera um comércio internacional restrito, pois o excedente exportável é pequeno (CONAB, 2017a).

Grande parte da produção mundial origina-se de apenas seis países, responsáveis por 61 % da produção mundial: Myanmar, Índia, Brasil, China, México e Estados Unidos. Myanmar tomou a frente como o primeiro produtor mundial de feijão no ano de 2012 (CONAB, 2017b; STATFAO, 2017).

No que se refere aos países pertencentes ao Mercosul, o Brasil se destaca como maior produtor, com 3,0 milhões de toneladas anuais e participação de 90% tanto na produção, quanto no consumo. A Argentina é o segundo maior produtor do Mercosul, com 350 mil toneladas, com saldo exportável de 180 mil toneladas, sendo que as principais classes produzidas são comuns preto e comum branco. Cerca de 90% da produção de feijão branco é destinado para exportação, e a principal importadora dessa classe é a união europeia, sendo a Espanha a maior consumidora, seguida de Portugal, Itália e França. O feijão comum preto é destinado à exportação em sua totalidade, e os principais importadores são Brasil e Venezuela, pois na Argentina não existe consumo para esta classe (CONAB, 2017b).

Segundo o IBGE (2017), no levantamento realizado no mês de outubro de 2017 o Brasil apresentou uma área de aproximadamente 78 milhões de hectares de feijão. De 2016 para 2017 a área chegou a aproximadamente 3,1 milhões de hectares cultivados, sendo que a área referente a primeira safra foi de aproximadamente 1,7 milhões, a segunda 1,1 milhões, e a terceira de 200 mil hectares de área semeada.

O rendimento médio da cultura de feijão chegou a 2500 kg ha<sup>-1</sup> nos anos de 2016/2017 para a terceira safra. Para a primeira e segunda do ano de 2017 houve aumento de 100 kg ha<sup>-1</sup>, chegando a 900 kg ha<sup>-1</sup> e 1000 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (IBGE, 2017).

A distribuição geográfica dos principais produtores de feijão do país é relativamente distribuída por vários estados, embora os principais sejam Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás, Bahia e São Paulo, que produzem atualmente 76,8% da produção nacional. Santa Catarina e Maranhão produzem 23,2% da produção nacional (MAPA, 2017).

A produção de feijão no Brasil está concentrada em 4 principais estados, sendo, respectivamente, Paraná, Minas Gerais, São Paulo e Goiás, responsáveis por aproximadamente 55% da produção nacional (CONAB, 2016). Segundo levantamento do MAPA (2017), para o ano safra 2016/17 a produção nacional foi de 3,327 mil toneladas, concentrada em seis estados, sendo que, no Paraná a produção foi de 790 mil toneladas responsável por 23,8%; Minas Gerais, 536 mil toneladas, com 16,1%; Mato Grosso, 382 mil toneladas, 11,5%; seguido de Goiás, com 292 mil toneladas; Bahia, 288 mil toneladas; e São Paulo, 266 mil toneladas.

O estado do Paraná é o principal produtor de feijão, sendo que cerca de 16 municípios se destacam na produção nacional: Prudentópolis, Irati, Tibagi, Vitorino, Castro, Ivaí, Palmeira, Reserva, Lapa, Pato Branco, Bom Sucesso do Sul, Cruz Machado, São João do Triunfo, Ipiranga, Campo Largo e Renascença. Estes municípios em 2016 representaram 9% da produção nacional, com aproximadamente 267 mil toneladas (SEAB, 2016).

A preferência para o consumo do feijões tem hábitos bastante diversificados, no que se refere à preferência por tipos, variedades e classes. O feijão comum tem maior registro de consumo nos estados centrais, em parte do Paraná e Santa Catarina, enquanto o feijão caupi é mais consumido na região nordeste do país. Já o feijão preto se concentra no Rio Grande

do Sul e no Rio de Janeiro, com pequenas porções nos estados do Paraná e Santa Catarina (CONAB, 2017a).

Seu custo de produção vem aumentando gradativamente de 2010 a 2016. Segundo levantamento da CONAB (2016), o custo de produção aumentou em pelo menos 56,4% (Tabela 1).

Tabela 1 Levantamento de custo de produção da cultura de feijão e participação dos custos

PR	2010/2011		2011/2012		2012/2013		2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	Custo R\$/ha- Participação % (Cotação média do dólar 2016 = R\$:3,25)											
Fertilizante	309,1	15,8	369,5	19,0	483,3	22,1	483,3	18,1	416,7	13,7	584,0	19,1
Defesa	318,4	16,3	300,9	15,5	324,8	14,9	304,6	11,4	336,7	11,0	503,4	16,5
Sementes	190,0	9,7	190,0	9,8	211,5	9,7	211,5	7,9	412,0	13,5	255,0	7,3
Máquinas	342,0	17,5	347,0	17,9	359,2	16,4	308,6	11,6	345,9	11,3	258,7	8,5
Custo	1946,8	59,6	1938,1	32,3	2178,8	33,2	2657,9	49,2	3037,7	49,7	3.045,0	51,6

Fonte: Adaptado de CONAB (2016).

Quanto ao custo de produção, o protagonista é o fertilizante com participação média de 18,04%; além de ser o principal custo, obteve grandes aumentos de preço, dentro de 6 anos o aumento foi de 88,9%. O agrotóxico é o segundo maior participante, responsável por cerca de 14% dos custos e teve aumento dos preços em aproximadamente 58%. Em seguida vêm as operações com máquinas, com participação média de 13,9%, seguidas de sementes, com participação 10% e aumento de gastos de 18,4% nesse período (CONAB, 2016).

Apesar dessa cultura apresentar importância na agricultura, há grandes variações nas áreas cultivadas, independente do estado, devido a oscilações de preço do produto, pois se o produto está com preço baixo, o produtor substitui por uma cultura mais rentável naquela safra (YOKOYAMA et al., 2001).

Segundo projeções do MAPA (2017), a taxa de crescimento anual de produção prevista é de -0,5% e 1,6% nos próximos 10 anos; já a taxa anual de crescimento para o consumo de feijão é projetada em -0,2% para a próxima década. Porém, o consumo anual tem sido cerca de 3,0 milhões de toneladas, com necessidade de importação de 150 e 300 mil toneladas por ano.

O feijão é uma cultura promissora, haja visto que a produção interna do país é insuficiente. Mesmo o Brasil sendo o terceiro principal produtor de feijão do mundo, depende de importação para suprir a demanda interna, sendo a maior parte das importações provenientes da Argentina, China e Bolívia, e quase a totalidade é de feijão comum preto. O ideal é suprir o consumo aumentando a produção interna e incentivando a geração de emprego e renda (CONAB, 2017c).

### 3.3 Manejo da cultura de feijão

A cultura do feijão tem sua primeira safra concentrada nas Regiões Sudeste e Sul, com plantio de agosto a fevereiro; a segunda safra, com predominância nas Regiões Centro-Oeste e Sul, tendo o calendário de plantio de janeiro a junho; e a terceira safra, com destaque para produção nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste, com plantio de março a junho (CONAB, 2016).

O ciclo da cultura varia entre 70 e 100 dias, com duas fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R), apresentadas na Tabela 2 e Figura 1 (QUINTELA, 2001). Sua semeadura vem ganhando espaço pela versatilidade, quanto ao ciclo ser rápido, com possibilidade de três safras: safra das águas, seca e de inverno, além de sua adaptabilidade a diversas regiões (MOREIRA, 2014).

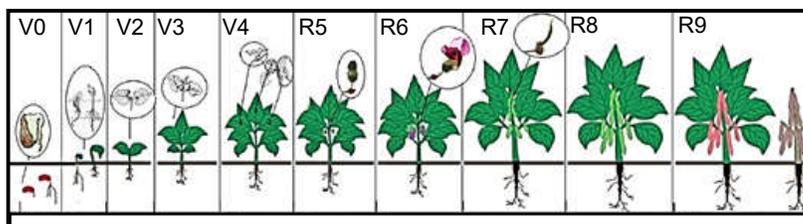


Figura 1 Representação das etapas/estádios de desenvolvimento do feijoeiro comum.  
Fonte: Adaptado de Quintela (2001).

Tabela 2 Etapas/estádios de desenvolvimento da planta do feijoeiro comum

Etapas	Descrições
V0	Germinação: absorção de água pela semente; emergência da radícula e sua transformação em raiz primária.
V1	Emergência: os cotilédones aparecem ao nível do solo e começam a separar-se. O epicótilo começa o seu desenvolvimento.
V2	Folhas primárias: folhas primárias completamente abertas.
V3	Primeira folha trifoliada: abertura da primeira folha trifoliada e o aparecimento da segunda folha trifoliada.
V4	Terceira folha trifoliada: abertura da terceira folha trifoliada, as gemas e os nós inferiores produzem ramos.
Etapas	Descrições
R5	Pré-floração: aparece o primeiro botão floral e o primeiro racimo.
R6	Floração: abre-se a primeira flor.
R7	Formação das vagens: aparece a primeira vagem.
R8	Enchimento das vagens: começa o enchimento da primeira vagem (crescimento das sementes). Ao final desta etapa, as sementes perdem a cor verde e começam a mostrar as características da cultivar. Inicia-se o desfolhamento.
R9	Maturação fisiológica: As vagens perdem a pigmentação e começam a secar. As sementes adquirem a coloração típica da cultivar.

\*Cada etapa inicia-se quando 50% das plantas mostram as condições correspondente a descrição da etapa.  
Fonte: Quintela (2001).

O cultivo de inverno, juntamente com a correta utilização de insumos e irrigação, tem possibilitado a obtenção de altas produtividades. Entretanto, ajustes nas técnicas de manejos são necessários; dentre elas, a adubação nitrogenada em cobertura merece atenção especial, pois vem possibilitando maiores produtividades e tornando o cultivo do feijão mais rentável (BINOTTI et al., 2010). Meira et al. (2005) e Barbosa et al. (2012) verificaram que a aplicação de nitrogênio (N), independente do estágio vegetativo da planta, promove incremento na produtividade de sementes sem alterar seu potencial fisiológico.

Dentre as deficiências nutricionais que ocorrem na cultura de feijão, a de N é a mais frequente, o que se deve ao N ser o nutriente mais absorvido pelas plantas (SILVA et al., 2000). Portanto, a disponibilização deste nutriente para a planta faz-se necessária, com dose e época corretas, propiciando boa nutrição para as plantas no momento em que é possível aumentar o número de vagens por planta, ou seja, até o início do florescimento (CARVALHO et al., 2001).

A utilização de sementes de baixa qualidade é alta, pois grande parte dos produtores optam por utilizar sementes de um ano para outro, sendo o produto guardado da safra anterior. A maioria dos produtores não possuem ainda o hábito de adquirir sementes certificadas todos os anos, o que se justifica devido ao alto custo de aquisição das sementes comerciais e à falta de conscientização de que semeando uma semente de boa qualidade sanitária e fisiológica, a semente é mais homogênea e conseqüentemente mais garantida (YOKOYAMA et al., 2001).

Somente a partir do ano de 2016 o interesse dos produtores por sementes certificadas aumentou; se por um lado a procura por sementes aumentou, por outro a oferta de sementes no mercado diminuiu e, conseqüentemente, cresce o uso de grãos para a sementeira. Apesar do interesse ter aumentado, 85% dos produtores ainda guardam parte da produção dos grãos para a safra seguinte, como se fosse semente. Agindo dessa forma, os produtores perdem em produtividade e qualidade de produto final (CONAB, 2017b).

Assim, o melhoramento genético tem buscado plantas com alto potencial de produção, resistência a doenças e arquitetura que facilite os tratos culturais e a colheita mecanizada. Devido à necessidade de mecanização da cultura, há preferência por plantas com o porte mais ereto, tanto dos empresários rurais quanto dos agricultores familiares. Plantas mais eretas possuem menor tendência ao acamamento, facilitando no momento da colheita (SILVA et al., 2009).

Além disso, o melhoramento genético não pode deixar de lado a produção de sementes de qualidade, com características desejáveis pelo consumidor quanto a forma, tamanho, cor e brilho, boas características culinárias e nutricionais, como facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia do tegumento, capacidade de produzir caldo denso após o cozimento, maior teor de proteínas e minerais (MESQUITA et al., 2007). Além de boas características fisiológicas e agrônômicas, um fator limitante para o melhoramento é a

exigência do consumidor, que delimita as prioridades do programa de melhoramento genético. Dentre as características visuais dos grãos, a cor tem se destacado pelas maiores exigências (SILVA, 2012).

Um dos fatores de influência na produção são as condições climáticas, sendo que a disponibilidade de água no solo é imprescindível para a produção de feijão, pois é um fator limitante, visto que as plantas são sensíveis ao estresse hídrico durante as fases críticas: germinação, florescimento e enchimento de grãos (SORATTO et al., 2003).

O feijoeiro é considerado uma cultura de pouca tolerância aos estresses hídricos. Cerca de 60% da produção mundial está submetida a este fator, sendo a seca o segundo maior redutor da produtividade, a qual é superada apenas pela ocorrência de doenças (AGUIAR et al., 2008).

A temperatura é um dos elementos mais importantes e determinantes de sua exploração em várias regiões, pois esta cultura é cultivada a temperaturas entre 10 e 35 °C (MARIOT, 1989). A temperatura é um fator que afeta não somente o acúmulo de fitomassa como, também, a duração dos estádios fenológicos de desenvolvimento da espécie, sendo que para completar cada subperíodo de desenvolvimento, a planta necessita de um determinado acúmulo térmico (ANDRADE et al., 2011).

Um dos principais entraves da cultura na comercialização está no fato de a maior produção ser do grupo carioca, sendo esta de alta deterioração, apesar de ser o grupo de preferência nacional e de aceitação limitada em outros países. Logo, quando ocorre quebra de safra, o produto se torna escasso, elevando o custo, pois não existe alternativa para importação, já quando há excedente de produção, não há como escoar o excedente para o mercado exterior, o que faz com que os preços sofram quedas, a mercadoria deteriore, escurecendo e perdendo qualidade dentro dos armazéns (CONAB, 2017b).

A cultura do feijão, apesar de ser muito cultivada para subsistência em pequenas propriedades e na agricultura familiar, também é cultivada por grandes latifundiários, necessitando cada vez mais de tecnologia e inovação; nesse contexto, a colheita mecanizada já é uma operação mais que necessária (MATA, 2015). Para possibilitar a mecanização da colheita, com baixo potencial de perdas de grãos, se faz necessário o desenvolvimento de plantas de feijão com porte ereto, boa altura de inserção das vagens, uniformidade de maturação e resistência ao acamamento e deiscência das vagens em condições de campo (SILVA et al., 2009).

### 3.4 Colheita mecanizada e uso de desseccantes na cultura do feijão

A colheita é uma importante etapa na cadeia produtiva do feijão. Dentre as demais, ela merece destaque devido às dificuldades e aos altos custos envolvidos, seja ela realizada de forma manual, mecanizada ou pela combinação de ambas (SOUZA et al., 2010).

A colheita que utiliza processos manuais e mecânicos, ou comumente conhecida como semi mecanizada, consiste em arrancar as plantas inteiras, quando estas atingem sua maturação fisiológica. Nesse estágio, as plantas estão desprovidas de folhas e as sementes possuem baixo teor de água. Após o arranquio são formadas leiras que permanecem na lavoura para completar o processo de secagem e homogeneização natural e, por fim, uma operação na qual uma colhedora, convencional ou específica para feijão, recolhe o produto e separa a semente do resto da planta (SOUZA et al., 2006).

Ao comparar a colheita semimecanizada a de uma colheita com colhedora automotriz, a segunda pode causar maiores perdas e danos aos grãos, além de sujá-los com solo. Consequentemente, os produtores adquiriram resistência em relação às colhedoras. Por ser uma cultura de maturação fisiológica desuniforme, além dos danos causados aos grãos, a planta necessita de dessecação com herbicidas para forçar a perda de umidade, onerando ainda mais o custo (SILVA et al., 2009).

A possibilidade de deterioração dos grãos aumenta à medida que ocorre o atraso na colheita; assim, a utilização de dessecantes é uma alternativa para promover a secagem e a queda das folhas, reduzindo rapidamente a água nos grãos e possibilitando a realização da colheita no período ideal, próximo à maturação fisiológica. Se por um lado o uso de dessecantes agiliza a secagem do produto, por outro, dependendo da maneira como é aplicado, tipo e modo de ação, a prática pode comprometer a qualidade das sementes, deixando resíduos acumulados na composição do produto a ser colhido, inviabilizando a utilização tanto para sementes como para grãos (LACERDA et al., 2005; KAPPES et al., 2009).

Segundo Gaultier e Gulden (2016), em um levantamento realizado no Canadá e nos EUA, 60 e 85% das áreas de feijão cultivadas são dessecadas, respectivamente. Isso mostra que a dessecação na cultura de feijão vem sendo cada vez mais difundida no setor agrícola. Os objetivos dessa prática são liberar a área com antecedência para a cultura em sucessão e eliminar possíveis infestações tardias de plantas daninhas, sobretudo reduzir gradativamente o teor de água dos grãos, viabilizando a colheita na maturação fisiológica (SANTOS et al., 2004; SANTOS et al., 2005; PINTO et al., 2014).

Quando a semente de feijão é colhida com teor de umidade acima de 18%, há risco de perdas no momento da colheita por amassamento devido à alta umidade do grão; porém, se muito seca, por quebra das sementes. O ideal é realizar a colheita na maturação fisiológica, sendo necessária a redução rápida da umidade a níveis compatíveis com a operação e a prevenção da qualidade da semente (DOMINGOS et al., 1997).

### 3.5 Dessecantes utilizados na cultura do feijão

Segundo ADAPAR (2018), os herbicidas dessecantes liberados para uso no estado do Paraná para a cultura do feijão aplicado em pré-colheita são: diquat (REGLONE), amônio-glufosinato (finale) e saflufenacil (heat).

O amônio-Glufosinato (finale) é o único herbicida comercializado do grupo aminoácidos, é um herbicida de contato, não seletivo. O amônio-glufosinato liga-se à glutamina sintase (GS), que é uma enzima importante na rota metabólica de incorporação do nitrogênio inorgânico, em forma de amônia, na formação de compostos orgânicos. Além de ser importante nesse processo, a GS recicla a amônia produzida por outros processos metabólicos, como aquela oriunda da degradação e do transporte de proteínas e da fotorrespiração (ROMAN et al., 2007).

Estudos indicam que após a aplicação do herbicida, ocorre acúmulo de glioxilato, que é um potente inibidor da rubisco (uma importante enzima na fixação do CO<sub>2</sub> na fotossíntese). Portanto, a morte da planta ocorre devido ao bloqueio da fotossíntese (pela inibição da rubisco pelo glioxilato), com a subsequente produção de radicais tóxicos de oxigênio (ROMAN et al., 2007).

O amônio-glufosinato apresenta clorose e murchamento de plantas, geralmente entre um e três dias após a aplicação do produto, seguidos por necrose. O desenvolvimento dos sintomas são mais rápidos em condições de altas incidências de sol e elevada umidade relativa do ar e do solo (ROMAN et al., 2007).

O paraquat e o diquat são herbicidas de contato utilizados na dessecação de culturas e plantas daninhas, inibidores do fotossistema I (FSI), que reduzem rapidamente o teor de água da biomassa verde das plantas, ocasionando a antecipação da colheita (LACERDA et al., 2003). Esses ingredientes ativos são herbicidas que rompem as membranas celulares das plantas e por isso resultam na secagem rápida do material (GAULTIER; GULDEN, 2016).

No Brasil existem duas moléculas desse grupo sendo utilizadas: o paraquat que apresenta maior atividade sobre espécies gramíneas, e o diquat sobre espécies eudicotiledôneas (ROMAN et al., 2007).

Tanto o paraquat quanto o diquat são moléculas com alta solubilidade em água e que possuem carga positiva, logo, ligam-se fortemente aos coloides do solo (principalmente argila e matéria orgânica). Com isso, as moléculas adsorvidas aos coloides do solo ficam indisponíveis aos microrganismos e às plantas, impossibilitando a absorção pelas raízes. Sendo assim, a translocação desse grupo de herbicidas é limitada exclusivamente via xilema, de forma ascendente. A rápida ação dessas moléculas limita a sua própria movimentação (ROMAN et al., 2007).

Os herbicidas inibidores do FSI não bloqueiam o fluxo de elétrons, atuando na captação de elétrons dos carreadores e desviando, assim, o fluxo normal. Os elétrons são repassados para o oxigênio, originando formas tóxicas (radicais livres) e altamente reativas

com radicais hidroxil. Nesse processo, a molécula herbicida não é destruída e passa a atuar como catalisador, recebendo elétrons, repassando-os e regenerando-se, tornando-se apta a receber outro elétron do FSI e dando continuidade ao processo. Os radicais rompem ligações de proteínas e lipídios das membranas, que perdem sua função e permitem o vazamento do conteúdo da célula, fazendo com que os tecidos necrosem rapidamente e a planta morra. A ação rápida e reduzida translocação do diquat e do paraquat permitem a utilização destes herbicidas como dessecantes de culturas em pré-colheita (ROMAN et al., 2007).

O paraquat e o diquat são produtos que apresentam sintomas de toxicidade em poucas horas, principalmente em alta incidência de luz. Onde o herbicida atinge o tecido vivo surgem, em poucas horas, manchas encharcadas (escaldadas) que, em até três dias após a aplicação, progridem para necrose (ROMAN et al., 2007).

Kappes et al. (2012), ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de feijão após aplicações de paraquat em diferentes épocas e doses, em pré-colheita perceberam que ambas variáveis sofreram influência negativa com a aplicação do herbicida de dessecação.

Zagonel et al. (2002), ao estudarem a qualidade de grãos/sementes com aplicação de dessecante (diquat, amônio glufosinato, testemunha) após maturação fisiológica, concluíram que os dessecantes utilizados não afetaram a germinação, o vigor e o peso dos grãos, e mostraram produtividade similar à verificada na testemunha, sendo o tratamento com diquat ( $500 \text{ g ha}^{-1}$ ) o que proporcionou grãos com menor umidade em relação à testemunha na época da colheita.

Pinto et al. (2014), ao avaliar sementes de feijão dessecadas com herbicidas, verificaram que a produtividade de sementes não é influenciada pelos herbicidas e épocas de aplicação. Também notaram que independentemente da época de aplicação, a menor percentagem de plântulas normais no teste de germinação, envelhecimento acelerado e primeira contagem é de sementes dessecadas com o herbicida glufosinato de amônio.

Tavares et al. (2016) testaram cinco princípios ativos de herbicidas dessecantes (paraquat, glufosinato de amônio, glyphosate, flumioxazin e testemunha sem aplicação de herbicida) no feijão Azuki. Os autores observaram que o uso do herbicida glyphosate promoveu maior incidência de plântulas anormais e redução do tamanho e da massa das plântulas. Os herbicidas paraquat e flumioxazin mantiveram a qualidade fisiológica das sementes e promoveram menor infestação de patógenos aos seis meses após a colheita, porém o armazenamento afetou a qualidade fisiológica das sementes.

