

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ROXANNA PATRICIA PALMA LEÓN**

**ESTUDO DE FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DAS APLICAÇÕES  
TERRESTRES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

**UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL**

**2021**

**ROXANNA PATRICIA PALMA LEÓN**

**ESTUDO DE FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DAS APLICAÇÕES  
TERRESTRES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo A. R. da Cunha

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Denise Garcia de Santana

**Uberlândia**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2021**

**ROXANNA PATRICIA PALMA LEÓN**

**ESTUDO DE FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DAS APLICAÇÕES  
TERRESTRES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em: Uberlândia, 05 de março de 2021

|  |       |
|--|-------|
| Prof <sup>ª</sup> . Dr <sup>ª</sup> . Mariana Rodrigues Bueno  | UFVJM |
| Dr. Fábio Janoni Carvalho                                      | IFTM  |
| Prof <sup>ª</sup> . Dr <sup>ª</sup> . Denise Garcia de Santana | UFU   |
| Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães                           | UFU   |



Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues Da Cunha  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

Uberlândia  
MINAS GERAIS – BRASIL

2021



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

|                               |   |                 |       |                       |       |
|-------------------------------|---|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em: | Agronomia   |                 |       |                       |       |
| Defesa de:                    | Tese; 006/2021, PPGAGRO   |                 |       |                       |       |
| Data:                         | Cinco de março de dois mil e vinte e um   | Hora de início: | 14:00 | Hora de encerramento: | 17:30 |
| Matrícula do Discente:        | 11713AGR023   |                 |       |                       |       |
| Nome do Discente:             | Roxanna Patricia Palma León   |                 |       |                       |       |
| Título do Trabalho:           | Estudo de fatores que interferem na qualidade das aplicações terrestres de produtos fitossanitários |                 |       |                       |       |
| Área de concentração:         | Fitotecnia  |                 |       |                       |       |
| Linha de pesquisa:            | Produção Vegetal em Áreas de Cerrado.   |                 |       |                       |       |

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Denise Garcia de Santana - UFU; Ednaldo Carvalho Guimarães - UFU; Mariana Rodrigues Bueno - UFVJM; Fábio Janoni Carvalho - IFTM; João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/03/2021, às 17:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Garcia de Santana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/03/2021, às 17:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Fábio Janoni Carvalho, Usuário Externo**, em 05/03/2021, às 18:06,



conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Ednaldo Carvalho Guimarães, Membro de Comissão**, em 05/03/2021, às 18:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Mariana Rodrigues Bueno, Usuário Externo**, em 05/03/2021, às 21:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2546501** e o código CRC **5E760D13**.

---

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da  
UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

L579 Palma León, Roxanna Patricia, 1981-

2021 Estudo de fatores que interferem na qualidade das  
aplicações terrestres de produtos fitossanitários [recurso  
eletrônico] / Roxanna Patricia Palma Leon. - 2021.

Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues Da Cunha.

Coorientadora: Denise Garcia de Santana.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Pós-graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.76>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues  
Da , 1976-, (Orient.). II. Santana, Denise Garcia de ,  
1967-, (Coorient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o

AACR2: Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

*Ao meu Deus, fonte de toda dádiva.*

*À memória do meu pai Bruno Palma Franco.*

*À minha mãe e irmãs, pelo encorajamento  
contínuo, amor, compreensão e suporte.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, pelas oportunidades, as bênçãos, sabedoria e por colocar sempre as pessoas certas no meu caminho.*

*Gostaria de expressar minha gratidão a todas as pessoas que contribuíram de uma forma ou de outra forma para esta pesquisa, sem dúvida não teria concluído este trabalho sem seus aportes. Em especial gostaria de agradecer...*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues Da Cunha, pelos ensinamentos, compreensão, paciência, amizade e a confiança depositada em mim, eterna gratidão.*

*A minha co-orientadora, Prof. Dra. Denise Garcia de Santana, pelas importantes sugestões para enriquecer este trabalho, e sobretudo pelos excelentes cuidados e orientações como coordenadora do programa de pós-graduação de agronomia na primeira etapa do programa, muito obrigada pelas gestões realizadas.*

*Aos meus caros colegas no Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC), especialmente a Sergio Macedo Silva, César Zandonadi, Thales Cassemiro Alves, Heli Heros Assunção, Arthur Carlos de Oliveira, Rafael Marcão, Ernane Lemes, Mateus Gregório sem vocês teria sido impossível a execução deste trabalho.*

*Aos meus colegas do curso, aos meus amigos muito obrigada pela acolhida, pela amizade pelas inúmeras ajudas recebidas, fizeram-me sentir em casa nestes quatro anos, especialmente a Gabriella de Freitas Alves, Joyce Peixoto, Morgana Coelho Mamede, Luciana Correia, Camila Soares, entre outros que teve o prazer de conhecer.*

*À família Esteves-Rodrigues, pela calorosa acolhida e ficar do meu lado sempre, são minha família no Brasil.*

*Aos meus amigos de Equador, Eveling Iñiguez e Carlitos Manosalvas, apesar da distância estiveram sempre presentes para levantar meus braços quando precisei.*

*Aos professores do ICIAG com quem teve a oportunidade de aprender nas salas de aula, muitos desses ensinamentos vão além das ciências.*

*À Organização dos Estados Americanos (OEA) e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos. À Universidade Federal de Uberlândia, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pelo suporte administrativo.*

*Em especial, a minha família, pelo continuo incentivo e motivação, foram meu motor nestes quatro anos.*



*“Tudo o que fizerem, façam de todo o coração, como para o Senhor, e não para os homens, sabendo que receberão do Senhor a recompensa da herança. É a Cristo, o Senhor, que vocês estão servindo”.*

Colossenses 3:23,24

*“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo”.*

Martin Luther King Jr.

*“Agricultura sem ciência é uma fazenda de porteiras fechadas”.*

Iago Fernandes

*“Agradeça aos agrotóxicos por estar vivo: o futuro não é orgânico”.*

Nicholas Vital

*“La agricultura de altos rendimientos es la solución y no el problema para la fauna silvestre y el medio ambiente”.*

Dennis T Avery

## RESUMO GERAL

PALMA LEÓN, Roxanna Patricia. **Estudo de fatores que interferem na qualidade das aplicações terrestres de produtos fitossanitários.** 2021. 133f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.<sup>1</sup>

O controle químico continua sendo uma forma eficaz de manejar pragas, doenças e plantas infestantes. Porém, é necessário combinar parâmetros e fatores envolvidos na aplicação de produtos fitossanitários, priorizando-os segundo a sua influência na qualidade da aplicação, de forma a garantir o correto depósito do ingrediente ativo no alvo, de maneira segura e sem perdas. Para manter esses processos controlados é necessário monitoramento e pesquisa constante tanto de novas tecnologias, como de novas combinações das existentes para conservar as moléculas viáveis e sem causar contaminação ao ambiente. Assim, objetivou-se neste trabalho estudar três dos fatores que influem na qualidade de aplicações terrestres de produtos fitossanitários e determinar o tamanho de amostra para avaliações de deposição de calda em aplicações terrestres para café (*Coffea arabica* L.), milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.). Para isso, a pesquisa foi dividida em duas partes. A primeira corresponde ao tamanho de amostra para avaliar deposição de calda nas folhas das culturas, nos terços superior e inferior para a soja e o café e para o milho adicionou-se também o terço médio. Determinou-se primeiro o tamanho da unidade básica experimental, através do estudo dos coeficientes de variação calculados para conjuntos contendo entre 1 e 20 folhas para soja e café e entre 1 e 8 folhas para milho. Foi estabelecida em 10 folhas por conjunto para café e soja e em 2 folhas por conjunto para milho. Na sequência foi determinado o tamanho de amostra com o emprego dos métodos de máxima curvatura modificado e de máxima curvatura do coeficiente de variação. Determinou-se para café entre cinco e oito conjuntos de folhas para deposição de calda, e quatro a cinco placas de Petri para perdas para o solo. No milho foi definido tamanho de amostra entre cinco e nove conjuntos de folhas e entre quatro e cinco placas de Petri. Na soja foi definido entre quatro e cinco conjuntos de folhas e seis placas de Petri. Na segunda parte foi determinado o fator de maior influência na qualidade das aplicações de produtos fitossanitários entre o tamanho de gota, taxa de aplicação e o uso de adjuvantes empregando estatística multivariada. Avaliou-se deposição de calda nas folhas dos terços superior, médio e inferior nas 3 culturas, no café separou-se o dossel também em região interior e exterior; escorrimento para o solo com placas de Petri colocadas antes da aplicação e também área de cobertura, densidade de gotas, amplitude relativa e diâmetro da mediana volumétrica em papéis hidrossensíveis. Verificou-se que tamanho de gota é o fator mais influente na qualidade de aplicação de produtos fitossanitários nas três culturas. O segundo fator dependerá da variável analisada, quando a avaliação for focada em deposição de calda nas folhas, será o uso de adjuvantes e a interação entre taxa de aplicação e uso de adjuvantes. Quando a avaliação for focada em cobertura e densidade de gotas, o segundo fator será a taxa de aplicação empregada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologia de Aplicação, Espectro de Gotas, Taxa de Aplicação, Adjuvantes, Análise Multivariada, Tamanho de Amostra, *Coffea arabica*, *Glycine max*, *Zea mays*.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha (UFU)

## GENERAL ABSTRACT

PALMA LEÓN, Roxanna Patricia. **Study of factors that interfere in the quality of ground applications of pesticides.** 2021. 133f. Thesis (Doctorate's degree in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2021.<sup>1</sup>

Chemical control remains an effective way of managing pests, diseases and weeds. However, it is necessary to combine parameters and factors involved in pesticides applications, prioritizing them according to their influence on the quality of the application, in order to guarantee the correct deposit of the active ingredient in the target, safely and without losses. To keep these processes under control, constant monitoring and research of both new technologies and new combinations of existing ones is necessary to preserve viable molecules and without causing contamination to the environment. Thus, the objective of this work was to study three of the factors that influence the quality of ground applications of pesticides and determine the sample size for evaluations of spray deposition in ground applications for coffee (*Coffea arabica* L.), corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). For this, the research was divided into two parts. The first corresponds to the sample size to evaluate spray deposition on the leaves of the crops, in the upper and lower thirds for soybeans and coffee and for corn, the middle third was also added. The size of the basic experimental unit was first determined by studying the coefficients of variation calculated for sets containing between 1 and 20 leaves for soybean and coffee and between 1 and 8 leaves for corn. It was established at 10 leaves per set for coffee and soy and at 2 leaves per set for corn. Then, the sample size was determined using the modified maximum curvature and maximum curvature of the variation coefficient methods. It was determined for coffee between five and eight sets of leaves for spray deposition, and four to five Petri dishes for losses to the soil. In corn, a sample size was defined between five and nine sets of leaves and between four and five Petri dishes. In soybeans, between four and five sets of leaves and six Petri dishes were defined. In the second part, the factor with the greatest influence on the quality of the applications of pesticides was determined between the droplet size, application rate and the use of adjuvants using multivariate statistics. Spray deposition on the leaves of the upper, middle and lower thirds was evaluated in the 3 crops, in the coffee the canopy was also separated in the interior and exterior region; run-off to the ground with Petri dishes placed before application and also coverage area, droplet density, relative amplitude and diameter of the volumetric median on water-sensitive papers. It was found that droplet size is the most influential factor in the quality of application of phytosanitary products in the three crops. The second factor will depend on the analyzed variable, when the evaluation is focused on the spray deposition on the leaves, it will be the use of adjuvants and the interaction between application rate and use of adjuvants. When the evaluation is focused on coverage and droplet density, the second factor will be the application rate.

**KEY-WORDS:** Application Technology, Droplet Spectrum, Application Rate, Adjuvants, Multivariate Analysis, Sample Size, *Coffea arabica*, *Glycine max*, *Zea mays*.

---

<sup>1</sup>Orientador: Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha (UFU)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPITULO II

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 – DIMENSÕES DAS PARCELAS NAS CULTURAS DO CAFÉ, SOJA E MILHO.....  | 37 |
| FIGURA 2. ALTURAS PARA AMOSTRAGEM NAS TRÊS CULTURAS. ....  | 38 |
| FIGURA 3. ESQUEMA DE AMOSTRAGEM NAS TRÊS CULTURAS. ....  | 41 |
| FIGURA 3 – COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DO TRAÇADOR PARA CADA FAIXA DE QUANTIDADE DE FOLHAS POR CONJUNTO DENTRO DE CADA TAMANHO DE GOTA, DOSSEL DA PLANTA E VOLUME FIXO E VARIÁVEL DE SOLUÇÃO EXTRATORA NA CULTURA DO CAFÉ.....  | 45 |
| FIGURA 4 – COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DO TRAÇADOR PARA CADA FAIXA DE QUANTIDADE DE FOLHAS POR CONJUNTO DENTRO DE CADA TAMANHO DE GOTA, DOSSEL DA PLANTA E VOLUME FIXO E VARIÁVEL DE SOLUÇÃO EXTRATORA NA CULTURA DO MILHO. .   | 46 |
| FIGURA 5 – COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DO TRAÇADOR PARA CADA FAIXA DE QUANTIDADE DE FOLHAS POR CONJUNTO DENTRO DE CADA TAMANHO DE GOTA, DOSSEL DA PLANTA E VOLUME FIXO E VARIÁVEL DE SOLUÇÃO EXTRATORA NA CULTURA DA SOJA. .... | 47 |
| FIGURA 6 – COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV) EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE AMOSTRA ÓTIMO PARA DEPOSIÇÃO DE CALDA NAS FOLHAS DE TRÊS CULTURAS EM DUAS CLASSES DE GOTA E NOS DOIS MODELOS ESTATÍSTICOS AVALIADOS.....                                  | 53 |
| FIGURA 7 – COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV) EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE AMOSTRA ÓTIMO PARA ESCORRIMENTO O SOLO EM TRÊS CULTURAS EM DUAS CLASSES DE GOTA E NOS DOIS MODELOS ESTATÍSTICOS AVALIADOS. ....   | 54 |

### CAPITULO III

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 – DIMENSÕES DAS PARCELAS NAS CULTURAS DE CAFÉ (A), MILHO E SOJA (B). ....   | 75 |
| FIGURA 2 – ESQUEMA DE AMOSTRAGEM NAS CULTURAS DE CAFÉ (A), MILHO (B) E SOJA (C)...   | 77 |
| FIGURA 3 – PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS POSICIONADOS NAS CULTURAS DO CAFÉ (A), MILHO (B) E SOJA (C). ....  | 78 |
| FIGURA 4 – DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS DAS PARCELAS, COM FORMAÇÃO DE DOIS GRUPOS EM FUNÇÃO DA CLASSE DE GOTA PARA A APLICAÇÃO NO CAFEIEIRO..... | 93 |
| FIGURA 5 – DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS DAS PARCELAS EM FUNÇÃO DA CLASSE DE GOTA PARA A APLICAÇÃO NO MILHO. ....                                 | 94 |
| FIGURA 6 – DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS DAS PARCELAS, COM FORMAÇÃO DE DOIS GRUPOS EM FUNÇÃO DA CLASSE DE GOTA PARA A APLICAÇÃO NA SOJA.....      | 95 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 7 - GRÁFICO <i>BILOT</i> CONTENDO OS COMPONENTES PRINCIPAIS 1 E 2, E A DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS E VARIÁVEIS NO PLANO AGRUPADOS EM CLASSE DE GOTA E TAXA DE APLICAÇÃO. ....                        | 101 |
| FIGURA 9 – DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS DAS PARCELAS APLICADAS COM GOTAS FINAS, EM FUNÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO NO CAFEIEIRO. ....  | 103 |
| FIGURA 10 – GRÁFICO <i>BILOT</i> CONTENDO AS COMPONENTES PRINCIPAIS 1 E 2 E A DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS E VARIÁVEIS NO PLANO COM AGRUPAMENTO PARA TAXA DE APLICAÇÃO NO CAFÉ, DENTRO DE GOTA FINA. ....    | 104 |
| FIGURA 11 – GRÁFICO <i>BILOT</i> CONTENDO OS COMPONENTES PRINCIPAIS 1 E 2 E A DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS E VARIÁVEIS NO PLANO COM AGRUPAMENTO PARA TAXA DE APLICAÇÃO NO MILHO, DENTRO DE GOTAS FINAS. .... | 105 |
| FIGURA 12 – GRÁFICOS <i>BILOT</i> DAS COMPONENTES 1 E 2 EM AGRUPAMENTOS SEGUNDO TAXA DE APLICAÇÃO PARA CAFÉ, DENTRO DE GOTA GROSSA. ....   | 108 |
| FIGURA 13 – GRÁFICOS <i>BILOT</i> DOS COMPONENTES 1 E 2 DA CLASSE DE GOTA GROSSA COM PARCELAS SEPARADAS SEGUNDO A TAXA DE APLICAÇÃO NA CULTURA DE MILHO. ....  | 109 |
| FIGURA 14 – GRÁFICOS <i>BILOT</i> DAS COMPONENTES 1 E 2 NA CULTURA DA SOJA, AGRUPADAS SEGUNDO TAXA DE APLICAÇÃO, DENTRO DE GOTA GROSSA. ....   | 111 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO II

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 – PARÂMETROS UTILIZADOS NAS APLICAÇÕES DO CAFÉ, MILHO E SOJA. ....   | 35 |
| TABELA 2 – TEMPERATURAS MÍNIMA (MIN; °C) E MÁXIMA (MAX; °C), UMIDADE RELATIVA (UR; %) E VELOCIDADE DO VENTO (KM H <sup>-1</sup> ) OBSERVADAS DURANTE AS APLICAÇÕES. ....  | 36 |
| TABELA 3. CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTA DAS APLICAÇÕES .....   | 43 |
| TABELA 4 – TAMANHO ÓTIMO DE AMOSTRA PARA DEPOSIÇÃO DE CALDA NA FOLHA E ESCORRIMENTO PARA O SOLO PARA CLASSES DE GOTA E DOSSEL DO CAFÉ. ....   | 49 |
| TABELA 5 – TAMANHO ÓTIMO DE AMOSTRA PARA DEPOSIÇÃO DE CALDA NA FOLHA E ESCORRIMENTO PARA O SOLO PARA CLASSES DE GOTA E TERÇOS DO DOSSEL DO MILHO....  | 50 |
| TABELA 6 – TAMANHO ÓTIMO DE AMOSTRA PARA DEPOSIÇÃO DE CALDA NA FOLHA E ESCORRIMENTO PARA O SOLO PARA CLASSES DE GOTA E TERÇOS DO DOSSEL DA SOJA. ....   | 51 |
| TABELA 7 – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE <i>F</i> ) PARA A QUANTIDADE DE TRAÇADOR EXTRAÍDO DE FOLHAS DE CAFEIEIRO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DA SOLUÇÃO EXTRATORA (FIXO, VARIÁVEL) E DAS FAIXAS DE NÚMERO DE FOLHAS. .... | 65 |
| TABELA 8 – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE <i>F</i> ) PARA A QUANTIDADE DE TRAÇADOR EXTRAÍDO DE FOLHAS DO MILHO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DA SOLUÇÃO EXTRATORA (FIXO, VARIÁVEL) E DAS FAIXAS DE NÚMERO DE FOLHAS. ....     | 65 |
| TABELA 9 – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE <i>F</i> ) PARA A QUANTIDADE DE TRAÇADOR EXTRAÍDO DE FOLHAS DA SOJA, EM FUNÇÃO DO VOLUME DA SOLUÇÃO EXTRATORA (FIXO, VARIÁVEL) E DAS FAIXAS DE NÚMERO DE FOLHAS. ....      | 65 |
| TABELA 10 – COEFICIENTE DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL ( <i>p</i> ) NAS CULTURAS DE MILHO, CAFÉ E SOJA. ....  | 66 |

### CAPITULO III

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 – PARÂMETROS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO NO CAFÉ. ....  | 73 |
| TABELA 2 – PARÂMETROS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO NAS CULTURAS DO MILHO E DA SOJA....  | 74 |
| TABELA 3 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS EMPREGADOS NO CAFÉ, MILHO E SOJA. ....  | 75 |
| TABELA 4 – TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA (UR) E VELOCIDADE DO VENTO OBSERVADAS DURANTE AS APLICAÇÕES. ....                 | 76 |
| TABELA 5 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DAS CALDAS NAS APLICAÇÕES NO CAFÉ, MILHO E SOJA. .... | 81 |

|  |     |
|--|-----|
| TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA, TAMANHO DO EFEITO E TESTE DE NORMALIDADE MULTIVARIADA PARA AS APLICAÇÕES NO CAFEEIRO COM DIFERENTES CLASSES DE GOTAS, TAXAS DE APLICAÇÃO E USO DE ADJUVANTES.....  | 83  |
| TABELA 8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA, TAMANHO DO EFEITO E TESTE DE NORMALIDADE MULTIVARIADA PARA AS APLICAÇÕES NO MILHO COM DIFERENTES CLASSES DE GOTAS, TAXAS DE APLICAÇÃO E USO DE ADJUVANTES. ....  | 84  |
| TABELA 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA, TAMANHO DO EFEITO E TESTE DE NORMALIDADE MULTIVARIADA PARA AS APLICAÇÕES NA SOJA COM DIFERENTES CLASSES DE GOTAS, TAXAS DE APLICAÇÃO E USO DE ADJUVANTES. ....   | 84  |
| TABELA 10 - TAMANHO DO EFEITO (ETA QUADRADO) DOS FATORES CLASSE DE GOTA, TAXA DE APLICAÇÃO E USO DE ADJUVANTES E A INTERAÇÃO ENTRE ELAS EMPREGADOS NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE AS VARIÁVEIS DE DEPOSIÇÃO DE CALDA E ESPECTRO DE GOTAS NOS TRÊS TERÇOS DO PERFIL DO CAFEEIRO. .... | 87  |
| TABELA 11 – TAMANHO DO EFEITO (ETA QUADRADO) DOS FATORES CLASSE DE GOTA, TAXA DE APLICAÇÃO E USO DE ADJUVANTES E A INTERAÇÃO ENTRE ELAS, EMPREGADOS NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE AS VARIÁVEIS DE DEPOSIÇÃO DE CALDA E ESPECTRO DE GOTAS NOS TRÊS TERÇOS DO PERFIL DO MILHO. ....   | 89  |
| TABELA 12 – TAMANHO DO EFEITO (ETA QUADRADO) DOS FATORES CLASSE DE GOTA, TAXA DE APLICAÇÃO E USO DE ADJUVANTES E A INTERAÇÃO ENTRE ELAS, EMPREGADOS NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, SOBRE AS VARIÁVEIS DE DEPOSIÇÃO DE CALDA E ESPECTRO DE GOTAS NOS TRÊS TERÇOS DO PERFIL DA SOJA.....    | 91  |
| TABELA 6 – TESTE DE ESFERICIDADE DE BARTLETT E DE KAISER – MEYER – OLKIN (KMO) ...   | 92  |
| TABELA 13. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPONENTES PRINCIPAIS (CP) E AS VARIÁVEIS EM ESTUDO, E AS COMUNALIDADES DE CADA VARIÁVEL PARA CAFÉ. ....  | 96  |
| TABELA 14 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPONENTES PRINCIPAIS (CP) E AS VARIÁVEIS EM ESTUDO, E AS COMUNALIDADES DE CADA VARIÁVEL PARA MILHO. ....  | 97  |
| TABELA 15 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPONENTES PRINCIPAIS (CP) E AS VARIÁVEIS EM ESTUDO, E AS COMUNALIDADES DE CADA VARIÁVEL PARA SOJA. ....   | 98  |
| TABELA 16 - TAMANHO DO EFEITO (ETA QUADRADO) NOS TRÊS TERÇOS DO PERFIL DO CAFEEIRO, CONSIDERANDO AS APLICAÇÕES COM CLASSE DE GOTA FINA.....  | 102 |
| TABELA 17 – TAMANHO DO EFEITO (ETA QUADRADO) PARA TRATAMENTOS APLICADOS COM CLASSE DE GOTAS FINAS NA CULTURA DO MILHO. ....  | 104 |
| TABELA 18 – TAMANHO DO EFEITO (ETA QUADRADO) PARA TRATAMENTOS APLICADOS COM GOTA FINA NA SOJA. ....  | 106 |

|   |     |
|---|-----|
| TABELA 19 – ESTIMATIVAS DE TAMANHO DO EFEITO ( $\bar{E}$ TA QUADRADO) PARA TRATAMENTOS APLICADOS COM GOTA GROSSA NO CAFÉ EM VARIÁVEIS DE DEPOSIÇÃO DE CALDA E ESPECTRO DE GOTA..... | 107 |
| TABELA 20 – TAMANHO DO EFEITO ( $\bar{E}$ TA QUADRADO) PARA TRATAMENTOS APLICADOS COM CLASSE DE GOTA GROSSA NA CULTURA DO MILHO.....  | 109 |
| TABELA 21 – TAMANHO DO EFEITO ( $\bar{E}$ TA QUADRADO) PARA TRATAMENTOS APLICADOS COM CLASSE DE GOTAS GROSSAS NA SOJA. ....   | 110 |