Inoue et al. (2003), ao avaliarem o efeito de diferentes herbicidas na cultura da soja, aplicados após a maturidade fisiológica, no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja do cultivar BRS 133, observaram que a dessecação química modificou o dossel da cultura, pela redução da umidade relativa, o que contribuiu para a diminuição do grau de infecção de vagens e sementes por patógenos. Verificaram também que glufosinato

de amônio e testemunha sem herbicida apresentaram maiores percentagens de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado, em relação ao diquat e paraquat. Além disso, concluíram que a aplicação dos herbicidas dessecantes não prejudicou a germinação e a sanidade das sementes de soja.

Ao avaliar o efeito da aplicação de diferentes dessecantes (glifosato e paraquat) aplicados em diferentes estádios reprodutivos na qualidade fisiológica de sementes de soja, Marcandalli et al. (2011) concluíram que o glifosato influenciou negativamente a qualidade fisiológica das sementes, enquanto que o paraquat não. Já quanto aos estágios de aplicação, observaram que a qualidade das sementes com aplicação no R6 é inferior às obtidas com aplicações no R7 e R8.

Daltro et al. (2010), ao estudarem os efeitos de diferentes dessecantes (paraquat, diquat, paraquat+diquat, paraquat+diuron e glifosato) aplicados em pré-colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, concluíram que a utilização destes herbicidas na dessecação não afetou o rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de soja, independente da época de aplicação – exceto para o herbicida glifosato, o qual provocou fitotoxicidade ao sistema radicular de plântulas de soja, afetando negativamente a qualidade das sementes.

Lacerda et al. (2003) avaliaram as características fisiológicas, bioquímicas e sanitárias das sementes de soja colhidas após dessecação com quatro dessecantes (paraquat, diquat, paraquat + diquat e glufosinato de amônio), em diferentes épocas, armazenadas por seis meses e tratadas com um fungicida. Após os 6 meses de armazenamento, observaram que as sementes não possuíam qualidade fisiológica suficiente para comercialização, sendo o dessecante glufosinato de amônio o que apresentou, estatisticamente, menores valores de germinação. Além disso, verificaram que o teor de proteína não foi influenciado pelas aplicações de dessecantes nas diferentes épocas.

Delgado et al. (2015), ao avaliarem cultivares de soja dessecadas com amônio-glufosinato comparando-se à testemunha, verificaram que a utilização do herbicida dessecante influenciou negativamente na mobilização de proteína solúvel e açúcar solúvel para a cultivar NA5909 RG estudada, refletindo em baixo percentual de germinação e baixo vigor.

Parreira et al. (2015) destacam que além da preocupação em manter características fisiológicas da semente/grãos do feijão após a aplicação dos dessecantes, há necessidade de manter as características tecnológicas, como tempo de cocção e capacidade de hidratação. Ao avaliarem o tempo de cozimento e a capacidade de absorção dos feijões dessecados com glifosato e amônio glufosinato, observaram que os grãos não foram afetados pelos tratamentos.

### 3.6 Armazenamento e qualidade de grãos e sementes

O armazenamento de feijão é um processo que necessita de atenção, pois as células dos grãos continuam vivas; portanto, seus processos metabólicos continuam ativos. Durante o armazenamento há danos que podem ocorrer nos grãos e dentre eles: a rachadura da casca (tegumento), ocasionada por uma baixa umidade do ambiente; a ocorrência de pragas e fungos, que contaminam o feijão, tornando-o impróprio para o consumo humano; o aumento no tempo de cozimento, devido a um excessivo endurecimento do grão; a diminuição da germinação; o escurecimento da casca, que altera a cor característica, principalmente das cultivares mais claras, e a perda de peso (BRACKMANN; NEUWALD, 2002; BRACKMAN et al., 2002).

O tempo de armazenamento, aliado às condições da embalagem e ao ambiente do armazenamento, são as principais causas de deterioração dos grãos. Uma alternativa para o armazenamento de feijão, mantendo o tempo de cozimento e menores perdas da qualidade é o armazenamento em condições de câmara fria (MORAIS et al., 2010). O inconveniente desse tipo de armazenamento é o alto custo dos equipamentos e o alto custo com consumo de energia elétrica, tornando a prática inviável em escala comercial.

O armazenamento de grãos de feijão em condições inadequadas, alta temperatura e umidade, ocasiona o efeito Hard-to-cook (HTC), caracterizado pela dificuldade de cocção, alterando as composições químicas dos grãos, diminuindo pH dos grãos, solubilidade e modificando o perfil eletroforético das proteínas (RIBEIRO et al., 2005; LIMA, 2013).

No armazenamento de grãos ocorrem perdas significativas de qualidade, especialmente em feijões de tegumento claro, como os do grupo carioca. Essas perdas ocorrem, principalmente, devido ao escurecimento e ao endurecimento do tegumento, aumentando o tempo de cozimento, gerando perdas de qualidade nutricional dos grãos. A cor do tegumento é um fator limitante no momento da compra do feijão pelos consumidores, uma vez que a cor é associada ao tempo de armazenamento e endurecimento, sendo que grãos de coloração escura sofrem rejeição (SILVA, 2012; LIMA, 2013).

Outro fator que afeta o tempo de cozimento do feijão é a temperatura de secagem dos grãos logo após a colheita. Quando expostos por longo tempo a secagem a pleno sol, a umidade reduz drasticamente e dificilmente ocorre a reabsorção de água; conseqüentemente, o tempo de cozimento é prolongado (SILVA, 2007).

Mota (2016) verificou que o tempo de cocção aumenta ao longo do tempo de armazenamento, ainda que temperaturas elevadas no momento da secagem e armazenamento dos grãos potencializem o aumento no tempo de cozimento. Além disso, Ganascini et al. (2014), ao avaliarem o tempo de cozimento de variedades de feijão, observaram que quanto maior a porcentagem de absorção de água dos grãos, menor é o tempo de cozimento, diminuindo, assim, custos com gasto energético para o preparo da leguminosa.

O endurecimento dos grãos de feijão tem sido relacionado à ação dos polifenóis, por meio da polimerização no tegumento ou pela lignificação dos cotilédones, ambos influenciando na capacidade de absorção de água dos grãos, considerando que o primeiro dificulta a penetração de água e o segundo limita sua capacidade de absorção (MOURA, 1998; LIMA, 2013). A capacidade de absorção de água está relacionada à qualidade do feijão, sendo que grãos que absorvem mais água tendem a ser de mais fácil cocção, característica essa importante no momento da comercialização (DELFINO et al., 2010).

O escurecimento e o endurecimento do tegumento dos grãos de feijão estão relacionados à oxidação enzimática da peroxidase e da polifenoloxidase, as quais dependem da presença de oxigênio para polimerizarem fenóis de baixo peso molecular em compostos de alto peso molecular, que têm coloração escura (LIMA, 2013). Dentre os polifenóis de maior importância, os taninos merecem destaque, pois têm a habilidade de interagir com as proteínas, diminuindo a digestibilidade de proteínas e contribuindo para a formação da coloração escura do grão (SILVA; SILVA, 1999; BLAIR et al., 2006; LIMA, 2013; FRANCO, 2015).

### 3.7 Sensoriamento remoto terrestre

O sensoriamento remoto é uma técnica muito utilizada na agricultura, atualmente, para o monitoramento de estresse das culturas, necessidade de irrigação, desenvolvimento da planta, caracterização de manchas na lavoura entre outras (ANGULO FILHO et al., 2001). Esta técnica engloba muitos setores da agricultura com o objetivo auxiliar nas tomadas de decisão. Nesse sentido, a utilização do sensoriamento remoto no armazenamento de grãos tem a finalidade de prever a qualidade do produto ainda no campo, promovendo ao produtor maior segurança nas decisões de venda do produto e firmamento de contrato com as empresas compradoras.

Na cultura do feijão, a qualidade é de fundamental importância no momento da compra e venda do produto e, portanto, grãos com pouca qualidade geralmente possuem maior grau de recusa. Por isso, a compreensão da variabilidade das variáveis agrônômicas é fundamental no sistema de produção (GROFF et al., 2013), haja visto que há a necessidade de maximizar produção e minimizar custos (BOECHAT, 2012), e identificar a variabilidade local da qualidade dos grãos.

Com o avanço tecnológico e a necessidade de um maior controle sobre os fatores que influenciam o pleno desenvolvimento da cultura de feijão, a utilização de técnicas de sensoriamento remoto com valores espectrais pode contribuir muito para a melhoria de todo o processo, desde o desenvolvimento da planta até o momento de colheita, indicando as condições gerais de vigor da cultura

O sensoriamento remoto é uma técnica de medição e aquisição de informações de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro, sem que ocorra

o contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno sob estudo (JENSEN, 2009). A ligação entre os objetos da superfície terrestre e os sensores remotos que os observam é a radiação eletromagnética (REM). Portanto, o entendimento sobre o funcionamento das interações entre a REM e os diferentes materiais (rochas, solos, vegetação, água, construções antrópicas, por exemplo) é de grande importância para a interpretação dos dados coletados pelos diferentes sensores (ALVARENGA, 2003).

Com o advento da tecnologia e da agricultura de precisão, sensores estão se tornando cada vez mais presentes nas propriedades agrícolas. Sensores ópticos ativos ou passivos já vêm sendo comercializados, e dentre as possibilidades de uso, vêm sendo utilizado amplamente para a gestão mais eficiente de insumos (POVH, 2011).

Partindo da premissa que as plantas emitem e refletem radiação eletromagnética, utilizando sensores especiais e terrestres sensíveis a determinados comprimentos de onda, é possível realizar análises e gerar informações sobre o vegetal (LAMPARELLI et al. 2001).

### 3.7.1 Espectroscopia de campo e assinaturas espectrais

A espectroscopia de campo é a medição da radiação ou irradiação espectral de alta resolução no campo, aplicada para recuperar as assinaturas espectrais de refletância ou emissividade de alvos de superfícies terrestres (MERA, 2014; JIMÉNEZ; DÍAZ DELGADO, 2015). Nos últimos anos, a espectrorradiometria tem se desenvolvido e conquistado seu espaço, tendo aplicações em áreas como agricultura, geologia, biologia, ecologia e botânica. Seu objetivo é focar na identificação dos materiais da superfície terrestre e os fenômenos que nela operam através de assinaturas espectrais (MERA, 2014).

As respostas espectrais das culturas agrícolas podem ser adquiridas por meio de espectrorradiometria, obtendo-se medidas de refletância da planta em várias faixas de comprimento de onda, geralmente compreendidas nas regiões do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (BATISTA; RUDORFF, 1990).

Sendo assim, a espectrorradiometria de campo é uma metodologia de grande potencial dentro da agricultura de precisão. A partir das diferenças na refletância é possível detectar alterações nas folhas como perda de umidade e degradação de clorofila (PINTO et al., 2011), além de identificar doenças em culturas, caracterizar populações, mapear espécies invasivas de plantas, entre outras (MERA, 2014).

A possibilidade de detectar mudanças estruturais ou fisiológicas na vegetação envolve a aquisição minuciosa e detalhada de medidas da refletância em intervalos espectrais mais estreitos. Nesse sentido, os espectrorradiômetros que realizam coletas radiométricas in situ podem fornecer não apenas dados detalhados sobre as características espectrais dos alvos, como também permitem adquirir valores físicos, como a radiância e a refletância, que caracterizam espectralmente diferentes objetos (MARTINS; GALO, 2015).

O principal elemento constituinte da vegetação é a folha; logo, para compreensão das características de refletância da REM, é necessário o conhecimento da sua composição química, principalmente tipo e quantidade de pigmentos fotossintetizantes, e de sua morfologia interna (distribuição, quantidade de tecidos, espaços intracelulares). O comportamento espectral de uma folha é função de sua composição, morfologia e estrutura interna (PONZONI, 2002).

Uma vez que a folha é o principal constituinte da vegetação sob o ponto de vista de interação com a REM, espera-se que existam semelhanças entre as características de refletância da folha para os dosséis. De fato, quando se comparam as curvas de refletância de uma folha verde sadia (Figura 2) com as medições espectrais dos dosséis, estas apresentam formas muito semelhantes (PANZONI, 2002).

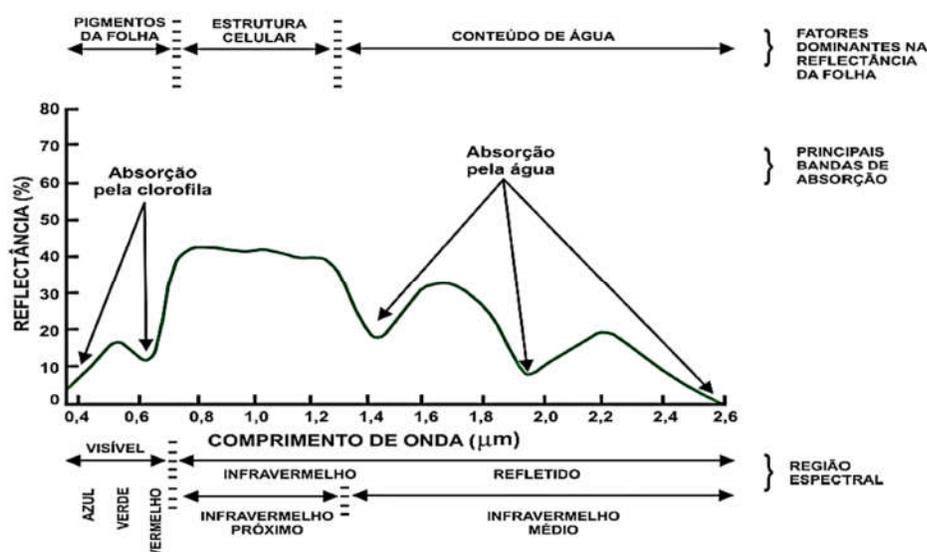


Figura 2 Assinatura espectral da folha verde sadia.

Fonte: Adaptado de Swain e Davis (1978).

Ponzoni (2002) definiu os principais aspectos relacionados ao comportamento espectral da folha em cada uma das regiões a seguir:

**Visível:** nesta região os pigmentos existentes nas folhas dominam a refletância espectral. Geralmente estes pigmentos são encontrados nos cloroplastos, sendo clorofila (65%), carotenos (6%) e xantofilas (29%), cujos percentuais podem variar de espécie para espécie. A energia é absorvida seletivamente pela clorofila e é convertida em calor ou fluorescência, e também convertida fotoquimicamente em energia estocada na forma de componentes orgânicos através da fotossíntese.

**Infravermelho próximo:** nesta região existe uma absorção pequena da REM e considerável espalhamento interno na folha. A absorção da água é geralmente baixa nessa região. A refletância espectral é quase constante nessa região. Fatores externos à folha, como disponibilidade de água, por exemplo, podem causar alterações na relação água, ar no mesófilo, podendo alterar a refletância de uma folha nesta região. De maneira geral, quanto

mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente e, conseqüentemente, maior será também a refletância.

Infravermelho médio: a absorção devido à água líquida predomina na refletância espectral das folhas na região do infravermelho próximo. Considerando a água líquida, esta apresenta na região em torno de 2000 nm, uma refletância geralmente pequena, sendo menor do que 10% para um ângulo de incidência de 65° e menor do que 5% para um ângulo de incidência de 20°. A água absorve consideravelmente a REM incidente na região espectral compreendida entre 1300 a 2000 nm. Em termos mais pontuais, a absorção da água se dá em 1100; 1450; 1950; 2700 e 6300 nm.

Segundo Solari (2006), os pigmentos envolvidos na fotossíntese absorvem a luz do visível, principalmente nos comprimentos de onda 450 nm (azul) e 660 nm (vermelho) e refletem principalmente no 550 nm (verde). Normalmente a refletância e a transmitância são altas no infravermelho próximo (700-1400 nm), devido à baixa absorbância pelas partículas subcelulares e pelo pigmento, e também ao espalhamento pelas células do mesófilo.

Viana et al. (2017), ao estudar os estádios fenológicos do crambe, observaram que com o desenvolvimento da cultura há aumento gradual da absorção nos comprimentos de onda nas faixas do azul (400 a 500 nm) e do vermelho (620 a 700 nm), mostrando aumento na refletância da faixa verde.

### 3.7.2 Índices de vegetação e derivadas das curvas espectrais

Atualmente tem se buscado a construção de índices ou características espectrais que potencialmente se relacionem com o estresse das culturas induzidas por herbicidas, como por exemplo o glifosato. Porém, ainda existem muitas limitações devido à ampla gama de espécies de plantas e tipos de herbicidas (ZHAO et al., 2014). Por isso, é necessário que se desenvolvam trabalhos nesta área para explorar os diferentes comportamentos espectrais causados, pelo modo de ação dos herbicidas.

Devido à disponibilidade de várias bandas espectrais, aliada ao modo de operação dos diversos sensores disponíveis no mercado, é possível explorar as características espectrais dos alvos de maneira mais eficiente. Sendo assim, quanto mais bandas dispuserem os sistemas de sensores, mais informações estarão disponíveis (EPIPHANIO et al., 1996).

Através dos dados obtidos em leituras radiométricas são calculados Índices de Vegetação (IV), que são parâmetros aplicados à identificação de variabilidade na cultura (SANTOS et al., 2002). Índices de Vegetação são tipos de agrupamento entre bandas, que são desenvolvidos como razões simples de normalizações e distâncias no espaço cartesiano e suas variantes, com intuito de realçar o componente espectral da vegetação e se correlacionar com parâmetros biofísicos da vegetação, como o Índice de Área Foliar (IAF)

(EIPHANIO et al., 1996). Essa correlação entre índices tem por objetivo gerar estimativas das condições que a cultura se encontra (JUNGES et al., 2013).

Os IV são normalmente explorados na faixa do visível e infravermelho próximo, relacionando propriedades espectrais da vegetação a partir da verificação do comportamento antagônico da refletância nestas regiões. Os valores de refletância dos alvos de interesse são transformados em IV para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e outros alvos da superfície terrestre (JACKSON, 1983; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; JENSEN, 2009).

Os IV possuem comportamento oposto ao da refletância da vegetação na região do visível, sendo que quanto maior a densidade vegetal, menor a refletância em função da absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes, e quanto menor a densidade vegetal, maior a refletância, devido ao espalhamento nas diferentes camadas das folhas (BORATTO; GOMIDE, 2013).

O Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), proposto por Rouse (1973), garante que os valores obtidos estão contidos na escala de -1 e 1. Este índice, portanto, corresponde a uma relação entre a diferença de refletância nas bandas espectrais do infravermelho próximo e do vermelho, dividido pela somatória das mesmas bandas. O NDVI é um dos índices mais difundidos e utilizados em estudos sobre vegetação (MELO, 2011).

Os valores de NDVI próximos de 1 relacionam-se às áreas de vegetação com maior vigor, enquanto que valores próximos a -1 representam as áreas de vegetação estressada, bem menos densas ou até mesmo áreas desnudas (BORATTO; GOMIDE, 2013).

Huang et al. (2010) utilizaram-se da imagem com cálculo de NDVI para detectar danos causados pela deriva de glifosato na cultura de algodão. Já Yao et al. (2012) utilizaram de cálculos de IVS provenientes de imagens hiperespectrais para detectar lesões também causadas por glifosato na cultura de algodão e soja. Zhao et al. (2014), ao estudarem índices de vegetação, verificaram que o NDVI se mostrou eficiente na diferenciação de folhas de soja e algodão, danificadas e saudáveis.

Além do NDVI, outros índices também são amplamente utilizados. Os índices NDWI (Índice de água por diferença normalizada), responsável pelo sensoriamento de água líquida contida na vegetação, e mNDVI (NDVI modificado), pelo conteúdo de clorofila (FORMAGGIO; SANCHES, 2017), sendo que este índice é importante devido à função dos pigmentos na vegetação, capaz de fornecer informações sobre a produtividade da planta e o seu estado fisiológico (KIRA; LINKER; GITELSON, 2015). Já o Índice de diferença normalizada de nitrogênio (NDNI) tem sido usado para estimar as variâncias do teor de nitrogênio (WANG; WEI, 2016).

A primeira derivada pode ser utilizada como estimativa robusta de parâmetros agronômicos de plantas, pois reduz a variabilidade da iluminação ou nas propriedades de

refletância de fundo; além disso, estudos mostram bons resultados na detecção de danos às plantas (YAO et al., 2012).

Por isso, IVs com combinações de bandas com base na primeira derivada da curva de refletância possuem melhor desempenho do que os baseados em espectros brutos (YAO et al., 2012; YI et al., 2013). Gazala et al. (2013) verificaram que a primeira derivada mostra uma redução abrupta dos picos em plantas de soja, sofrendo estresse devido à doença do mosaico.

## 7 REFERÊNCIAS

ADAPAR. Agência de defesa agropecuária do Paraná. **Agrotóxicos – herbicidas**. Curitiba, 2018. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=336> Acesso em 14 fev. 2018.

AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.

ALVARENGA, B. S.; D'ARCO, E.; FORMAGGIO, A. R. O ensino de conceitos e práticas de espectrorradiometria laboratorial: estudo de caso com solos do estado de São Paulo. XI SBSR. **Anais [...]**. Belo Horizonte, INPE, p. 739-747, 2003.

ANDRADE, K. C. de; SILVA, A. V.; LOPES F. C.; APARECIDO, L. E. de O; PENHA, E. T. S.; PAULA, F. V. de; SOUZA, P. S. de; MARQUES, B. de S. Estimativa do acúmulo de graus-dia para o florescimento das cultivares de feijão carioca 80 e rio Tibagi para a região de Muzambinho – MG. III Jornada científica e tecnológica IFSULDEMINAS. **Anais [...]**. Machado, MG, 2011.

ANGULO FILHO, R; CUNHA, C. A. H.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A. Comportamento espectral da cultura de feijão (IAC- Carioca 80) irrigado com diferentes lâminas de água. Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2001.

BARBOSA, R. M.; COSTA, D. S. da; HOMEM, B. F. M.; SÁ, M. E. de. Nitrogênio na produção e qualidade de sementes de feijão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 470-474, 2012.

BATISTA, G.T.; B.F.T. RUDORFF. Spectral response of soybean by field radiometry. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 45, p 111-121, 1990.

BINOTTI, F. F. da S; ARF, O.; CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S; NASCIMENTO, V. do. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 770-778, 2010.

BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEGBE, S. QTL analysis of yield traits in na advanced backcross population derived from a cultivated Andean x wild common bean (*Phaseolus vulgares* L.) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 112, n. 6, p. 1149-1163, 2006.

BRACKMAN, A; NEUWALD, A. D. Feijão para durar. **Revista Cultivar**, Pelotas, ed. 39, 2002. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/feijao-para-durar>. Acesso em: 03 dez. 2017.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; RIBEIRO, N. D.; FREITAS, S. T. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, 2002.

Brasil - Ministério da Saúde. **Guia Alimentar para a População Brasileira**: Promovendo a alimentação saudável. Brasília, 2006. Disponível em: [http://189.28.128.100/nutricao/docs/geral/guia\\_alimentar\\_conteudo.pdf](http://189.28.128.100/nutricao/docs/geral/guia_alimentar_conteudo.pdf). Acesso em: 17 nov. 2017.

CARBONELL, S. A.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 617-624, 2001.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Evolução dos custos de produção de feijão no Brasil e sua rentabilidade**: safra 2010/11 a 2015/16. Vol.1, Brasília: p.1-23, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Proposta de Preços Mínimos/ Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, v. 1, p. 99-115, 2017a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso: 15 nov. 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectiva para a agropecuária**. Brasília, v. 5, p.45-55, 2017b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso: 25 nov. 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Proposta de Preços Mínimos**. Brasília, v. 2, n. 2, 2017c. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 27 nov. 2017.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. de F.; FRANÇA NETO, J. de B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, A. A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 111-122, 2010.

DELFINO, R. de A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DELGADO, C. M. L.; COELHO, C. M. M.; BUBA, G. P. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p.154-161, 2015.

DOMINGOS, M.; SILVA, A. A.; SILVA, R. F. Qualidade da semente de feijão afetada por dessecantes, em quatro estádios de aplicação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 276-283, 1997.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FAOSTAT. **Production quantities by country – Average 2010-2016**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10 dez. 2017.

FRANCO, F. W. **Armazenamento refrigerado, em atmosfera modificada e controlada na conservação das qualidades físico-químicas e sensoriais de cultivares de feijão carioca**. 2015. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

FREITAS, A. M. de P.; PLILIPPI, S. T.; RIBEIRO, S. M. L. Listas de alimentos relacionadas ao consumo alimentar de um grupo de idosos: análises e perspectivas. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v.14, n.1, p. 161-177, 2011.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, p. 59-119.

GANASCINI, D.; WUNSCH, C. A.; SCHOENINGER, V.; SONCELA, R. F.; BISCHOFF, T. Z.; COELHO, S. R. M.; GURGACZ, F. Tempo de cozimento em três diferentes variedades de feijão carioca. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2014.

GAULTIER, J.; GULDEN, R. The science and art of dry bean desiccation. **Crops Soils**, local, v. 44, n. 4 2016. DOI:10.2134/cs2016.49.0403.

GAZALA, I. F. S.; SAHOO, R. N.; PANDEY, R.; MANDAL, B.; GUPTA, V. K.; SINGH, R.; SINHA, P. Spectral reflectance pattern in soybean for assessing yellow mosaic disease. **Indian Journal of Virology**, v. 24, n. 2, p. 242-249, 2013.

GROFF, E. C.; NANNI, M. R.; POVH, F. P.; CESAR, E. Características agrônômicas associadas com índices de vegetação medidos por sensores ativos de dossel na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 517-526, 2013.

HUANG, Y.; THOMSON, S. J.; ORTIZ, B. V.; REDDY, K. N.; DING, W.; ZABLOTOWICZ, R. M.; BRIGHT, J. R. Airborne remote sensing assessment of the damage to cotton caused by spray drift from aerially applied glyphosate through spray deposition measurements. **Biosystems Engineering**, v. 107, n. 3, p. 212-220, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **LSPA - Tabelas de Novembro 2017**, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>. Acesso: 24 nov. 2017.

INOUE, M. H.; MARCHIORI JÚNIOR, O.; BRACCINI, A. L. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; ÁVILA, M. R.; CONSTANTIN, J. Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 769-770, 2003.

JACKSON, R. D. Spectral indices in n-Space. **Remote Sensing of Environment**, v.13, p. 409-421, 1983.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2a. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JIMÉNEZ, M.; DÍAZ-DELGADO, R. Towards a Standard Plant Species Spectral Library Protocol for Vegetation Mapping: a Case Study in the Shrubland of Doñana National Park. **International Journal of Geo-Information**, v. 4, p. 2472-2495, 2015.

JUNGES, A. H.; FONTANA, D. C.; PINTO, D. G. Identification of croplands of winter cereals in Rio Grande do Sul state, Brazil, through unsupervised classification of normalized difference vegetation index images. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 883-895, 2013.

KAPPES, C.; ARF, O.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R.; ALCALDE, A. M.; ARF, M. V.; VILELA, R. G. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em

- função de aplicações de paraquat em pré-colheita. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 9-18, 2012.
- KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2009.
- KIRA, O.; LINKER, R.; GITELSON, A. Non-destructive estimation of foliar chlorophyll and carotenoid contents: focus on informative spectral bands. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 38, p. 251-260, 2015.
- LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Aplicação de dessecantes na cultura da soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 427-434, 2003.
- LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 447-457, 2005.
- LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E. Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: fundamentos e aplicação. **Série Engenharia Agrícola**, v. 2, p. 9-11, 56-71, 2001.
- LEVY-COSTA, R. B.; SICHIERI, R.; PONTES, N. S.; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução. **Revista Saúde Pública**, v. 34, p. 530-540, 2005.
- LIMA, R. A. Z. **Armazenamento de feijão**: uso da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade. 2013. 107f. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- LIN, L.-Z.; HARNLY, J. M.; PASTOR-CORRALES, M. S.; LUTHRIA, D. L. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 107, n. 1, p. 399-410, 2008.
- LUJÁN, D. L.; LEONEL, B.; ZACZUK, A. J.; BASSINELLO, P.; COSTA, L. N. M. Variedades de feijão e seus efeitos na qualidade protéica, na glicemia e nos lipídios sanguíneos em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, 2008.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2016/2017 a 2026/2027 - projeções de longo prazo**. Brasília, p. 25-29, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 241-250, 2011.
- MARCHIONI, D. M. L.; FISBERG, R. M.; GOIS FILHO, J. F.; KOWALSKI, L. P.; CARVALHO, M. B.; ABRAHÃO, M.; LATORRE, M. R. D. O.; ELUF NETO, J.; WÜNSCH FILHO, V. Dietary patterns and risk of oral cancer: a case control study from São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 41, p. 19-26, 2007.
- MARIOT, E. J. Ecofisiologia do Feijoeiro. In: IAPAR (Ed.). O feijão no Paraná. **Circular 63**. Londrina: IAPAR, 1989.
- MARTINS, G. D.; GALO, M. de L. B. T. In situ spectral characterization of sugar cane infected by nematodes and *Migdolus fryanus*. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 4, p. 783-796, 2015.

MATA, D. C. **Dessecação pré-colheita de cultivares de feijoeiro-comum com diferentes princípios ativos**. 2015. 78f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S.; ARF, O. Doses e época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **RA'E GA**, Curitiba, v. 23, p. 520-533, 2011.

MERA, R. J. M. **Análisis de especies vegetales representativas del páramo de chingaza mediante espectrorradiometría de campo**. 2014. 84f. Monografia (Ciências Ambientais) - Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Bogotá, 2014.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. D.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. D. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 3, n. 4, p.1114-1121, 2007.

MORAIS, P. P. P.; VALENTINI, G.; GUIDOLIN, A. F.; BALDISSERA, J. N. da C. B.; COIMBRA, J. L. M. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 593-598, 2010.

MOTA, D. H. **Propriedades físicas durante a secagem e qualidade tecnológica em cultivares de feijão carioca em diferentes condições de armazenamento**. 2016. 163f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016.

MOURA, A. C. C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

PARREIRA, M. C.; LEMOS, L. B.; PORTUGAL, J.; ALVES, P. L. C. A. Effects of desiccation with glyphosate on two common bean cultivars: physiology and cooking quality of the harvested product. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 925-930, 2015.

PINTO, L. M.; SOUZA, G. R. C.; CAMARGO, L. P.; REGINATTO, L. A.; LUIZ, S. P. F.; CRUZ, S. T. D.; SILVA, S. M. G.; BILHALVA, W. D. B.; PEREIRA, R. S. Caracterização espectral de folhas e influência do tempo após a coleta de folhas na reflectância de duas cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais [...]** p. 362-368. Curitiba: INPE, 2011.

PINTO, M. A. B.; BASSO, C. J.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C. Productivity and physiological quality of seeds with burn down herbicides at the pre harvest of bean crops. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 4, p. 384-391, 2014.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São Paulo: Parêntese, 2007. 144p.

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica. In: RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EPIPHANIO, J. C. N.; MOREIRA, M. A.; KAMPEL, M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. de; MARTINI, P. R.; FERREIRA, S. H.; TAVARES JÚNIOR, S. S.;

SANTOS, V. M. N. dos (Ed.). **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente**. São José dos Campos: INPE, 2002.

POVH, F. P. **Gestão da adubação nitrogenada em milho utilizando sensoriamento remoto**. 2011. 108f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias: Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2011.

QUINTELA, E. D. Manejo Integrado de Pragas do Feijoeiro. Embrapa - Circular Técnica 46. **Anais [...]**. Embrapa Arroz e Feijão, 2001.

RIBEIRO, H. J. S. de S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; MIYAGUI, D. T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar lapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 165-169, 2005.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. **Proceedings [...]**. Washington, USA: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973.

SANTOS JUNIOR, R. F. dos; SANTOS, J. M.; RUDORFF, B. F. T.; MARCHIORATO, I. A. Detecção de *Heterodera glycines* em plantio de soja mediante espectrorradiometria no visível e infravermelho próximo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 355-360, 2002.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; FERREIRA, E. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos da dessecação de plantas de feijão sobre a qualidade de sementes armazenadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 645-651, 2005.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. 2a. ed. Viçosa: UFV, p. 41-65, 2006.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, E. A.; SILVA, A. A.; SILVA, F. M.; FERREIRA, L. R. Qualidade de sementes de feijão (*phaseolus vulgaris*) após aplicação do carfentrazone-ethyl em pré-colheita. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 4, p. 633-639, 2004.

SCHOENINGER, V. **Otimização de parâmetros de pré-processamento para obtenção de feijão seco com reduzido tempo de cozimento**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

SEAB – Secretaria de Estado da agricultura e do Abastecimento. **Feijão – análise da conjuntura agropecuária**. Departamento de Economia Rural – DERAL, Curitiba, p. 1-13, 2016.

SICHERI, R.; COITINHO, D. C.; MONTEIRO, J. B.; COUTINHO, W. F. Recomendações de alimentação e nutrição saudável para a população brasileira. **Arquivos Brasileiros Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n. 3, p. 227-232, 2000.

SILVA, C. S. **Potencial genético de populações segregantes de feijoeiro-comum para escurecimento e cocção dos grãos**. 2012. 104f. Dissertação (Mestrado em melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

SILVA, G. S. **Controle genético do escurecimento precoce de grãos de feijão tipo carioca**. 2007. 65f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

- SILVA, J. G.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Colheita de feijão com colhedora automotriz axial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 371-379, 2009
- SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P da. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 1999.
- SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CHIDI, S. N.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agrônômica**, v. 9, p. 1-17, 2000.
- SOLARI, F. **Developing a crop based strategy for on-the-go nitrogen management in irrigated cornfields**. 2006. 157p. Thesis (PhD in Agronomy) - University of Nebraska, Lincoln, 2006.
- SORATTO, R. P.; ORIVALDO, A. R. F.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SILVA, T. R. B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.
- SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C. Colheita de Feijão. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Org.). **Feijão**. 2a. ed. Viçosa: UFV, p. 529-571, 2006.
- SOUZA, C. M. A. de; BOTTEGA, E. L.; VELLOSO, F. V.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. de. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.
- SWAIN, P. H. **Remote Sensing: the quantitative approach**. New York: McGraw-Hill International Book Company, 1978.
- TAVARES, C. J.; FERREIRA, P. C.; JAKELAITIS, A.; SALES, J. de F.; RESENDE, O. Physiological and sanitary quality of desiccated and stored azuki bean seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 66-75, 2016.
- VIEIRA, J. D. **O outro lado do feijoeiro – O lado humano da cadeia produtiva desta leguminosa**. Timburi, SP: Cia do Ebook, 2015.
- VIANA, O. H.; MERCANTE, E.; FELIPETTO, H.; KUSMINSKI, D.; BLEIL JR., H. G. Characterisation of the Spectral-Temporal Pattern of the Crambe Crop using Hyperspectral Sensors. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p. 220-233, 2017.
- WANG, L.; WEI, Y. Revised normalized difference nitrogen index (NDNI) for estimating canopy nitrogen concentration in wetlands. **Optik-International Journal for Light and Electron Optics**, v. 127, n. 19, p. 7676-7688, 2016.
- YI, Q.; BAO, A.; WANG, Q.; ZHAO, J. Estimation of leaf water content in cotton by means of hyperspectral indices. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 90, p. 144-151, 2013.
- YOKOYAMA, L. P.; CARNEIRO, G. E. S.; VILLAR, P. M. D. **Aspectos conjunturais, produção e uso de sementes das cultivares de feijão recomendadas pela Embrapa no estado do Paraná**. Santo Antônio do Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2001, 50 p.
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; SOUSA NETO, A. M. de. Eficácia do herbicida diquat na dessecação em pré-colheita da cultura do feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 3, n. 1, p. 17-21, 2002.

ZHAO, F.; GUO, Y.; HUANG, Y.; REDDY, K. N.; LEE, M. A.; FLETCHER, R. S.; THOMSON, S. J. Early detection of crop injury from herbicide glyphosate by leaf biochemical parameter inversion. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 31, p. 78-85, 2014.

## ARTIGO 1 - CARATERIZAÇÃO DA REPOSTA ESPECTRAL DA CULTURA (*PHASEOLUS VULGARIS*) DESSECADA COM DIQUAT E AMÔNIO-GLUFOSINATO POR MEIO DE SENSOR HIPERESPECTRAL

**RESUMO:** A fim de uniformizar e reduzir rapidamente o teor de água na planta e no grão, os agricultores fazem uso de herbicidas dessecantes. A utilização destes herbicidas pode interferir na qualidade dos grãos, devido a esta redução abrupta de água. Nesse sentido, o uso de sensoriamento remoto possibilita a detecção das condições da planta e permite avaliar os impactos na qualidade final do grão colhido. O objetivo deste trabalho foi a caracterização e a diferenciação da resposta espectral da cultura do feijão dessecado com diquat e amônio-glufosinato, utilizando sensor terrestre hiperespectral, relacionando aos aspectos visuais dos grãos. Os índices de vegetação (IV), as faixas de comprimento do IVP e IVM dos tratamentos com aplicação de dessecantes apresentaram  $p \leq 0,05$  a partir do segundo dia após aplicação (DAD), sendo possível identificar visualmente nos comprimentos de onda (705, 750, 860 e 1240 nm) e nas curvas espectrais. Os IVs NDWI e mNDI apresentaram  $p \leq 0,05$  no primeiro DAD. O uso de dessecante acarreta na degradação da clorofila, sendo possível observar no primeiro DAD na região dos comprimentos de onda (650 e 800 nm). Por meio da red edge e da primeira derivada, é possível observar o estresse gerado na planta, sendo mais expressivo com a aplicação do diquat, pois a magnitude dos picos com a aplicação do diquat se torna menor com o passar dos dias. Haja visto que o feijão é uma leguminosa de consumo humano, a aplicação de dessecante interferiu negativamente na qualidade dos grãos, com aumento do tempo de cozimento (TC) e redução do Hue. Além disso, observou-se que o Hue apresentou correlação negativa (-0,52) com a diferença de teor de água da planta e (-0,59) com TC. Conclui-se que é possível diferenciar os efeitos causados pelos dessecantes, mostrando que o amônio-glufosinato apresenta menor dano à qualidade, apresentando perda de água semelhante à testemunha.

**PALAVRA-CHAVE:** sensoriamento remoto, qualidade de grão, espectroscopia de campo.

### 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus Vulgaris*) é a terceira leguminosa mais importante do mundo, sendo fonte de proteína, minerais e vitaminas para milhões de pessoas (LIN et al., 2008; MESQUITA et al. 2007; HNATUSZKO-KONKA et al., 2014; LOS et al., 2018). A produção mundial origina-se de apenas seis países, sendo responsáveis por 61% da produção: Myanmar, Índia, Brasil, China, México e Estados Unidos (CONAB, 2017; STATFAO, 2017).

Por ser uma leguminosa de consumo humano (ABD EL-WAHED et al., 2017), a aceitabilidade do feijão é estabelecida pela qualidade e principalmente pela cor, a qual está associada ao tempo de cozimento dos grãos (SHOENINGER et al., 2014; ALMEIDA et al., 2017). Grãos de cor escura geralmente são rejeitados pelos consumidores, pois são associados a maior tempo de cocção.

A colheita é uma das etapas mais importantes na cadeia produtiva do feijão (SOUZA et al., 2010), pois a possibilidade de deterioração dos grãos aumenta à medida que ocorre o atraso na colheita após a maturação fisiológica (SILVA et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2012). Diante disso, a utilização de dessecantes uniformiza a secagem das plantas e reduz rapidamente o teor da água dos grãos, possibilitando a colheita na maturação fisiológica (LACERDA et al., 2005; BOND; BOLLICH, 2007; LAMEGO et al., 2013). Segundo Gaultier e

Gulden (2016), em um levantamento realizado no Canadá e nos EUA, 60 e 85% das áreas de feijão cultivadas são dessecadas, respectivamente.

Para a cultura do feijoeiro, os dois principais dessecantes liberados no estado do Paraná – Brasil são diquat e amônio-glufosinato (ADAPAR, 2018), os quais apresentam diferentes modo de ação, sendo que o primeiro intercepta elétrons no fotossistema I, e o segundo inibe a atividade da glutamina sintase (ROMAN, 2007; ZIMDAHL, 2018).

O uso de dessecantes implica diretamente na qualidade das sementes e dos grãos, podendo deixar resíduo acumulado no produto a ser colhido, o que pode inviabilizar o consumo (KAPPES et al., 2009; TAVARES et al., 2016). Portanto, o uso desses herbicidas deve desempenhar o seu papel sem modificar as qualidades tecnológicas (PARREIRA et al., 2015), principalmente aquelas relacionadas ao escurecimento da coloração dos grãos e ao aumento no tempo de cozimento.

A utilização de sensores terrestres que possibilitam o monitoramento em tempo real é crescente, e estes podem fornecer informações das características da cultura instantaneamente, possibilitando a tomada de decisão (MULLA, 2013). O sensoriamento remoto (SR) é a técnica de medição e aquisição de informações de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno por meio de um dispositivo de registro, sem que ocorra o contato físico ou íntimo com o alvo de interesse (JENSEN, 2009).

Os valores obtidos por meio desses sensores são separados em faixas de comprimento de onda para o cálculo de índices de vegetação (IVs) (BOECHAT et al., 2015). Os IVs são utilizados para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e aos outros alvos da superfície terrestre (JACKSON, 1983; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; JENSEN, 2009).

A espectrorradiometria fornece valores numéricos de refletância em diferentes comprimentos de onda de 300 a 2500 nm, os quais permitem diagnosticar o status da planta. Na faixa do visível (400-700 nm), a refletância corresponde aos pigmentos fotossintético, no infravermelho próximo (700-1300 nm) a magnitude da refletância é devido à estrutura da folha, e no infravermelho médio (1300-3000 nm) os valores estão ligados à absorção de água e outros compostos (PEÑUELAS, 1998; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ et al., 2018).

Outro método para contrastar o status da planta é a derivada da refletância que permite calcular a variação da amplitude (transição), sendo que variações bruscas de baixa e alta refletâncias geralmente indicam culturas doentes ou sob estresse (GAZALA et al., 2013; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ et al., 2018).

Os dessecantes causam a diminuição da água, causando o estresse da planta e, conseqüentemente, afetando a qualidade dos grãos. Estas mudanças que ocorrem podem ser identificadas pela propriedade de refletância da planta antes mesmo da identificação visual, o que possibilita a utilização do sensoriamento remoto na detecção dos danos de forma precoce (YAO et al., 2012).

Devido à necessidade da utilização dos dessecantes e a aceitabilidade dos grãos ser dependente da qualidade, técnicas que relacionem e predigam as condições dos grãos ainda no campo são necessárias, e sensores que possibilitem detectar a condição da planta predizendo as condições dos grãos devem ser estudadas. Esse conhecimento gerado pode diminuir as incertezas tanto no momento da compra, por parte dos fornecedores, como na venda, por parte dos produtores.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização e a diferenciação da resposta espectral da cultura do feijão dessecado com diquat e amônio-glufosinato, utilizando sensor terrestre hiperespectral, relacionando aos aspectos de qualidade visual dos grãos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Unidade Experimental

O experimento foi realizado em uma propriedade rural situada nas coordenadas (25°04' 97" S, 53° 36' 20"O, 750 m) no município de Santa Tereza do Oeste, PR (Figura 3). O solo da região é caracterizado como um latossolo vermelho distroférico (LVdf1) (BHERING et al., 2007) com clima subtropical (Cfa), segundo a classificação climática de Köppen (APARECIDO et al., 2016).

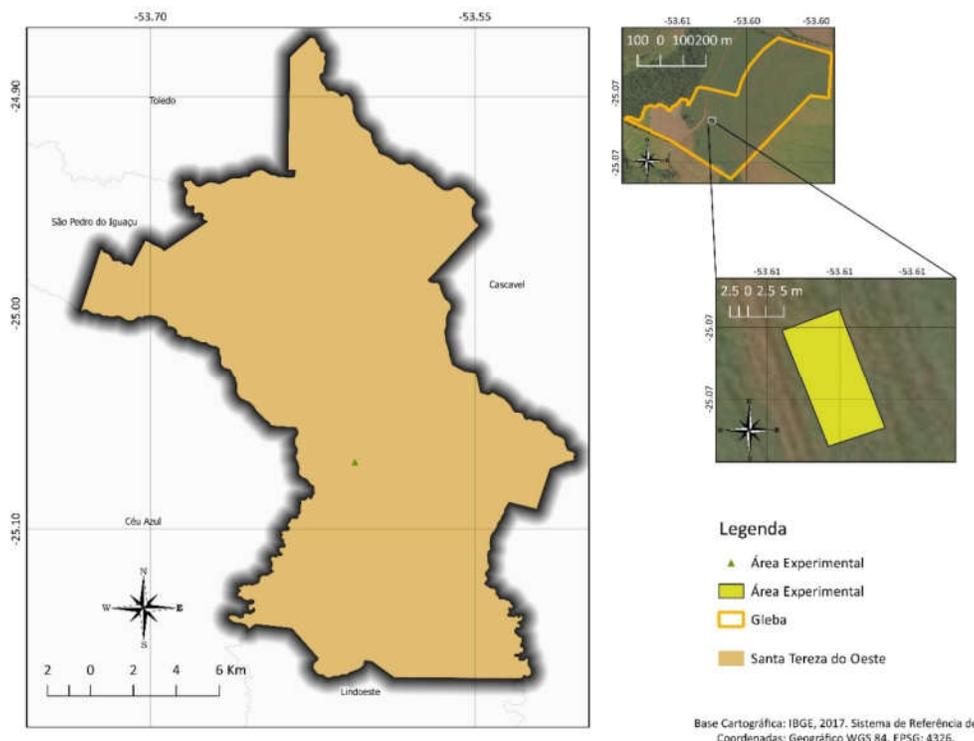


Figura 3 Localização da área experimental no município de Santa Tereza do Oeste.