## SUMÁRIO

### CAPITULO I

|     |                             |    |
|-----|-----------------------------|----|
| 1   | INTRODUÇÃO GERAL .....      | 19 |
| 2   | OBJETIVO GERAL.....         | 22 |
| 2.1 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... | 22 |
|     | REFERÊNCIAS .....           | 23 |

### CAPÍTULO II

|     |   |    |
|-----|---|----|
|     | TAMANHO DE AMOSTRA PARA ENSAIOS DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NAS CULTURAS DO CAFÉ, MILHO E SOJA.....            | 27 |
|     | RESUMO .....  | 28 |
|     | ABSTRACT .....  | 29 |
| 1   | INTRODUÇÃO.....   | 30 |
| 2   | MATERIAL E MÉTODOS.....   | 33 |
| 2.1 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E EQUIPAMENTOS.....  | 34 |
| 2.2 | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....  | 36 |
| 2.3 | AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES.....  | 37 |
|     | 2.3.1 Tamanho da unidade experimental básica.....   | 37 |
|     | 2.3.2 Tamanho de amostra.....   | 40 |
| 2.4 | CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS .....   | 43 |
| 3   | RESULTADOS .....  | 43 |
| 3.1 | CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS .....   | 43 |
| 3.2 | TAMANHO DA UNIDADE BÁSICA EXPERIMENTAL .....  | 44 |
| 3.3 | TAMANHO ÓTIMO DE AMOSTRA PARA ENSAIOS DE DEPOSIÇÃO DE CALDA .....   | 48 |
| 4   | DISCUSSÃO.....  | 55 |
| 5   | CONCLUSÕES.....   | 57 |
|     | REFERÊNCIAS .....   | 59 |
|     | APÊNDICE A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE CLASSES DE GRUPOS DE FOLHAS E VOLUME DE SOLUÇÃO EXTRATORA NAS CULTURAS DE CAFÉ, MILHO E SOJA..... | 65 |
|     | APÊNDICE B – COEFICIENTE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL NAS TRÊS CULTURAS.....   | 66 |

### CAPITULO III

|   |     |
|---|-----|
| ANÁLISE MULTIVARIADA NA DEPOSIÇÃO DE CALDA EM APLICAÇÕES TERRESTRES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS .....   | 67  |
| RESUMO .....  | 68  |
| ABSTRACT .....  | 69  |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 70  |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 72  |
| 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E EQUIPAMENTOS.....  | 72  |
| 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....  | 74  |
| 2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....   | 76  |
| 2.4 AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES.....  | 76  |
| 2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....   | 78  |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 81  |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS CALDAS.....   | 81  |
| 3.2 ANALISE DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA .....   | 82  |
| 3.3 ANÁLISE DE VARIÂNCIA UNIVARIADA E TAMANHO DO EFEITO .....   | 85  |
| 3.4 PRESSUPOSTOS DA ANÁLISE MULTIVARIADA.....   | 92  |
| 3.5 ANÁLISE DE CONGLOMERADOS .....  | 92  |
| 3.6 ANALISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS .....   | 95  |
| 3.7 ANÁLISE DE CONGLOMERADO E ACP NA CLASSE DE GOTA FINA.....   | 102 |
| 3.8 ANÁLISE DE CONGLOMERADO E ACP NA CLASSE DE GOTA GROSSA.....   | 106 |
| 4 CONCLUSÕES.....   | 112 |
| REFERÊNCIAS .....   | 114 |
| APÊNDICE A- MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA VARIÁVEIS DE DEPOSIÇÃO DE CALDA NAS FOLHAS NAS CULTURAS DE CAFÉ, MILHO E SOJA.....                         | 122 |
| APÊNDICE B- MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA VARIÁVEIS DE ESPECTRO DE GOTAS NAS CULTURAS DE CAFÉ, MILHO E SOJA.....                                     | 123 |
| APÊNDICE C - CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS NAS CULTURAS DE CAFÉ, MILHO E SOJA.....  | 126 |
| APÊNDICE D – ANALISE DE VARIÂNCIA ENTRE GRUPOS FORMADOS NA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS.....  | 129 |
| APÊNDICE E – COEFICIENTES PARA EQUAÇÃO E CONTRIBUIÇÕES DAS VARIÁVEIS NAS TRÊS CULTURAS NO ACP.....  | 132 |
| APÊNDICE F – ANÁLISE DE VARIÂNCIA UNIVARIADO PARA GRUPOS FORMADOS NA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS NAS PARCELAS APLICADAS COM CLASSE DE GOTA FINA..... | 133 |

## CAPITULO I

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

Com a implementação da tecnologia embarcada nos anos 80 e o seu desenvolvimento nos anos 90, que suportavam mais e melhores tecnologias e softwares no ambiente agrícola (BUGATTI et al., 2012), começaram os processos de automação agrícola em todas as áreas, incluída a aplicação de produtos fitossanitários. No Brasil foi a partir dos anos 80 que surgiram as primeiras máquinas com eletrônica embarcada, porém ainda com custos elevados (BALASTREIRE, 2000; BUGATTI et al., 2012; GUMILDE, 2001).

Esses rápidos avanços em tecnologias possibilitaram a expansão das áreas agrícolas, e com isso, uma alta demanda de técnicas e produtos para controlar pragas, doenças e plantas infestantes para manter uma produtividade atrativa economicamente. Desde então, vem-se desenvolvendo diferentes tipos de produtos fitossanitários orientados a resolver problemas cada vez mais específicos. Contudo, para o sucesso da aplicação, além de se conhecer a natureza do produto, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente e homogênea, minimizando as perdas e reduzindo a contaminação do ambiente (CUNHA et al., 2003; CUNHA et al., 2011).

Todavia, ainda com todo o conhecimento desenvolvido na área, muitas vezes se considera mais importante o produto utilizado que os fatores mencionados (CUNHA; PERES, 2010), sendo que mesmo aplicando uma molécula de alta eficácia, a tecnologia de aplicação é um fator limitante para que o controle seja adequado (CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016) sem detrimento da eficiência.

Entre as diversas tecnologias de aplicação tanto o uso de adjuvantes e tamanho de gota, quanto as taxas de aplicação, podem ajudar a melhorar a deposição nas plantas e assim, o controle das pragas e doenças como reais alvos da aplicação. Dependendo das condições da pulverização, as taxas de aplicação utilizadas variam entre um volume muito alto ( $> 1000$  L) e ultra baixo ( $< 50$  L) (MINGUELA; CUNHA, 2017). Dentro dessa ampla faixa autores já relataram aumento da deposição de calda com aumento (SOUZA JÚNIOR et al., 2017) ou diminuição (SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014; ALVES et al., 2020) da taxa de aplicação para plantas perenes; e em plantas anuais também tem sido

reportado diferentes resultados em distintas taxas de aplicação, combinadas com diferentes tamanhos de gotas (BAIO et al., 2018; DERKSEN et al., 2008; FRITZ et al., 2006; SOUZA et al., 2020; ZHANG et al., 2020).

Além disso, auxiliar a aplicação de fitossanitários com o uso de adjuvantes poderia ajudar, não apenas na preparação e manutenção da estabilidade física da calda ao longo do tempo, mas também contribuir para melhorar o desempenho dos tratamentos (CASTRO; OJEDA; CIRELLI, 2014). No entanto, o uso incorreto de adjuvantes poderia ser prejudicial para a deposição do ingrediente ativo nas plantas, pois esses produtos podem alterar as propriedades físico-químicas da calda (CUNHA; ALVES, 2009; MINGUELA; CUNHA, 2017; CUNHA; ALVEZ; MARQUES, 2017).

Atualmente já se relaciona a correta deposição e distribuição do ingrediente ativo em todo o perfil da planta com a conjugação de diversos fatores, tais como arquitetura da planta, densidade de plantio, tamanho de gota produzida por diversos tipos de ponta de pulverização, taxa de aplicação, velocidade de trabalho, pressão de trabalho, velocidade do vento e tipo de equipamento (ALVES et al., 2020; CUNHA; VICTOR; SALES, 2018; GITIRANA NETO et al., 2016; MARTINS et al., 2021; PENNEY et al., 2021; SOUZA et al., 2020; TANG et al., 2018; ZHANG et al., 2020) tendo ênfase na relação de taxa de aplicação, tipo de ponta de pulverização e qualidade da calda como fatores fundamentais (CUNHA, 2020). No entanto, pelos inúmeros resultados nas diferentes culturas tem sido difícil priorizar entre eles para o apropriado planejamento da aplicação de produtos fitossanitários.

Com a relação existente entre a cultura, seja por sua arquitetura da planta, estágio fenológico, índice de área foliar (IAF), volume vegetativo (TRV- *tree row volume*), dentro outros, e a adequada combinação dos parâmetros da aplicação de produtos fitossanitários, é necessário um monitoramento constante dos resultados, e com isso, a pesquisa da área precisa de uma amostragem correta. A determinação do tamanho de parcela nesta área de pesquisa é definida em função do equipamento de aplicação, estabelecendo o tamanho da área (m<sup>2</sup>) em cada unidade experimental vinculando a largura do equipamento, bordadura das parcelas por pequenas derivas e um comprimento coerente com esses quesitos, mais condições de trabalho como velocidade.

Com isso, no momento do planejamento da pesquisa ou monitoramento da aplicação deve-se considerar o tamanho de amostra e o número de repetições como fatores determinantes na confiabilidade dos resultados. O tamanho de amostra entre outros

fatores é determinado pelos objetivos do estudo e as características a avaliar (GUO, 2009), podendo ser requerido uma quantidade diferente de amostras para cada variável resposta no estudo. Além disso, tem influência direta na variabilidade dos dados, no erro experimental e na detecção ou não das diferenças entre tratamentos aplicados, assim, quando se espera que os resultados dos tratamentos sejam próximos, o tamanho de amostra deve ser aumentado (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014; LÚCIO; BENZ, 2017; SHEPPARD, 1999). Por sua vez, no cálculo do tamanho de amostra a variabilidade da parcela orientará o resultado (KRYSCZUN et al., 2018).

O incremento do tamanho de amostra se traduz em um aumento da precisão experimental até certo nível, medido geralmente com a diminuição do coeficiente de variação (CV%) (KOZAK; BOCIANOWSKI; RYBINSKI, 2013). Após atingido esse mínimo, ainda resta o recurso de aumentar o número de repetições para aumentar dita precisão (LORENTZ; ERCHSEN; LÚCIO, 2012). Porém, um incremento do número de repetições nem sempre é tecnicamente e economicamente factível, pela maior quantidade de recursos a utilizar, maior número de avaliações a realizar (CARGNELUTTI FILHO et al., 2020) e a viabilidade do alvo a avaliar. Assim, a conjugação adequada entre o tamanho de amostra e o número de repetições deve ser corretamente determinada.

O Brasil é o maior produtor de café (*Coffea* spp.) (WASHINGTON (State) 2020) e de soja (*Glycine max* L.) (WASHINGTON (State) 2021b, e terceiro maior produtor de milho (*Zea mays* L.) (WASHINGTON (State), 2021a) do mundo. Uma das razões de chegar a esse nível de produção e tecnificação são as inúmeras pesquisas desenvolvidas visando alcançar o máximo do potencial genético de cada cultura. As pesquisas desenvolvidas na área de aplicação de produtos fitossanitários, para estas culturas, referem-se à combinação de fatores que controlem de forma eficiente e eficaz os diferentes problemas fitossanitários que são limitantes para atingir máximas produtividades. Neste trabalho, a escolha das culturas tanto na determinação do tamanho de amostra, quanto na determinação do fator de maior influência na qualidade da aplicação, não obedeceu unicamente à sua importância, mas também suas também devido às diferentes arquiteturas, características inerentes em cada uma delas e as diferentes formas de aplicação terrestre com o intuito de servirem de referências para outras culturas anuais e perenes.

Já existem na literatura científica trabalhos desenvolvidos visando as combinações ótimas para atributos agrônômicos. Contudo, na área de aplicação de produtos

fitossanitários ainda não foi determinado, mediante ensaios, o tamanho de amostra e número de repetições para diferentes culturas, alturas e profundidades do perfil da planta que permitam garantir uma adequada precisão estatística. Da mesma maneira, são muitos os trabalhos que evidenciam a importância do tamanho de gota, taxa de aplicação e uso de adjuvantes, mas não sua ponderação na hora do planejamento. Assim, o presente trabalho foi realizado visando responder essas perguntas, que apesar de serem básicas, ainda se encontram no cotidiano dos produtores e no planejamento da aplicação de produtos fitossanitários, tanto na parte comercial quanto na pesquisa.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Estudar três dos fatores que influem na qualidade de aplicações terrestres de produtos fitossanitários e determinar o tamanho de amostra para avaliações de deposição de calda em aplicações terrestres para café, milho e soja.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar o tamanho de amostra para avaliar deposição de calda em diferentes alturas do perfil da planta nas culturas do café, milho e soja.
2. Estudar o tamanho do efeito da classe de gota, taxa de aplicação e adição de adjuvantes à calda na aplicação de produtos fitossanitários nas culturas de café, soja e milho e estabelecer as relações existentes entre as variáveis resposta e os tratamentos aplicados.
3. Estabelecer a ordem em que os fatores devem ser priorizados no planejamento da aplicação de produtos fitossanitários diante de determinadas circunstâncias.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, T. C.; CUNHA, J. A. R.; ALVES, G. S.; SILVA, S. M.; LEMES, E. M. Canopy volume and application rate interaction on spray deposition for different phenological stages of coffee crop. **Coffee Science**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2020. DOI: 10.25186/v15i.1777.
- BAIO, F. H. R.; SILVA, E. E.; VRECH, M. A.; SOUZA, F. H. Q.; ZANIN, A. R.; TEODORO, P. E. Vegetation Indices to Estimate Spray Application Rates of Crop Protection Products in Corn. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1254–1259, 2018. DOI: 10.2134/agronj2017.12.0718.
- BALASTREIRE, L. A. **O estado da arte da Agricultura de Precisão no Brasil**. Piracicaba: L. A. Balastreire, 2000. 224 p.
- BUGATTI I, G.; MENEZES, D.; MARTINS, D. S.; MARCONATO, E. S. Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas. **Revista Eletrônica e-F@tec**, v. 2, n. 1, p. 23–34, 2012.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; NEU, I. M. M.; SOUZA, J. M.; PEZZINI, R. V.; DUMKE, G. E.; SOMAVILLA, F. M. Plot size, number of treatments and replicates and experimental precision in buckwheat. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1131–1139, 2020. DOI: 10.1590/1983-21252020v33n428rc.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; TOEBE, M.; BURIN, C.; ALVES, B. M.; FACCO, G.; NEU, I. M. M. Precisão experimental relacionada a tamanhos de parcelas, números de tratamentos e repetições em nabo forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 428–439, 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000700007.
- CASTRO, M. J. L.; OJEDA, C.; CIRELLI, A. F. Advances in surfactants for agrochemicals. **Environmental Chemistry Letters**, v. 12, n. 1, p. 85–95, 2014. DOI: 10.1007/s10311-013-0432-4.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325–332, 2003. DOI: 10.1590/S0100-83582003000200019.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**, v. 34, n. 9, p. 655–659, 2009.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 261–270, 2017.
- CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 343–351, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000200014.

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 761–768, 2016. DOI: 10.1590/0034-737x201663060003.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 597–602, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i4.2502.

CUNHA, J. P. A. R.; VICTOR, A. P.; SALES, C. G. R. Spray deposition on soybean crop using different travel speeds and application rates. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 82–87, 2018. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n1p82-87/2018.

DERKSEN, R. C.; H. ZHU; H. E. OZKAN; R. B. HAMMOND; A. E. DORRANCE; A. L. SPONGBERG. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume, and air-assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 5, p. 1529–1537, 2008. DOI: 10.13031/2013.25301.

FRITZ, B. K.; KIRK, I. W.; HOFFMANN, W. C.; MARTIN, D. E.; HOFMAN, V. L.; HOLLINGSWORTH, C.; MCMULLEN, M.; HALLEY, S. Aerial application methods for increasing spray deposition on wheat heads. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, n. 3, p. 357–364, 2006. DOI: 10.13031/2013.20453.

GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 267–275, 2016.

GOMILDE, R. L. Viabilidade econômica do uso de agricultura de precisão em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 2001. Foz do Iguaçu. Palestras. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001.

GUO, J. H.; LUH, W. M. Optimum sample size allocation to minimize cost or maximize power for the two-sample trimmed mean test. **British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**, v. 62, n. 2, p. 283–298, 2009. DOI: 10.1348/000711007X267289.

KOZAK, M.; BOCIANOWSKI, J.; RYBINSKI, W. Note on the use of coefficient of variation for data from agricultural factorial experiments. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 19, n. 4, p. 644–646, 2013.

KRYSCZUN, D. K.; LÚCIO, A.; SARI, B. G.; DIEL, M. I.; OLIVOTO, T.; SANTANA, C. S.; UBESSI, C.; SCHABARUM, D. E. Sample size, plot size and number of replications for trials with *Solanum melongena* L. **Scientia Horticulturae**, v. 233, n. 1, p. 220–224, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.01.044.

LORENTZ, L. H.; ERICHSEN, R.; LÚCIO, A. D. Proposta de método para estimação de tamanho de parcela para culturas agrícolas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 6, p. 772–780, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000600006.



LÚCIO, A. D.; BENZ, V. Accuracy in the estimates of zucchini production related to the plot size and number of harvests. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160078.

MARTINS, P. H. A.; BAIO, F. H. R.; MARTINS, T. H. D.; FONTOURA, J. V. P. F.; TEODORO, L. P. R.; SILVA JUNIOR, C. A.; TEODORO, P. E. Estimating spray application rates in cotton using multispectral vegetation indices obtained using an unmanned aerial vehicle. **Crop Protection**, v. 140, n. 1, p. 1 – 7, 2021. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105407.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2017.

PENNEY, A. J.; KANDEL, Y. R.; VIGGERS, J. N.; ROBERTSON, A. E.; MUELLER, D. S. Comparison of aerial and ground sprayer fungicide application technologies on canopy coverage, disease severity, lodging, and yield of corn. **Crop Protection**, v. 139, p. 1 – 10, 2021. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105393.

PULVERIZAÇÃO e Novas Tecnologias. Palestrante: João Paulo A. R. da Cunha. Moderador: Fernando Hashimoto. [Uberlândia]: Maqnelson John Deere, 26 de nov. 2020. 1 vídeo (1h 45 min). *Live*. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=T2tL8CHVrJU&list=PLA6DkbItY3COS01YN3LWn-A4Ej6jb3\\_tD&index=33](https://www.youtube.com/watch?v=T2tL8CHVrJU&list=PLA6DkbItY3COS01YN3LWn-A4Ej6jb3_tD&index=33). Acesso em: 26 nov. 2020.

SHEPPARD, C. R. C. How Large should my Sample be? Some Quick Guides to Sample Size and the Power of Tests. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 6, p. 439–447, 1999. DOI: 10.1016/S0025-326X(99)00048-X.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NOMELENI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1302–1306, 2014. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306.

SOUZA JÚNIOR, J. M.; RUAS, R. A. A.; DUARTE, L. O.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A.; SANTOS JÚNIOR, C. R. Influência da densidade foliar na distribuição de calda no dossel do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffees Ciencia**, v. 12, n. 2, p. 216 – 222, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25186/cs.v12i2.1239>.

SOUZA, F. H. Q.; MARTINS, P. H. A.; DRESCH MARTINS, T. H.; TEODORO, P. E.; BAIO, F. H. R. The use of vegetation index via remote sensing allows estimation of soybean application rate. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 17, n. 1, p. 1 – 8, 2020. DOI: 10.1016/j.rsase.2019.100279.

TANG, Y.; HOU, C. J.; LUO, S. M.; LIN, J. T.; YANG, Z.; HUANG, W. F. Effects of operation height and tree shape on droplet deposition in citrus trees using an unmanned aerial vehicle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 148, n. 1, p. 1–7, 2018. DOI: 10.1016/j.compag.2018.02.026.

WASHINGTON (State). Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Coffee**: world markets and trade. Washington, 2020. Portal. Disponível em:

<https://www.fas.usda.gov/commodities/coffee>. Acesso em: 22 jan. 2020.