As características químicas do solo foram caracterizadas a partir de amostras coletadas em toda área experimental na profundidade 0- 20 cm, apresentando: 29,0 mg dm<sup>-3</sup>

de fósforo; 43,0 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; 5,50 pH (CaCl<sub>2</sub>); 4,5; 51,0; 23,0; 34,0; 1 e 112,5 C mmolc dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg, H + Al; Al e CTC, respectivamente, e saturação de base 78,5%.

A preparação do solo foi na forma de plantio direto. A semeadura foi realizada em outubro por conjunto semeadora/adubadora e trator, espaçamento entre linhas de 0,45 m e densidade de 12 plantas por metro, adubação de base 413 kg ha<sup>-1</sup> e adubação em cobertura de nitrogênio (121 kg ha<sup>-1</sup>). A cultivar utilizada no experimento foi a IAC Imperador, classificação comercial carioca; coloração bege-clara e listras marrom-claras; e plantas com hábito de crescimento determinado (Tipo I); porte de planta semi-ereto e ciclo precoce (70 a 75 dias). Durante o ciclo de desenvolvimento, foram realizados tratos culturais (plantas invasoras, pragas e fungos), conforme as recomendações técnicas (Apêndice I).

A colheita e a debulha foram realizadas manualmente de 15 m<sup>2</sup> da parcela, a testemunha foi colhida aos 84 DAS (dias após semeadura) e a colheita das parcelas com aplicação dos dessecantes foi antecipada em 7 dias quando aplicado o diquat, e em um dia com amônio-glufosinato.

As condições meteorológicas ao longo do ciclo (temperaturas mínima, máxima e média, umidade relativa e precipitação) estão apresentadas na Figura 4.

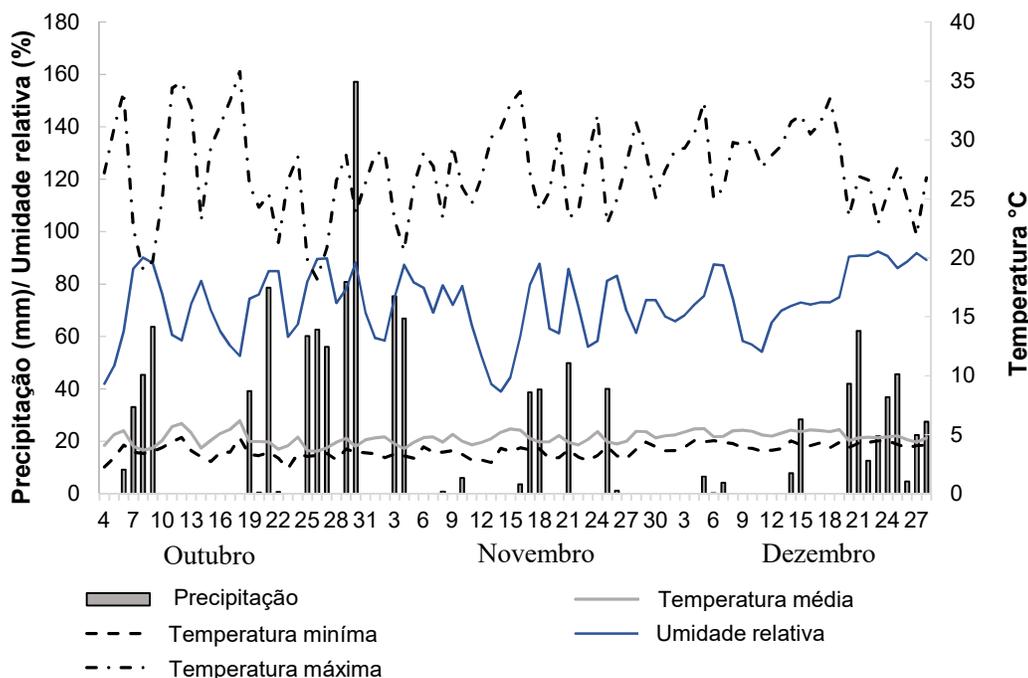


Figura 4 Condições meteorológicas no período de cultivo do feijão.  
Fonte: SIMEPAR (2017).

#### 4.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. Foram utilizados três tratamentos, sendo um

tratamento sem aplicação de dessecante (Testemunha), e outros dois tratamentos contendo herbicidas dessecantes, Diquat (1,8 L ha<sup>-1</sup>) e Amônio-Glufosinato (2 L ha<sup>-1</sup>).

As aplicações dos dessecantes foram realizadas na condição de pré-colheita, quando o feijão apresentava 55% de vagens secas (75DAS ou R9).

A aplicação foi realizada manualmente por meio de pulverizador com controle de pressão por CO<sub>2</sub>, calibrado e regulado com pressão de 3 bar e vazão de 200 L ha<sup>-1</sup> e velocidade de 5 km h<sup>-1</sup>. Foram respeitadas as condições ideais de aplicação de defensivos, umidade relativa do ar com aproximadamente 60%, velocidade do vento entre 3 e 8 m s<sup>-1</sup>, temperatura maior de 18 °C e dia ensolarado (NORBDY; SKUTERUD, 1974).

#### 4.3 Coleta dos dados espectrais

O sensor *FieldSpec4* modelo *Standart-Res* da empresa ASD (FS4) opera entre comprimentos de onda ( $\lambda$ ) de 350 a 2500 nm. O equipamento possui resolução espectral de 3 nm para leituras realizadas no visível e infravermelho próximo e 10 nm para leituras no infravermelho de ondas curtas, tendo a capacidade de realizar uma leitura a cada 0,2 s (ASD, 2015).

As leituras foram realizadas no modo ativo; para as leituras das informações espectrais foi utilizado o acessório Leaf Clip, que possui a referência branca para otimização. As coletas ocorreram em 63, 75, 76, 77, 78 e 79 DAS, coletadas 10 folhas por parcela (5 da parte superior das plantas e 5 do terço médio).

#### 4.4 Composição das faixas espectrais e geração de índices de vegetação

As informações espectrais obtidas por meio do sensor FS4 foram tabeladas por datas de coletas, separadas em faixas de reflectância para composição de faixas espectrais e índices de vegetação (Tabela 3).

Tabela 3 Faixas espectrais e índices de vegetação gerados

Índices de vegetação	Responde	Fórmulas	Referências
Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI	Cobertura verde, vigor da vegetação	$\frac{(R_{780} - R_{660})}{(R_{780} + R_{660})}$	Rouse et al. (1973)
NDVI modificado –mNDI	Conteúdo de clorofila das folhas	$\frac{(R_{750} - R_{705})}{(R_{750} + R_{705})}$	Fuentes et al. (2001)
Índice de nitrogênio por diferença normalizada – NDNI	Concentração foliar de nitrogênio	$\frac{\log(R_{1680}/R_{1510})}{\log(1/R_{1680} * R_{1510})}$	Serrano et al. (2002)
Índice de água por diferença normalizada – NDWI	Concentração de água líquida na vegetação	$\frac{(R_{860} - R_{1240})}{(R_{860} + R_{1240})}$	Gao (1996)

$R_n$  – Reflectância espectral na banda n.

Foi calculada a primeira derivada do espectro utilizando o software ViewSpecPro, sendo utilizada a seguinte aproximação (Equação 1) (ASD, 2015):

$$F'(\lambda) = \frac{[F(\lambda + \Delta\lambda) - F(\lambda - \Delta\lambda)]}{2\Delta\lambda} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que  $F'(\lambda)$  é a derivada do comprimento  $\lambda$ ,  $\Delta\lambda$  é o incremento de cálculo, o qual tem seu limite tendendo a zero,  $F(\lambda - \Delta\lambda)$  é a refletância no comprimento de onda imediatamente anterior a  $\lambda$  e  $F(\lambda + \Delta\lambda)$  é a refletância no comprimento de onda imediatamente posterior a  $\lambda$ .

Os espectros derivados indicam a taxa de alteração da reflectância com o comprimento de onda ( $dR(l) / dl$ ), indicando a inclinação da curva de reflectância no comprimento de onda (HAN et al., 2005).

#### 4.5 Teor de água das folhas e Plantas

Foram coletadas 2 folhas do terço superior e 2 folhas do terço médio da planta em 2 plantas por parcela, pesadas e levadas a estufa a  $70 \pm 3$  °C por 48 h até estabilização da massa. O teor de água foi calculado por porcentagem (BARRS; WHEATERLEY, 1962).

#### 4.6 Clorofila total das folhas

Foram coletadas seis (6) folhas por parcela, três (3) do terço superiores e três (3) do terço médio da planta, pesadas 0,100 g de tecido vegetal em balança analítica e acondicionadas em frascos de vidro com 10 mL de acetona 80%, durante sete dias. Após esse período, realizou-se leitura no espectrofotômetro (marca modelo) nos comprimentos de onda 663 e 645 nm para clorofila a, b e total (Equações 2, 3 e 4), respectivamente (VIECELLI et al., 2010).

$$Ca \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = (0,0127 * A_{663}) - (0,00269 * A_{645}) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$Cb \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = (0,0229 * A_{645}) - (0,00468 * A_{663}) \quad \text{Eq. (3)}$$

$$CT \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = Ca + Cb \quad \text{Eq. (4)}$$

#### 4.7 Cor dos grãos de feijão

A coloração dos grãos foi determinada pela leitura direta, em triplicata, de 5 gramas de feijão, em colorímetro Konica Minolta®, modelo CR410, com abertura de 50 mm. O sistema considera as coordenadas  $L^*$  (luminosidade), variando do branco (100) ao preto (0), sendo

que  $a^*$  caracteriza coloração na região do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ), e o valor  $b^*$  indica coloração no intervalo do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ) (GRANATO; MASSON, 2010). Os valores foram expressos em ângulo Hue ( $h^\circ$ ) (Equação 5) e croma (C) (Equação 6) (OOMAH et al., 2011; GONÇALVES et al., 2014).

$$\text{Hue} = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

Hue - ângulo de coloração ou tonalidade cromática;

a - componente de cor vermelho-verde;

b - componente de cor amarelo-azul.

$$C = \sqrt{(a)^2 + (b)^2} \quad \text{Eq. (6)}$$

Em que:

C - cromaticidade;

b - componente de cor vermelho-verde;

a - componente de cor amarelo-azul.

#### 4.8 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi determinado com o auxílio do Cozedor de Mattson modificado. Uma massa de 30 g de grãos foi embebida por 16 horas em 100 mL de água destilada e 25 grãos inteiros foram colocados nas cavidades do aparelho cozedor; as hastes metálicas permaneceram suspensas sobre as unidades experimentais. O cozedor foi colocado em banho-maria, contendo 1,5 L de água em ebulição ( $95 \pm 2$  °C), quando iniciou-se a contagem do tempo. O tempo de cozimento foi definido quando 13 dos 25 feijões fossem perfurados pelas hastes metálicas, conforme proposto por Proctor e Wats (1987).

#### 4.9 Análises estatísticas

As comparações das médias foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de significância pelo pacote Expdes (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2011) no programa R, versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011). As correlações entre diferença de teor de água e qualidade tecnológica dos grãos foram avaliadas no software Action Stat, utilizando coeficiente de correlação de Spearman.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Na Tabela 4 estão apresentadas as comparações das médias dos índices de vegetação, teor de água na folha (%), teor de água na planta (%) e clorofila total (mg/g) gerados para os diferentes tratamentos.

Tabela 4 Comparações de médias dos índices de vegetação, teor de água na folha (%), teor de água na planta (%) e clorofila total (mg/g), antes e após o processo de dessecação dos feijoeiros

IVs	Tratamento	Dias após dessecação- DAD (Dias após semeadura - DAS)					
		-12(63)	0 (75)	1(76)	2(77)	3 (78)	4 (79)
NDVI	T	0,84 a	0,79 a	0,73 a	0,73 a	0,69 a	0,59 a
	A-G	0,85 a	0,79 a	0,75 a	0,56 b	0,49 b	0,40 b
	D	0,84 a	0,78 a	0,75 a	0,41 c	0,30 c	0,22 c
mNDI	T	0,49 a	0,41 a	0,34 a	0,32 a	0,27 a	0,23 a
	A-G	0,48 a	0,40 ab	0,34 a	0,20 b	0,16 b	0,13 b
	D	0,48 a	0,37 b	0,34 a	0,13 c	0,09 c	0,07 c
NDNI	T	0,20 a	0,19 a	0,19 a	0,19 a	0,18 a	0,19 a
	A-G	0,20 a	0,19 a	0,19 a	0,16 b	0,15 b	0,09 b
	D	0,19 a	0,18 a	0,17 b	0,10 c	0,09 c	0,06 c
NDWI	T	0,04 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,02 a	0,03 a
	A-G	0,04 a	0,03 ab	0,02 a	0,004 b	-0,03 b	-0,08 c
	D	0,04 a	0,02 b	0,01 b	-0,02 c	-0,03 b	-0,05 b
Parâmetros físicos e químicos do feijoeiro							
Teor de água da folha (%)	T	81,80 a	77,97 a	78,88 a	77,81 a	75,29 a	
	A-G	81,11 a	77,29 a	78,77 a	80,21 a	75,14 a	
	D	80,97 a	77,21 a	75,16 b	60,71 b	57,64 b	
Teor de água da planta (%)	T	83,87 a	71,93 a	72,14 a	71,82 a	71,47 a	
	A-G	84,51 a	72,29 a	68,46 a	72,14 a	70,94 a	
	D	84,58 a	71,44 a	69,93 a	71,82 a	70,31 a	
Clorofila total (mg/g)	T	0,10a	0,10 a	0,07 a	0,06 a	0,05 a	
	A-G	0,09a	0,10a	0,04 b	0,04 a	0,06 a	
	D	0,10 a	0,11a	0,06 ab	0,04 a	0,02 b	

\*Letras diferentes diferem-se estatisticamente a 5% de significância no teste de Tukey. As comparações são realizadas para cada índice individualmente; T (testemunha); A-G (amônio-glufosinato); D (diquat).

Os IVs dos tratamentos com aplicação dos dessecantes apresentaram diferença significativa a partir do segundo DAD. Assim como Zhao et al. (2014), ao estudarem índices de vegetação, verificaram que o NDVI se mostrou eficiente na diferenciação de folhas de soja e algodão, danificadas e saudáveis, nesse trabalho verifica-se que o NDVI foi capaz de mostrar a injúria causada pelos dessecantes na cultura do feijão.

Os índices NDWI responsáveis pelo sensoriamento de água líquida contida na vegetação e mNDVI pelo conteúdo de clorofila (FORMAGGIO; SANCHES, 2017) com aplicação do diquat apresentam diferença no dia da aplicação quando comparados à testemunha, pois, verificando os comprimentos de ondas dos IVs (705, 750, 860,1240 nm)

nas curvas espectrais é possível visualizar a diferença das refletâncias – fato este relacionado ao modo de ação do diquat, o qual é mais rápido na redução do teor de água (Figura 5a).

No dia da dessecação (DAD 0), é possível observar diferenças estatísticas por meio do NDWI, e nota-se que o melhor período para a identificação da diferença dos desseccantes é a partir do segundo DAD. Segundo Roman (2007), ao aplicar amônio glufosinato ocorre o murchamento, seguido de necrose entre um e três dias após a aplicação. Já ao aplicar diquat, os sintomas de toxicidade são visíveis em poucas horas, apresentando manchas encharcadas, que em até três dias progridem para a necrose.

Outro índice que apresentou diferença no dia da dessecação em relação à testemunha foi o mNDVI, que compreende os comprimentos de onda 705 e 750 nm. Foi observado que no comprimento de 750 nm o desseccante diquat apresentou menor refletância em relação à testemunha. A resposta espectral da clorofila se destaca nesse comprimento de onda; portanto, o valor reduzido de refletância pode ser atribuído à degradação acelerada da clorofila, ocasionada pela presença do diquat (FUENTES et al., 2001; FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

As diferenças encontradas referem-se principalmente ao modo de ação dos herbicidas. Enquanto o amônio-glufosinato degrada a proteína e fotorrespiração da planta, bloqueando a fotossíntese (ROMAN et al., 2007), o diquat inibe o fotossistema I, e rompe a membrana celular reduzindo rapidamente o teor de água da biomassa verde (LACERDA et al., 2003; GAULTIER; GULDEN, 2016).

A curva que representa o DAD 0 apresentou maior refletância na faixa espectral de (750 a 1350 nm) para todos os tratamentos estudados (Figura 5a). A partir do DAD 1, a refletância das folhas com diquat e amônio-glufosinato diminuiu, mostrando que a planta começa a demonstrar estresse, devido à aplicação dos desseccantes.

Viana et al. (2017), ao estudar os estádios fenológicos do crambe, observaram que com o desenvolvimento da cultura há aumento gradual da absorção nos comprimentos de onda nas faixas do azul (400 a 500 nm) e do vermelho (620 a 700 nm), mostrando aumento na refletância da faixa verde. De forma análoga, é possível observar que as curvas com presença de desseccantes possuem o efeito contrário, ocorrendo diminuição da refletância na faixa verde, progredindo para a senescência.

Segundo Jensen (2009), quando a planta entra em senescência ou é afetada por estresse, os pigmentos de clorofila perdem espaço para os de carotenoides e outros pigmentos, deixando, então, de ser verde, passando a ser amarela e posteriormente marrom. Isso ocorre devido à menor produção de clorofila, o que faz com que a planta absorva menor quantidade de energia nas respectivas bandas de absorção de clorofila.

As curvas de refletância apresentadas na Figura 5 são caracterizadas pelo aumento da refletância na faixa do infravermelho médio (1300 a 2500 nm), sendo em maior escala para as curvas com desseccantes nos tratamentos com aplicação de desseccante. Segundo

Viana et al. (2017), esse comportamento se deve a senescência e perda de água de estrutura celular.

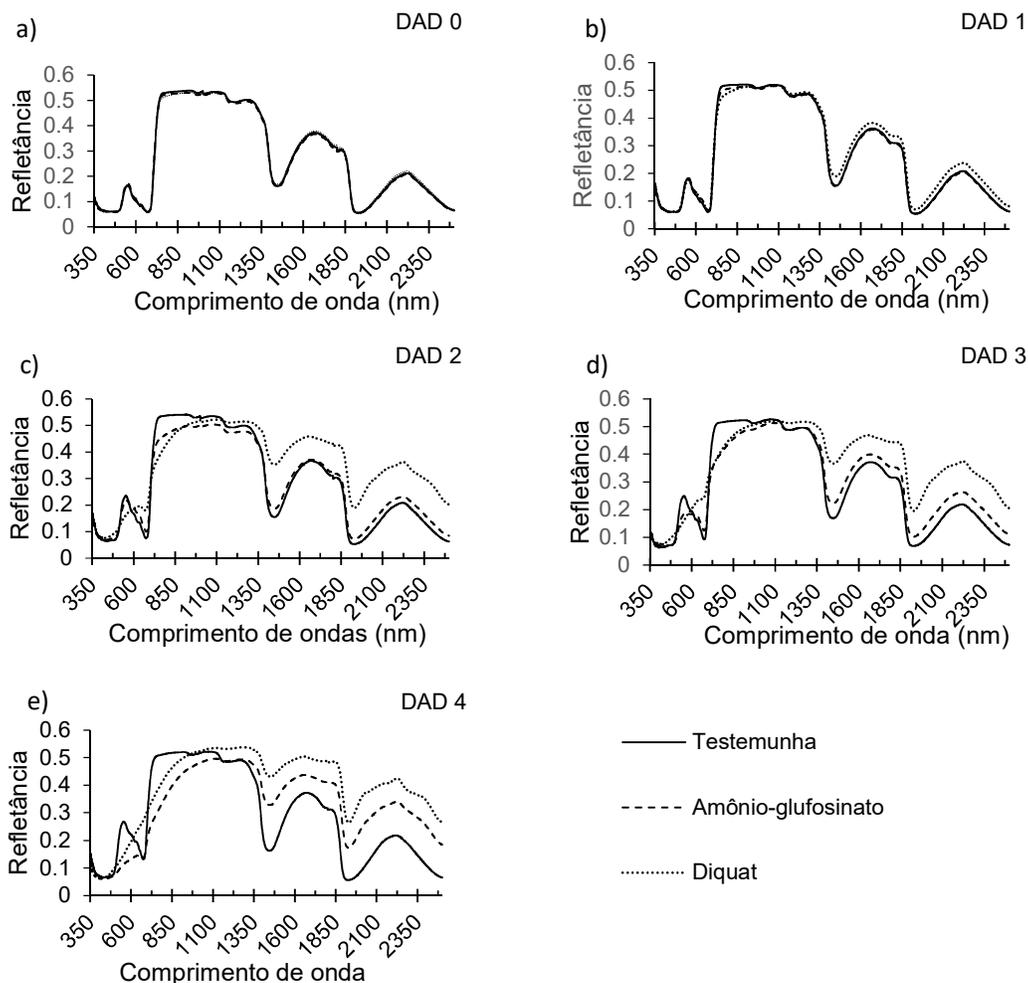


Figura 5 Assinaturas espectrais após a aplicação dos dessecantes nos diferentes dias.

Segundo Jensen (2009), a refletância no infravermelho é um constituinte do estresse da planta somente quando há presença de severa desidratação; portanto, analisando os gráficos da Figura 5b, 5c, 5d e 5e, o dessecante diquat, a partir do DAD 1 já ocasionou desidratação da planta em estado inicial.

Jensen (2009) ainda enfatiza que a água é um bom absorvedor de energia no infravermelho próximo (IVP) e infravermelho médio (IVM), pois à medida que a umidade da folha diminui, a refletância no infravermelho médio aumenta. Logo, à medida que a água da planta nos espaços intracelulares diminui, a energia do IVM se espalha, resultando em maiores refletâncias. Este efeito é visível a partir do DAD 2 (Figura 5c), sendo mais marcante para o diquat.

Na região de 650 e 800 nm, a partir do DAD 1, é possível observar a degradação da clorofila causada pelos dessecantes (Tabela 4). As plantas dessecadas com diquat

apresentaram a degradação em menor tempo, se comparado ao amônio-glufosinato, enquanto no mesmo período a testemunha apresentou menor degradação de clorofila.

O intervalo de comprimentos de onda que variam de 680 a 700 nm, denominado borda vermelha (red edge), é uma das regiões mais sensível aos estresses na vegetação (FORMAGGIO; SANCHES, 2017). A clorofila tende a diminuir na presença de estresse da planta e no período de senescência (HEATON; MARANGONI, 1996; PRUZINSKÁ et al., 2003; FORMAGGIO; SANCHES, 2017). Jensen (2009) relata que, em trabalhos nos quais os agricultores aplicaram desfolhante na cultura de batata, há o deslocamento da borda vermelha (red edge), mostrando diminuição das absorções de clorofila.

Sendo assim, ao analisar os diferentes dias após aplicação de dessecante, é possível observar que ambos os herbicidas causam estresse na planta, efeito observado tanto pelas curvas espectrais (Figura 5), quanto pelos valores de teor de água da planta e clorofila (Tabela 4). Porém, o dessecante diquat é o que causa em maior escala, e esse fenômeno torna-se evidente a partir do DAD 2 (Figura 5c).

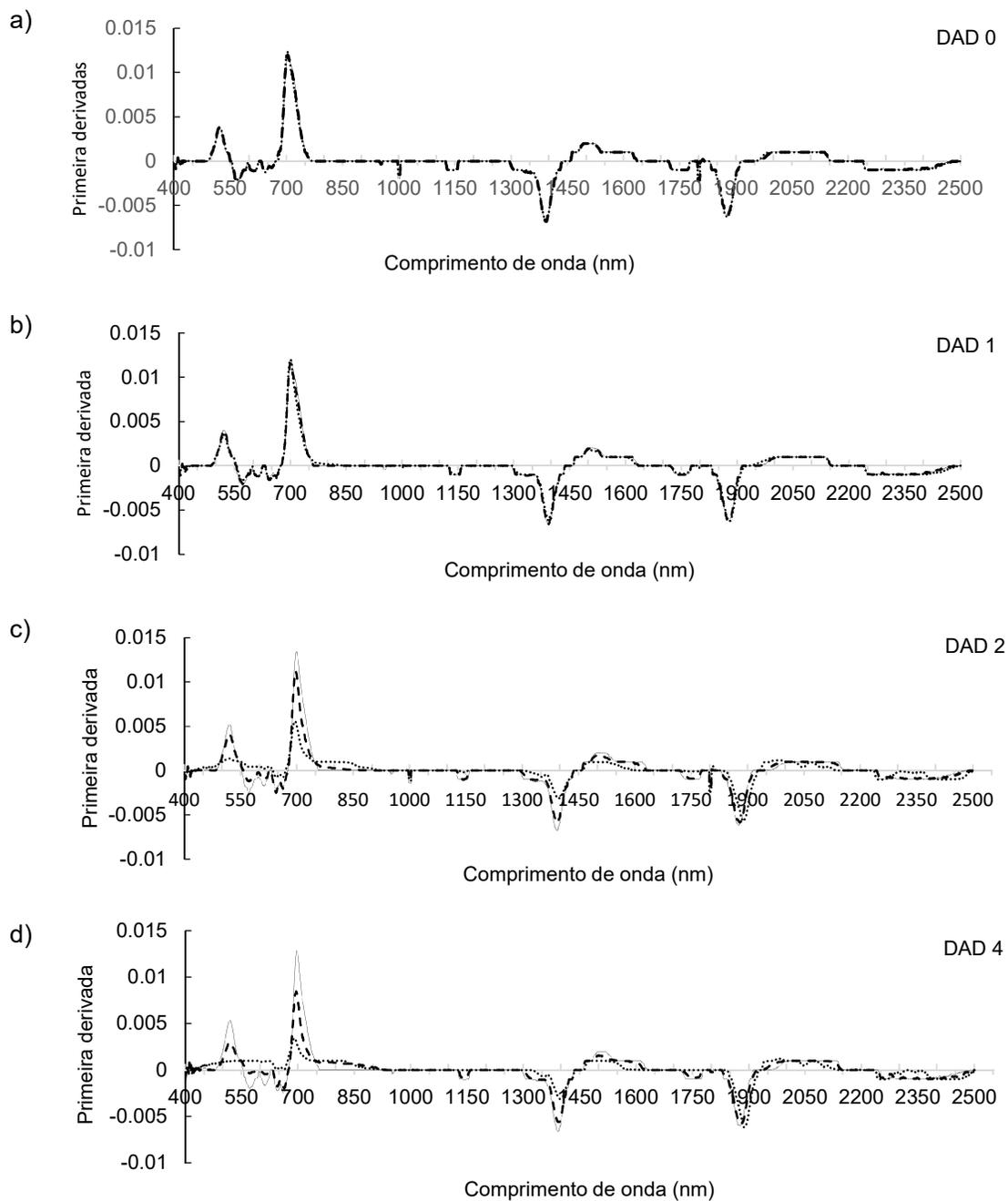
Blackburn (2006) destaca que a quantificação de clorofila se dá nas bandas estreitas do visível e IVM, correspondente aos índices de pigmentos, responsável pela cor da planta. Durante a senescência ocorre a degradação da clorofila, sendo observada nos comprimentos de ondas de 400 a 750 nm, sendo que a região da 420, 490 e 660 nm responde à clorofila (a) e 435 a 643 nm responde à clorofila (b). Observando as Figuras 5c, 5d e 5e nestes comprimentos de onda, evidenciam-se as degradações causadas pelos dessecantes utilizados.

Yoder e Pettigrew-Crosby (1995), ao analisarem perfis espectrais, observaram que os comprimentos de onda 560 e 734 nm são responsáveis pela resposta de nitrogênio da cultura. Sauer et al. (1987) afirmam que plantas tratadas com amônio-glufosinato mostram rápido acúmulo de amônia. Portanto, este herbicida dessecante libera alta porcentagem de N na forma de amônia, causando estresse da planta, destruição dos cloroplastos e inibição da fotossíntese, manifestando-se por rápida clorose, seguida de necrose e morte da planta em poucos dias (BRUNHARO et al., 2014). Devido a isso, próximo aos comprimento de onda de 560 e 643nm ocorre o acréscimo nas curvas de refletância.

Observa-se, na região do visível em torno de 550 nm, a pigmentação verde (BLACKBURN, 2006) e o pico de clorofila (YODER; PETTIGREW-CROSBY, 1995). Diante disso, verifica-se que a mudança de cor ocorre a partir do DAD 2 (Figura 5c), comprovando que plantas com a presença de dessecantes perdem a pigmentação rapidamente em relação à testemunha. Além disso, mostra que a testemunha muda de cor lentamente com o passar dos dias. Assim, Huang et al. (2017) também observaram que a diferenciação dos tratamentos se torna cada vez mais aparente, evidenciando o efeito dos tratamentos.

A primeira derivada pode ser utilizada como estimativa robusta de parâmetros agrônômicos de plantas, pois reduz a variabilidade da iluminação ou nas propriedades de

refletância de fundo; além disso, estudos mostram bons resultados na detecção de danos às plantas (YAO et al., 2012). Logo, na Figura 6 estão apresentadas as derivadas das curvas espectrais dos cinco dias após a dessecação da cultura.



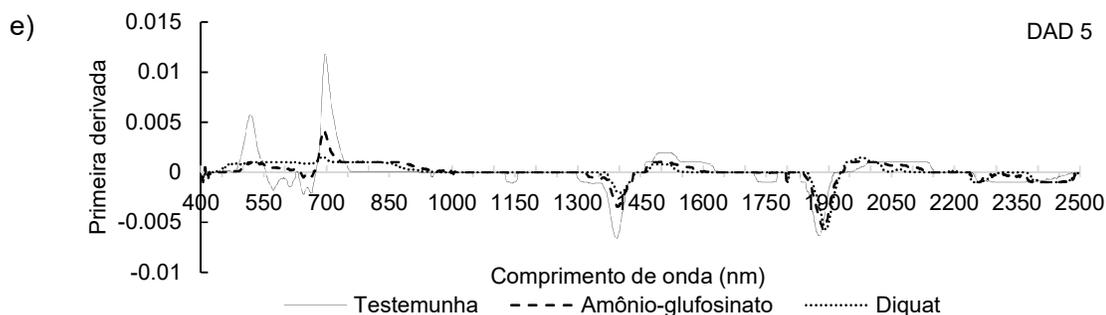


Figura 6 Primeira Derivada dos perfis espectrais da cultura de feijão após aplicação dos herbicidas dessecantes a) 0 DAD, b) 1 DAD, c) 2 DAD, d) 3 DAD, e) 4 DAD.

As magnitudes dos picos nos dois primeiros dias (DAD 0 e 1) são semelhantes, os picos acentuados ocorrem no comprimento de 530, 700, 1400 e 1870 nm (Figura 6a e 6b).

A partir do DAD 2 (Figura 6b) é possível observar que as magnitudes se tornam menores para os tratamentos com aplicação de dessecantes, sendo que para o diquat esse efeito mostra-se de maneira mais intensa. A mudança na magnitude dos picos ocorre devido ao modo de ação dos dessecantes, os quais dentro de três dias apresentam clorose e progridem para necrose (ROMAN, 2007). Gazala et al. (2013) verificou que a primeira derivada mostra uma redução abrupta dos picos em plantas de soja sofrendo estresse devido à doença do mosaico.

No infravermelho próximo, a refletância é determinada por características internas das folhas, pela organização estrutural do mesofilo esponjoso e pelos espaços aéreos dentro do tecido celular. As folhas mais jovens possuem mais espaços aéreos, portanto, maior refletância do infravermelho próximo e, conforme a planta se desenvolve e entra em senescência, a refletância nesta região diminui (GATES et al., 1965). Portanto, com a utilização dos dessecantes nesta região ocorre a queda abrupta da curva (700-1300 nm), podendo ser observado nas Figura 5c, 5d e 5e e nas derivadas da curva Figura 6 (c, d, e).

Yao et al. (2012), ao estudarem o efeito do glifosato em diferentes períodos após a aplicação, observaram que os picos derivados podem ser usados para detecção de ferimentos em plantas. Além disso, verificam que os derivados espectrais demonstraram melhores resultados de detecção do que os IVs para a detecção de danos causados por herbicidas em soja, também proporcionando uma diferenciação ainda melhor entre os grupos de tratamento.

O uso de sensores de monitoramento agrícola vem tomando cada vez mais espaço; aliado a isso, a utilização de sensores para caracterizar a cultura no campo para prever as condições do produto é fundamental.

Sendo o feijão uma cultura de consumo humano, a exigência por parte dos consumidores deve ser atendida. Nesse sentido, a característica mais desejada pelos consumidores nos grãos do grupo carioca é a cor do tegumento clara, pois a cor é associada a grãos recém colhidos e com baixo tempo de cozimento (GANASCINI et al., 2014).

Os parâmetros de cor Hue, que corresponde ao ângulo da cor da amostra, e o tempo de cozimento de grãos (TC) apresentaram diferenças estatísticas a 5% de significância entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5 Comparações dos parâmetros de cor de tempo de cozimento (TC) dos grãos de feijão submetidos a aplicações de dessecantes

Tratamentos	Parâmetros de Cor*					
	L	a	b	Hue	Croma	TC (min)
T	44,00 a	5,88 a	15,748 a	71,70 a	16,578 a	28,1 a
A-G	42,00 a	5,87 a	15,26 a	68,84 ab	16,364 a	33,7 a
D	41,00 a	6,77 a	16,488 a	67,74 b	17,828 a	36,8 b

\*Letras diferentes diferem-se estatisticamente a 5% de significância no teste de Tukey. Sendo: T (testemunha); A-G (amônio-glufosinato); D (diquat). L\*: Luminosidade; coordenadas: +a vermelho; -a: verde; +b : amarelo; -b azul; TC: Tempo de cozimento.

Verifica-se que a testemunha apresentou maior valor de Hue, mostrando que a cor está mais próxima do amarelo. Esta é uma das características desejáveis, pois grãos do grupo carioca com cores avermelhadas possuem associação ao feijão envelhecido.

Os grãos submetidos ao dessecante diquat apresentaram menor valor de ângulo Hue, diferindo estatisticamente dos demais. A cor dos grãos dessecados com este herbicida tende a tons avermelhados, mostrando que ao realizar a aplicação deste produto ocorre a perda de qualidade, o que pode levar à redução de valor de mercado e da aceitação por parte dos consumidores (SCHOENINGER et al., 2014).

O TC dos grãos é crucial ao considerar o uso de dessecantes antes da colheita (PARREIRA et al., 2015). Ao aplicar ambos os dessecantes, houve interferência no tempo de cozimento. A aplicação de diquat apresentou diferença estatística em relação aos demais tratamentos, com aumento do TC (36,8 minutos).

Baseado na escala de tempo de cozimento de Proctor e Watts (1987), o nível de resistência dos grãos da testemunha é classificado como resistência normal, com amônio-glufosinato como resistência média e os com diquat como resistentes.

Os grãos dessecados com amônio-glufosinato não apresentaram diferença estatística quanto à testemunha no tempo de cozimento, apresentando resultado semelhante aos obtidos por Parreira et al. (2015) ao estudarem o efeito dos dessecantes amônio-glufosinato e glifosato.

A perda de qualidade do produto pode estar relacionada à perda de água da planta e conseqüentemente das folhas. Na Tabela 6 estão apresentadas as correlações da diferença de teor de água do início ao fim do ciclo avaliado (DAD 0 - DAD 5) com as variáveis de qualidade do grão.

Tabela 6 Coeficiente de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis de perda de água com qualidade tecnológica dos grãos

Correlação	DTAP	DTAF	L	a	b	croma	Hue	TC
DTAP	1							
DTAFUF	0.478	1						
L*	-0.15	-0.453	1					
a*	0.410	-0.228	0.135	1				
b*	-0.103	-0.464	0.589*	0.65*	1			
croma	-0.096	-0.5*	0.546*	0.692*	0.992*	1		
HUE	-0.52*	-0.025	0.382	-0.623*	0.0673	0.014	1	
TC	0.40	-0.216	-0.162	0.350	-0.128	-0.07	-0.593*	1

\* P-valor  $\leq 0.05$ ; DTPA= Diferença de teor de umidade da planta; DTPA= Diferença de teor de umidade da inicial(DAD 0) para final (DAD 5); L\*: Luminosidade; coordenadas: +a vermelho; -a: verde; +b : amarelo; -b azul; TC: Tempo de cozimento.

A variável diferença de teor de água de folha (DTAF), luminosidade (L), a\* e b\* apresentaram correlação com croma. A diferença de teor de água da planta (DTAP) e a\* apresentaram correlação com Hue. Hue e TC apresentaram correlação entre si, evidenciando a relação da intensidade da cor com o tempo de cozimento.

Desse modo, observa-se que esta perda de qualidade pode estar relacionada à queda abrupta de água sofrida pela planta. No entanto, este fenômeno pode ser identificado pelos picos de absorção de água das curvas espectrais e nos picos ocorridos nas curvas das derivadas, nas faixas espectrais de onda 700-1100nm, 1350-1550nm, 1850-2000nm, a partir do DAD 2 (Figura 6). Portanto, o uso de curvas espectrais e suas derivadas pode ser capaz de prever a qualidade do feijão a ser colhido ainda no campo, diminuindo a incerteza do produtor e dos fornecedores, possibilitando a tomada de decisão antecipada.

## 6 CONCLUSÃO

A diferenciação dos dessecantes aplicados no feijão é possível através de sensores hiperespectrais, os quais mostram a perda de água e degradação da clorofila, ainda no campo.

A queda abrupta de água das plantas nas quais foi aplicado diquat interferiu na qualidade visual dos grãos de feijão e aumentou o tempo de cozimento, prejudicando o valor comercial e a aceitabilidade dos consumidores.

O dessecante amônio-glufosinato apresentou menor dano à qualidade no que diz respeito à cor e tempo de cozimento; além disso, apresentou perdas de água semelhante à testemunha.

## 7 REFERÊNCIAS

ABD EL-WAHED, M. H.; BAKER, G. A.; ALI, M. M.; ABD EL-FATTAH, F. A. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil

salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 235-242, 2017.

ADAPAR. Agência de defesa agropecuária do Paraná. **Agrotóxicos – herbicidas**. Curitiba, 2018. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=336>. Acesso em 14 fev. 2018.

ALMEIDA, A. J. B.; COELHO, S. R. M.; SCHOENINGER, V.; CHRIST, D. Chemical changes in bean grains during storage in controlled conditions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 529-540, 2017.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

ASD, I. **FieldSpec4**. Boulder: PANalytical, 2015.

BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian Journal of Biological Science**, v. 15, p. 413-428, 1962.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/339505/mapa-de-solos-do-estado-do-parana>.

BLACKBURN, G. A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 4, p. 855-867, 2006.

BOECHAT, L. T.; CARVALHO PINTO, F. D. A. de; PAULA JÚNIOR, T. J. de; QUEIROZ, D. M.; TEIXEIRA, H. Detecção do mofo-branco no feijoeiro, utilizando características espectrais. **Ceres**, v. 61, n. 6, 2015.

BOND, J. A.; BOLLIICH, P. K. Effects of pre-harvest desiccants on rice yield and quality, **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 490-494, 2007.

BRUNHARO, C. A. D. C. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio-glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 163-177, 2014.

CHIORATO, A. F.; CARBONEL, S. A. M.; VENCOVSKY, R.; FONSECA JÚNIOR, N. da S.; PINHEIRO, J. B. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 329-336, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectiva para a agropecuária**. Brasília, v. 5, p.45-55, 2017b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso: 25 nov. 2017.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística da UFOP**, v. 1, n. 1, p. 1-9. 2011.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, p. 59-119.

FUENTES, D. A.; GAMON, J. A.; QIU, H. L.; SIMS, D. A.; ROBERTS, D. A. Mapping Canadian boreal forest vegetation using pigment and water absorption features derived from the AVIRIS

- sensor. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 106, n. D24, p. 33565-33577, 2001.
- GANASCINI, D.; WUNSCH, C. A.; SCHOENINGER, V.; SONCELA, R. F.; BISCHOFF, T. Z.; COELHO, S. R. M.; GURGACZ, F. Tempo de cozimento em três diferentes variedades de feijão carioca. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2014.
- GAO, B. NDWI: a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.
- GAULTIER, J.; GULDEN, R. The science and art of dry bean desiccation. **Crops Soils**, local, v. 44, n. 4 2016. DOI:10.2134/cs2016.49.0403.
- GAZALA, I. F. S.; SAHOO, R. N.; PANDEY, R.; MANDAL, B.; GUPTA, V. K.; SINGH, R.; SINHA, P. Spectral reflectance pattern in soybean for assessing yellow mosaic disease. **Indian Journal of Virology**, v. 24, n. 2, p. 242-249, 2013.
- GONÇALVES, M. A.; PICCOLOTTO, L.; AZEVEDO, F. Q.; COCCO, C.; ANTUNES, L. E. C. Qualidade de fruto e produtividade de pessegueiro submetidos a diferentes épocas de poda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1334-1340, 2014.
- GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.
- GUIMARÃES, V. F.; HOLLMANN, M. J.; FIOREZE, S. L., ECHER, M. M., RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; ANDREOTTI, M.. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função dos estádios de dessecação e herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 567-573, 2012.
- HAN, L. Estimating chlorophyll-a concentration using first-derivative spectra in coastal water. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 23, p. 5235-5244, 2005.
- HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 1996.
- HNATUSZKO-KONKA, K.; KOWALCZYK, T.; GERSZBERG, A.; WIKTOREK-SMAGUR, A.; KONONOWICZ, A. K. Phaseolus vulgaris — Recalcitrant potential, **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 7, p. 1205-1215, 2014.
- HUANG, Y.; YAO, H.; ZHAO, F.; REDDY, K. Detection of crop herbicide injury through plant hyperspectral remote sensing of chlorophyll fluorescence. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2017 IEEE International. **Proceedings [...]**. IEEE, 2017. p. 5069-5072.
- JACKSON, R. D. Spectral indices in n-Space. **Remote Sensing of Environment**, v.13, p. 409-421, 1983.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2a. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2009.

KUMAR, L.; SCHMIDT, K. S.; SKIDMORE, A. K. Imaging spectroscopy and vegetation Science. In: JONG, S. M. D. (Ed.). **Imaging Spectrometry**. Dordrecht, The Netherlands: Academic Kluwer Press, 2001, p. 111-155.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Aplicação de dessecantes na cultura da soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 427-434, 2003.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 447-457, 2005.

LAMEGO, F. P.; GALLON, M. I.; BASSO, C. J. I.; KULCZYNSKI, S. M. I.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T. E. I.; SANTI, A. L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 929-938, 2013.

LOS, F. G. B.; ZIELINSKI, A. A. F.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**, v.19, p. 63-71, 2018.

MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, V.; GOMEZ-GIL, J.; MACHADO, M. L.; PINTO, F. A Leaf and canopy reflectance spectrometry applied to the estimation of angular leaf spot disease severity of common bean crops. **PLoS one**, v. 13, n. 4, p. e0196072, 2018.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. D.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. D. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 3, n. 4, p.1114-1121, 2007.

MULLA, D. J. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: major advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, p. 358-371, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>

NORDBY, A.; SKUTERUD, R. The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n. 6, p. 385-395, 1974.

OOMAH, B. D.; LUC, G.; LEPRELLE, C.; DROVER, J. C. G.; HARRISON, J. E.; OLSON, M. Phenolics, Phytic Acid, and Phytase in Canadian-Grown Low-Tannin Faba Bean (*Vicia faba* L.) Genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Daves, v. 59, p. 3763-3771, 2011.

OOMAH, B. D.; LUC, G.; LEPRELLE, C.; DROVER, J. C. G.; HARRISON, J. E.; OLSON, M. Phenolics, phytic acid, and phytase in Canadian-grown low-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 3763-3771, 2011b.

PARREIRA, M. C.; LEMOS, L. B.; PORTUGAL, J.; ALVES, P. L. C. A. Effects of desiccation with glyphosate on two common bean cultivars: physiology and cooking quality of the harvested product. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 925-930, 2015.

PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. **Trends in Plant Science**, v. 3, n. 4, p. 151-156, 1998. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01213-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01213-8).

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São Paulo: Parêntese, 2007. 144p.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Toronto, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

PRUŽINSKÁ, A.; TANNER, G.; ANDERS, I.; ROCA, M.; HÖRTENSTEINER, S. Chlorophyll breakdown: pheophorbide a oxygenase is a rieke-type iron-sulfur protein, encoded by the accelerated cell death I gene. **Plant Biology**, v. 100, n. 25, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2011.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas**: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. **Proceedings [...]**. Washington, USA: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973.

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C. Processing parameter optimization for obtaining dry beans with reduced cooking time. **LWT - Food Science and Technology**, v. 56, n. 1, p. 49-57, 2014.

SERRANO, L.; PENUELAS, J.; JUSTIN, S. L. Remote sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data: Decomposing biochemical from structural signals. **Remote sensing of Environment**, v. 81, n. 2-3, p. 355-364, 2002.

SILVA, J. G.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Colheita de feijão com colhedora automotriz axial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 371-379, 2009

SOUZA, C. M. A. de; BOTTEGA, E. L.; VELLOSO, F. V.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. de. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.

TAVARES, C. J.; FERREIRA, P. C.; JAKELAITIS, A.; SALES, J. de F.; RESENDE, O. Physiological and sanitary quality of desiccated and stored azuki bean seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 66-75, 2016.

VIANA, O. H.; MERCANTE, E.; FELIPETTO, H.; KUSMINSKI, D.; BLEIL JR., H. G. Characterisation of the Spectral-Temporal Pattern of the Crambe Crop using Hyperspectral Sensors. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p. 220-233, 2017.

VIECELLI, C. A.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Indução de resistência em feijoeiro a mancha angular por extratos de micélio de *Pycnoporus sanguineus*. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 73-80, 2010.

YAO, H.; HUANG, Y.; HRUSKA, Z.; THOMSON, S. J.; REDDY, K. N. Using vegetation index and modified derivative for early detection of soybean plant injury from glyphosate. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 89, p. 145-157, 2012.

YODER, B. J.; PETTIGREW-CROSBY, R. E. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400–2500 nm) at leaf and canopy scales. **Remote sensing of environment**, v. 53, n. 3, p. 199-211, 1995.