WASHINGTON (State). Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service.

**Grain:** world markets and trade. Washington, 2021a. Disponível em:

<https://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>. Acesso em: 22 jan 2021.

WASHINGTON (State). Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service.

**Oilseeds:** world markets and trade. Washington, 2021b. Disponível em:

<https://www.fas.usda.gov/commodities/soybeans>. Acesso em: 22 janeiro 2021.

ZHANG, X.-Q.; SONG, X.-P.; LIANG, Y.-J.; QIN, Z.-Q.; ZHANG, B.-Q.; WEI, J.-J.;

LI, Y.-R.; WU, J.-M. Effects of Spray Parameters of Drone on the Droplet Deposition

in Sugarcane Canopy. **Sugar Tech**, v. 22, n. 4, p. 583–588, 2020. DOI:

10.1007/s12355-019-00792-z.

## **CAPÍTULO II**

### **TAMANHO DE AMOSTRA PARA ENSAIOS DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NAS CULTURAS DO CAFÉ, MILHO E SOJA**

## TAMANHO DE AMOSTRA PARA ENSAIOS DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NAS CULTURAS DO CAFÉ, MILHO E SOJA

### RESUMO

O tamanho de parcela, a suficiência amostral e o número de repetições são fatores estreitamente relacionados aos erros ou resíduos experimentais e à expressão das verdadeiras diferenças entre os tratamentos. O objetivo deste trabalho foi determinar por modelos estatísticos, o tamanho de amostra adequado para experimentos de tecnologia de aplicação para as culturas do café, milho e soja para avaliações de deposição de calda foliar e perdas para o solo na aplicação terrestre de produtos fitossanitários. Na primeira etapa determinou-se a quantidade de folhas por conjunto e o volume de solução para lavagem das folhas e extração do traçador, analisando a variabilidade entre os coeficientes de variação (CV) das quantidades de traçador extraído em duas classes de gota (fina e grossa) em diferentes terços da planta e diferentes quantidades de folhas por conjunto, previamente organizadas em faixas de 5 folhas para café e soja (1-5, 6-10, 11-15, 16-20). No milho as faixas foram determinadas contendo entre uma e oito folhas. A faixa onde foi encontrada menor variabilidade foi coletando 10 folhas por conjunto para soja e café, empregando 100 mL de solução extratora, e no milho, na faixa contendo 2 folhas empregando 200 mL de solução extratora por conjunto de folhas. Na segunda etapa, foram conduzidos experimentos a campo em cada uma das três culturas em delineamento inteiramente casualizado com 20 parcelas, sendo 10 aplicadas com gota fina e as outras 10 com gota grossa. Em cada parcela foram coletados 10 conjuntos (amostras) contendo 10 folhas por conjunto na parte superior e inferior no café e na soja, e no milho adicionou-se o terço médio com duas folhas em cada conjunto. Ainda, 10 placas de Petri foram colocadas por parcela as quais foram coletadas após aplicação. De posse dos resultados de deposição de calda em unidade de massa de traçador extraído por  $\text{cm}^2$  de folha, determinou-se o tamanho ótimo de amostra aplicando métodos de máxima curvatura e máxima curvatura do coeficiente de variação. Maiores variabilidades estiveram relacionadas aos alvos mais difíceis de atingir em cada cultura. Determinou-se para café entre cinco e oito conjuntos de folhas para deposição de calda, e quatro a cinco placas de Petri para perdas para o solo. No milho foi definido tamanho de amostra entre cinco e nove conjuntos de folhas e entre quatro e cinco placas de Petri. Na soja foi definido entre quatro e cinco conjuntos de folhas e seis placas de Petri.

**PALAVRAS-CHAVE:** Deposição de Calda, *Coffea arabica*, *Glycine max*, *Zea mays*, Aplicações Terrestres, Máxima Curvatura do Coeficiente de Variação, Modelo de Máxima Curvatura.

## SAMPLE SIZE FOR FOR PESTICIDES APPLICATION TECHNOLOGY TESTS IN COFFEE, MAIZE AND SOYBEAN CROPS

### ABSTRACT

Plot size, sample sufficiency and number of repetitions are factors closely related to errors or experimental residues and to the expression of true differences between treatments. The objective of this work was to determine, by statistical models, the appropriate sample size for ground application technology experiments for coffee, maize and soybean crops for assessments of leaf spray deposition and soil losses in the ground application of pesticides. Two steps were required. In the first, the quantity of leaves per set and the volume of solution for washing the leaves and extraction of the tracer were determined, analyzing the variability between the coefficients of variation (CV) of the quantities of tracer extracted in two classes of droplets (fine and coarse), in different positions of the plant canopy and different amounts of leaves per set, previously organized in bands of 5 leaves for coffee and soy (1-5, 6-10, 11-15, 16-20). In maize, the bands were determined to contain between one and eight leaves. The range where less variability was found was collecting 10 leaves per set for soybeans and coffee, using 100 mL of extracting solution, and in maize, in the range containing 2 leaves using 200 mL of extracting solution per set of leaves. In the second stage, field experiments were conducted in each of the three crops in a completely randomized design with 20 plots, 10 applied with a fine droplet spectrum and the other 10 with a coarse droplets. In each plot 10 sets (samples) were collected containing 10 leaves per set in the upper and lower position in coffee and soybeans plants canopy, and in maize the middle position was added with two leaves in each set. Before application, 10 Petri dishes were placed per plot, which were collected after application. With the results of spray deposition in a tracer mass unit extracted per  $\text{cm}^{-2}$  of leaf, the optimal sample size was determined by applying methods of maximum curvature and maximum curvature of the variation coefficient. Greater variability was related to the most difficult targets to reach in each crop. It was determined for coffee between five and eight sets of leaves for spray deposition, and four to five Petri dishes for losses to the soil. In maize, a sample size was defined between five and nine sets of leaves and between four and five Petri dishes. In soybeans, between four and five sets of leaves and six Petri dishes were defined.

**KEYWORDS:** Spray Deposition, *Coffea arabica*, *Glycine max*, *Zea mays*, Ground Application Technologies, Maximum Curvature of the Coefficient of Variation, Maximum Curvature Model.

## 1 INTRODUÇÃO

A precisão estatística de experimentos agrícolas tem sido objeto de estudo ao longo dos anos para diferentes condições e culturas. Dúvidas com relação ao tamanho da parcela, à suficiência amostral e ao número de repetições sempre estão presentes no planejamento dos experimentos. Isso é devido a estes fatores estarem estreitamente associados ao interesse comum dos pesquisadores de obter a expressão das verdadeiras diferenças entre os tratamentos de interesse (SILVA et al., 2011; CARGNELUTTI FILHO et al., 2014b) e, do ponto de vista estatístico, são os principais causadores dos erros ou resíduos experimentais (GUARÇONI et al., 2017; LOHMOR et al., 2017). Entre os outros fatores associados aos erros estão a homogeneidade do material experimental, deficiência das técnicas na condução e os fatores ambientais (PIMENTEL-GOMES, 2009), porém esses não são reduzidos pela escolha adequada de tamanho de parcela, de amostra e número de repetições.

As metodologias aplicadas para atingir a máxima precisão diferem entre os trabalhos científicos. Geralmente utiliza-se como medida de precisão experimental o coeficiente de variação (CV) (KOZAK; BOCIANOWSKI; RYBINSKI, 2013; LORENZO et al., 2015; PIMENTEL-GOMES, 2009; SILVA et al., 2011). Mediante o uso de experimentos de uniformidade tem-se estudado a relação não linear decrescente encontrada entre a variabilidade medida pelo CV, expresso em porcentagem, e o tamanho de parcela, sendo possível construir uma curva que reflita essa relação (SMITH, 1938; ALVES; SERAPHIN, 2004; LORENTZ; ERICHSEN; LÚCIO, 2012).

Com a curva da relação decrescente entre o CV e os diferentes tamanhos de parcelas tem-se desenvolvido algumas metodologias para calcular o ponto de máxima curvatura acima do qual o aumento da parcela não constitui ganho em precisão, ou este é mínimo. Entre elas, o mais utilizado é o modelo de Lessman e Atkins (1963). Neste modelo, a região de máxima curvatura é determinada pelo ponto de interseção de duas linhas tangentes sucessivas, onde o ângulo de interseção é maior. Meier e Lessman (1971) observaram que, nesse modelo, os declives de cada linha tangente sucessiva foram determinados em incrementos iguais ao longo do *X*-eixo, distorcendo assim a região de máxima curvatura, por isso, propuseram uma modificação para estimar o ponto de máxima curvatura. O Método de Máxima Curvatura do Coeficiente de Variação proposto por Paranaíba, Ferreira e Moraes (2009) utiliza o coeficiente de autocorrelação espacial

entre as parcelas adjacentes e tem sido aplicado em diversas pesquisas (LÚCIO et al., 2012; SANTOS et al., 2016; FACCO et al., 2017; KRYSCZUN et al., 2018; CARGNELUTTI FILHO et al., 2020a).

Tanto o tamanho de amostra quanto o número repetições afetam a suficiência amostral, esta deve ter a capacidade de concentrar as variabilidades inerentes a cada parcela decorrente de fatores como solo, arquitetura da planta, fatores meteorológicos, histórico de culturas cultivadas na área, entre outras, e as obtidas pelos efeitos dos tratamentos. Em casos particulares, onde a quantidade de amostra tomada para análise por unidade experimental não difere com o acréscimo ou decréscimo do tamanho da parcela, as metodologias desenvolvidas para tamanho de parcela são mais adequadas que as de tamanho de amostra desde que o segundo não dependa do primeiro.

Na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, dadas às características dos ensaios de aplicações terrestres, é uma prática frequente coletar após as aplicações, quantidades iguais de folhas e de placas de Petri para medir a deposição foliar e as perdas para o solo, respectivamente, independentemente do seu tamanho físico ( $m^2$ ). Este último, geralmente depende do equipamento utilizado na pesquisa e de sua faixa de cobertura. Assim, o tamanho da parcela experimental é determinado pelo número de observações (amostras) feitas no campo e não pelo seu tamanho físico, sendo neste caso em particular, os termos de suficiência amostral e tamanho de parcela sinônimos.

A maioria das pesquisas a respeito do tamanho de amostra/parcela está relacionada com experimentação visando analisar atributos agrônômicos de diferentes culturas, relativos aos componentes vegetativos e produtivos, utilizando experimentos de uniformidade, porém poucas são as pesquisas na área de tecnologias de aplicação terrestre. Estes experimentos de uniformidade consistem principalmente em parcelas sem efeito de tratamento, razão pela que são chamados de “experimentos em branco”, onde a produção obtida da área é coletada em um número determinado de unidades pequenas ( $0,5-1 m^2$ ) ou Unidades Experimentais Básicas (UEB). Nesses, os diferentes tamanhos de parcelas são formados pela agregação das parcelas adjacentes (SMITH, 1938; STORCK et al., 2011; SANTOS et al., 2016; LÚCIO; BENZ, 2017). Nestas parcelas mantêm-se as mesmas práticas culturais necessárias durante a condução do experimento (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014a; VARGAS ROJAS; NAVARRO FLORES, 2017).

A diferença entre os experimentos de uniformidade para avaliar atributos agronômicos e os experimentos na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários está no experimento em branco. Enquanto que para avaliar os atributos agronômicos não há exigência de tratamento para evitar outra fonte de variação, em tecnologia de aplicação algum tratamento deve ser aplicado para atingir os objetivos a avaliar. Em função do anterior recomenda-se determinar o tamanho ótimo de amostra utilizando delineamentos casualizados em uma área maior (DONATO et al., 2008; BELMONTE et al., 2020) e por atributo agronômico (SILVA et al., 2011).

A pesquisa na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pretende avaliar as combinações de tecnologias como ingredientes ativos e a sua concentração, uso de aditivos e equipamentos com diferentes pontas, técnicas e vazões de pulverização através de parâmetros como uniformidade de distribuição, deposição de calda em área foliar e no solo, porcentagem de cobertura, espectro de gotas e deriva, além da eficácia do produto *per se* e com diferentes formas de aplicação, condições a campo e estruturas de plantas. As metodologias aplicadas para avaliar cada parâmetro estão em constante aperfeiçoamento, utilizando-se alvos artificiais e naturais, e executadas em campo e laboratório.

A deposição de calda pode ser avaliada em alvos naturais e artificiais, fazendo uso de traçadores e técnicas como espectrofotometria, fluorimetria e cromatografia para sua detecção (MINGUELA; CUNHA, 2017; ANTUNIASSI; BOLLER, 2019). Quando os alvos naturais são folhas e a técnica de mensuração é a espectrofotometria, a amostragem deve considerar dois fatores: a quantidade de folhas por conjunto, que representa o tamanho da unidade básica experimental, e o número de conjuntos que representa o tamanho de amostra. Dependendo da dose do traçador ( $\text{g ha}^{-1}$ ) empregado na aplicação a campo e da quantidade de solução extratora (mL), uma folha poderia não conter concentração suficiente para ser detectada por absorvância. Por outro lado, muitas folhas no mesmo conjunto poderiam conter uma concentração tão alta que não permitiriam utilizar a técnica.

Embora na literatura exista inúmeros trabalhos para determinar tamanhos de parcela, de amostra e número de repetições alguns deles no café (*Coffea arabica* L.)(CIPRIANO et al., 2012; GUARÇONI et al., 2020), no milho (*Zea mays*, L.)(STORCK et al., 2006; CATAPATTI et al., 2008; TAVELLA et al., 2014; TOEBE et al., 2014; VARGAS ROJAS; NAVARRO FLORES, 2017; CARGNELUTTI FILHO;



TOEBE, 2020), e na soja (*Glycine max* L. Merrill)(CARGNELUTTI FILHO et al., 2009; STORCK et al., 2009; CARGNELUTTI FILHO; GONÇALVES, 2011; BELMONTE et al., 2020), observa-se que não é possível determinar o mesmo tamanho de parcela/amostra para todos os caracteres agronômicos ou padronizar para todas as culturas.

O tamanho ótimo de amostra dependerá da cultura e das características inerentes a cada uma (ALVES; SERAPHIN, 2004; LOHMOR et al., 2017), dos tratamentos e das variáveis (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015; BELMONTE et al., 2020), do tamanho da unidade básica experimental ou amostral (FACCO et al., 2017) e do modelo estatístico (STORCK; SACCOL; SCHNEIDER, 1982; DONATO et al., 2008; TOEBE et al., 2014; HUMADA GONZÁLEZ et al., 2018; BELMONTE et al., 2020). Assim, é recomendável aplicar mais de um modelo estatístico para determinar o tamanho ótimo de parcela ou amostra (PEREIRA; SILVA; CARVALHO, 2017).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar por modelos estatísticos o tamanho de amostra adequado para experimentos de tecnologia de aplicação em café, milho e soja para deposição de calda foliar e perdas para o solo na aplicação terrestre de produtos fitossanitários.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar o tamanho ótimo de amostra foram necessárias duas etapas realizadas nas mesmas áreas e com os mesmos equipamentos. A primeira objetivou determinar a unidade experimental básica (UEB) em quantidade de folhas coletadas por conjunto ou unidade amostral que cobrisse as variabilidades inerentes à cultura, como também o volume de solução que contivesse concentração suficiente do corante, após a extração do traçador para ser determinado por absorvância.

Com o resultado da primeira etapa foi realizado um segundo experimento a campo (segunda etapa) com o intuito de definir a maior quantidade de variáveis comumente analisadas em ensaios de deposição de calda. Determinou-se o tamanho de amostra em número de conjuntos de folhas para duas classes de gotas contrastantes (fina e grossa), para três culturas com diferentes arquiteturas de planta e em dois (café e soja) e três (milho) terços do perfil da planta, além do escorrimento de calda para o solo.

## 2.1 Caracterização da área e equipamentos

O experimento na cultura do café (*C. arabica* L.) foi conduzido na fazenda experimental do Glória (Município de Uberlândia-MG), pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). A área possui altitude de 912 m com coordenadas geográficas 18°58'52"S de latitude e 48°12'24"O de longitude. A área apresenta topografia levemente ondulada e o solo classificado como latossolo vermelho distrófico de textura argilosa. Estudou-se o tamanho ótimo de amostra com duas classes de gotas e taxa de aplicação fixa em um cafeeiro cv. Topázio com 15 anos de idade, com 3,5 m de espaçamento entre linhas 0,7 m entre plantas e volume vegetativo (TRV – Tree-Row Volume) aproximado de 10389 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, medido prévio à da aplicação.

Para as aplicações no cafeeiro utilizou-se um pulverizador hidropneumático modelo ARBO 360 da empresa Montana (Atual Kunh, São José dos Pinhais, Brasil) acoplado a um trator Massey Ferguson (Canoas, Brasil) 4x2, modelo 265E de 47,8 Kw (65 cv) de potência. O pulverizador possui um tanque de polietileno com capacidade de 300 L de calda, 12 porta-bicos (6 em cada arco lateral) e controle manual das sessões. Para gerar gotas finas e grossas foram usadas as pontas de jato cônico vazio MAG 3, (Magnojet<sup>®</sup>, Ibaiti, Brasil) e jato cônico vazio com indução de ar TVI 8002 (Albuz<sup>®</sup>, Evreux cedex, France), respectivamente. A pressão de trabalho foi de 517 kPa e a taxa de aplicação foi de 300 L ha<sup>-1</sup>, variando a velocidade de trabalho conforme a vazão das pontas (Tabela 1).

O experimento na cultura do milho foi conduzido na fazenda Agro Industrial Eldorado (Município de Uberlândia-MG) em uma área de 231,67 ha a 950 m de altitude, topografia plana e com coordenadas geográficas 19°13'00"S de latitude e 47°57'00"O de longitude. O tamanho ótimo de amostra foi analisado com duas classes de gotas e com taxa de aplicação fixa em um cultivo de milho híbrido DKB 335 Vt Pro 3 com densidade de 64 mil plantas, espaçamento entre linhas de 0,5 m e 3,2 plantas por metro linear. A aplicação foi realizada no estágio fenológico V4 aos 33 dias após a semeadura (DAS).

As aplicações no milho foram realizadas utilizando um pulverizador autopropelido modelo UNIPORT 4530 (Jacto<sup>®</sup>, Pompéia, SP, Brasil), com sistema de transmissão hidrostática e controle inteligente de tração 4x4 integrado a um motor diesel de 181 kw (243 cv). O pulverizador possui um tanque de polietileno com capacidade de 4500 L de calda uma barra de 36 m de comprimento com portabicos espaçados a 0,35 m.

Para geração da classe de gotas finas e grossas foram usadas as pontas de jato cônico vazio AD6 AC23 e jato plano duplo com indução de ar AVI TWIN 11002, respectivamente (Albuz<sup>®</sup>, Evreux cedex, France). A pressão de trabalho variou entre 207 e 345 kPa, a taxa de aplicação foi de 125 L ha<sup>-1</sup> e a velocidade de trabalho foi de 15 e 16 km h<sup>-1</sup> conforme a vazão das pontas (Tabela 1).

O experimento na cultura da soja foi conduzido na fazenda experimental Capim Branco (Município de Uberlândia-MG), pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). A área está em uma altitude de 840 m, topografia plana, com coordenadas geográficas 18°53'24,5"S de latitude e 48°20'26,9"O de longitude. A área possui solo caracterizado como Latossolo Vermelho Escuro Distrófico de textura argilosa. A soja da cultivar 6906 Nidera apresentava densidade de 240 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com ruas espaçadas em 0,5 m e 12 plantas por metro linear. A aplicação foi realizada aos 45 DAS, no estágio fenológico V5 e com um índice de área foliar (IAF) de 2,2.

Na soja utilizou-se um pulverizador hidráulico de barra (FMCopling<sup>®</sup> Araraquara, São Paulo, Brasil), acoplado a um trator marca Ursus (Nova Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) de tração 4x2 e 62,5 Kw (85 cv) de potência. O pulverizador possui um tanque de polietileno com capacidade de 400 L de calda com 12 m de barra e 24 bicos espaçados a 0,5 m. Para geração da classe de gotas finas e grossas foram usadas as pontas de jato plano XR11002 e jato plano com indução de ar AIXR 11002, respectivamente (Teejet<sup>®</sup>, Illinois, USA). A pressão de trabalho foi de 300 kPa, a taxa de aplicação foi de 150 L ha<sup>-1</sup> e a velocidade de 6 km h<sup>-1</sup> para os dois tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros utilizados nas aplicações do café, milho e soja.

| Cultura | Classe de Gota | Ponta          | Velocidade (km h <sup>-1</sup> ) | Pressão (kPa) | Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) |
|---------|----------------|----------------|----------------------------------|---------------|---|
| Café    | Grossa         | TVI 8002       | 6,9                              | 517           | 300                                     |
|         | Fina           | MAG 3          | 5,8                              |               |   |
| Milho   | Grossa         | AVI TWIN 11002 | 16,0                             | *             | 125                                     |
|         | Fina           | AD6 AC23       | 15,0                             | *             |   |
| Soja    | Grossa         | AIXR 11002     | 6,0                              | 300           | 150                                     |
|         | Fina           | XR 11002       |                                  |               |   |

\*Pressão regulada pelo equipamento de acordo com a taxa de aplicação.

Durante as aplicações foram monitoradas as condições meteorológicas de temperaturas (°C) mínima e máxima, umidade relativa (UR; %) e velocidade do vento

(km h<sup>-1</sup>) no café, no milho e na soja com um termo-hidro-anemômetro (modelo 4000, Kestrel, Boothwyn, EUA) (Tabela 2).