ZARCO-TEJADA, P. J. **Hyperspectral remote sensing of closed forest canopies: Estimation of chlorophyll fluorescence and pigment content**. Thesis (PhD). Graduate Program in Earth and Space Science. York University, Toronto, 2000.

ZHAO, F.; HUANG, Y.; GUO, Y.; REDDY, K. N.; LEE, M. A.; FLETCHER, R. S.; THOMSON, S. J. Early detection of damage to glyphosate crop in soybean. **Remote Sensing**, v. 6, n. 2, p. 1538-1563, 2014.

ZIMDAHL, R. L. Chapter 16 - Properties and Uses of Herbicides. In: ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of Weed Science** (Fifth Edition), Academic Press, p. 463-499, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811143-7.00016-0>.

## ARTIGO 2- EFEITO DA APLICAÇÃO DE DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE DE GRÃOS RECÉM COLHIDOS E ARMAZENADOS

**RESUMO:** O feijão é uma leguminosa importante na produção e na alimentação humanas. A etapa mais importante da cultura é a colheita, que precisa ser realizada na maturação fisiológica. Para atingir este estágio de forma uniforme, há a necessidade de utilização de herbicidas dessecantes; porém, a utilização destes pode comprometer a qualidade tecnológica dos grãos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de dois diferentes herbicidas dessecantes (diquat e amônio glufosinato) e testemunha na qualidade tecnológica dos feijões recém colhidos e armazenados por oito meses. Foi realizada a caracterização dos grãos, sendo avaliadas as seguintes variáveis: produtividade, teor de água, tamanho do grão, parâmetros de cor, tempo de cozimento, textura e condutividade elétrica. As comparações das médias foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados de produtividade e teor de água não apresentaram diferenças estatísticas, sendo que a testemunha obteve maior produtividade. Foi possível observar que o tempo prolongado de armazenamento acarreta na diminuição do tamanho dos grãos. Quanto à cor, observou-se que o armazenamento causa o escurecimento dos grãos, e com a aplicação de dessecantes este efeito é mais acentuado. O tempo de cozimento e textura dos grãos dessecados é maior que o da testemunha, e o diquat apresentou o maior tempo de cozimento e resistência, sendo possível observar que com o armazenamento esses valores aumentam progressivamente. Conclui-se que a aplicação de dessecantes em pré-colheita influencia na qualidade tecnológica dos grãos, sendo este efeito mais acentuado com o armazenamento dos grãos.

**PALAVRA-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris*, cor, tempo de cozimento, textura.

### 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é o legume mais produzido e consumido no mundo e ocupa um lugar importante na produção e na alimentação humanas (NJOROGE et al., 2015; WANI et al., 2017). A produção mundial em 2016 foi de aproximadamente 26,8 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor mundial de feijão, com uma produção média anual de 2,6 milhões de toneladas de feijão no mesmo ano (FAOSTAT, 2018).

Os feijões comuns são fontes ricas de carboidratos complexos, proteínas, vitaminas, fibras e minerais (WANG et al., 2010; OOMAH et al., 2011a, TACER-CABA et al., 2015), além de ser uma leguminosa rica em lisina, complementando o aminoácido limitante dos grãos de cereais como milho e arroz, fornecendo uma relação de aminoácidos balanceados (NJOROGE et al., 2015). Também beneficia a saúde humana na redução da glicose e na resposta à insulina, prevenção da obesidade, redução do risco de doenças cardiovasculares e prevenção de câncer (HUTCHINS et al., 2012).

A colheita é uma etapa importante na cultura do feijão, devido aos custos e às dificuldades envolvidas (SOUZA et al., 2010). Devido às grandes extensões cultivadas, a colheita passou a ser mecanizada; com isso, a uniformidade da maturação dos grãos passou

a ser uma exigência no momento da colheita, fazendo com que a utilização de herbicidas dessecantes se tornasse comum (SILVA et al., 2009).

Segundo Gaultier e Gulden (2016), em um levantamento realizado no Canadá e nos EUA 60 e 85% das áreas de feijão cultivadas são dessecadas, respectivamente. No Brasil, especificamente no Paraná, a ADAPAR (2018) estabelece os herbicidas dessecantes liberados para uso na cultura do feijão aplicados em pré-colheita, sendo o diquat e o amônio-glufosinato. Estes apresentam diferentes modos de ação, sendo que o primeiro intercepta elétrons no fotossistema I, e o segundo inibe a atividade da glutamina sintase (ROMAN, 2007; ZIMDAHL, 2018).

A utilização de dessecantes é uma alternativa para promover a secagem e a queda das folhas, reduzindo rapidamente o teor de água dos grãos e possibilitando a realização da colheita no momento ideal, próximo à maturação fisiológica. Se por um lado os dessecantes possibilitam as condições de colheita, por outro, a prática pode comprometer a qualidade fisiológica das sementes, deixando resíduos acumulados na composição do produto, inviabilizando a sua utilização tanto para semente, quanto para grão (LACERDA et al., 2005; KAPPES et al., 2009).

Além da qualidade das sementes, por ser uma leguminosa de consumo humano (ABD EL-WAHED et al., 2017), há a preocupação em manter as características tecnológicas como tempo de cozimento e capacidade de hidratação dos grãos (PARREIRA et al., 2015), pois a aceitabilidade do feijão está diretamente relacionada à sua qualidade, principalmente pela cor, a qual está associada ao tempo de cozimento dos grãos (SHOENINGER et al., 2013; ALMEIDA et al., 2017), uma vez que grãos de cor escura geralmente são rejeitados pelos consumidores, que os associam ao maior tempo de cocção.

A perda de qualidade está associada à principal forma de deterioração dos grãos: o aumento da dureza dos grãos ou perda de cozedura, reconhecido como fenômeno difícil de cozinhar (HTC), deterioração da cor, textura e perda de valor nutritivo (BERRIOS; SWANSON; ADELINA CHEONG, 1999; NASAR-ABBAS et al., 2008; NJOROGE et al., 2014; YI et al., 2016).

Atualmente, há necessidade de preparar alimentos de alta qualidade de forma rápida, pois a preparação de comida demorada é o principal fator a ser eliminado, para diminuir o tempo de trabalho doméstico (SCHOENINGER et al., 2014). Devido à exigência por parte dos consumidores, a qualidade dos grãos é fundamental na aceitabilidade dos feijões, e características visuais como cor, forma e tamanho são determinantes no momento da compra.

Por esse motivo, o estudo do efeito do uso de dessecantes na qualidade tecnológica dos grãos deve ser investigado, para garantir ao consumidor e ao produtor que esta operação não comprometa o rendimento e a qualidade do produto. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da aplicação de dois diferentes herbicidas dessecantes (diquat e amônio

glufosinato) e testemunha na qualidade tecnológica dos feijões recém colhidos e armazenados por oito meses.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Unidade Experimental

O experimento foi realizado em uma propriedade rural situada nas coordenadas (25°04' 97" S, 53° 36' 20" O) no município de Santa Tereza do Oeste, PR (Figura 7). O solo da região é caracterizado como um latossolo vermelho distroférico (LVdf1) (BHERING et al., 2007) com clima subtropical (Cfa), segundo a classificação climática de Köppen (APARECIDO et al., 2016).

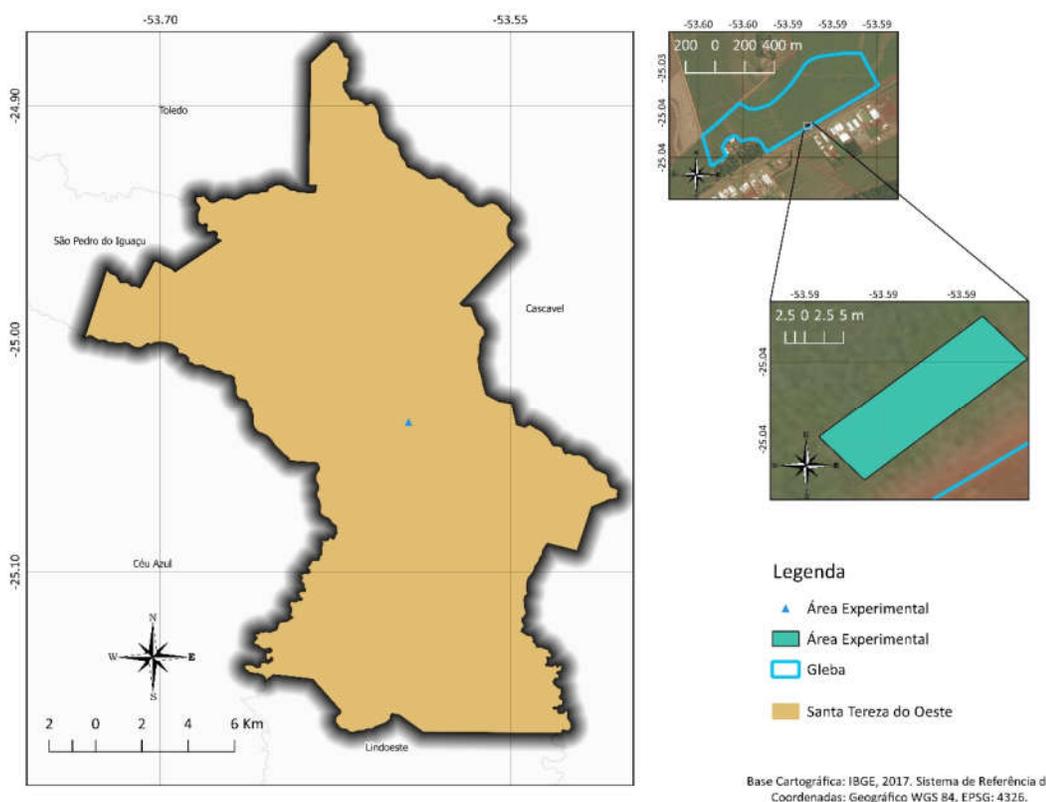


Figura 7 Localização da area experimental no município de Santa Tereza do Oeste.

A cultivar utilizada no experimento foi a IAC Imperador, a qual apresenta grãos classificados no grupo comercial carioca, com coloração bege-clara e listras marrom-claras, plantas com hábito de crescimento determinado (Tipo I), porte de planta semi-ereto e ciclo precoce (70 a 75 dias). Possui flores brancas, e na maturação fisiológica as vagens são amarelas e amarelo-areia na colheita (CHIORATO et al., 2012).

A preparação do solo foi na forma de plantio direto: a cultura foi semeada no dia 13 de março de 2017 por um conjunto de trator mais semeadoura com espaçamento entre linhas de 0,45 m e densidade de 12 plantas por metro. Os tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas (Apêndice 1).

A colheita e a debulha foram realizadas manualmente, a testemunha foi colhida aos 84 DAS (dias após semeadura) e a colheita das parcelas com aplicação dos dessecantes foi antecipada em 7 dias quando aplicado o diquat, e em um dia com amônio-glufosinato.

As condições meteorológicas ao longo do período de cultivo do feijão (temperaturas mínima, máxima e média, umidade relativa e precipitação) estão apresentadas na Figura 8.

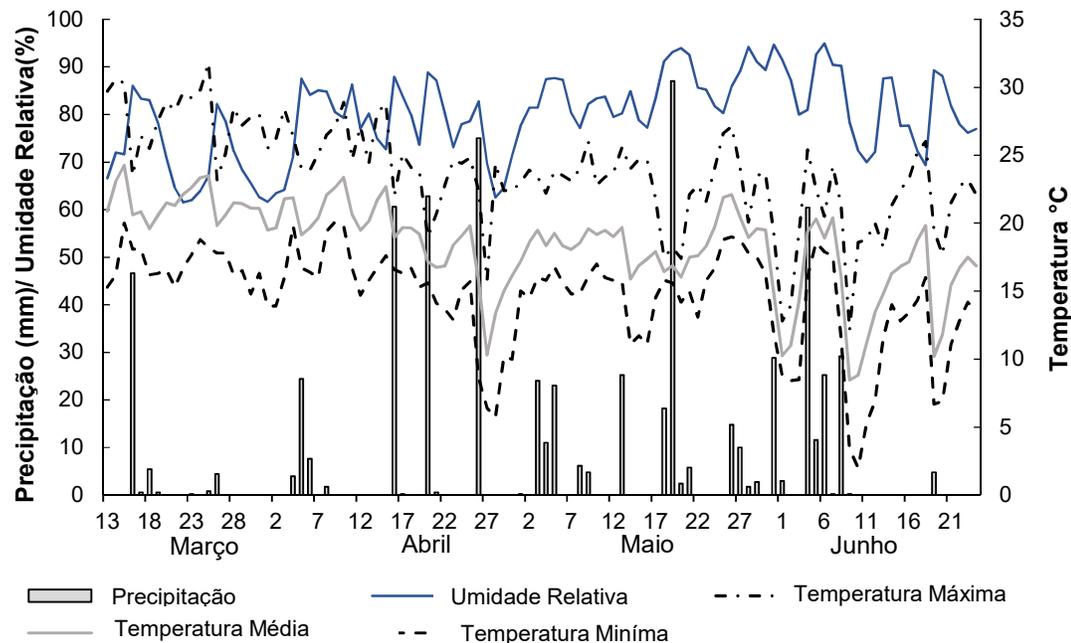


Figura 8 Condições meteorológicas no período de cultivo do feijão.  
Fonte: SIMEPAR (2017).

O armazenamento das amostras foi realizado em sacos de papel Kraft em temperatura ambiente, com as condições sendo anotadas. A cada tempo de armazenamento (recém colhidos, 2, 4, 6, 8 meses) foram retiradas amostras de aproximadamente 250 gramas de cada parcela, acondicionadas em sacos plásticos e refrigeradas em temperatura de  $5 \pm 1$  °C para posteriores análises.

As condições meteorológicas ao longo do período de armazenamento do feijão (temperaturas mínima, máxima e média, umidade relativa) estão apresentadas na Figura 9.

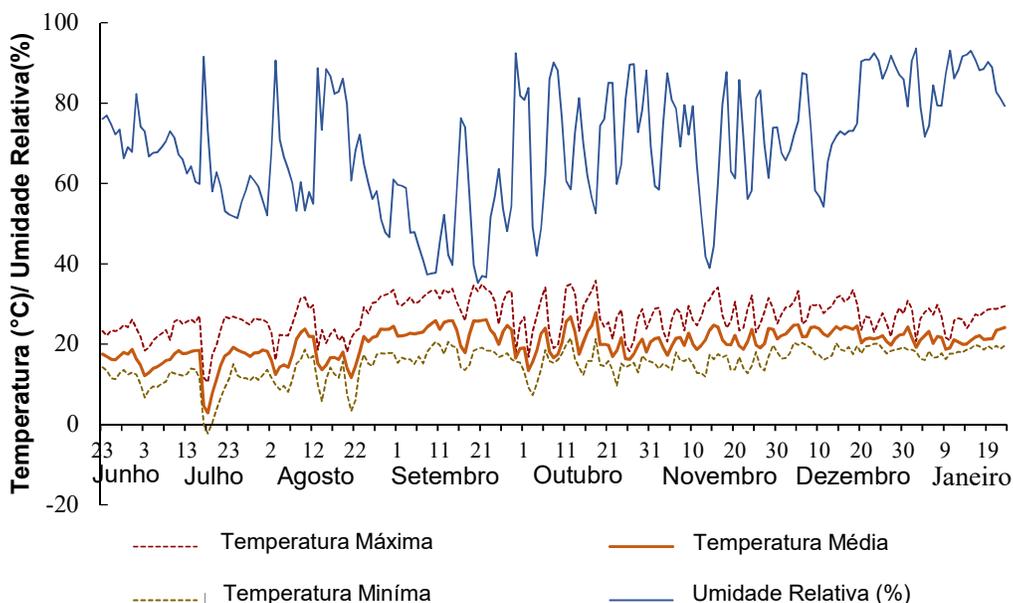


Figura 9 Condições meteorológicas no período de armazenamento do feijão.  
Fonte: SIMEPAR (2017).

## 2.2 Delineamento experimental

O experimento foi esquematizado em parcelas subdivididas, sendo o fator principal a aplicação dos dessecantes, e o fator secundário o tempo de armazenamento. Foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. Três tratamentos foram utilizados, sendo um tratamento sem aplicação de dessecante (Testemunha), e outros dois tratamentos contendo herbicidas dessecantes, Diquat ( $1,8 \text{ L ha}^{-1}$ ) e Amônio-Glufosinato ( $2 \text{ L ha}^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos à análise descritiva e análise de variância (ANOVA), e a comparação das médias foi feita com a aplicação do teste de Tukey, a 5% de significância, pelo pacote Expdes (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2011) no programa R, versão 2.15.1. Foi realizada a análise de correlação de Pearson nas variáveis de interesse ao nível de 5% de significância no software Action Stat.

## 2.3 Produtividade

Para a análise de produtividade, foi realizada a pesagem das sementes de  $5 \text{ m}^2$  de cada parcela em balança de precisão  $0,01 \text{ g}$ . Após, foi realizada a determinação do teor de água inicial, padronizando os valores para teor de água de 13% (SIMIDU et al., 2010).

## 2.4 Teor de água

O teor de água dos grãos foi determinado pelo método padrão da estufa. Foram medidas, em cápsula de alumínio, três repetições de 5 g de cada amostra, utilizando balança de precisão de 0,001 g. Em seguida foram colocadas em estufa a temperatura  $105 \pm 3$  °C até estabilização do peso. Depois disso, foram transferidas para um dessecador de vidro com tampa por 20 min. Realizou-se nova medição da massa dos feijões e por diferença foi calculado seu teor de água, expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

## 2.5 Tamanho do grão

Os feijões com o formato de esferoides oblatos tiveram suas dimensões de comprimento, largura e espessura aferidas e expressas em milímetros (mm), antes e depois de embebidos em água por 16 horas. Com aparelho de paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, foram medidos 25 grãos, selecionados aleatoriamente, de cada cultivar (JESUS et al., 2013). Diante das medidas citadas, foram calculadas a esfericidade (Equação 1), e a circularidade (Equação 2) dos feijões, assim como o volume do grão (Equação 3), conforme proposto por Mohsenin (1986):

$$\text{Esfericidade (\%)} = \left( \frac{bc}{a^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{Circularidade (\%)} = \frac{b}{a} \cdot 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{Volume do grão (mm}^3\text{)} = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot c}{6} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

a - comprimento ou maior eixo do grão, em mm;

b - largura ou eixo médio do grão, em mm;

c - espessura ou menor eixo do grão, em mm;

## 2.6 Parâmetros de cor dos grãos

A coloração dos grãos foi determinada pela leitura direta, em triplicata, de 5 gramas de feijão, em colorímetro Konica Minolta®, modelo CR410, com abertura de 50 mm. O sistema considera as coordenadas L\* responsável pela luminosidade, e a\* e b\* os parâmetros de cor; com teor de vermelho e teor de amarelo, respectivamente (GRANATO; MASSON, 2010). A calibração do aparelho foi em placa de cerâmica, conforme padrões pré-estabelecidos (Y =

85,8;  $x = 0,3195$ ;  $y = 0,3369$ ), com o iluminante D65 que representa a média da luz do dia (OOMAH et al., 2011b).

Foram determinados os parâmetros de cor: ângulo de coloração ( $H^*$ ) e cromaticidade ( $C^*$ ), pela relação entre as coordenadas de  $a^*$  e  $b^*$  (OOMAH et al., 2011b). A Equação 4 foi utilizada para o cálculo do valor do ângulo de coloração (Hue) e para a cromaticidade ( $C^*$ ) foi utilizada a Equação 5:

$$\text{Hue} = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

Hue - ângulo de coloração ou tonalidade cromática;

a - componente de cor vermelho-verde;

b - componente de cor amarelo-azul.

$$C = \sqrt{(a)^2 + (b)^2} \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

C - cromaticidade;

b - componente de cor vermelho-verde;

a - componente de cor amarelo-azul.

$$\Delta E^* = \frac{\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2}{2} \quad \text{Eq. (6)}$$

$$\Delta L^* = (\text{claro} - \text{escuro}) \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\Delta a^* = (\text{vermelho} - \text{verde}) \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\Delta b^* = (\text{amarelo} - \text{azul}) \quad \text{Eq. (9)}$$

## 2.7 Tempo de cozimento

Conforme metodologia proposta por Proctor e Watts (1987) adaptada, o tempo de cozimento foi determinado com o auxílio do Cozedor de Mattson. A realização da análise se iniciou com a embebição, por 16 horas, de 30 gramas de feijão em recipiente com capacidade para 250 mL, contendo 100 mL de água destilada. Na sequência, foram escolhidas vinte e cinco sementes inteiras, colocadas em cada uma das cavidades do aparelho cozedor; as hastas metálicas permaneceram suspensas em cima de cada uma das unidades experimentais. O cozedor permaneceu em banho-maria, contendo 1,5 L de água em ebulição, volume este que foi mantido com a reposição da água evaporada, também em ebulição. Com

a temperatura da água em  $95\pm 2$  °C, iniciou-se a contagem do tempo. O tempo de cozimento foi definido visualmente quando 13 dos 25 feijões foram perfurados pelas hastes metálicas.

## 2.8 Textura do grão

Para a determinação da dureza, foram cozidos 10 g de feijão em 250 mL de água destilada a 100 °C em recipiente coberto, e resfriados gradativamente até atingir temperatura ambiente. A textura dos grãos cozidos foi determinada em um aparelho texturômetro CT3 Brookfield Texture Analyzer, conforme metodologia de Coelho et al. (2009). Foram colocados feijões cozidos com tempos de cocção conforme mensurado para cada tratamento dos grãos recém colhidos; esse tempo foi utilizado como tempo padrão para a determinação de textura de todos os meses de armazenamento (0, 2, 4, 8 e 9 meses). Foram colocados grãos inteiros no aparelho e aplicada uma “trigger” de 10 g, deformação de 5 mm com velocidade constante de  $1,9 \text{ mm s}^{-1}$ , anotando-se a leitura.

## 2.9 Capacidade de absorção de água antes do cozimento (AA)

A análise da capacidade de absorção de água antes do cozimento foi realizada pela metodologia proposta por Carbonell, Carvalho e Pereira (2003). Foram pesadas cinco amostras de feijão, aproximadamente 30 gramas, e transferidas para béquers de 250 mL, foi adicionado 100 mL de água destilada e as amostras foram mantidas em condições de temperatura ambiente durante o período de 16 horas. Após o processo de embebição, retirou-se a água e as sementes permaneceram sobre papel toalha durante 15 minutos antes de nova pesagem. A capacidade de absorção de água foi calculada pela diferença de peso entre as amostras antes e após o processo, expressa em porcentagem pela seguinte Equação 10.

$$AA(\%) = \frac{MU-MS}{MS} * 100 \quad \text{Eq. (10)}$$

Em que:

AA - Porcentagem de Absorção de água;

MU - Massa úmida;

MS - Massa seca.