Tabela 2 – Temperaturas mínima (MIN; °C) e máxima (MAX; °C), umidade relativa (UR; %) e velocidade do vento (km h<sup>-1</sup>) observadas durante as aplicações.

| Culturas | Temperatura |     | UR  |     | Velocidade do vento   |      |
|----------|-------------|-----|-----|-----|-----------------------|------|
|          | (°C)        |     | (%) |     | (km h <sup>-1</sup> ) |      |
|          | MIN         | MAX | MIN | MAX | MIN                   | MAX  |
| Café     | 32          | 36  | 33  | 45  | 2,2                   | 2,9  |
| Milho    | 28          | 34  | 50  | 65  | 4,0                   | 7,0  |
| Soja     | 22          | 27  | 62  | 79  | 7,0                   | 12,0 |

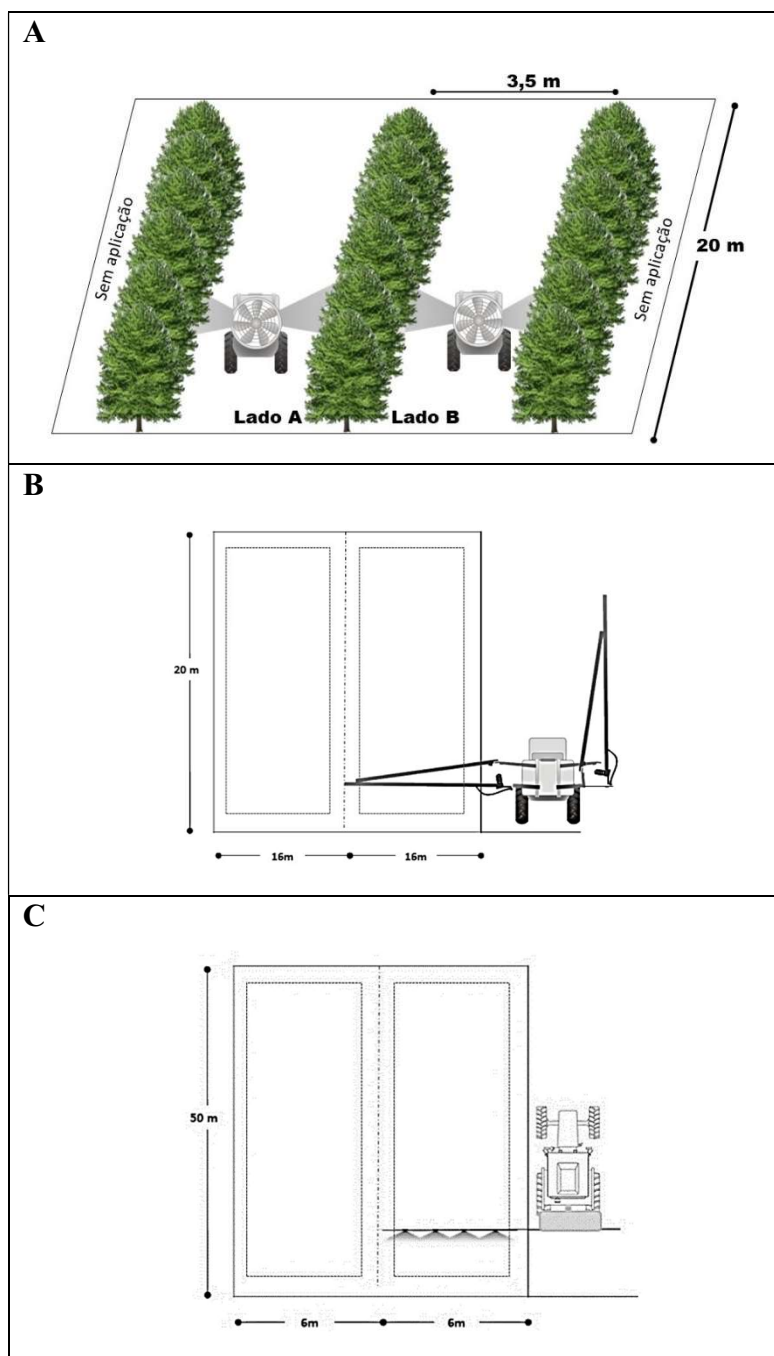
UR: umidade relativa

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para o estudo de tamanho ótimo de amostra no café, no milho e na soja foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com 20 unidades experimentais e 10 parcelas para cada classe (fina e grossa). As variáveis analisadas (ou características) foram a quantidade de traçador extraído em cada classe de gota (fina e grossa) e em cada terço do perfil da planta, perfazendo quatro características na soja ( $\mu\text{g cm}^{-2}$  de traçador obtido para duas classes de gota nos dois terços do perfil da planta) e seis para milho ( $\mu\text{g cm}^{-2}$  de traçador em duas classes de gota nos três terços do perfil da planta).

No café, a parcela foi composta de três fileiras de 20 m cada, totalizando 4200 m<sup>2</sup> de área experimental total, considerando a fileira central para amostragem com excessão das três plantas em cada extremo (seis plantas). Para o milho, cada parcela foi composta de 16 m x 20 m, totalizando 6400 m<sup>2</sup> de área experimental. Para a soja, cada parcela foi composta de 6 m x 50 m totalizando 6000 m<sup>2</sup> de área experimental. Na amostragem das duas culturas, foi desconsiderado um metro de cada lado da parcela como bordadura (Figura 1).

Figura 1 – Dimensões das parcelas nas culturas do café, soja e milho.



A: Café. B: Milho. C: Soja. Fonte: Roxanna Palma.

## 2.3 Amostragem e avaliações

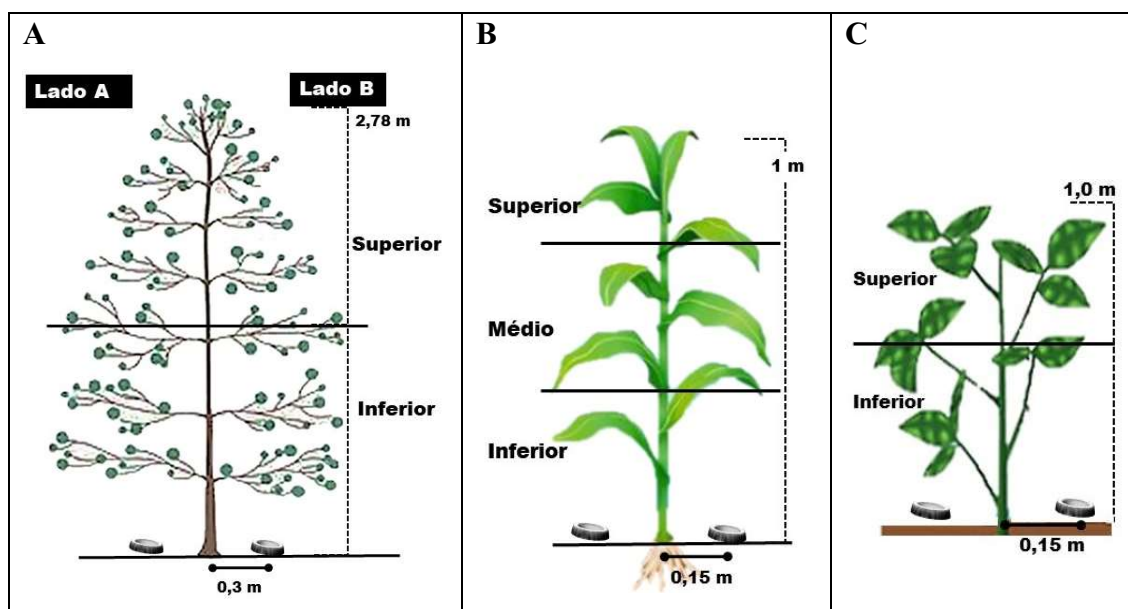
### 2.3.1 Tamanho da unidade experimental básica

Para determinar o tamanho da unidade básica experimental em quantidade de folhas por conjunto escolheu-se ao acaso para café duas áreas de 3 fileiras de 60 m cada uma, para milho duas áreas de 16 x 60 m cada uma e para soja duas áreas de 6 x 100 m

cada uma. Em cada cultura foi realizada uma aplicação com um traçador uma área com gota fina e a outra com gota grossa mantendo os parâmetros detalhados na Tabela 1.

Após a aplicação do traçador foram coletados conjuntos contendo diferentes quantidades de folhas. No caso do café e da soja foi amostrado a parte superior e inferior do perfil das plantas (Figura 2) e o conteúdo dos conjuntos variou entre uma e 20 folhas. Para a cultura do milho foi analisado o terço superior, médio e inferior, onde os conjuntos continham entre uma e oito folhas. Realizaram-se seis repetições de cada conjunto totalizando 240 amostras para café e soja e para milho coletou-se um total de 144 amostras. Após coletadas as amostras foram dispostas em isolamento luminoso para seu transporte até o Laboratório de Mecanização Agrícola da UFU (Uberlândia, MG).

Figura 2. Alturas para amostragem nas três culturas.



A: Café. B: Milho. C: Soja. Fonte: Roxanna Palma.

Para a lavagem das folhas, as seis repetições foram divididas em dois grupos, sendo que em três repetições foi utilizada um volume de solução extratora (água destilada) fixo e para as outras três foi empregado volume variável. No fixo, foi utilizado 100 mL de solução por conjunto, independentemente da quantidade de folhas, e no variável empregou-se 10 mL por folha para café e soja e 100 mL por folha para milho. Pelas dificuldades para extrair o traçador com pequenos volumes de solução para os conjuntos contendo de 1 até 4 folhas no ensaio de café e de soja foram utilizados 40 mL de solução extratora por conjunto.

O traçador utilizado foi o Azul Brilhante (catalogado internacionalmente pela "Food, Drug & Cosmetic" como FD&C Blue n.1), adicionado à calda de pulverização na dose de  $400 \text{ g ha}^{-1}$ , para ser detectado por absorvância no espectrofotômetro (modelo SP-22, Biospectro, Curitiba, Brasil) regulado para o comprimento onda de 630 nm, que corresponde à faixa do azul. A extração do traçador foi realizada segundo metodologia de Gitirana Neto e Cunha (2016), com agitação mecânica das amostras utilizando uma mesa agitadora pendular (modelo TE240/I, Tecnal, Piracicaba, Brasil), regulada a 200 rpm por 2 minutos por amostra. As áreas foliares foram determinadas por conjunto de folhas com um medidor de área foliar (L1-3100, Li-Cor, Lincoln, EUA).

Os valores de absorvância foram transformados em concentração de traçador em  $\mu\text{g L}^{-1}$  utilizando uma curva de calibração previamente determinada, e obtida a massa do traçador depositado com relação a quantidade de solução extratora utilizada na lavagem das folhas. Na sequência, realizou-se a divisão da massa do traçador pela área foliar de cada conjunto de folhas para determinar a deposição de calda (quantidade de traçador,  $\mu\text{g}$ ) por área foliar ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ). Assim, obteve-se a quantidade de traçador por  $\text{cm}^2$  de folha para cada conjunto em dois volumes (fixo e variável) de solução extratora, para cada classe de gota (fina e grossa) e nas diferentes posições no perfil da planta.

Com os resultados de deposição para cada conjunto de folha e para facilitar as análises estatísticas foram estabelecidas faixas por quantidade de folhas por conjunto. Na cultura do café e da soja os conjuntos entre uma e 20 folhas foram analisados em faixas formadas por conjuntos de cinco folhas (1-5, 6-10, 11-15, 16-20 folhas) e na cultura do milho as faixas corresponderam aos conjuntos de 1 até 8 folhas. Realizou-se a análise de variância (ANOVA) para cada cultura considerando-se os experimentos como um delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituindo um fatorial  $2 \times 4$ , sendo o primeiro fator correspondente ao volume de solução extratora (fixo e variável) e o segundo fator as quatro faixas (1-5, 6-10, 11-15, 16-20 folhas), perfazendo oito tratamentos com três repetições. No milho foi um fatorial  $2 \times 8$  sendo o primeiro fator também o volume da solução extratora e o segundo as oito diferentes quantidades de folhas por conjunto.

Calculou-se o coeficiente de variação (CV, %) da quantidade de traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) obtidos nas duas classes de gotas (fina e grossa) e nas diferentes posições no perfil da planta (Figura 2) para cada faixa (1-5, 6-10, 11-15, 16-20 folhas – soja e café, 1 a 8 folhas o milho). Os CVs foram plotados em gráficos de barras, sendo um gráfico para volume

fixo e outro para variável. No eixo  $x$  situou-se as diferentes faixas e no  $y$  o coeficiente de variação. Dentro de cada faixa, cada barra corresponde a uma das quatro características para soja e café e das seis características para milho detalhadas no parágrafo anterior.

Para a escolha do tamanho da unidade básica experimental (número de folhas por conjunto) priorizou-se que seja a faixa de menor quantidade de folhas (FACCO et al., 2017) com menor coeficiente de variação em média entre as diferentes características da mesma faixa, conjuntamente com a menor amplitude (Máximo - Mínimo) entre os CVs das características dessa faixa.

Para as perdas de calda para o solo não foi necessária modificação da unidade básica, considerando-se uma placa de Petri como UBE. A quantidade de solução extratora utilizada foi de 30 mL, volume calculado usando como referência trabalhos prévios (GITIRANA NETO; CUNHA, 2016; ASSUNÇÃO et al., 2019).

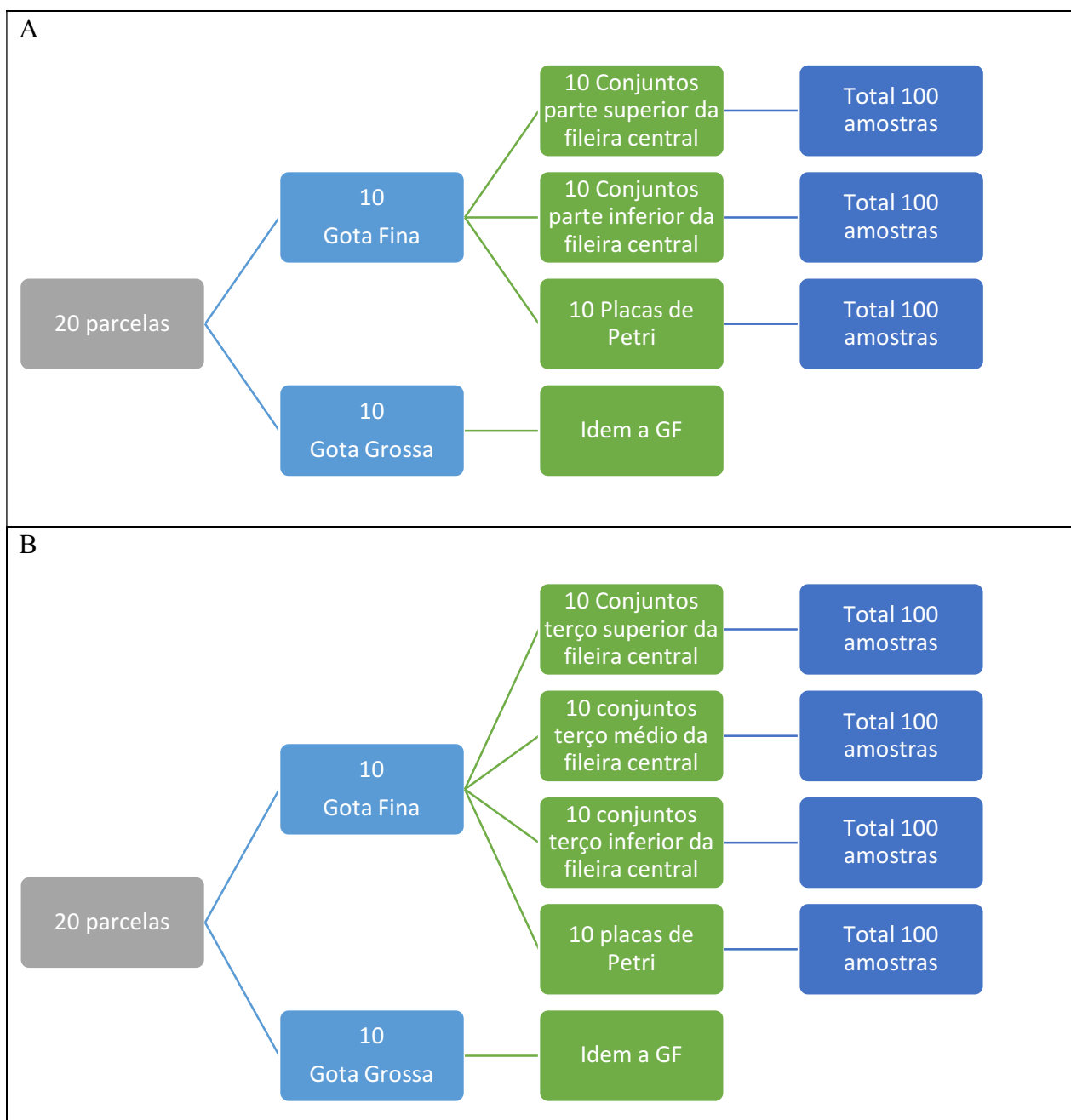
### **2.3.2 Tamanho de amostra**

Para a determinação do tamanho ótimo de amostra para avaliação da deposição de calda nas distintas partes do dossel do cafeeiro, do milho e da soja foram coletados, após as aplicações do traçador, 10 conjuntos de folhas (unidades amostrais) por cada parcela ( $n_i$ ) e por terço (superior, médio e inferior no milho; superior e inferior no café e na soja; Figura 2) do perfil da planta, contendo 10 folhas por cada conjunto para soja e café e duas folhas para milho. Para o tamanho de amostra nas avaliações do escoamento de calda para o solo foram coletadas 10 placas de Petri por parcela, previamente colocadas abaixo da copa a 30 cm do caule do café e na soja e no milho abaixo da área da folhagem a aproximadamente 15 cm do caule.

O total de amostras foi de 100 conjuntos de folhas (10 conjuntos por cada  $n_i$ ) por terço avaliado e para cada classe de gota e 100 placas de Petri (10 placas por cada  $n_i$ ) para cada classe de gota. Após coletadas as amostras, folhas e placas de Petri foram colocadas em caixas de isopor com isolamento luminoso para seu transporte até o Laboratório de Mecanização Agrícola da UFU (Uberlândia, MG). A extração do traçador, tanto de folhas quanto de placas de Petri foi realizada seguindo o procedimento detalhado na seção 2.3.1. Para soja e soja empregou-se 100 mL de solução extratora por amostra e para milho 200 mL por amostra.



Figura 3. Esquema de amostragem nas três culturas.



A: Café e Soja; B: Milho. Fonte: Roxanna Palma.

Com o intuito de eliminar a influência das variações de cada indivíduo na estimativa do tamanho ótimo de amostra foi calculada a média das 10 unidades amostrais por cada parcela ( $n_i$ ) das deposições de calda nas folhas por unidade de área ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) e o escoamento de calda para o solo ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ). Com isso, o total de amostras (100) foi reduzido apenas a 10, por terço do perfil da planta e por classe de gota.

Para a aplicação do modelo exponencial de Lessman e Atkins (1963) simulou-se subamostras variando a quantidade de unidades amostrais entre 1 e 20 conjuntos de folhas

ou placas de Petri com até mil reamostragens com reposição. Entre as subamostras de tamanho  $x$  foi calculado a média, variância e o coeficiente de variação (CV). Com os CVs entre subamostras de tamanho entre 1 e 20 conjuntos de folhas ou placas de Petri foi realizada uma regressão com a equação proposta por Lessman e Atkins (1963):

$$y = a/x^b \quad (1)$$

onde  $x$  é o tamanho de parcela em UEB;  $y$  é o  $CV_{(x)}$  entre as parcelas de tamanho  $x$ -UEB;  $a$  e  $b$  são parâmetros a serem estimados considerando para  $a$  o  $V_1$  e para  $b$  a regressão de  $\log V_{xi} / \log x_i$ .

A curva reflete a relação decrescente entre o tamanho de amostra e o CV para cada cultura, classe de gota e terço do perfil da planta. Da regressão também foram extraídos os parâmetros  $a$  e  $b$  para calcular o tamanho de amostra ótimo com a equação proposta por Meier e Lessman (1971) que corresponde ao ponto de máxima inflexão da curva:

$$X_c = \left[ \frac{a^2 b^2 (2b+1)}{b+2} \right]^{\frac{1}{2b+2}} \quad (2)$$

onde  $X_c$  é o ponto de máxima curvatura e os parâmetros ( $a'$ ) e ( $b'$ ) são calculados com regressão.

Para aplicação do modelo de autocorrelação espacial (PARANAIBA; FERREIRA; MORAIS, 2009) foi calculado o coeficiente de autocorrelação espacial ( $\rho$ ) entre as 10 amostras por cada terço do dossel da planta de café, soja e milho e para cada classe de gota com a equação:

$$\widehat{X}_o = \frac{10^3 \sqrt{2(1-\hat{\rho}^2)S^2 \bar{Z}}}{\bar{Z}} \quad (3)$$

$$\text{sendo: } \hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{r_c} (\widehat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})(\widehat{\varepsilon}_{i-1} - \bar{\varepsilon})}{\sum_{i=1}^{r_c} ((\widehat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})^2)} \quad (4)$$

onde  $\bar{Z}$  é a média amostral,  $S^2$  é a variância amostral,  $\hat{\rho}$  é o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, estimado pela equação (4);  $\bar{\varepsilon}$  e  $\widehat{\varepsilon}_{i-1}$  são os erros de um modelo contendo apenas o intercepto, nas unidades experimentais básicas de  $i$  e  $i-1$ , respectivamente. O CV do modelo foi calculado com a equação:

$$CV_{(x)} = \frac{100 \sqrt{\frac{(1-\hat{\rho})S^2}{\bar{Z}^2}}}{\sqrt{x}} \quad (5)$$

onde  $\bar{Z}$  é a média amostral,  $S^2$  é a variância amostral,  $\hat{\rho}$  é o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem.

Com isso, calculou-se o tamanho de amostra adequado para duas classes de gota em dois (café e soja) e três (milho) terços do perfil da planta e nos dois modelos estatísticos. As análises foram realizadas com auxílio do software Microsoft Office Excel®, Sigma Plot 12,0 e com o R v 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020), adotando-se um  $\alpha = 0,05$  quando necessário.

## 2.4 Caracterização do espectro de gotas

A fim de caracterizar o espectro para cada classe de gotas, analisaram-se os impactos com uso de papéis hidrossensíveis (76 x 26 mm) (Syngenta, Basel, Suíça). Antes das aplicações os papéis foram grampeados na parte adaxial das folhas do milho e café e na soja foram colocados em hastes metálicos. No cafeeiro foram colocados à altura aproximada de 1,3 m, na soja a 70 e 30 cm e no milho a 80, 60 e 40 cm em relação ao solo. Posteriormente, os papéis foram recolhidos e digitalizados a 1200 dpi e analisados com o software DropScope v 2015 (2016.1124.1). Avaliou-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), cobertura, amplitude relativa (AR) e densidade de gotas.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Caracterização do espectro de gotas

Segundo a norma ASABE S-572,1 estabelecida pela *American Society of Agricultural and Biological Engineers* (ASABE), o DMV obtido na aplicação de gota fina corresponde a essa classificação. No entanto, na cultura do café e do milho as aplicações com gota grossa estão no limite na classificação de média a grossa (Tabela 3)

Tabela 3. Caracterização do espectro de gota das aplicações

| Cultura | Classe de Gota | DMV<br>( $\mu\text{m}$ ) | AR   | Cobertura<br>(%) | Densidade de gotas<br>( $\text{N cm}^{-2}$ ) |
|---------|----------------|--------------------------|------|------------------|--|
| Café    | Grossa         | 322,54                   | 0,96 | 5,67             | 110,09                                       |
|         | Fina           | 151,24                   | 0,74 | 17,09            | 465,01                                       |
| Milho   | Grossa         | 301,42                   | 0,79 | 6,59             | 55,84  |
|         | Fina           | 180,35                   | 0,58 | 10,20            | 194,42                                       |
| Soja    | Grossa         | 341,91                   | 0,78 | 10,40            | 158,21                                       |
|         | Fina           | 179,60                   | 0,65 | 17,32            | 364,23                                       |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa

### 3.2 Tamanho da unidade básica experimental

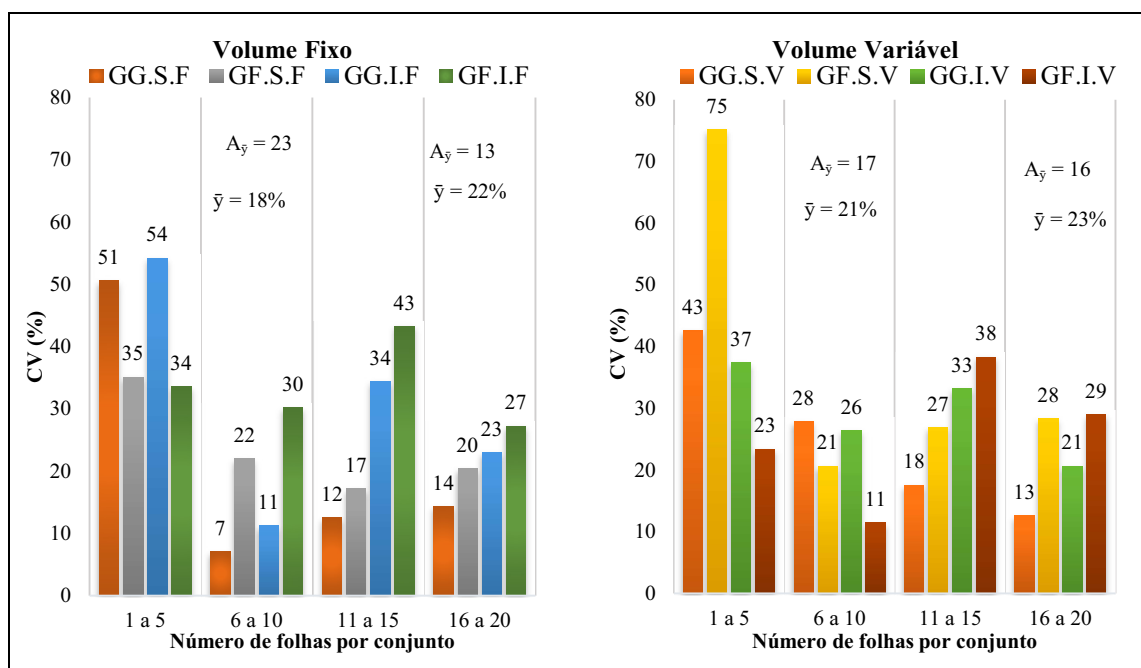
Embora as análises tenham sido realizadas de forma separada para cada classe de gota, outros parâmetros como arquitetura da planta, posição do alvo, quantidade de folhas por conjunto e volume de solução extratora empregada pode afetar a quantidade de traçador extraído das folhas sob iguais condições de aplicação. Assim, no cafeeiro na aplicação com gota fina obteve-se cobertura mais uniforme em ambas partes da planta e a quantidade de traçador extraído dependeu apenas do volume de solução extratora (Apêndice A: Tabela 7).

Para aplicações com gota grossa a quantidade de traçador extraído das folhas do terço superior foi afetada pela quantidade de folhas (faixas), possivelmente decorrente de baixas deposições. No terço inferior, ainda na aplicação com gota grossa, a quantidade de traçador dependeu da interdependência entre a quantidade de folhas por conjunto e volume da solução extratora empregada na lavagem das folhas.

A dificuldade na lavagem das folhas com volume baixo de solução extratora ou concentração muito variável ao empregar volume fixo de solução ocasionou altos coeficientes de variação (CV) para quantidade de traçador extraído na faixa de 1 a 5 folhas por conjunto nos dois tamanhos de gota e no perfil completo da planta (Figura 4). Foram encontrados CVs de 51 e 54% (terços superior e inferior, respectivamente) em aplicações com gota grossa e de 35 e 34% (terços superior e inferior, respectivamente) nas aplicações com gota fina quando utilizado volume fixo. Com volume variável foram obtidos CVs de 43 e 37% (terços superior e inferior, respectivamente) para a aplicação com gota grossa e de 75 e 23% (terços superior e inferior, respectivamente) para a aplicação com gota fina.

Nas faixas de 6 a 10 e de 16 a 20 folhas a variabilidade da quantidade de traçador foi menor. Na faixa 6-10, as médias dos CVs entre terços do cafeeiro foram de 18% e 21% com volumes fixo e variável, respectivamente (Figura 3). Na faixa 16-20, as médias foram de 22% e 23%, sob mesmas condições. As menores amplitudes entre CVs mínimo e máximo dentro da mesma faixa foram obtidos para o volume variável com 17 pontos percentuais para a faixa de 6 a 10 folhas, e 16 pontos percentuais para a faixa de 16 a 20. Com isso, como as duas faixas obtiveram valores próximos de CV escolheu-se a menor faixa (6 a 10 folhas) entre ambas e determinou-se o tamanho da unidade básica de 10 folhas por conjunto e 100 mL de solução extratora.

Figura 4 – Coeficientes de variação da quantidade do traçador para cada faixa de quantidade de folhas por conjunto dentro de cada tamanho de gota, dossel da planta e volume fixo e variável de solução extratora na cultura do café.



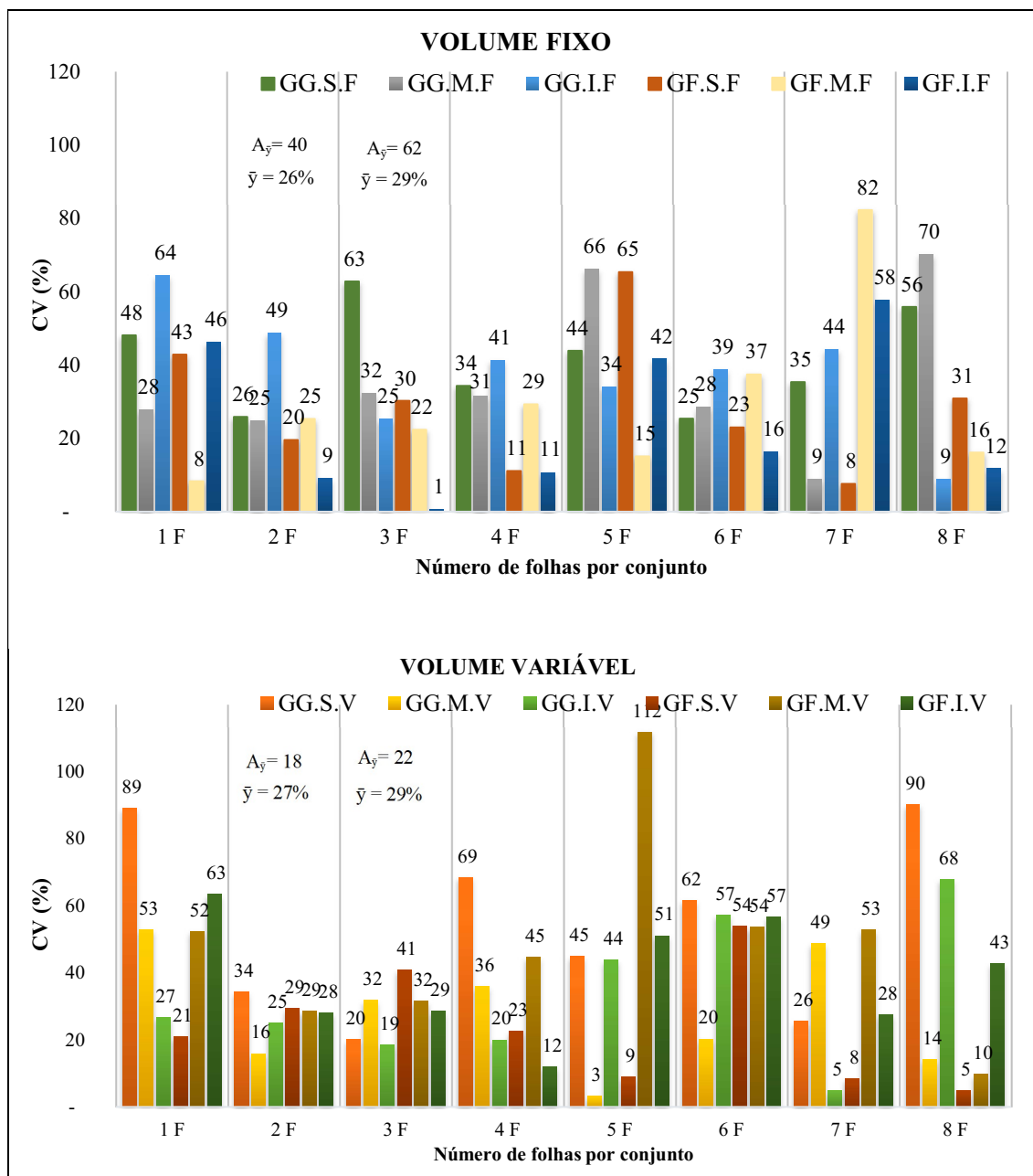
GG: gota grossa, GF: gota fina, S: dossel superior, I: dossel inferior, F: volume fixo, V: volume variável; A: amplitude;  $\bar{y}$ : média.

As altas variabilidades encontradas nas quantidades de traçador extraído das folhas no milho foram refletidas na ausência de interdependência entre o volume da solução e quantidade de folhas da cultura do milho (faixas) dentro da mesma classe de gota e terço da planta (Apêndice A: Tabela 7 e 8). O volume da solução extratora influenciou a quantidade de traçador extraído apenas nas aplicações de gota grossa no terço médio, enquanto que as quantidades de folhas influenciaram a quantidade de traçador extraído nas duas classes de gota (fina e grossa) nos terços superior e inferior.

Quantidade de folhas superiores a três por conjunto dificultaram a extração do corante. Os menores CVs de quantidade de traçador extraído foram observados com duas e três folhas de milho por conjunto, sendo muito próximos tanto para volume fixo (26 e 29%; respectivamente) quanto para volume variável (27 e 29%; respectivamente), porém a diferença entre o máximo e mínimo CV entre as características dentro de cada faixa diferiu. Utilizando volume fixo de solução extratora foi calculada uma amplitude entre o CV mínimo e máximo de 40 (2F) a 62 (3F) pontos nas deposições em diferentes terços do dossel e os dois tamanhos de gota dentro da mesma faixa, enquanto que o emprego de maior quantidade de solução extratora por conjunto de folha (volume variável) facilitou

a lavagem das folhas e permitiu que essa amplitude fosse reduzida a 18(2F) e 22(3F) pontos. Assim, o tamanho da unidade experimental/amostral para milho estabeleceu-se em duas folhas e 200 mL de solução extratora.

Figura 5 – Coeficientes de variação da quantidade do traçador para cada faixa de quantidade de folhas por conjunto dentro de cada tamanho de gota, dossel da planta e volume fixo e variável de solução extratora na cultura do milho.

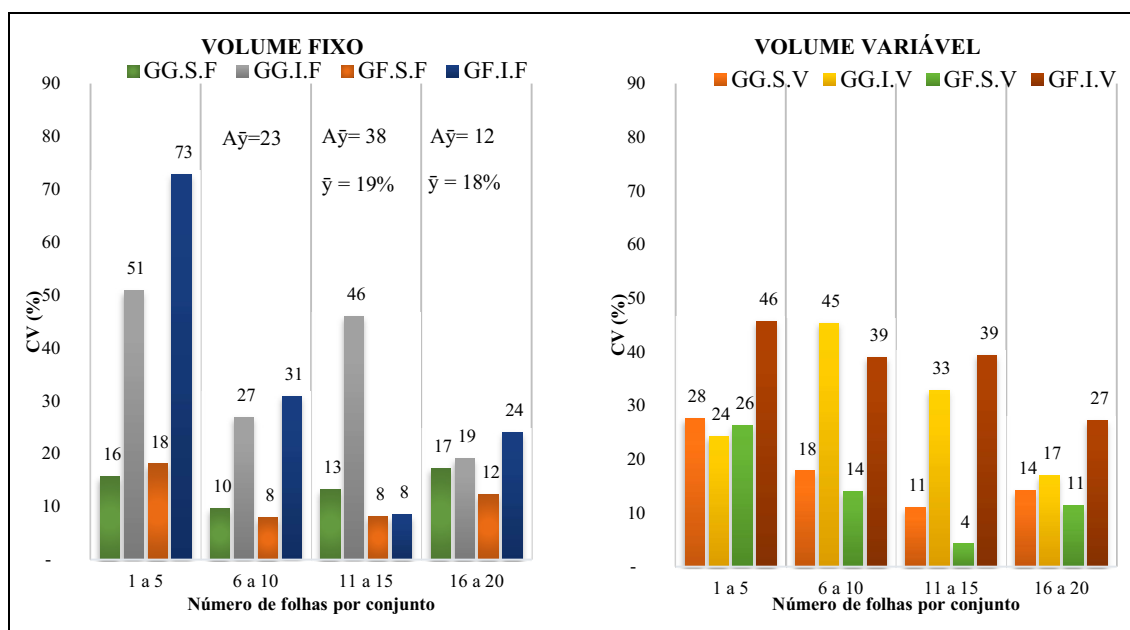


GG: gota grossa, GF: gota fina, S: dossel superior, I: dossel inferior, F: volume fixo, V: volume variável; A: amplitude;  $\bar{y}$ : média.

Na cultura da soja, a quantidade de traçador extraído nas aplicações com gota grossa no perfil completo da planta, dependeu apenas da quantidade de folhas (faixa) (Apêndice A: Tabela 9). Na aplicação com gotas fina no terço inferior a quantidade de traçador extraído dependeu tanto do volume de solução extratora (fixo e variável) quanto da quantidade de folhas (faixa), no entanto no terço superior, sob mesmas condições, a quantidade de traçador extraído não foi afetado por nenhum dos fatores avaliados.

Com volume fixo e nas três faixas a partir de seis folhas (6 a 10, 11 a 15, e 16 a 20) (Figura 6) a média dos CVs da quantidade de traçador extraído dentro de cada faixa foi muito próxima, 19, 19 e 18% respectivamente. No entanto, a diferença entre o mínimo e o máximo CV dentro de cada faixa foi diferente obteve-se amplitudes de 23, 38 e 12 pontos percentuais para 6 a 10, 11 a 15 e 16 a 20 folhas respectivamente. Embora, na faixa de 16 a 20 obteve-se menor amplitude entre os CVs, ponderou-se pela menor quantidade de folhas. Com isso, escolheu-se o tamanho de unidade básica experimental de 10 folhas por conjunto e 100 mL de solução extratora.

Figura 6 – Coeficientes de variação da quantidade do traçador para cada faixa de quantidade de folhas por conjunto dentro de cada tamanho de gota, dossel da planta e volume fixo e variável de solução extratora na cultura da soja.



GG: gota grossa, GF: gota fina, S: dossel superior, I: dossel inferior, F: volume fixo, V: volume variável; A: amplitude;  $\bar{y}$ : média.

### 3.3 Tamanho ótimo de amostra para ensaios de deposição de calda

A deposição de calda nas folhas do cafeeiro foi maior e mais uniforme na aplicação com gota fina obtendo-se estimativas de 0,72 e 0,86  $\mu\text{g cm}^{-2}$  nos terços superior e inferior, respectivamente (Tabela 4). Na aplicação com gota grossa, obteve-se uma deposição de calda em torno de 50% menor que com a gota fina e concentrada principalmente no terço inferior observando-se deposições de calda de 0,38 e 0,52  $\mu\text{g cm}^{-2}$ . Consequente com essas deposições foliares, o escorrimento para o solo obteve maiores estimativas com gota grossa que com gota fina (21,16 e 15,06 respectivamente).

As parcelas não apresentaram autocorrelação espacial (Apêndice B: Tabela 10), o tamanho ótimo de amostra em conjunto de folhas ( $n_0$ ) para ensaios de deposição de calda em folhas de café, milho e soja, assim como o tamanho em número de placas de Petri ( $n_0$ ) para avaliar o escorrimento de calda no solo pouco variaram entre os modelos de autocorrelação espacial (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009) e exponencial (LESSMAN; ATKINS, 1963) dentro de uma mesma classe de gota e dossel da planta esta última exclusiva para deposição em folha (Tabela 4, 5 e 6).

Tamanhos ótimos de amostras para cultura do café variaram entre 4,1 e 7,6 conjuntos de folhas (Tabela 4). Nas aplicações com classe de gota grossa e, posterior amostragem no terço inferior, assim como com gotas finas e amostragem no terço superior foram estimadas as menores demandas em conjunto de folhas e, para esses conjuntos são esperadas baixas variabilidades na deposição de calda coeficientes de variação ( $CV_{n_0}$ ) próximos a 10%.

Quando da aplicação de gotas finas, o tamanho ótimo para determinação do escorrimento para o solo exigiu três placas de Petri e, nessas condições as estimativas de variabilidade são baixas,  $CV_{n_0}$  entre 6,6 e 6,7%. Com gotas grossas as exigências foram de 4,1 a 4,2 placas, porém a variabilidade esperada é um pouco maior,  $CV_{n_0}$  entre 9,1 e 9,5% de coeficiente de variação (Tabela 4).



Tabela 4 – Tamanho ótimo de amostra para deposição de calda na folha e escorrimento para o solo para classes de gota e dossel do café.

| Classe de Gota | Dossel/solo  | Dados originais                              |                       | Dados Modelo   |           |                   | Recomendação |        |
|----------------|--------------|--|-----------------------|----------------|-----------|-------------------|--------------|--------|
|                |              | $\bar{y} \pm s$<br>( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | $CV_{\bar{y}}$<br>(%) | Modelo         | ${}^1n_0$ | $CV_{n_0}$<br>(%) | $n_0$        | CV (%) |
| Grossa         | Superior     | 0,38 ± 0,17                                  | 45,3                  | Autocorrelação | 7,4       | 16,6              | 8,0          | 16,0   |
|                |              |  |                       | Exponencial    | 7,4       | 16,5              |              | 15,9   |
|                | Inferior     | 0,52 ± 0,12                                  | 23,1                  | Autocorrelação | 4,7       | 10,5              | 5,0          | 10,2   |
|                |              |  |                       | Exponencial    | 4,8       | 10,6              |              | 10,4   |
| Solo           | 21,16 ± 4,12 | 19,5   | Autocorrelação        | 4,1            | 9,1       | 5,0               | 8,3          |        |
|                |              |  | Exponencial           | 4,2            | 9,5       |                   | 8,7          |        |
| Fina           | Superior     | 0,72 ± 0,16                                  | 21,5                  | Autocorrelação | 4,5       | 10,0              | 5,0          | 9,4    |
|                |              |  |                       | Exponencial    | 4,6       | 10                |              | 9,6    |
|                | Inferior     | 0,86 ± 0,38                                  | 44,1                  | Autocorrelação | 6,4       | 14,2              | 8,0          | 12,7   |
|                |              |  |                       | Exponencial    | 7,3       | 16,2              |              | 15,5   |
|                | Solo         | 15,06 ± 1,75                                 | 11,6                  | Autocorrelação | 3,0       | 6,6               | 4,0          | 5,1    |
|                |              |  |                       | Exponencial    | 3,1       | 6,7               |              | 5,2    |

<sup>1</sup> $n_0$ : tamanho ótimo de amostra em número de conjuntos de 10 folhas ou em número de placas de Petri, para deposição de calda em folha ou no solo respectivamente;  $\bar{y}$ : média; s: desvio padrão;  $CV_{n_0}$ : coeficiente de variação no tamanho ótimo; CV: coeficiente de variação e IC: intervalo de confiança.

Na cultura do milho a deposição de calda em média dos três terços avaliados alcançou 3,6 vezes mais com gota fina quando comparado com a deposição média na aplicação com gota grossa (Tabela 5). Porém, a uniformidade da distribuição no perfil da planta foi melhor na aplicação com gotas grossa com estimativas de 0,27, 0,25 e 0,18 no terço superior, médio e inferior, respectivamente. Na aplicação com gotas finas maior concentração de calda foi observada no terço inferior (0,47) junto com a maior variabilidade de deposição (CV = 54,9%).

A diferença dos tamanhos ótimos de amostra entre classes de gota foi de apenas um conjunto de folhas de milho. Excetuando a amostragem tomada no terço inferior com aplicação de gota fina; quando a aplicação foi feita com gota grossa foram necessários cerca de cinco conjuntos (4,6; 4,1; 4,2; 4,9 e 5,1 conjuntos) de duas folhas amostradas nos terços superior, médio e inferior para atingir o tamanho ótimo e, com gota fina em torno de seis conjuntos (5,5; 5,6; 5,4; 8,1 e 8,4 conjuntos) amostrados nos terços superior e médio. Para essas estimativas, os coeficientes de variação ( $CV_{n_0}$ ) oscilaram entre 9,3 e 18,8%.

À semelhança do café, o tamanho ótimo para determinação do escorrimento para o solo exigiu tamanho de amostra menor quando comparada as determinações de deposição de calda na folha do milho. Foram necessárias cerca de quatro placas de Petri

(3,9 e 4,0 placas) para alcançar baixa variabilidade ( $CV_{no}$  entre 8,70 e 9,09%) com aplicação de gota finas. Com gotas grossa, a amostragem precisará ser maior (5,0 e 5,1 placas de Petri) e são esperadas maiores variabilidades, 11,3% (Tabela 5).