## 2.10 Porcentagem de grãos duros

Para a estimativa da porcentagem de casca, utilizou-se uma amostra com cerca de 50 grãos de cada parcela, embebidas em 75 mL de água destilada durante 24 horas em temperatura controlada de  $25\pm 1$  °C. Após a embebição, os grãos foram observados e os grãos com casca enrugada ou solta foram considerados duros, por não apresentarem absorção de água.

## 2.11 Compostos fenólicos

A determinação de compostos fenólicos nos grãos foi realizada pelo método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu (HORWITZ, 1995). Foram pesados 0,3 g de farinha (granulometria de 50 *mesh*) dos grãos de feijão, colocados em um tubo de ensaio e adicionado 3 mL de metanol:água (2:1). Posteriormente, foram agitados por 30 segundos em vórtex e 25 no ultrassom. Na sequência, foram centrifugados por 15 min a 3600 rpm e passado o sobrenadante de cada amostra para um balão de 10 mL. No precipitado (que sobrou no tubo), foi adicionada a mistura de metanol:água (3 mL/2:1) e repetido o procedimento, agitando no vórtex por 30 min: 15 min no ultrassom e 15 min na centrífuga. Foram transferidos 3 mL do sobrenadante para um balão volumétrico de 10 mL, que foi completado com a mistura metanol:água (2:1) e, posteriormente, a quantificação foi realizada com Folin-Ciocalteu (reagente de fenol) e utilizando ácido tânico como padrão. A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em g fenóis (ácido tânico) g<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> (PRINCE et al., 1978).

## 7.1 Condutividade Elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado conforme metodologia recomendada por Vieira e Krzyzanowski et al. (1999). As amostras, em 5 repetições de 50 sementes, foram pesadas com precisão de 0,001 g e colocadas em copos de plástico (200 mL). Depois disso, foram adicionados 75 mL de água deionizada; em seguida, levados para um germinador, com temperatura de 25 °C, onde permaneceram durante 24 horas. Decorrido esse período, os recipientes contendo as amostras foram retirados do germinador, suavemente agitados e, imediatamente, procedeu-se às medições. A condutividade elétrica da solução contendo as sementes foi obtida dividindo-se, para cada repetição dos testes, o valor da condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ).

## 3 RESULTADO E DISCUSSÕES

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de produtividade e teor de água dos grãos para as diferentes cultivares. Para ambas variáveis não houve diferença significativa entre os tratamentos. Igualmente, Zagonel et al. (2002); Daltro et al. (2010) e Pinto et al. (2014), ao estudarem a qualidade de grãos (feijão/ soja) com aplicação de dessecantes, também não observaram efeito dos tratamentos na produtividade.

Tabela 7 Comparações das médias de produtividade e teor de água dos grãos com os diferentes tratamentos

Variáveis	Tratamentos		
	A-G	D	T
Produtividade(kg.ha <sup>-1</sup> )	1827,31 a	1745,39 a	1892,91 a
Teor de água (%)	20,9 a	24,0 a	25,42 a

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A-G: Amônio glufosinato; D: Diquat e T: testemunha.

O teor de umidade é um parâmetro importante na qualidade dos grãos armazenados, pois grãos armazenados com umidade elevada estão mais propícios a deterioração e infestação de insetos e predadores; logo, o valor adequado para armazenamento a longo prazo é inferior a 15% (RANI et al., 2013).

Os maiores valores de produtividade obtidos variaram de 1745,3 a 1892,9 kg ha<sup>-1</sup>, correspondentes ao diquat e à testemunha, respectivamente. Estes valores mostram que a testemunha obteve maior rendimento que os demais tratamentos. Apesar de não se observar diferenças estatísticas, maiores valores de teor de água foram encontrados nos grãos obtidos sem aplicação de dessecantes (testemunha), indicando que os dessecantes cumprem com o objetivo de diminuir a umidade dos grãos. Zagonel et al. (2002) também observaram a diminuição da umidade com a utilização de dessecantes, e verificaram que o diquat apresentou menor umidade em relação à testemunha.

Portanto, a dessecação química modifica o dossel da cultura no campo, principalmente pela redução da umidade relativa da planta para facilitar no momento da colheita e dos grãos, melhorando as condições para o armazenamento; conseqüentemente, contribui na diminuição da infestação das sementes por patógenos e insetos. Porém, a utilização dos dessecantes afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes (soja/feijão) (INOUE et al., 2003; LACERDA et al., 2003; TAVARES et al., 2016).

### 3.1 Tamanho do grão

O conhecimento das propriedades físicas constitui importantes e essenciais dados de engenharia no projeto de máquinas, estruturas de armazenamento e processos. A forma do material é importante para uma previsão analítica do seu comportamento de secagem (IŞIK; ÜNAL, 2007; CETIN, 2007).

As comparações das médias dos tamanhos dos grãos dos respectivos tratamentos estão apresentadas na Tabela 8 antes, e após a imersão em água na Tabela 9.

Tabela 8 Comparações das médias dos tamanhos dos grãos de feijão com os diferentes dessecante antes da embebição

Parâmetros	Tratamento				
	A-G	D		T	
Comprimento (a) mm	9,40 a	9,42 a		9,67 a	
Largura (b) mm	6,13 a	6,15 a		6,13 a	
Espessura (c) mm	3,72 b	3,72 b		4,22 a	
Esfericidade (%)	63,68 b	63,60 b		65,53 a	
Circularidade (%)	65,26 a	65,35 a		64,07 a	
Volume do grão (mm <sup>3</sup> )	112,65 b	113,42 b		132,96 a	
	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
Comprimento (a) mm	9,71 a	9,48 a	9,31 a	9,58 a	9,42 a
Largura (b) mm	6,22 a	6,16 ab	6,07 b	6,13 ab	6,10 b
Espessura (c) mm	3,99 a	3,90 ab	3,81 b	3,85 b	3,88 ab

	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
Esfericidade (%)	64,07 a	64,42 a	64,68 a	63,77 a	64,4 a
Circularidade (%)	64,10 a	65,02 a	66,30 a	64,46 a	64,86 a
Volume do grão (mm <sup>3</sup> )	126,53 a	119,66 a	116,58 a	118,72 a	116,92 a

Nos grãos antes da embebição observou-se diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) para esfericidade, sendo que a Testemunha apresentou maior porcentagem em relação aos tratamentos: os valores variaram de 63,6 para 65,53%. Segundo Wani et al. (2017), a esfericidade é uma expressão de forma de sólido em relação ao de uma esfera do mesmo volume; portanto, quanto mais próximo de 100% mais semelhante a uma esfera. Ao verificar a esfericidade de feijões, foram obtidos valores que variaram de 52,13 para 63,08%.

Tabela 9 Comparações das médias dos tamanhos dos grãos de feijão com os diferentes desseccante após a embebição

Parâmetros	Tratamento			
	A-G	D	T	
Comprimento (a) mm	12,09 a	11,98 a	12,31 a	
Largura (b) mm	7,51a	7,28 a	7,51 a	
Espessura (c) mm	5,69 a	6,63 a	5,84 a	
Esfericidade (%)	66,34 a	65,82 a	66,35 a	
Circularidade (%)	62,91 a	60,76 a	61,46 a	
Volume do grão (mm <sup>3</sup> )	270,82 a	257,82 a	283,34 a	

	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
Comprimento (a) mm	12,11 a	12,05 a	12,24 a	12,07 a	12,16 a
Largura (b) mm	7,60 ab	7,26 ab	7,75 a	7,35 ab	7,22 b
Espessura (c) mm	5,98 a	5,68 b	5,67 b	5,64 b	5,61 b
Esfericidade (%)	67,67 a	65,74 a	66,36 a	65,77 a	65,21 a
Circularidade (%)	62,96 a	60,27 a	63,84 a	60,89 a	59,38 a
Volume do grão (mm <sup>3</sup> )	288,51 a	280,02 a	262,79 b	261,37 b	260,59 b

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A-G: Amônio glufosinato; D: Diquat e T: testemunha.

O conhecimento das propriedades físicas constitui importantes e essenciais dados de engenharia no projeto de máquinas, estruturas de armazenamento e processos. A forma do material é importante para uma previsão analítica do seu comportamento de secagem (IŞIK; ÜNAL, 2007; CETIN, 2007).

O tamanho é um atributo físico importante das sementes utilizada para separação de materiais estranhos e cálculos de transferência de calor e massa. Comprimento, largura, espessura e diâmetro equivalente são medidas comumente usadas de tamanho (WANI et al., 2017). De maneira geral, é possível observar que o tempo de armazenamento prolongado faz com que algumas dimensões diminuam, principalmente o volume dos grãos.

O comprimento dos grãos, circularidade antes e após embebição não apresentaram diferenças estatísticas quanto ao tratamento e ao tempo de armazenamento. Espessura,

esfericidade e volume do grão foram os parâmetros a apresentarem diferença estatística quanto aos tratamentos, tanto em grãos embebidos como nos não embebidos.

A testemunha apresentou os maiores valores dos parâmetros de dimensões dos grãos, mostrando que grãos sem aplicação de dessecantes são maiores. Segundo Wang et al. (2010), as sementes com tamanhos pequenos possuem revestimento mais espesso e maior teor de fibras do que as de tamanho grande, podendo assim ser os grãos com maior tempo de cocção e defeito na textura, apresentando efeito HTC (Hard-to-cook).

Para os parâmetros comprimento, largura, espessura dos grãos não embebidos, as medidas variaram de 9,40 - 9,67, 6,13 - 6, e 3,22 - 4,22 mm. Para os grãos embebidos em água, os valores variaram de 11,98 - 12, , 7,28 - 7,51 e 5,84 - 6,63 mm em relação aos tratamentos.

De maneira semelhante, Oomah et al. (2011a) relataram comprimento, largura e espessura na faixa de 9,11 - 13,07, 6,29 - 8,44 e 4,20 - 5,56 mm, respectivamente, para diferentes cultivares de feijão. Berrios et al. (1999) obtiveram para o comprimento, largura e espessura médios dos grãos  $9,1 \pm 0,9$ ,  $6,0 \pm 0,5$  e  $4,5 \pm 0,6$  mm, respectivamente. Wani et al. (2017) verificaram que as dimensões dos grãos de feijão comprimento, largura e espessura foram afetadas significativamente ( $p \leq 0,05$ ) na faixa de 11,45 - 16,45, 6,65 - 7,80 e 4,70 - 6,13 mm.

### 3.2 Parâmetros de coloração

A cor dos alimentos é um parâmetro muito importante para a aceitação dos produtos pelos consumidores, pois juntamente com o sabor e a textura, é frequentemente percebido como um valioso fator de qualidade. As comparações das médias referentes à cor do tegumento dos grãos em relação aos tratamentos e ao tempo de armazenamento estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 Comparação de médias dos parâmetros de coloração dos tegumentos dos grãos

Parâmetros	Tratamentos				
	Amonio- Gluf	Diquat	Testemunha		
L*	37,57 b	37,02 b	42,02 a		
Hue	65,64 b	66,38 b	67,65 a		
$\Delta E$	9,34 a	9,86 a	7,10 a		
	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
a*	6,13 c	8,01 b	9,55 a	10,07 a	10,53 a
b*	17,74 c	19,23 bc	20,8 ab	21,21 ab	21,91 a
L*	40,96 a	40,668 a	40,35 a	36,61 b	35,74 b
Cromaticidade	18,78 b	20,84 b	23,14 a	23,27 a	24,31 a
Hue	71 a	67,53 b	65,81 bc	64,28 c	64,15 c
$\Delta E$	4,04 c	9,16 b	7,82 b	10,52 ab	12,30 a

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A-G: Amônio glufosinato; D: Diquat e T: testemunha.

Verifica-se que  $L^*$  e Hue apresentam diferença significativa em relação aos dessecantes quando comparados à testemunha. A testemunha se sobressai sob os demais tratamentos devido aos valores de luminosidade e ângulo de tonalidade, pois apresentou valores maiores que os demais tratamentos; portanto, com a aplicação de dessecantes, os grãos perdem qualidade tecnológica quanto à cor, causando o efeito de escurecimento dos grãos.

Além disso, esse efeito se torna ainda mais acentuado com o armazenamento. Os parâmetros luminosidade e ângulo hue apresentam diminuições nos valores, mostrando que conforme o tempo de estocagem aumenta, a cor dos grãos tende a escurecer, limitando a aceitação por parte do mercado e dos consumidores.

O feijão carioca é caracterizado por possuir tegumento claro com listras marrons, sendo amplamente consumido no Brasil; porém, com o armazenamento ocorre um problema significativo, devido à susceptibilidade ao escurecimento pós-colheita (SIQUEIRA et al., 2016a). O efeito de escurecimento dos grãos pode ser observado na Figura 10, que apresenta a imagem dos grãos com a aplicação dos diferentes tratamentos nos oito meses de armazenamento.

Observando os parâmetros  $a^*$ ,  $b^*$  e cromaticidade (Tabela 10) pode-se verificar que conforme o tempo de armazenamento aumenta, os parâmetros vão se acentuando para tonalidades avermelhadas. Essas mudanças na coloração são mais perceptíveis principalmente até o quarto mês de armazenamento, principalmente, nos grãos com aplicação de dessecante. Para Rios, Abreu e Corrêa (2002), o escurecimento dos grãos se tornou mais acentuado a partir do sexto mês. Na Figura 10 estão apresentadas a imagem da coloração dos grãos dos diferentes tratamentos.

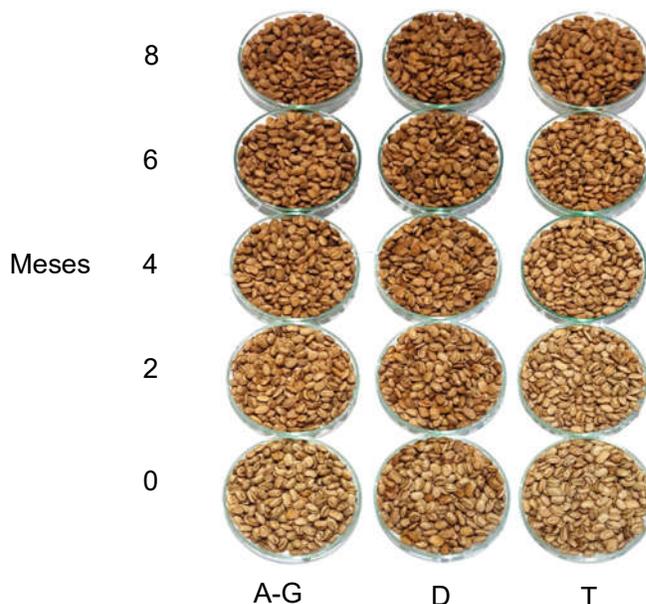


Figura 10 Coloração dos grãos armazenados submetidos aos tratamentos (Amonio-Glufosinato: A-G; Diquat: D; Testemunha: T nos tempos de armazenamento (meses).

A coloração escura do feijão é considerada uma indicação de grãos antigos, tendo menor valor comercial e maior tempo de cocção (JACINTO-HERNÁNDEZ et al., 2011; ARAÚJO; RAMALHO; ABREU, 2012). O escurecimento durante o armazenamento pode estar relacionado com a oxidação dos compostos fenólicos pela enzima peroxidase (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2002).

O parâmetro diferença de cor ( $\Delta E$ ) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos; porém, em relação ao tempo é possível observar que os valores apresentaram diferenças entre si (Tabela 10), mostrando aumento na diferença de cor no decorrer do armazenamento (Figura 10).

Assim, é possível observar que ao longo do armazenamento os grãos diminuem sua luminosidade e aumentam sua tonalidade para tons escuros e avermelhados, o que ocasiona a não aceitação visual do produto devido à preocupação dos consumidores em adquirir grãos de cor clara, sugerindo-se uma associação do aumento do cozimento com a mudança da coloração do grão.

### 3.3 Tempo de cozimento

O feijão deve passar pelo processo de cocção antes do consumo, com o objetivo de torná-lo palatável, digerível e inativar fatores antinutricionais, pois trata-se de um tratamento hidrotérmico que envolve gelatinização do amido, desnaturação da proteína e alteração de textura que resulta no amolecimento dos grãos (VIJAYAKUMARI et al., 1998; KINYANJUI et al., 2015). No entanto, se o produto tem baixa qualidade, o tempo de cozimento é prolongado, limitando, assim, o consumo de grãos (SCHOENINGER et al., 2014).

O tempo de cozimento é uma variável de suma importância na determinação da qualidade do produto, pois tempos mais longos tornam o processo oneroso, antieconômico e inaceitável para os consumidores (HAMID et al., 2016). Ganascini et al. (2014) mostram que quanto menor o tempo de cozimento, menor o custo do preparo, pela redução do consumo de gás GLP.

Na Tabela 11 estão apresentadas as comparações das médias de tempo de cozimento para interação dos dois fatores em estudo (dessecantes e tempo de armazenamento).

Tabela 11 Comparação de médias de tempo de cozimento (min) correspondente a interação dos dados tratamento versus tempo de armazenamento

Tratamentos	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
Amônio-glufozinato	12,77 c A	16,78 bc A	20,59 b AB	29,83 a A	31,59 a B
Diquat	13,94 d A	18,99 c A	22,73 c A	29,05 b A	35,78 a A
Testemunha	14,29 c A	17,47 c A	17,81 c B	22,76 b B	28,91 a B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha (tempo de armazenamento) e maiúscula na coluna (Tratamento) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para a variável tempo de cozimento, foi possível observar, em função dos tratamentos, que não ocorreram mudanças significativas para o diquat e o amônio-glufosinato até o quarto mês de armazenamento, sendo que no quarto e no oitavo mês a testemunha apresentou valores significativamente iguais ao amônio-glufosinato.

Os grãos da testemunha apresentam os menores valores de tempo de cozimento, variando de 14,3 a 28,9 min ao longo do armazenamento. Assim, segundo a escala de Proctor e Watts (1987), que classifica os grãos de acordo com a resistência ao cozimento, é possível afirmar que os grãos provenientes da testemunha são classificados como de resistência normal somente no oitavo mês. Além disso, a testemunha apresentou diferenças significativas no tempo de cozimento somente a partir do sexto mês de armazenamento, evidenciando a preservação da qualidade dos grãos por mais tempo em comparação aos demais tratamentos.

Para os grãos com aplicação de diquat, a partir do quarto mês os grãos vão de resistência média a resistentes no oitavo mês, e para os grãos com aplicação de amônio-glufosinato os grãos possuem resistência normal a partir do sexto mês (PROCTOR; WATTS, 1987).

De modo análogo, Siqueira et al. (2016), ao estudarem tempo de cocção de diferentes cultivares, obtiveram grãos com suscetibilidade média ao cozimento (20,1min); Madrepérola e Pérola mostraram resistência normal ao cozimento (27,4 e 27,9 min, respectivamente); e Pontal apresentou resistência média ao cozimento (33,9 min). Além disso, observaram que o armazenamento sob alta temperatura e umidade relativa do ar prolonga o tempo de cozimento.

Parreira et al. (2015), ao avaliarem o tempo de cozimento e a capacidade de absorção dos feijões dessecados com glifosato e amônio-glufosinato, observaram que os grãos não foram afetados pelos dessecantes. Ao contrário, na Tabela 11 é possível observar que inicialmente os tratamentos não apresentam diferenças estatísticas; porém, há um aumento significativo do tempo de cozimento durante o armazenamento, o que ocorre de maneira mais acentuada nos tratamentos com aplicação de dessecantes, mostrando que as técnicas agrônômicas utilizadas interferiram no tempo de cocção.

Os grãos foram armazenados em condições ambiente e evidenciou-se a deterioração da qualidade, assim como aponta a literatura, que a qualidade de cozimento diminui progressivamente com o tempo de armazenamento (condições ambientais: 23-25 °C e 30-50% de umidade relativa) (BERRIOS; SWANSON; CHEONG, 1999 ). De maneira semelhante isso ocorreu independente do herbicida dessecante utilizado.

Siqueira et al. (2014 e 2016) observaram que o armazenamento em altas temperaturas e alta umidade relativa também prolonga o tempo de armazenamento, e que os tempo de cozimento variam conforme o genótipo estudado.

Variações nos valores de texturas associadas aos fenômenos difíceis de cozinhar (efeito HTC) são aceleradas pelo armazenamento inadequado (alta temperatura e umidade),

levando principalmente a redução da hidratação dos grãos, que por sua vez reduzem a capacidade de cozimento após armazenamento de longo prazo (NASAR-ABBAS et al., 2008).

O aumento no tempo de cocção causado pelas condições de armazenamento, reduzem os níveis de alguns aminoácidos (YOUSSEF et al., 1986), afetando a composição química do feijão (WANG et al., 2009). Conseqüentemente, os custos de processamento e de cozimento aumentam devido ao elevado consumo de energia associado a tempos de cocção mais longos (NJOROGÉ et al., 2016).

### 3.4 Textura do grão

Além do tempo de cozimento, a avaliação da textura também é fundamental para a determinação da qualidade do cozimento e desempenha um papel importante na determinação da aceitação pelos consumidores de legumes cozidos (HAMID et al., 2016). Na Tabela 12 estão apresentadas as comparações das médias de textura dos grãos referente a interação.

Tabela 12 Comparação de médias de textura (N) correspondente a interação dos dados tratamento versus tempo de armazenamento

Tratamentos	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
Amônio-glufosinato	1,68 b B	2,02 a A	2,13 a A	2,05 b A	2,06 a A
Diquat	1,91 b A	1,83 b B	2,02 a AB	1,9 b B	2,18 a A
Testemunha	1,82 c AB	1,81 b C	2,08 a B	2,35 a A	2,19 a AB

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha (tempo de armazenamento) e maiúscula na coluna (Tratamento) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A resistência ao cozimento obtida nos grãos recém colhidos variou de 1,68 a 1,91 N do tratamento com amônio-glufosinato para o Diquat, respectivamente. No tempo de armazenamento de 0 meses foi possível observar que somente os grãos com aplicação de diquat diferiram dos demais, apresentando o maior valor de textura.

Após 8 meses de armazenamento em condições ambientes, os valores de textura dos grãos aumentaram drasticamente, ficando cerca de 120% maiores no final do período. Siqueira et al. (2016), ao estudarem a dureza de cultivares de feijão armazenadas por 4 meses (40±5 °C e 75% de umidade relativa), obtiveram um aumento de 157 e 251% no final do armazenamento nos feijões Párola e Pontal, respectivamente.

Grãos com alto teor de compostos fenólicos estão relacionados ao aumento da dureza do tegumento, à determinação da cor do grão e principalmente à proteção contra predadores e microrganismos (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012). Devido a isso, o armazenamento a longo prazo em condições de alta temperatura e umidade ocasiona o desenvolvimento de taninos e, conseqüentemente, o desenvolvimento gradual do defeito de textura conhecido como HTC (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993; SHIGA; LIU; BOURNE, 1995; CORDENUNSI; LAJOLO, 2011).

### 3.5 Capacidade de absorção dos grãos e Porcentagem de grãos duros

O processo de embebição dos grãos em água antes do cozimento devolve a umidade aos grãos secos, reduz o tempo de cozimento e torna os grãos mais fáceis de digerir (LUTHRIA; PASTOR-CORRALES, 2006). Na Tabela 13 estão apresentadas as comparações dos valores de capacidade de absorção de água.