Tabela 5 – Tamanho ótimo de amostra para deposição de calda na folha e escorrimento para o solo para classes de gota e terços do dossel do milho.

| Classe de Gota    | Terço/Solo      | Dados Origináis                              |                | Dados do modelo |         |               | Recomendação |        |
|-------------------|-----------------|--|----------------|-----------------|---------|---------------|--------------|--------|
|                   |                 | $\bar{y} \pm s$<br>( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | CV (%)         | Modelo          | $^1n_0$ | $CV_{no}$ (%) | $n_0$        | CV (%) |
| Grossa            | Superior        | 0,27 $\pm$ 0,06                              | 21,8           | Autocorrelação  | 4,6     | 10,2          | 5,0          | 9,8    |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 4,6     | 10,0          |              | 9,6    |
|                   | Médio           | 0,25 $\pm$ 0,05                              | 19,0           | Autocorrelação  | 4,1     | 9,3           | 5,0          | 8,4    |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 4,2     | 9,3           |              | 8,5    |
|                   | Inferior        | 0,18 $\pm$ 0,05                              | 26,7           | Autocorrelação  | 4,9     | 11,0          | 6,0          | 10,8   |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 5,1     | 12,0          |              | 12,1   |
| <sup>1</sup> Solo | 10,67 $\pm$ 2,7 | 25,3   | Autocorrelação | 5,0             | 11,3    | 5,0           | 11,3         |        |
|                   |                 |  | Exponencial    | 5,1             | 11,3    |               | 11,4         |        |
| Fina              | Superior        | 0,16 $\pm$ 0,05                              | 29,1           | Autocorrelação  | 5,5     | 12,3          | 6,0          | 11,8   |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 5,6     | 12,5          |              | 12,2   |
|                   | Médio           | 0,21 $\pm$ 0,06                              | 28,0           | Autocorrelação  | 5,4     | 12,0          | 6,0          | 11,4   |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 5,4     | 12,1          |              | 11,4   |
|                   | Inferior        | 0,47 $\pm$ 0,26                              | 54,9           | Autocorrelação  | 8,1     | 18,2          | 9,0          | 17,3   |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 8,4     | 18,8          |              | 18,2   |
|                   | Solo            | 8,55 $\pm$ 1,56                              | 18,2           | Autocorrelação  | 3,9     | 8,7           | 4,0          | 8,6    |
|                   |                 |  |                | Exponencial     | 4,0     | 9,09          |              | 9,1    |

<sup>1</sup> $n_0$ : tamanho ótimo de amostra em número de conjuntos de 2 folhas ou em número de placas de Petri, para deposição de calda em folha ou no solo respectivamente;  $\bar{y}$ : média; s: desvio padrão;  $CV_{no}$ : coeficiente de variação no tamanho ótimo e CV: coeficiente de variação; IC: intervalo de confiança.

Diferente das outras culturas, a deposição de calda nas folhas da soja teve um comportamento similar na aplicação com as duas classes de gota, obtendo-se estimativas maiores de deposição no terço superior comparado com o inferior, nas duas classes essa deposição foi muito similar (0,89 e 0,98) (Tabela 6). O escorrimento para o solo na aplicação com gota fina foi próximo a duas vezes à obtida com a aplicação com gotas grossas (21,56 e 10,02), porém a variabilidade foi muito próxima entre as duas classes de gota (28,1 e 32,8%).

Para as duas classes de gota de amostras tomadas nos terços superior e inferior da folha de soja a exigência de tamanho ótimo amostral foi de cerca de quatro conjuntos de folhas (entre 3,3 e 4,6) com variabilidades entre 7,3 e 10,2%; exceção a classe de gota fina no terço inferior como inicialmente relatado. Diferente do café e do milho, o tamanho

ótimo estimado de soja para escorrimento no solo tendeu a ser superior (entre 4,9 e 6,0) em relação aos tamanhos ótimos estimados para deposição de calda (entre 3,3 e 4,6).

Tabela 6 – Tamanho ótimo de amostra para deposição de calda na folha e escorrimento para o solo para classes de gota e terços do dossel da soja.

| Classe de Gota | Dossel/ Solo | Dados originais                              |        | Dados do modelo |         |                      | Recomendação |        |
|----------------|--------------|--|--------|-----------------|---------|----------------------|--------------|--------|
|                |              | $\bar{y} \pm s$<br>( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | CV (%) | Modelo          | $^1n_0$ | CV <sub>no</sub> (%) | $n_0$        | CV (%) |
| Grossa         | Superior     | $0,89 \pm 0,13$                              | 14,2   | Autocorrelação  | 3,3     | 7,3                  | 4,0          | 6,6    |
|                |              |  |        | Exponencial     | 3,4     | 7,7                  |              | 7,1    |
|                | Inferior     | $0,60 \pm 0,10$                              | 16,9   | Autocorrelação  | 3,6     | 8,0                  | 4,0          | 7,6    |
|                |              |  |        | Exponencial     | 3,9     | 8,6                  |              | 8,5    |
|                | Solo         | $10,02 \pm 3,29$                             | 32,8   | Autocorrelação  | 5,8     | 12,9                 | 6,0          | 12,7   |
|                |              |  |        | Exponencial     | 6       | 13,5                 |              | 13,4   |
| Fina           | Superior     | $0,98 \pm 0,14$                              | 14,6   | Autocorrelação  | 3,5     | 7,8                  | 4,0          | 7,3    |
|                |              |  |        | Exponencial     | 3,5     | 7,8                  |              | 7,3    |
|                | Inferior     | $0,54 \pm 0,12$                              | 21,9   | Autocorrelação  | 4,5     | 10,0                 | 5,0          | 9,4    |
|                |              |  |        | Exponencial     | 4,6     | 10,2                 |              | 9,8    |
|                | Solo         | $21,56 \pm 6,06$                             | 28,1   | Autocorrelação  | 4,9     | 10,9                 | 6,0          | 9,8    |
|                |              |  |        | Exponencial     | 5,4     | 12,1                 |              | 11,5   |

<sup>1</sup> $n_0$ : tamanho ótimo de amostra em número de conjuntos de 2 folhas ou em número de placas de Petri, para deposição de calda em folha ou no solo respectivamente;  $\bar{y}$ : média; s: desvio padrão; CV<sub>no</sub>: coeficiente de variação no tamanho ótimo e CV: coeficiente de variação; IC: intervalo de confiança.

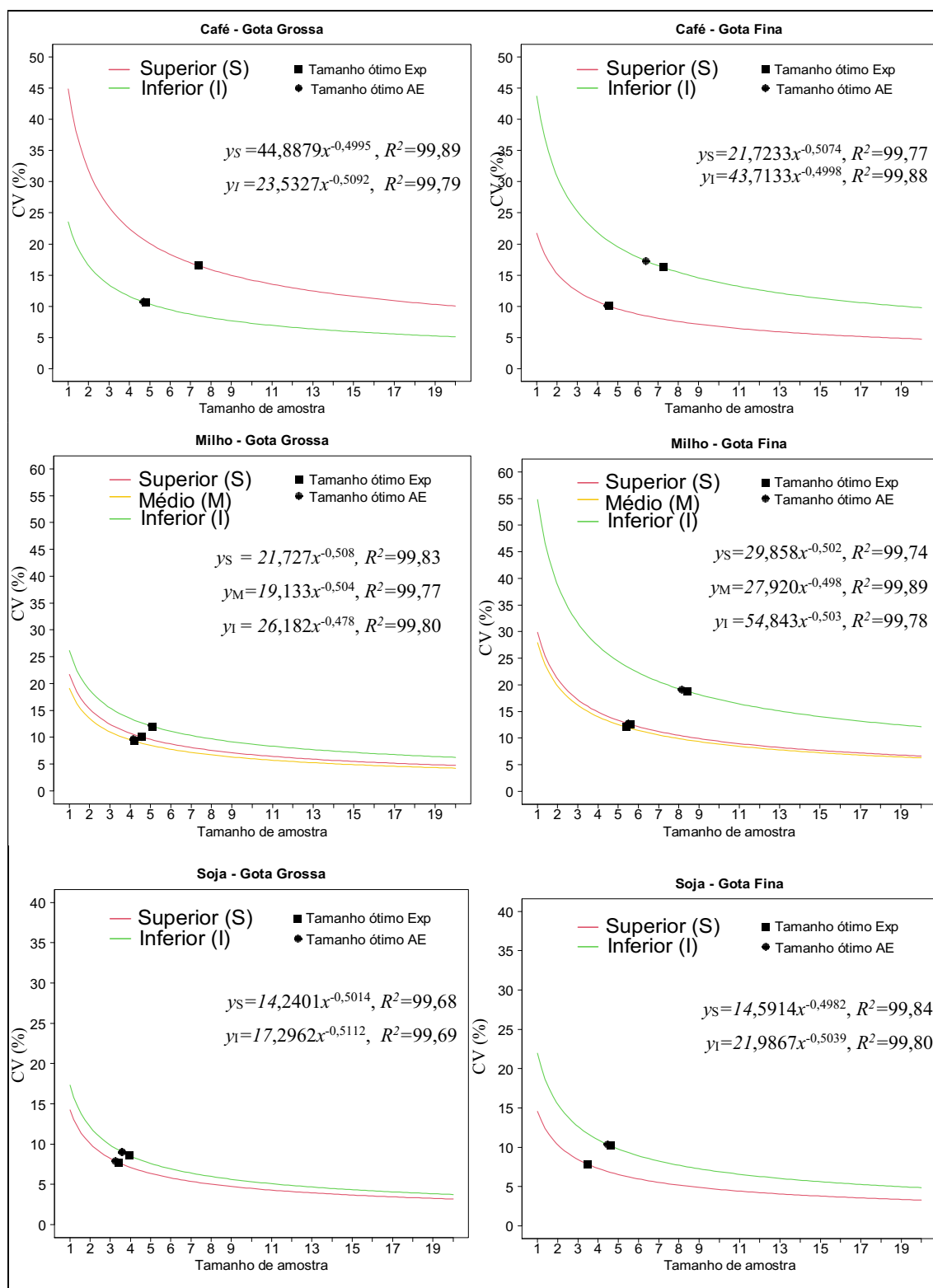
O modelo exponencial de dois parâmetros teve um bom ajuste, com um coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) calculado acima de 99% para as três culturas, nas duas classes de gotas e em todos os terços do dossel da planta avaliados (Figura 7) e no escorrimento para o solo (Figura 8). De maneira geral, a classe de gota fina para amostras retiradas do terço inferior das plantas de café, milho e soja exigiram os maiores tamanhos ótimos de conjunto de folhas de café (6,4 e 7,3 conjuntos; Tabela 4, Figura 7a), milho (8,1 e 8,4 conjuntos; Tabela 5, Figura 7b) e soja (4,5 e 4,6 conjuntos; Tabela 6, Figura 7c) nesses também foram encontradas as maiores variabilidades na deposição da calda com coeficientes de variação (CV<sub>no</sub>) próximos de 44, 55 e 22 % respectivamente.

Ao analisar deposição e tamanho de amostra, não houve relação direta entre a quantidade de calda depositada nas folhas ou escorrida para o solo em relação ao tamanho ótimo, mesmo porque não há como estabelecer um valor de referência em função da multiplicidade de fatores envolvidos. No entanto, como as quantidades de calda perdidas

para o solo foram maiores (médias acima de  $8,55 \mu\text{g cm}^{-2}$ ), os CVs quando não se igualaram foram menores em relação aos obtidos nas quantidades depositadas nas folhas. Como consequência, a exigência amostral para escorrimento no solo tendeu a ser menor que a exigência amostral para deposição na folha, ainda que as duas grandezas sejam tecnicamente distintas.

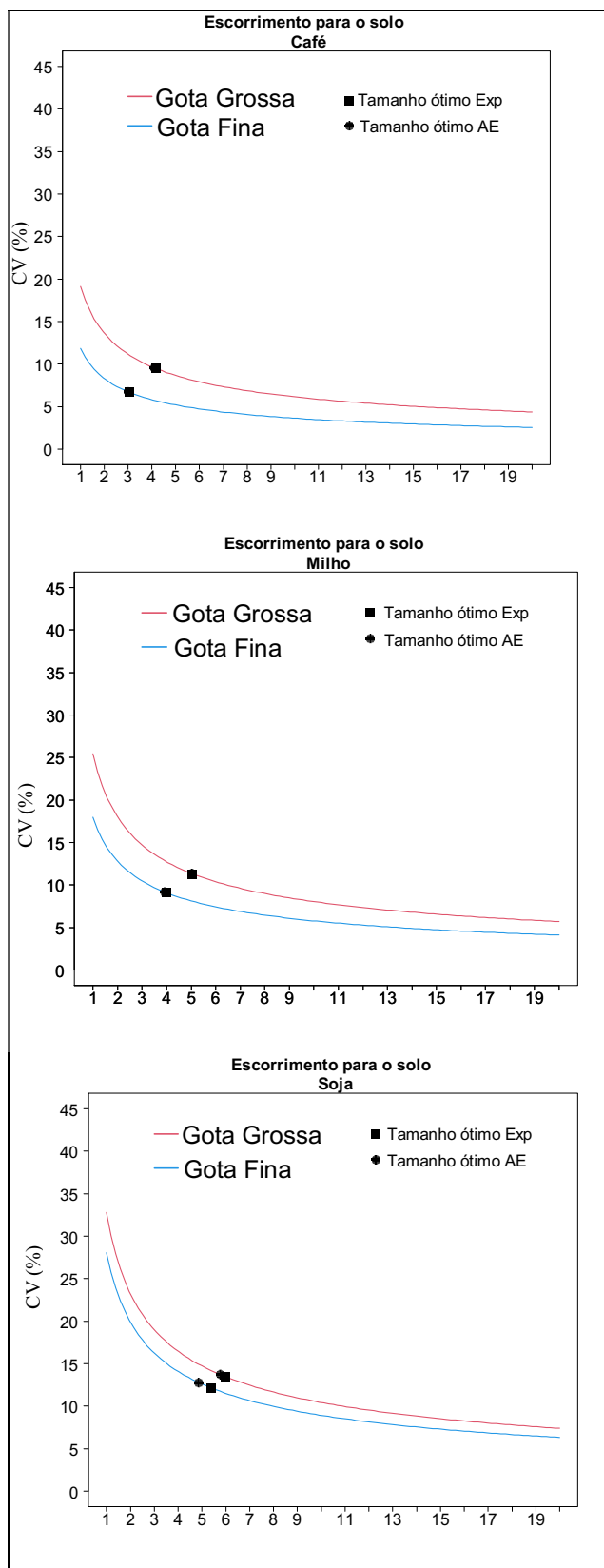
A recomendação de amostragem nas três culturas corresponde ao número inteiro imediato superior calculado para cada modelo. O coeficiente de variação no tamanho de amostra recomendado decresce apenas em décimas percentuais. Para facilitar a logística em posteriores experimentos a campo para avaliações de deposição de calda e escorrimento para solo, podem ser utilizados tamanho de amostra superiores aos recomendados, visando coletar uma mesma quantidade de amostra em todos os terços da planta, porém o ganho em precisão experimental não será significativo para as características de menor exigência amostra. Contudo, deve-se considerar que não é recomendável utilizar o menor tamanho de amostra devido a que um menor tamanho não terá a precisão estatística desejada.

Figura 7 – Coeficientes de variação (CV) em função do tamanho de amostra ótimo para deposição de calda nas folhas de três culturas em duas classes de gota e nos dois modelos estatísticos avaliados.



Tamanho de amostra em conjuntos de folhas (10 para o café e soja, duas para o milho); Parâmetros  $a$  e  $b$  significativos ( $p < 0,001$ ) em todas as regressões; Exp: modelo exponencial; AE: modelo de autocorrelação espacial.

Figura 8 – Coeficientes de variação (CV) em função do tamanho de amostra ótimo para escorrimento o solo em três culturas em duas classes de gota e nos dois modelos estatísticos avaliados.



Tamanho de amostra em número de placas de Petri; Parâmetros  $a$  e  $b$  significativos ( $p < 0,001$ ) em todas as regressões; Exp: modelo exponencial; AE: modelo de autocorrelação espacial.

#### 4 DISCUSSÃO

O porte das culturas, especialmente seu dossel, e a classe de gotas influenciaram as estimativas de tamanho da unidade básica e tamanho de amostra ótimo para ensaios de deposição de calda em folha e escorrimento no solo. Para deposição em folha, valores relativamente baixos de deposição de calda, acompanhados de coeficientes de variação altos, exigiram maiores valores de tamanho ótimo, assim como deposições de calda relativamente altas com variabilidade baixa demandaram menor tamanho de amostra. Como esperado, alvos mais difíceis de atingir apresentaram maior variabilidade, como o terço inferior nas culturas de milho e soja, e terço superior no café, principalmente quando aplicados com classe de gota grossa.

A estimativa do tamanho ótimo de amostra é dependente do tamanho da unidade básica e da variabilidade entre elas, devendo ser o do menor tamanho possível para não superestimar o tamanho de amostra (OLIVEIRA et al., 2005; STORCK et al., 2006; CARGNELUTTI et al., 2016a, 2016b; FACCO et al., 2017). No caso da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, a estimação da unidade básica (número de folhas por conjunto) depende da eficiência na deposição de calda e da capacidade de retenção nas folhas. Folhas de menor área têm capacidade de reter maior quantidade de calda com menor variabilidade (SILVA; LEITE; FERREIRA, 2008). No presente estudo, a faixa de uma a cinco folhas nas culturas de café e soja apresentou maiores CV. Estima-se que essas variabilidades sejam parcialmente decorrentes dos diferentes tamanhos de folhas, que ao estarem em menor quantidade, influíram na quantidade de traçador retido. Na cultura do milho a maior área concentrada em uma única folha e a própria estrutura da planta facilitam parcialmente a deposição obtendo baixa variabilidade, mesmo com poucas folhas por conjunto, desde que empregada uma quantidade suficiente de solução para extrair o traçador.

A deposição de calda é influenciada, além da tecnologia de aplicação empregada e das condições meteorológicas, pela arquitetura da planta e profundidade do alvo (CUNHA; NASCIMENTO, 2013; TERRA et al., 2014; RINCÓN et al., 2020). Os experimentos de tecnologia de aplicação estão muito ligados ao equipamento e, este por sua vez, à arquitetura da planta e ao alvo. Assim, em culturas como milho e soja, utilizam-se principalmente equipamentos de barra onde a aplicação é perpendicular ao solo e o alvo mais difícil de atingir situa-se no terço inferior da planta. Em culturas arbóreas como café empregam-se pulverizadores (hidropneumáticos) com ângulos entre 0° até 80°

aproximadamente com referência ao solo, dependendo da altura da planta e do equipamento. Nesse último caso, o alvo mais difícil de atingir encontra-se, em geral, na parte superior da planta e na região interna. As duas situações descritas ocasionaram altas variabilidades demandando maior quantidade de folhas por unidade básica.

A similitude de deposição com gota fina e grossa na soja, independente da classe de gota, possivelmente ocorreu devido a pequena densidade foliar e o baixo volume vegetativo refletido no IAF de 2,2. Com gota grossa, a tendência foi ter maiores variabilidades, mesmo frente a médias similares, fato que se explica com a maior amplitude relativa e menor cobertura encontradas ao caracterizar o espectro de gotas deste estudo. É possível que com o aumento do IAF, subsequente do desenvolvimento da cultura, seja mais difícil chegar ao estrato inferior da soja (CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016; CHECHI et al., 2020).

Embora uma relação inversa tem sido estabelecida entre a deposição de calda e o CV (MUSIU; QI; WU, 2019), possivelmente é mais influente a relação entre a tecnologia de aplicação utilizada e a posição do alvo na variabilidade da deposição, e por sua vez, no tamanho ótimo de amostra. Assim, pode ter deposição menor com maior variabilidade e provocar maior tamanho de amostra, ou pode ter deposições similares entre os terços da planta, porém variabilidades altas nos alvos mais difíceis de atingir. Nesses alvos, as gotas grossas apresentam menor performance quando avaliada a uniformidade de deposição, aumentando com isso a exigência de amostragem.

As maiores variabilidades (CV entre 45% a 55%) provocaram estabilização da curva com maiores tamanhos de amostras (8 a 9 conjuntos de folhas). Outros autores relacionaram o efeito da alta variabilidade inicial ao início da curva de regressão (coeficiente a) e a heterogeneidade das amostras (coeficiente b) (OLIVEIRA et al., 2006; SOUSA et al., 2015; FARIA et al., 2020).

Os baixos coeficientes de autocorrelação espacial (-0,003 até 0,578) foram reflexo da independência entre parcelas garantida com a casualização do experimento com base no delineamento experimental. Ao não ter efeito de dependência espacial entre as amostras os dois modelos estatísticos resultaram em similar tamanho de amostra.

Devido à inúmera quantidade de combinações de parâmetros que pode ser empregada na hora da aplicação, uma relação entre esses parâmetros e a deposição de calda para as diferentes culturas e nos diferentes estratos do dossel não pode ser definida derivando em resultados diferentes inclusive na mesma cultura (CUNHA; SILVA



JÚNIOR, 2010; PENNEY et al., 2021). Isso decorre principalmente das heterogeneidades próprias dos trabalhos a campo (RODRÍGUEZ et al., 2018; CARGNELUTTI FILHO et al., 2018).

Embora utilizar o número máximo de amostragem possa garantir certa segurança estatística, uma sobreamostragem pode ocasionar perda de recursos e dependendo do tamanho do experimento e do tipo de material experimental inviabilidade das amostras. Além disso, quanto menor o efeito dos tratamentos sobre as variáveis dependentes, maior deverá ser o tamanho de amostra (SHEPPARD, 1999; CARGNELUTTI FILHO et al., 2014b).

Nesse contexto, o intuito deste trabalho não foi procurar uma configuração dos parâmetros envolvidos da eficiência da deposição, nem mesmo avaliar a deposição como tal, porém estudar as diferentes variabilidades em função de classes de gotas diferentes, culturas com diferenças quanto a estrutura, arquitetura e equipamentos utilizados. Diante disso, os tamanhos de amostra ótimos reportados podem ser utilizados como referências em outros delineamentos experimentais na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

## 5 CONCLUSÕES

A unidade básica experimental para as culturas do café e da soja com menor variabilidade foi de 10 folhas por conjunto e 100 mL de solução para extrair o traçador aplicado. Para o milho, 2 folhas por conjunto e 200 mL de solução extratora.

A deposição de calda nos alvos é dependente da arquitetura da planta, posição de coleta e classe de gotas empregada na pulverização. Alvos de difícil acesso ou com alta variabilidade nos depósitos exigirão maior tamanho de amostra.

O tamanho ótimo de amostra foi definido para cada cultura, classe de gota e terço do perfil da planta, sendo para o café entre cinco e oito conjuntos de 10 folhas para deposição de calda, e quatro a cinco placas de Petri para perdas para o solo.

No milho o tamanho de amostra foi definido em cinco conjuntos de folhas para aplicações com gota grossa e seis conjuntos de duas folhas para aplicações com gota fina, nesta última classe de gota excetua-se o terço inferior onde o requerimento de amostragem foi definido em nove conjuntos de duas folhas. Para escorrimento para o solo foi definido um tamanho de amostra entre quatro e cinco placas de Petri.