Tabela 13 Comparação das médias de teor de absorção de água dos grãos nos diferentes tratamentos

Parâmetros	Tratamentos		
	A- G	D	T
Absorção de água (%)	114,54 a	114,01 a	96,11 b
Grãos duros (%)	2,00 a	1,60 a	1,36 a

Parâmetros	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
Absorção de água (%)	100,56a	105,16 a	111,28 a	115,39 a	108,7 a
Grãos duros (%)	2,13 a	2,80 a	0,80 a	0,93 a	1,60 a

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A-G: Amônio glufosinato; D: Diquat e T: testemunha.

O valor de capacidade de absorção de água dos grãos apresentou diferenças estatísticas somente para a testemunha, mostrando que os grãos com aplicação de dessecante obtiveram maior absorção de água.

Ganascini et al. (2014), ao avaliarem o tempo de cozimento de variedades de feijão, observaram que quanto maior a porcentagem de absorção de água dos grãos, menor é o tempo de cozimento, diminuindo, assim, custos com gasto energético para o preparo da leguminosa.

### 3.6 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos (taninos) estão presentes principalmente na casca dos grãos de feijão, sendo susceptíveis à polimerização e contribuindo para a impermeabilização do grão (LIU; BOURNE, 1995). Essa quantidade de compostos fenólicos nos alimentos geralmente é influenciada pelo genótipo, práticas agronômicas (irrigação, adubação, manejo de pragas), maturação na colheita, armazenamento pós-colheita e condições climáticas; (HÄKKINEN; TÖRRÖNEN, 2000; NINFALI; BACCHIOCCA, 2003; ). Verificou-se a quantidade de compostos fenólicos presentes nas amostras de grãos dessecados com os diferentes dessecantes, logo os grãos com aplicação de amônio-glufosinato, diquat e Testemunha obtiveram valores de 235,06, 238,43 e 239,59 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Singh et al. (2017), ao estudarem 15 amostras de grãos de diferentes variedades de feijão, verificaram uma variação de 191 a 483 mg kg<sup>-1</sup> de compostos fenólicos. Também Wang

et al. (2010), ao verificarem os teores de compostos fenólicos em feijões coloridos (preto, oxicoco, rim vermelho escuro, pinto e feijão vermelho) obtiveram 130 a 199 mg/kg<sup>-1</sup>.

Na Figura 11 estão apresentados os valores de compostos fenólicos ao longo do tempo de armazenamento.

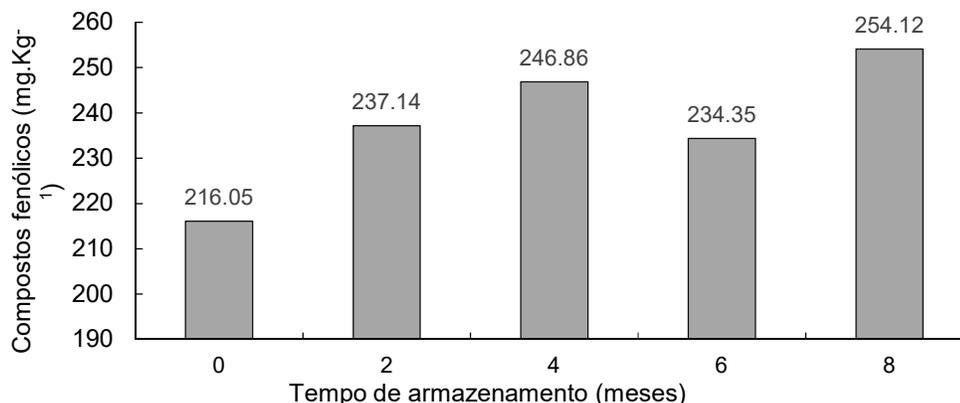


Figura 11 Compostos fenólicos ao longo do tempo de armazenamento.

Verifica-se que não houve diferença estatística para os diferentes tempos de armazenamento. Ocorreu a elevação dos compostos fenólicos para cada tempo de armazenamento, havendo uma variação de 216,05 mg.kg<sup>-1</sup> nos grãos recém-colhidos para 254 g. kg<sup>-1</sup> em comparação aos armazenados por 8 meses – sendo este comportamento já esperado devido ao escurecimento do tegumento dos grãos durante o armazenamento, relacionado ao teor de compostos fenólicos presente na casca (STANLEY, 1992).

Rios, Abreu e Corrêa (2002) também observaram o aumento dos compostos fenólicos durante o período de armazenamento, em duas épocas de colheita, sendo que o aumento foi mais acentuado nas amostras colhidas anteriormente.

O aumento dos compostos fenólicos se dá devido às suas funções biológicas, tais como proteção contra estresse oxidativo e doenças degenerativas (SINGH et al., 2017). Além disso, os compostos fenólicos constituem-se como mecanismos de defesa contra o ataque fúngico e a produção de aflatoxina em grãos (TELLES; KUPSKI; FURLONG, 2017)

A medida com que o tempo de armazenamento passa, aumenta a susceptibilidade ao estresse e à deterioração dos grãos, fazendo com que as funções biológicas sejam ativadas, potencializando a produção dos compostos.

Segundo Xu, Yuan e Chang (2007), os compostos fenólicos atuam como antioxidante nas leguminosas, estando diretamente relacionados ao tempo de cozimento; portanto, quanto maiores os teores destes elementos no grão, menor a sua qualidade.

Além disso as altas temperaturas e umidades relativas encontradas durante o armazenamento em condições ambiente levam à migração dos taninos do tegumento para os cotilédones, onde se condensam e se ligam aos componentes da parede celular e a lamela média, levando ao HTC (STANLEY, 1992).

### 3.7 Condutividade elétrica

Os valores de condutividade para os tratamentos amônio-glufosinato, diquat e testemunha foram de 647,40, 670,68 e 666,08  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , respectivamente, e não apresentaram diferença estatística quanto aos tratamentos. Na Figura 12 estão apresentados os valores e as comparações referentes as médias de condutividade elétrica dos grãos armazenados.

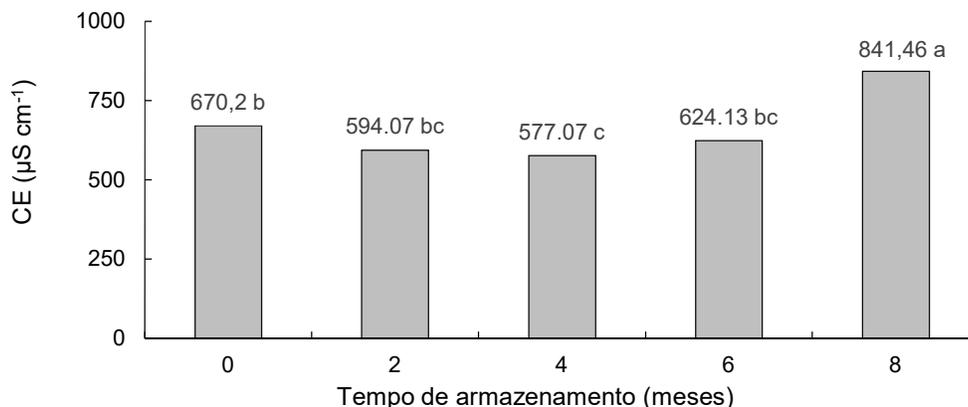


Figura 12 Valores de condutividade elétrica (CE) relativas ao tempo de armazenamento.

Para o fator condutividade elétrica (CE) com os meses de armazenamento houve diferença estatística ( $p$ -valor  $<0,05$ ). Além disso, apresentou que a CE aumenta conforme aumenta o tempo de armazenagem.

Observou-se que ao longo do tempo de armazenamento a CE aumenta. Também Faroni et al. (2006) obtiveram resultados semelhantes, verificando que a CE aumenta com a armazenagem dos grãos e, além disso, observaram que quanto maior o teor de água, maior a CE.

O aumento da CE ocorre devido a alterações na integridade da membrana celular, em função da quantidade de água e do nível de deterioração da semente, sendo que em sementes deterioradas o mecanismo de reparo é ausente; portanto, os danos presentes nas membranas permitem a maior lixiviação de eletrólitos (BEWLEY; BLACK, 1985; FESSEL et al., 2006).

## 4 CONCLUSÃO

A aplicação de dessecantes em pré-colheita influencia na qualidade tecnológica dos grãos, sendo este efeito acentuado com o armazenamento dos grãos. O amônio glufosinato foi o dessecante que menos influenciou na qualidade dos grãos.

Os parâmetros mais influenciados pela aplicação dos dessecantes foram tempo de cozimento, textura e coloração.

## 8 REFERÊNCIAS

ABD EL-WAHED, M. H.; BAKER, G. A.; ALI, M. M.; ABD EL-FATTAH, F. A. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 235-242, 2017.

ADAPAR. Agência de defesa agropecuária do Paraná. **Agrotóxicos – herbicidas**. Curitiba, 2018. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=336>. Acesso em 14 fev. 2018.

ALMEIDA, A. J. B.; COELHO, S. R. M.; SCHOENINGER, V.; CHRIST, D. Chemical changes in bean grains during storage in controlled conditions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 529-540, 2017.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

ARAÚJO, L. C. A. de; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 156-162, 2012.

BERRIOS, J. D. J.; SWANSON, B. G.; ADELIN CHEONG, W. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v. 32, n. 10, p. 66-76, 1999.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367p.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/339505/mapa-de-solos-do-estado-do-parana>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CARBONELL, S. A.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CETIN, M. Physical properties of barbunia bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Barbunia') seed. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 1, p. 353-358, 2007.

CHIORATO, A. F.; CARBONEL, S. A. M.; VENCOVSKY, R.; FONSECA JÚNIOR, N. da S.; PINHEIRO, J. B. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 329-336, 2010.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. de F.; FRANÇA NETO, J. de B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, A. A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito

na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista brasileira de sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 111-122, 2010.

FAOSTAT - Organização para a Alimentação e Agricultura dos Estados Unidos. Disponível em: <http://www.fao.org/home/en>. Acesso em: 05 fev. 2018.

FARONI, L. R. A.; CORDEIRO, I. C.; ALENCAR, E. R. de; ROZADO, A. F.; ALVES, W. M. Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 148-154, 2006.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística da UFOP**, v. 1, n. 1, p. 1-9. 2011.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P. D.; PAULA, R. C. D.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

GANASCINI, D.; WUNSCH, C. A.; SCHOENINGER, V.; SONCELA, R. F.; BISCHOFF, T. Z.; COELHO, S. R. M.; GURGACZ, F. Tempo de cozimento em três diferentes variedades de feijão carioca. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2014.

GAULTIER, J.; GULDEN, R. The science and art of dry bean desiccation. **Crops Soils**, local, v. 44, n. 4 2016. DOI:10.2134/cs2016.49.0403.

GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.

HÄKKINEN, S. H.; TÖRRÖNEN, A. R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, n. 6, p. 517-524, 2000.

HAMID, S.; MUZAFFAR, S.; WANI, I. A.; MASOODI, F. A.; BHAT, M. M. Physical and cooking characteristics of two cowpea cultivars grown in temperate Indian climate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 2, p. 127-134, 2016.

HUTCHINS, A. M.; WINHAM, D. M.; THOMPSON, S. V. Phaseolus beans: impact on glycaemic response and chronic disease risk in human subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. S1, p. S52-S65, 2012.

IŞIK, E.; ÜNAL, H. Moisture-dependent physical properties of white speckled red kidney bean grains. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 2, p. 209-216, 2007.

Jacinto-Hernández, C.; Garza-García, R.; Garza-García, D.; Bernal-Lugo, I. Grain quality of Mexican bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces with different response to diseases. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, v. 54, p. 36-37, 2011.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 9-18. 2013.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2009.

KINYANJUI, P. K.; NJOROGE, D. M.; MAKOKHA, A. O.; CHRISTIAENS, S.; NDAKA, D. S.; HENDRICKX, M. Hydration properties and texture fingerprints of easy- and hard-to-cook bean varieties. **Food science & nutrition**, v. 3, n. 1, p. 39-47, 2015.

INOUE, M. H.; MARCHIORI JÚNIOR, O.; BRACCINI, A. L. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; ÁVILA, M. R.; CONSTANTIN, J. Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 769-770, 2003.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Aplicação de dessecantes na cultura da soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 427-434, 2003.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 447-457, 2005.

LIU, K.; BOURNE, M. C. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legume seeds. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 35, n. 4, p. 263-298, 1995.

LUTHRIA, D. L.; PASTOR-CORRALES, M. A. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 2-3, p. 205-211, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157505000992>. Acesso em: 22 nov. 2018.

NASAR-ABBAS, S. M.; PLUMMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 7, p. 1260-1267, 2008.

NJOROGE, D. M.; KINYANJUI, P. K.; CHIGWEDERE, C. M.; CHRISTIAENS, S.; MAKOKHA, A. O.; SILA, D. N.; HENDRICKX, M. E. Mechanistic insight into common bean pectic polysaccharide changes during storage, soaking and thermal treatment in relation to the hard-to-cook defect. **Food Research International**, v. 81, p. 39-49, 2016.

NJOROGE, D. M.; KINYANJUI, P. K.; CHRISTIAENS, S.; SHPIGELMAN, A.; MAKOKHA, A. O.; SILA, D. N.; HENDRICKX, M. E. Effect of storage conditions on pectic polysaccharides in common beans (*Phaseolus vulgaris*) in relation to the hard-to-cook defect. **Food Research International**, v. 76, p. 105-113, 2015.

NINFALI, P.; BACCHIOCCA, M. Polyphenols and antioxidant capacity of vegetables under fresh and frozen conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 8, p. 2222-2226, 2003.

OOMAH, A. B.; PATRAS, D.; RAWSON, A.; SINGH, N.; COMPOS-VEJA, R. Chemistry of pulses. In: TIWARI, B. K.; GOWEN, A.; MCKENNA, B. (Eds.). **Pulse foods: processing, quality and nutraceutical applications**. Academic Press, 2011a, p. 9-55.

OOMAH, B. D.; LUC, G.; LEPRELLE, C.; DROVER, J. C. G.; HARRISON, J. E.; OLSON, M. Phenolics, phytic acid, and phytase in Canadian-grown low-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 3763-3771, 2011b.

PARREIRA, M. C.; LEMOS, L. B.; PORTUGAL, J.; ALVES, P. L. C. A. Effects of desiccation with glyphosate on two common bean cultivars: physiology and cooking quality of the harvested product. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 925-930, 2015.

PINTO, M. A. B.; BASSO, C. J.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C. Productivity and physiological quality of seeds with burn down herbicides at the pre harvest of bean crops. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 4, p. 384-391, 2014.

PRICE, M. L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Toronto, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RANI, P. R.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; KAVITHA-ABIRAMI, C. V. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 78-85, 2013.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LÓPEZ, O.; GONZALEZ, E. Hard-to-cook phenomenon in common beans—A review. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.

RIOS, A. de O.; ABREU, C. M. P. de; CORRÊA, A. B. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 3, 2002.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas**: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p.

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C. Processing parameter optimization for obtaining dry beans with reduced cooking time. **LWT - Food Science and Technology**, v. 56, n. 1, p. 49-57, 2014.

SHIGA, T. M.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. The effect of storage on the solubilization pattern of bean hull non-starch polysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 362-367, 2011.

SILVA, J. G.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Colheita de feijão com colhedora automotriz axial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 371-379, 2009

SINGH, B.; SINGH, J. P.; KAUR, A.; SINGH, N. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: a review. **Food Research International**, v. 101, p. 1-16, 2017.

SIQUEIRA, B. dos S.; BASSINELLO, P. Z.; SANTOS, S. C.; MALGARESI, G.; FERRI, P. H.; RODRIGUEZ, A. G.; FERNANDES, K. F. Do enzymatic or non-enzymatic pathways drive the postharvest darkening phenomenon in carioca bean tegument? **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 593-600, 2016a.

SIQUEIRA, B. dos S.; VIANELLO, R. P.; FERNANDES, K. F.; BASSINELLO, P. Z. Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 13-17, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/81155535.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SIQUEIRA, B. S.; BASSINELLO, P. Z.; MALGARESI, G.; PEREIRA, W. J.; FERNANDES, K.

F. Analyses of technological and biochemical parameters related to the HTC phenomenon in carioca bean genotypes by the use of PCA. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 939-945, 2016b.

SIQUEIRA, B. S.; PEREIRA, W. J.; BATISTA, K. A.; OOMAH, B. D.; FERNANDES, K. F.; BASSINELLO, P. Z. Influence of storage on darkening and hardening of slow- and regular-darkening carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Studies**, Las Vegas, v. 2, n. 2, p. 87-104, 2014.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E. de; SOUZA, L. C. D. de; ABRANTES, F. de I.; SILVA, M. P. da; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SOUZA, C. M. A. de; BOTTEGA, E. L.; VELLOSO, F. V.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. de. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.

STANLEY, D. W. A possible role for condensed tannins in bean hardening. **Food Research International**, v. 25, n. 3, p. 187-192, 1992.

TACER-CABA, Z.; NILUFER-ERDIL, D.; AI, Y. Chemical composition of cereals and their products. In: CHUNG, P.; MEHTA, B. (Eds.). **Handbook of food chemistry**, Berlin: Springer, 2014, p. 1-23.

TAVARES, C. J.; FERREIRA, P. C.; JAKELAITIS, A.; SALES, J. de F.; RESENDE, O. Physiological and sanitary quality of desiccated and stored azuki bean seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 66-75, 2016.

TELLES, A. C.; KUPSKI, L.; FURLONG, E. B. Phenolic compound in beans as protection against mycotoxins. **Food Chemistry**, v. 214, p. 293-299, 2018.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 4-26.

VIJAYAKUMARI, K.; SIDDHURAJU, P.; PUGALENTHI, M.; JANARDHANAN, K. Effect of soaking and heat processing on the levels of antinutrients and digestible proteins in seeds of *Vigna aconitifolia* and *Vigna sinensis*. **Food Chemistry**, v. 63, n. 2, p. 259-264, 1998.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; TYLER, R. T.; TOEWS, R.; GAWALKO, E. J. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 589-594, 2010.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; TOEWS, R.; GAWALKO, E. J. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 4, p. 842-848, 2009.

WANI, I. A.; SOGI, D. S.; WANI, A. A.; GILL, B. S. Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 7-15, 2017.

XU, B. J.; YUAN, S. H.; CHANG, S. K. C. Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 2, p. S167-S177, 2007.

YI, J.; NJOROGÉ, D. M.; SILA, D. N.; KINYANJUI, P. K.; CHRISTIAENS, S.; BI, J.; HENDRICKX, M. E. Detailed analysis of seed coat and cotyledon reveals molecular understanding of the hard-to-cook defect of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 210, p. 481-490, 2016. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27211674>. Acesso em: 22 nov. 2018.

YOUSSEF, M. M.; HAMZA, M. A.; ABD EL-AAL, M. H.; SHEKIB, L. A.; EL-MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc., 1986, 734 p.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; SOUSA NETO, A. M. de. Eficácia do herbicida diquat na dessecação em pré-colheita da cultura do feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 3, n. 1, p. 17-21, 2002.

ZIMDAHL, R. L. Chapter 16 - Properties and Uses of Herbicides. In: ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of Weed Science** (Fifth Edition), Academic Press, p. 463-499, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811143-7.00016-0>.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do sensoriamento remoto pode ser utilizado como forma de prever a qualidade dos grãos, analisando as características fisiológicas determinadas indiretamente por meio de sensores terrestres hiperespectrais.

A utilização dos dessecantes influenciou negativamente nas qualidades tecnológicas dos grãos, principalmente cor e tempo de cozimento, e o dessecante que menos influenciou foi o amônio-glufosinato.

A realização de estudos que predigam a qualidade dos grãos ainda no campo é uma alternativa inovadora e com grande potencial de desenvolvimento, facilitando as tomadas de decisão dos produtores e compradores do produto.

Verificou-se a necessidade da realização deste tipo de trabalho com maior repetibilidade.

Também compreende-se necessário aprimorar e validar a metodologia aplicada neste trabalho, em busca de dados mais concisos para a realização de modelos de predições.

Por fim, recomenda-se buscar criar modelos de predição para a qualidade de grãos também de outras culturas.

## APÊNDICE I

Na tabela apresentada a seguir estão descritas as operações que foram realizadas dentro das duas safras de cultivo de feijão.

Atividade realizadas na Safra 2017 (Artigo 1)				
DATA	DAS	Estádio	Dose	Operação
13/03/2017	-	V0	200 kg.ha-1	Semeadura- adubação na base NPK-10-15-15
29/03/2017	15	V1	121 kg.ha-1	sulfato de amônio (cobertura)
02/04/2017	20	V3	700 +350 ml. Há-1	aplicação de herbicida (Flex + Fuzilade)
12/04/2017	30	V3	350 + 100 mL. ha-1	Aplicação de inseticida(Gallil SC +Nomolt)
12/04/2017	30	V3	500 ml há-1	aplicação fungicida (Opera Ultra)
02/05/2017	50	R8	300 +100+20 ml há-1	aplicação fungicida (Orkestra SC + Lerin+Imida gold 700 WG)
04/06/2017	52	R9	(2 +0,2 %v/v óleo mineral)	Aplicação dessecante Finale
04/06/2017	52	R9	(1,8 + 0,2 % v/v óleo mineral)	Aplicação dessecante Reglone
17/06/2017	65	-	-	Colheita Tratamentos e debulha
24/06/2017	65	-	-	Colheita Testemunha e debulha

Atividade realizadas na Safra (2017/2018) (Artigo 2)				
DATA	DAS	Estádio	Dose	Operação
04/10/2017	-	V0	413 kg.ha-1	Semeadura- adubação na base NPK-4-30-30
13/10/2017	9	V1	121 kg.ha-1	Nitrogenio (cobertura)
16/10/2017	9	V1	-	Coleta de dados
16/10/2017	12	V1	350 mL. ha-1	Aplicação de inseticida (Galil Sc)
28/10/2017	24	V3		Coleta de dados
01/11/2017	28	V3	950 mL. ha-1	Aplicação de herbicida (Flex)
07/11/2017	34	V4	350 + 50 mL há-1	Aplicação de inseticida (Galil Sc) + (Rimon)
09/11/2017	36	V4	-	Coleta de dados
13/11/2017	40	R5	300 mL.ha	Aplicação fungicida (Amistar)
20/11/2017	47	R6	-	Coleta de dados
27/11/2017	54	R8	300 mL.ha	Aplicação fungicida (Amistar)
06/12/2017	63	R8	-	Coleta de dados
06/12/2017	63	R8	300 mL.ha	Aplicação Fungicida (Amistar)
18/12/2017	75	R9	(2 +0,2 %v/v óleo mineral)	Aplicação de dessecante (Finale)
18/12/2017	75	R9	(1,8 + 0,2 % v/v óleo mineral)	Aplicação de dessecante (Reglone)
-	-	-	-	coleta de dados todos os dias até a colheita
27/12/2017	-	-	-	colheita tratamentos
28/12/2017	-	-	-	colheita testemunha
-	-	-	-	Pendurado em ambiente coberto
22/01/2018	-	-	-	Debulha de todos tratamentos