Na cultura da soja o tamanho ótimo de amostra foi definido em quatro conjuntos de 10 folhas para as duas classes de gota e terços superior e inferior do perfil, excetuando o terço inferior em aplicações com gota fina onde o tamanho de amostra aumenta para cinco conjuntos. Para escorrimento para o solo nesta cultura, o requerimento de amostragem foi definido em seis placas de Petri.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, S. M. F.; SERAPHIN, J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 105–111, 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000200002.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação Culturas Anuais**. 2. ed. Botucatu/SP: FEPAF, 2019.
- ASSUNÇÃO, H. H. T.; CAMPOS, S. F. B.; SOUSA, L. A.; LEMES, E. M.; ZANDONADI, C. H. S.; CUNHA, J. P. A. R. Da. Electrostatic spraying effect on spray deposition and powdery mildew control in soybean. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 6, p. 721–728, 2019. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n6p721-728/2019.
- BELMONTE, C.; VASCONCELOS, E. S.; STRENSKE, A.; LORENZETTI, E. Plot size under field conditions to determine soybean agronomic characteristics. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 19, n. 1, p. 83-88, 2020. DOI: 10.18188/sap.v19i3.23332.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O.; FACCO, G.; Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1732–1739, 2014 a. DOI: 10.1590/0103-8478cr20131466.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 610–618, 2016 a. DOI: 10.1590/0103-8478cr20150756.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; BANDEIRA, C. T.; CHAVES, G. G.; KLEINPAUL, J. A.; PEZZINI, R. V.; NEU, I. M. M.; PROCEDI, A.; THOMASI, R. M. Plot size and number of replications in Sudan grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 783, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n3p783.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; EVANGELISTA, D. H. R.; GONÇALVES, E. C. P.; STORCK, L. Tamanho de amostra de caracteres de genótipos de soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 983–991, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000016.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; GONÇALVES, E. C. P. Estimativa do número de repetições para a avaliação de caracteres de produtividade e de morfologia em genótipos de soja. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 1, p. 25–33, 2011. DOI: 10.14295/cs.v2i1.81.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; TOEBE, M.; ALVES, B. M. Tamanho de unidades experimentais básicas e tamanho ótimo de parcelas para nabo-forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 309–319, 2016 b. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000400003.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; TOEBE, M.; BURIN, C.; ALVES, B. M.; FACCO, G.; NEU, I. M. M. Precisão experimental relacionada a tamanhos de parcelas, números de tratamentos e repetições em nabo forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 428–439, 2014 b. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000700007
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O.; FACCO, G.; NEU, I. M. M. Dimensionamento amostral para avaliar caracteres

morfológicos e produtivos de aveia preta em épocas de avaliação. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 9–13, 2015. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140504.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M. Reference sample size for multiple regression in corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, n. 1, p. 1-11, 2020. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01400.

CARGNELUTTI FILHO, A.; LAVEZO, A.; BEM, C. M.; CARINI, F.; SCHABARUM, D. E.; BANDEIRA, C. T.; KLEINPAUL, J. A.; WARTHA, C. A.; SILVEIRA, D. L.; PEZZINI, R. V.; THOMASI, R. M.; SIMÕES, F. M.; NEU, I. M. M. Plot size related to numbers of treatments and replications, and experimental precision in dwarf pigeon pea. **Bragantia**, v. 77, n. 2, p. 212–220, 2018. DOI: 10.1590/1678-4499.2017085.

CATAPATTI, T. R.; GONÇALVES, M. C.; SILVA NETO, M. R.; SOBROZA, R. Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 855–862, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000300023.

CHECHI, A.; ROEHRIG, R.; PITON, B.; RIBEIRO DA LUZ, M.; DEUNER, C. C.; FORCELINI, C. A.; BOLLER, W. The combined use of spray volumes and droplet sizes in the chemical control of Asian soybean rust in cultivars with different leaf area indices. **Crop Protection**, v. 136, n. 1, p. 1-7, 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105212

CIPRIANO, P. E.; COGO, F. D.; CAMPOS, K. A.; ALMEIDA, S. L. S.; MORAIS, A. R. Suficiência amostral para mudas de cafeeiro cv. Rubi. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 1, p. 61-66, 2012. DOI: 10.18406/2316-1817v4n12012375.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA JÚNIOR, A. D. Volumes de calda e pontas de pulverização no controle químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do sorgo forrageiro. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 692–699, 2010. DOI: 10.1590/S0100-69162010000400013.

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 761–768, 2016. DOI: 10.1590/0034-737x201663060003.

CUNHA, J. P. A. R.; NASCIMENTO, A. P. C. Aerial, ground and chemigation spray deposition on corn for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 2, p. 123–129, 2013. DOI: 10.1590/S1413-70542013000200002.

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, S. O. E.; CECON, P. R.; SILVA, J. A.; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 957–969, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000800003.

FACCO, G.; ALBERTO, C. F.; BRUNA, M. A.; ANDRÉ, L.; DIEGO, N. F.; CLÁUDIA, M. B.; DENISON, E. S.; JÉSSICA, A. K.; GABRIELA, G. C.; DANIELA, L. S.; FERNANDA, M. S.; DANIELA, B. U.; CLEITON, A. W. Basic experimental

unit and plot sizes with the method of maximum curvature of the coefficient of variation in sunn hemp. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 6, p. 415–423, 2017. DOI: 10.5897/AJAR2016.11814.

FARIA, G. A.; LOPES, B. G.; PEIXOTO, A. P. B.; FERREIRA, A. F. A.; MALTONI, K. L.; PIGARI, L. B. Experimental plot size of passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2020. DOI: 10.1590/0100-29452020125.

GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R. Spray deposition and chemical control of the coffee leaf-miner with different spray nozzles and auxiliary boom. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 4, p. 656–663, 2016. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n4p656-663/2016.

GUARÇONI, R. C.; ALIXANDRE, F. T.; SOUSA, D. G.; PEREIRA, L. L.; BRIOSCHI JUNIOR, D.; SOUSA, L. H. B. P.; FAVARATO, L. F.; MARCATE, J. P. P. Plot size for evaluation of agronomic and sensorial characteristics of arabica coffee. **Revista Brasileira De Biometria**, v. 38, n. 1, p. 57-68, 2020. DOI: 10.28951/rbb.v38i1.426.

GUARÇONI, R. C.; SOUZA, J. L.; FAVARATO, L. F.; ANGELETTI, M. P.; BAHIENSE, D. V. Determinação do tamanho ótimo de parcela experimental para experimentos com repolho utilizando simulação e métodos de estimação. **Revista Científica Intelletto**, v. 2, n. 2, p. 45-53, 2017. DOI: 10.17648/intelletto-2525-9075-v2-n2-09.

HUMADA GONZÁLEZ, G. G.; MORAIS, A. R.; CABALLERO MENDOZA, C. A.; BORTOLINI, J. Estimación del tamaño óptimo de parcela en experimentación con batata dulce. **Agrociencia Uruguay**, v. 22, n. 2, p. 7-12, 2018. DOI: 10.31285/AGRO.22.2.2.

KOZAK, M.; BOCIANOWSKI, J.; RYBINSKI, W. Note on the use of coefficient of variation for data from agricultural factorial experiments. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 19, n. 4, p. 644–646, 2013.

KRYSCZUN, D. K.; LÚCIO, A. D.; SARI, B. G.; DIEL, M. I.; OLIVOTO, T.; SANTANA, C. S.; UBESSI, C.; SCHABARUM, D. E. Sample size, plot size and number of replications for trials with *Solanum melongena* L. **Scientia Horticulturae**, v. 233, n. 1, p. 220–224, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.01.044.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum Plot Size and Relative Efficiency of Lattice Designs for Grain Sorghum Yield Tests. **Crop Science**, v. 3, n. 6, p. 477–481, 1963. DOI: 10.2135/cropsci1963.0011183X000300060006x.

LOHMOR, N.; KHAN, M.; KAPOOR, K.; BISHNOI, S. Estimation of Optimum Plot Size and Shape from a Uniformity Trial for Field Experiment with Sunflower (*Helianthus annuus*) Crop in Soil of Hisar. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 15, n. 5, p. 1–5, 2017. DOI: 10.9734/IJPSS/2017/31613.

LORENTZ, L. H.; ERICHSEN, R.; LÚCIO, A. D. Proposta de método para estimação de tamanho de parcela para culturas agrícolas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 6, p. 772–780, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000600006.

LORENZO, J. C.; YABOR, L.; MEDINA, N.; QUINTANA, N.; WELLS, V. Coefficient of Variation Can Identify the Most Important Effects of Experimental Treatments. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 43, n. 1, p. 287–291, 2015. DOI: 10.15835/nbha4319881.

LÚCIO, A. D.; BENZ, V. Accuracy in the estimates of zucchini production related to the plot size and number of harvests. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, p. 2-5, 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160078

LÚCIO, A. D.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; SCHWERTNER, D. V.; BRUNES, R. R. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 660–668, 2012. DOI: 10.1590/S0102-05362012000400016.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of Optimum Field Plot Shape and Size for Testing Yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, v. 11, n. 5, p. 648–650, 1971. DOI: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100050013x.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2017.

MUSIU, E. M.; QI, L.; WU, Y. Spray deposition and distribution on the targets and losses to the ground as affected by application volume rate, airflow rate and target position. **Crop Protection**, v. 116, n. 1, p. 170–180, 2019. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.10.019.

OLIVEIRA, S. J. R.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; FEIJÓ, S.; DAMO, H. P. Plot size and experimental unit relationship in exploratory experiments. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 6, p. 585–589, 2005. DOI: 10.1590/S0103-90162005000600012.

OLIVEIRA, S. J. R.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J.; MARTINI, L. F. D. Índice de heterogeneidade, coeficiente de variação e tamanho ótimo de parcela em batata. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1710–1716, 2006. DOI: 10.1590/S0103-84782006000600007.

PARANAÍBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 2, p. 255–268, 2009.

PENNEY, A. J.; KANDEL, Y. R.; VIGGERS, J. N.; ROBERTSON, A. E.; MUELLER, D. S. Comparison of aerial and ground sprayer fungicide application technologies on canopy coverage, disease severity, lodging, and yield of corn. **Crop Protection**, v. 139, p. 1-10, 2021. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105393.

PEREIRA, A. S.; SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F. Minimum plot size to evaluate potato tuber yield traits. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 604–608, 2017. DOI: 10.1590/s0102-05362017042020.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing: reference index**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 30 out. 2020.

RINCÓN, V. J.; GRELLA, M.; MARUCCO, P.; ALCATRÃO, L. E.; SANCHEZ-HERMOSILLA, J.; BALSARI, P. Spray performance assessment of a remote-controlled vehicle prototype for pesticide application in greenhouse tomato crops. **Science of The Total Environment**, v. 726, n. 1, p. 1-13, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138509.

RODRÍGUEZ, R. A.; NOGUEIRA, C.; ROSALES, R.; DA SILVA, P.; CAMILO, H. de M. Tamanho ótimo de parcela y número de repeticiones para evaluar el rendimiento de boniato con mulch y suelo descubierto. **Agrociencia Uruguay**, v. 22, n. 1, p. 90-97, 2018. DOI: 10.31285/AGRO.22.1.9.

SANTOS, G. O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; FACCO, G.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J. A.; NEU, I. M. M.; STEFANELLO, R. B. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 44–52, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478cr20150124.

SHEPPARD, C. R. C. How Large should my Sample be? Some Quick Guides to Sample Size and the Power of Tests. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 6, p. 439–447, 1999. DOI: 10.1016/S0025-326X(99)00048-X.

SILVA, A. R.; CECON, P. R.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. Avaliação do coeficiente de variação experimental para caracteres de frutos de pimenteiras. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 168–171, 2011. DOI: 10.1590/S0034-737X2011000200006.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 66 – 73, 2008.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **The Journal of Agricultural Science**, v. 28, n. 1, p. 1–23, 1938. DOI: 10.1017/S0021859600050516.

SOUSA, R. P.; SILVA, P. S. L. E.; ASSIS, J. P.; SILVA, J.; OLIVEIRA, V. R.; OLIVEIRA, A. M. P. Tamanho ótimo de parcela para avaliação do rendimento de grãos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21–26, 2015. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p21-26.

STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Método de Papadakis e número de repetições em experimentos de soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 977–9820, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000027.

STORCK, L.; LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Optimum plot size and number of replications related to selective precision. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 390–396, 2011. DOI: 10.1590/S0103-84782011000300005.

STORCK, L.; MARTIN, T. N.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J.; SANTOS, P. M.; CARVALHO, M. P. Tamanho Ótimo de Parcela em Experimentos com Milho

Relacionado a Metodologias. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 1, p. 48–57, 2006. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v5n1p48-57.

STORCK, L.; SACCOL, A. V.; SCHNEIDER, F. M. Comparação de métodos de estimativa do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho de parcela em experimento com soja. **Revista Centro de Ciências Rurais**, v. 12 n. 3, p. 189 – 202. 1982.

TAVELLA, L. B.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, V. R.; FERNANDES, P. L. O.; SOUSA, R. P. Weed control in corn and weed sample size for growth evaluations. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 51–59, 2014. DOI: 10.1590/S0100-83582014000100006.

TERRA, M. A.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; MARCHI, S. R. Avaliação de pontas e taxas de aplicação na deposição de calda no milho e em plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1661-1670, 2014.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; CASAROTTO, G.; HAESBAERT, F. M. Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 860–871, 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014001100005.

VARGAS ROJAS, J. C.; NAVARRO FLORES, J. R. Determinación del tamaño y la forma de unidad experimental, con el método de curvatura máxima, para ensayos de rendimiento de maíz (*Zea mays*), Guanacaste, Costa Rica. **UNED Research Journal**, v. 9, n. 1, p. 135–144, 2017. DOI: 10.22458/urj.v9i1.1689.



**Apêndice A – Análise de variância entre classes de grupos de folhas e volume de solução extratora nas culturas de café, milho e soja.**

Tabela 7 – Resumo da análise de variância (teste  $F$ ) para a quantidade de traçador extraído de folhas de cafeeiro, em função do volume da solução extratora (fixo, variável) e das faixas de número de folhas.

| FV         | Gota Grossa        |                    | Gota Fina          |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Superior           | Inferior           | Superior           | Inferior           |
| Volume (V) | 1,55 <sup>ns</sup> | 1,14 <sup>ns</sup> | 11,77*             | 16,89**            |
| Faixas (F) | 5,38*              | 2,78 <sup>ns</sup> | 2,95 <sup>ns</sup> | 1,68 <sup>ns</sup> |
| V x F      | 1,08 <sup>ns</sup> | 4,06*              | 1,55 <sup>ns</sup> | 2,56 <sup>ns</sup> |

\*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,001$ ); <sup>ns</sup>: não significativo

Tabela 8 – Resumo da análise de variância (teste  $F$ ) para a quantidade de traçador extraído de folhas do milho, em função do volume da solução extratora (fixo, variável) e das faixas de número de folhas.

| FV         | Gota Grossa        |                    |                    | Gota Fina          |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Superior           | Médio              | Inferior           | Superior           | Médio              | Inferior           |
| Volume (V) | 0,4 <sup>ns</sup>  | 7,07*              | 0,27 <sup>ns</sup> | 0,38 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> |
| Faixa (F)  | 3,11*              | 1,13 <sup>ns</sup> | 4,52*              | 3,79*              | 1,72 <sup>ns</sup> | 3,76*              |
| V x F      | 0,85 <sup>ns</sup> | 0,73 <sup>ns</sup> | 1,47 <sup>ns</sup> | 1,03 <sup>ns</sup> | 1,22 <sup>ns</sup> | 0,81 <sup>ns</sup> |

\*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,001$ ); <sup>ns</sup>: não significativo

Tabela 9 – Resumo da análise de variância (teste  $F$ ) para a quantidade de traçador extraído de folhas da soja, em função do volume da solução extratora (fixo, variável) e das faixas de número de folhas.

| FV         | Gota Grossa        |                    | Gota Fina          |                |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
|            | Terço Superior     | Terço Inferior     | Terço Superior     | Terço Inferior |
| Volume (V) | 0,58 <sup>ns</sup> | 3,11 <sup>ns</sup> | 0,41 <sup>ns</sup> | 5,34*          |
| Faixa (F)  | 4,13*              | 6,5*               | 1,44 <sup>ns</sup> | 10,36**        |
| V x F      | 0,77 <sup>ns</sup> | 2,58 <sup>ns</sup> | 0,63 <sup>ns</sup> | 10,03**        |

\*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,001$ ); <sup>ns</sup>: não significativo

**Apêndice B – Coeficiente autocorrelação espacial nas três culturas.**

Tabela 10 – Coeficiente de autocorrelação espacial ( $\rho$ ) nas culturas de Milho, Café e Soja.

| Classe de Gota | Terço /<br>Solo | $\rho$ |        |        |
|----------------|-----------------|--------|--------|--------|
|                |                 | Café   | Milho  | Soja   |
| Grossa         | Superior        | -0.008 | -0,003 | -0,378 |
|                | Médio           | ---    | -0,088 | ---    |
|                | Inferior        | 0,181  | 0,422  | -0,434 |
|                | Solo            | 0,315  | 0,079  | -0,320 |
| Fina           | Superior        | 0,207  | 0,117  | 0,005  |
|                | Médio           | ---    | -0,051 | ---    |
|                | Inferior        | 0,578  | 0,320  | -0,274 |
|                | Solo            | -0,164 | -0,318 | 0,520  |

### **CAPITULO III**

#### **ANÁLISE MULTIVARIADA NA DEPOSIÇÃO DE CALDA EM APLICAÇÕES TERRESTRES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

## ANÁLISE MULTIVARIADA NA DEPOSIÇÃO DE CALDA EM APLICAÇÕES TERRESTRES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

### RESUMO

Diversos são os fatores que afetam a qualidade da aplicação de produtos fitossanitários. Frequentemente parâmetros como taxa de aplicação, tamanho de gota, uso de adjuvantes, pressão e velocidade de trabalho entre outros são combinados dependendo das condições no momento da aplicação. Muitas pesquisas apontam diferentes visões sobre a importância de cada fator avaliando diferentes variáveis, contudo sem analisar os efeitos desses fatores de forma conjunta. Objetivou-se neste trabalho estudar a magnitude dos efeitos e a ordem de influência da classe de gotas, da taxa de aplicação e do uso de adjuvantes na qualidade da aplicação terrestre de produtos fitossanitários, nas culturas do café, milho e soja, assim como a relação das variáveis com esses fatores. Em cada cultura foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 3$ , com duas classes de tamanho de gotas (fina e grossa), duas taxas de aplicação ( $250$  e  $400 \text{ L ha}^{-1}$  na cultura do café e  $80$  e  $150 \text{ L ha}^{-1}$  nas culturas de milho e soja) e uso de adjuvantes (dois tratamentos com e um sem aplicação). Os adjuvantes utilizados no ensaio do cafeeiro foram um multifuncional sintético (Fighter<sup>®</sup>) e outro a base de éster metílico de óleo de soja (Aureo<sup>®</sup>), os adjuvantes usados nos ensaios de soja e milho foram dois óleos minerais (Nimbus<sup>®</sup> e Assist<sup>®</sup>). Adicionou-se à calda o traçador azul brilhante, detectado posteriormente por espectrofotometria. Foi avaliado para caracterização da qualidade de aplicação, deposição de calda nas folhas dos terços superior, médio e inferior na soja e milho, no café adicionaram-se também as regiões interior e exterior, escorrimento para o solo com placas de Petri e área de cobertura, densidade de gotas, amplitude relativa e diâmetro da mediana volumétrica em papéis hidrossensíveis. De posse dos resultados foram detectados dados discrepantes empregando a distância de Mahalanobis ( $D^2$ ), na sequência foram realizados a correlação de Pearson, teste de pressupostos de esfericidade de Bartlett, teste de adequação da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin e normalidade multivariada. Em seguida foi realizada a análise de variância multivariada, posterior a análise univariada, e calculadas as estimativas de tamanho do efeito com o teste de traço de Pillai e a estatística de eta quadrada ( $\eta^2$ ). Foram realizadas também análises de agrupamentos e de componentes principais. Verificou-se que classe de gotas é o fator mais influente na qualidade de aplicação de produtos fitossanitários nas três culturas. O segundo fator dependerá da variável analisada, quando a avaliação for focada em deposição de calda nas folhas o segundo fator será o uso de adjuvantes e a interação entre taxa de aplicação e uso de adjuvantes. Quando a avaliação for focada em cobertura e densidade de gotas o segundo fator será a taxa de aplicação empregada.

**PALAVRAS- CHAVE:** Taxa de aplicação, Tamanho de gota, Adjuvantes, *Coffea arabica*, *Zea mays*, *Glycine max*, MANOVA, Eta quadrado, ACP, Cluster.

## MULTIVARIATE ANALYSIS APPLIED TO THE SPRAY DEPOSITION IN GROUND APPLICATION TECHNOLOGY OF PESTICIDES

### ABSTRACT

Several factors affect the quality of pesticide applications. Parameters such as application rate, droplet size, use of adjuvants, pressure and working speed, among others, are often combined depending on the conditions at the time of application. Many surveys point to different views on the importance of each factor by evaluating different variables, however without analyzing the effects of these factors together. The objective of this work was to study the magnitude of the effects and the order of influence of the droplet quality, application rate and the use of adjuvants on the quality of pesticide ground applications in coffee, maize and soybean crops, and as relationship of variables with these factors. In each crop, a completely randomized design was adopted, with four replications, in a 2x2x3 factorial scheme, with two droplet size classes (fine and coarse), two application rates (250 and 400 L ha<sup>-1</sup> in the coffee crop and 80 and 150 L ha<sup>-1</sup> in maize and soybean crops) and use of adjuvants (two treatments with and one without use). The adjuvants used in the coffee test were a synthetic multifunctional (Fighter<sup>®</sup>) and another based on methyl ester of soy oil (Aureo<sup>®</sup>), the adjuvants used in the soy and maize tests were two mineral oils (Nimbus<sup>®</sup> and Assist<sup>®</sup>). The Brilliant Blue tracer was added to the spray solution, detected later by spectrophotometry. In order to characterize the quality of application, spray deposition on the leaves of the upper, middle and lower positions in soybeans and maize, in the coffee the interior and exterior regions of the plant canopy were also added, spray solution loss to the soil with Petri dishes and coverage, droplet density, relative amplitude and volumetric median diameter on water-sensitive papers. In possession of the results, discrepant data were detected using the Mahalanobis distance (D2), then the Person correlation was performed, Bartlett's sphericity assumptions test, Kaiser-Meyer-Olkin sample adequacy test and multivariate normality. Then, multivariate analysis of variance was performed, after univariate analysis, and effect size estimates were calculated using the Pillai trace test and the square eta ( $\eta^2$ ) statistic. Cluster and principal component analysis was also carried out. It was found that the droplet quality is the most influential factor in the quality of pesticides application in the three crops. The second factor will depend on the variable analyzed, when the evaluation is focused on the spray deposition on the leaves, the second factor will be the use of adjuvants and the interaction between application rate and use of adjuvants. When the evaluation is focused on coverage and droplet density, the second factor will be the application rate employed.

**KEYWORDS:** Application rate, Droplet size, Adjuvants, *Coffea arabica*, *Zea mays*, *Glycine max*, MANOVA, Eta square, PCA, Clusters.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas ocorreram grandes avanços nas tecnologias para aplicação de produtos fitossanitários, contribuindo para garantir o controle químico como forma eficiente para manter as lavouras livres de pragas, doenças e plantas infestantes, visando atingir máximas produtividades. São vários os fatores da aplicação que podem ser manejados dependendo de condições como arquitetura da planta, índice de área foliar (IAF), posição do alvo, momento de aplicação e condições meteorológicas. Adequar esses fatores auxilia na correta aplicação dos produtos fitossanitários, permitindo atingir os alvos mais difíceis e evitar perdas (BERGER NETO et al., 2017). Também colabora para evitar resistências de pragas e doenças à determinados ingredientes ativos.

As formas mais comumente utilizadas para avaliar a qualidade da aplicação são: deposição de calda, escorrimento para o solo, cobertura, densidade, amplitude relativa (AR) e diâmetro da mediana volumétrica (DMV) nos diferentes estratos do perfil da planta, independente da cultura. O objetivo é obter as maiores estimativas nestas variáveis; excetuando a amplitude relativa, que mais próxima de zero indica uniformidade de tamanho maior no espectro de gotas, sendo a aplicação considerada mais técnica (CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016; CUNHA; VICTOR; SALES, 2018). Outra exceção é o DMV, neste caso, este parâmetro caracteriza o tamanho das gotas pulverizadas.

A deposição de calda pode ser mensurada mediante uso de alvos artificiais ou alvos naturais, empregando-se traçadores para determinar a quantidade de ingrediente ativo retido, e com técnicas como espectrofotometria (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007), além das técnicas de cromatografia que separam, identificam e quantificam as espécies químicas contidas nesses alvos (MINGUELA; CUNHA, 2017). Os outros parâmetros de qualidade da aplicação, como DMV, AR, área de cobertura e densidade de gotas, podem ser mensurados através do uso de papéis hidrossensíveis, com auxílio de programas computacionais desenvolvidos para analisar as marcas que o impacto das gotas deixa no papel.

O tamanho de gota, definido pela ponta de pulverização e pressão de trabalho (BAIO et al., 2016) está relacionado com estimativas de deposição de calda, cobertura e densidade de gotas. Quando a classe de gotas é definida como fina pode promover maior deposição nos terços inferiores em culturas anuais (FERGUSON et al., 2016), no entanto,

com altos índices de área foliar (IAF) pode não se obter esse efeito (BARBOSA et al., 2019; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016). Com gotas grossas, espera-se que a cobertura seja menor, porém, é possível melhorar a cobertura aumentando a taxa de aplicação ou incorporando outras tecnologias (CUNHA et al., 2011). Apesar do seu bom desempenho, gotas finas estão relacionadas a altas taxas de evaporação e com altos índices de deriva, o que ocorre em menor intensidade com gotas grossas (BUENO; CUNHA; SANTANA, 2017; CUNHA et al., 2011)

A taxa de aplicação deve ser definida pela arquitetura de planta e volume de vegetação (BAIO et al., 2018) e está vinculada a eficiência operacional e endoderiva. Aumentos de taxa de aplicação podem ajudar na deposição de calda quando os índices de vegetação, derivados do avanço no estágio fenológico da cultura, aumentam (MARTINS et al., 2021; BAIO et al., 2016). Comparando diferentes taxas de aplicação encontram-se relatos de aumento de deposição com aumento (DERKSEN et al., 2008) e com diminuição da taxa (ALVES et al., 2020), porém este último também relacionado a aumento de tamanho de gota (FRITZ et al., 2006). A taxa de aplicação deve ser regulada também segundo a capacidade de retenção de calda que tem a folhagem da cultura, ultrapassar este nível pode terminar em escorrimento do terço superior, ficando retida ainda uma parte de calda no terço inferior (SOUZA et al., 2020), ou em escorrimento para o solo (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011).

A adição de adjuvantes à calda pode ajudar no desempenho dos produtos fitossanitários e também a minimizar problemas oriundos da redução da taxa de aplicação (CUNHA; ALVEZ; MARQUES, 2017; MACHADO et al., 2019; GITIRANA NETO et al., 2016), mas também pode não ter nenhum efeito dependendo da técnica empregada como verificado por Assunção et al. (2019a).

Diante do exposto pode-se inferir que a combinação dos fatores mencionados não segue uma regra definida, pois depende de cada situação particular (CUNHA, 2020). Na maioria das pesquisas mencionadas foram analisados os parâmetros para avaliar a qualidade da aplicação e desempenho de conjugação de tecnologias de forma individual, sendo contudo, interessante também definir qual parâmetro priorizar entre tamanho de gota, taxa de aplicação e adição de adjuvantes, validando de forma conjunta todos esses parâmetros.

Na área de aplicação de produtos fitossanitários, assim como em outras áreas de pesquisa agrícola, técnicas estatísticas multivariadas estão sendo utilizadas com

diferentes objetivos. Por exemplo, Paredes et al. (2021) avaliaram a eficácia de 12 fungicidas no controle do carvão do amendoim (*Thecaphora frezii*) utilizando análise de componentes principais (ACP). Garcerá, Vicent e Chueca (2020) avaliaram eficácia de fungicidas com diferentes taxas de aplicação utilizando análise de variância multivariada (MANOVA). Vélez et al. (2019) avaliaram se grãos contaminados com deltametrina ou espinosad podem afetar a atividade de locomoção e movimentos de dispersão de gorgulhos (*Sitophilus zeamais*) no milho empregando ACP.

Os métodos de estatística multivariada possibilitam a análise da performance conjunta das variáveis e determinam sua influência ou importância sobre os indivíduos, permitindo assim, explicar correlações entre elas e a sua preponderância no modelo (ADELEKE; YAHYA; USMAN, 2015; AGUILERA-ESTEBAN et al., 2017; BARRIOS et al., 2012; PRAGANA et al., 2012; SILVA et al., 2010). Ajudam também a determinar as relações das amostras (elementos/tratamentos) com referência às variáveis envolvidas e encontrar relações complexas subjacentes dentre os conjuntos de dados que as técnicas univariadas não permitem (BINAKU; SCHMELING, 2017; TAVARES et al., 2019).

Neste estudo foram associadas diversas técnicas de análise univariadas e multivariadas com o objetivo de estudar a magnitude dos efeitos e a ordem de influência da classe de gotas, da taxa de aplicação e do uso de adjuvantes na qualidade da aplicação terrestre de produtos fitossanitários nas culturas do café, milho e soja, assim como a relação das variáveis de resposta avaliadas com os fatores mencionados.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área e equipamentos

Os experimentos foram realizados de forma independente nas culturas do café (*Coffea arabica* L.), do milho (*Zea mays* L.) e da soja (*Glycine max* L.), para avaliar o efeito de tamanho de gotas, taxas de aplicação e emprego de adjuvantes na aplicação de produtos fitossanitários. O ensaio no café foi conduzido na fazenda experimental do Campus Glória (Município de Uberlândia-MG), pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). A área possui uma altitude de 912 m com coordenadas geográficas 18°58'52"S de latitude e 48°12'24"O de longitude. O solo apresenta topografia levemente ondulada, de textura argilosa e classificado como latossolo vermelho distrófico. O clima é do tipo Aw (Tropical úmido com inverno seco). O cafeeiro tinha 15 anos de idade, cv.



Topázio, com ruas espaçadas em 3,5 m e 0,7 m entre plantas e volume vegetativo (TRV – *Tree-Row Volume*) aproximado, medido prévio às aplicações, de 12400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Para as aplicações no cafeeiro utilizou-se um pulverizador hidropneumático modelo ARBO 360 da empresa Montana (Atual Kunh, São José dos Pinhais, Brasil) acoplado a um trator Massey Ferguson (Canoas, Brasil) 4x2, modelo 265E de 47,8 kW (65 cv) de potência. O pulverizador possui um tanque de polietileno com capacidade de 300 L de calda, 12 porta-bicos (6 em cada arco lateral) e controle manual das sessões. Para geração da classe de gotas finas e grossas foram usadas as pontas de jato cônico vazio MAG 3, da empresa Magnojet (Ibaiti, Brasil), e jato cônico vazio com indução de ar TVI 8002, da empresa Albuz (Evreux cedex, France), respectivamente. A pressão de trabalho variou de 517 kPa até 1655 kPa, conforme o tamanho de gota e a taxa de aplicação requerida (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na aplicação no café.

| Ponta    | Velocidade<br>(km h <sup>-1</sup> ) | Pressão<br>(kPa) | Vazão<br>(L min <sup>-1</sup> ) | Taxa de aplicação<br>planejada<br>(L ha <sup>-1</sup> ) | Taxa de aplicação<br>real<br>(L ha <sup>-1</sup> ) |
|----------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|---|--|
| TVI 8002 | 8,2                                 | 1551             | 20,40                           | 400   | 427  |
| MAG 3    |                                     | 1655             | 20,16                           |   | 422  |
| TVI 8002 |                                     | 517              | 12,36                           | 250   | 259  |
| MAG 3    |                                     | 621              | 12,72                           |   | 266  |

O ensaio na cultura do milho foi conduzido na fazenda Agro Industrial Eldorado (Município de Uberlândia-MG). A área possui uma altitude de 950 m de topografia plana, com coordenadas geográficas 19°13'25,97"S de latitude e 47°57'7,94"O de longitude. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A área de milho, híbrido DKB 335 Vt Pro 3, tinha uma densidade de 64 mil plantas ha<sup>-1</sup> com ruas espaçadas em 0,5 m e 3,2 plantas por metro linear. A aplicação foi realizada no estágio fenológico V6, aos 38 dias após semeadura (DAS).

O ensaio na cultura da soja foi conduzido na fazenda experimental Água Limpa (Município de Uberlândia-MG), pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). A área possui uma altitude de 800 m com coordenadas geográficas 19°05'19.9"S de latitude e 48°21'34.1"O de longitude. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico de textura média e o relevo é do tipo suave ondulado. O espaçamento entre ruas do plantio de soja, cultivar 6906 Nidera, era de 0,5 m e 12 plantas

por metro linear. No momento da aplicação, a cultura estava em estágio fenológico R4 e um índice de área foliar (IAF) de 3,32.

Para as aplicações no milho e na soja, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, com barra de 2 m e 4 pontas. Para geração da classe de gotas fina e grossa, foram usadas as pontas de jato plano XR11002 e jato plano com indução de ar AIXR 11002 da empresa Teejet (Illinois, USA), respectivamente. A pressão de trabalho foi de 200 kPa e a velocidade foi ajustada conforme o tamanho de gota e a taxa de aplicação requerida (Tabela 2).

Tabela 2 – Parâmetros utilizados na aplicação nas culturas do milho e da soja.

| Ponta                  | Velocidade<br>(km h <sup>-1</sup> ) | Pressão<br>(kPa) | Vazão<br>(L min <sup>-1</sup> ) | Taxa de aplicação<br>planejada<br>(L ha <sup>-1</sup> ) | Taxa de<br>aplicação<br>real<br>(L ha <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|---|---|
| AIXR 11002<br>XR 11002 | 10,0                                | 200              | 0,63                            | 80  | 75,6  |
| AIXR 11002<br>XR 11002 | 5,0                                 |                  | 0,63                            | 150   | 151,2   |

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para o estudo dos fatores mais influentes na deposição de calda nos alvos, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 2x2x3, com duas classes de tamanho de gotas (fina e grossa), duas taxas de aplicação (250 e 400 L ha<sup>-1</sup> na cultura do café e 80 e 150 L ha<sup>-1</sup> nas culturas de milho e soja) e adjuvantes (dois tratamentos com e um sem aplicação). Os adjuvantes utilizados no ensaio no cafeeiro foram um multifuncional sintético (Fighter<sup>®</sup>) e outro a base de éster metílico de óleo de soja (Aureo<sup>®</sup>). Os adjuvantes usados nos ensaios de soja e milho foram dois óleos minerais (Nimbus<sup>®</sup> e Assist<sup>®</sup>). Para facilitar a identificação dos tratamentos nos gráficos, cada repetição foi nomeada com as letras a, b, c e d (Tabela 3).

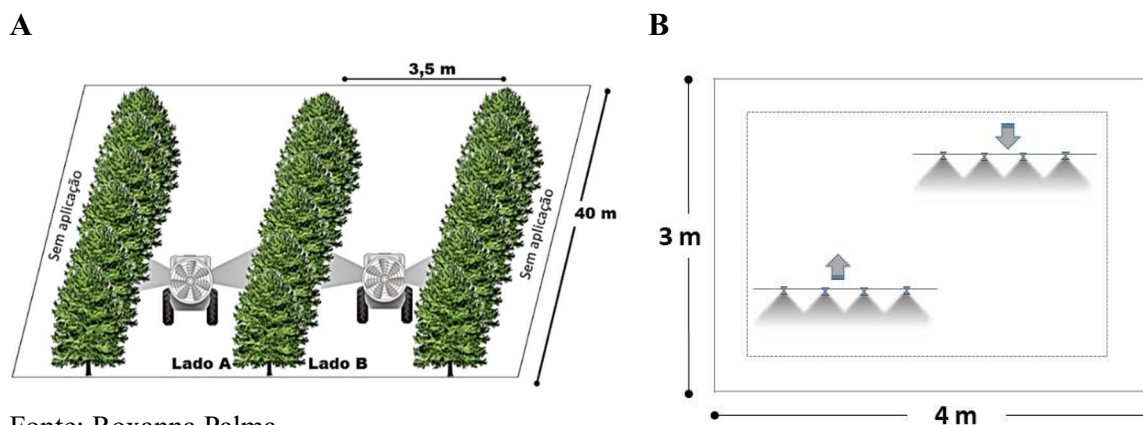
Adotaram-se as concentrações/doses dos adjuvantes recomendadas na bula, sendo 2,5 mL L<sup>-1</sup> de água para o adjuvante a base de éster metílico de óleo de soja (Aureo<sup>®</sup>, Bayer, São Paulo, Brasil), 1,25 mL L<sup>-1</sup> de água para o multifuncional sintético (Fighter<sup>®</sup>, De Sangosse, Ibioporã, Brasil), 0,5 mL por cada 100 L de água para o Nimbus<sup>®</sup> (Syngenta, São Paulo, Brasil) e 1 L ha<sup>-1</sup> para o Assist<sup>®</sup> (BASF, São Paulo, Brasil).

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos empregados no café, milho e soja.

| Tratamentos        | Classe de gota | Café                                    |                      | Milho e Soja                            |                     |
|--------------------|----------------|---|----------------------|---|---------------------|
|                    |                | Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) | Adjuvante            | Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) | Adjuvante           |
| 1a, 1b, 1c, 1d     | Fina           | 400                                     | Aureo <sup>®</sup>   | 80                                      | -                   |
| 2a, 2b, 2c, 2d     | Fina           | 400                                     | Fighter <sup>®</sup> | 80                                      | Nimbus <sup>®</sup> |
| 3a, 3b, 3c, 3d     | Fina           | 400                                     | -                    | 80                                      | Assist <sup>®</sup> |
| 4a, 4b, 4c, 4d     | Fina           | 250                                     | Aureo <sup>®</sup>   | 150                                     | -                   |
| 5a, 5b, 5c, 5d     | Fina           | 250                                     | Fighter <sup>®</sup> | 150                                     | Nimbus <sup>®</sup> |
| 6a, 6b, 6c, 6d     | Fina           | 250                                     | -                    | 150                                     | Assist <sup>®</sup> |
| 7a, 7b, 7c, 7d     | Grossa         | 400                                     | Aureo <sup>®</sup>   | 80                                      | -                   |
| 8a, 8b, 8c, 8d     | Grossa         | 400                                     | Fighter <sup>®</sup> | 80                                      | Nimbus <sup>®</sup> |
| 9a, 9b, 9c, 9d     | Grossa         | 400                                     | -                    | 80                                      | Assist <sup>®</sup> |
| 10a, 10b, 10c, 10d | Grossa         | 250                                     | Aureo <sup>®</sup>   | 150                                     | -                   |
| 11a, 11b, 11c, 11d | Grossa         | 250                                     | Fighter <sup>®</sup> | 150                                     | Nimbus <sup>®</sup> |
| 12a, 12b, 12c, 12d | Grossa         | 250                                     | -                    | 150                                     | Assist <sup>®</sup> |

Em cada uma das três culturas, o estudo teve 48 parcelas compostas da seguinte forma: no café cada repetição foi composta de três fileiras de 40 m, totalizando 20160 m<sup>2</sup> de área experimental e para a amostragem foi considerada unicamente a fileira central, desconsiderando 3 plantas de café em cada extremo (seis plantas). Para milho e soja, cada repetição foi composta de uma parcela de 3 x 4 m totalizando 576 m<sup>2</sup> de área experimental e para a amostragem foi considerada unicamente a área central de 2 x 3 m (Figura 1).

Figura 1 – Dimensões das parcelas nas culturas de café (A), milho e soja (B).



Fonte: Roxanna Palma.

Durante as aplicações foram monitoradas as condições meteorológicas com um termo-higro-anemômetro (modelo 4000, Kestrel, Boothwyn, EUA). Os valores observados de temperatura (°C), umidade relativa (UR %) e velocidade do vento (km h<sup>-1</sup>) das aplicações no café, no milho e na soja estão detalhados na Tabela 4.

Tabela 4 – Temperatura, umidade relativa (UR) e velocidade do vento observadas durante as aplicações.

| Culturas | Temperatura |     | UR  |     | Velocidade do vento   |     |
|----------|-------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|
|          | (°C)        |     | (%) |     | (km h <sup>-1</sup> ) |     |
|          | MIN         | MAX | MIN | MAX | MIN                   | MAX |
| Café     | 27          | 32  | 35  | 48  | 2                     | 5   |
| Milho    | 27          | 30  | 59  | 65  | 2                     | 4   |
| Soja     | 25          | 29  | 55  | 70  | 2                     | 4   |

### 2.3 Caracterização Físico-Química

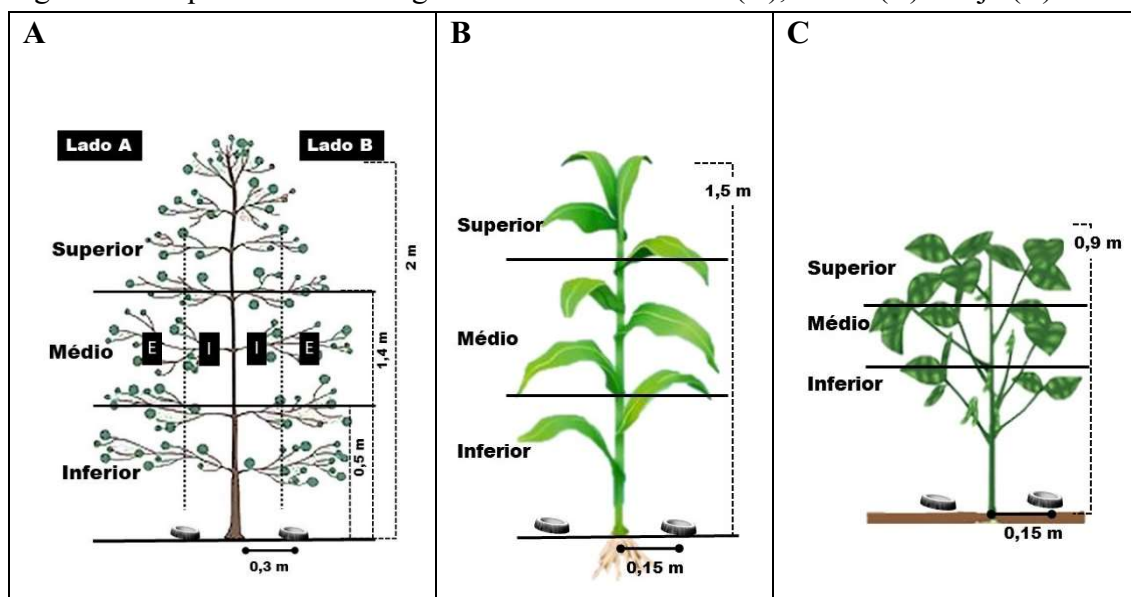
Realizou-se a caracterização físico-química da calda avaliando a tensão superficial, a viscosidade, o pH e a densidade, segundo metodologia usada por Assunção et al. (2019b). A tensão superficial foi determinada com o auxílio do tensiômetro (K6, KRÜSS, Hamburgo, Alemanha) pelo método do anel de Du Nuoy; a viscosidade dinâmica foi determinada utilizando um viscosímetro rotativo microprocessado (Q860M21, Quimis, Diadema, Brasil), regulado a 60 rpm. O pH foi medido com o auxílio de peagâmetro portátil (modelo AK59, AKSO, São Leopoldo, Brasil). A densidade foi calculada medindo um volume fixo de 100 mL de calda em balão volumétrico e pesando-o em balança eletrônica analítica.

### 2.4 Amostragem e avaliações

Para o estudo da deposição de calda nas distintas partes do dossel do cafeeiro, após as aplicações, foram coletadas duas amostras por parcela (lado A e lado B), contendo 10 folhas cada uma em cada um dos terços (superior, médio e inferior) e nas duas regiões (interna e externa) (Figura 1A e 2A). As folhas no café foram retiradas, aproximadamente, nas alturas de 2 m para o terço superior, 1,4 m para o terço médio e 0,5 m para o terço inferior. Na cultura do milho, após as aplicações, foi coletada uma amostra por cada terço (superior, médio e inferior) do perfil da planta, contendo duas folhas cada uma. Na soja, cada amostra foi coletada nos mesmos terços contendo 10 folhas cada uma.

Para avaliar o escoamento de calda para o solo no café, foram coletadas duas placas de Petri, previamente colocadas abaixo da copa, a 30 cm do caule. No milho e na soja foram colocadas também duas placas de Petri abaixo da área da folhagem, aproximadamente a 15 cm do caule (Figura 2). Após coletadas, as amostras foram colocadas em caixas de isopor com isolamento luminoso para seu transporte até o laboratório. As atividades laboratoriais dos três ensaios foram conduzidas no Laboratório de Mecanização Agrícola, da UFU, campus Umuarama.

Figura 2 – Esquema de amostragem nas culturas de café (A), milho (B) e soja (C).



I: Interior, E: Exterior. Fonte: Roxanna Palma.

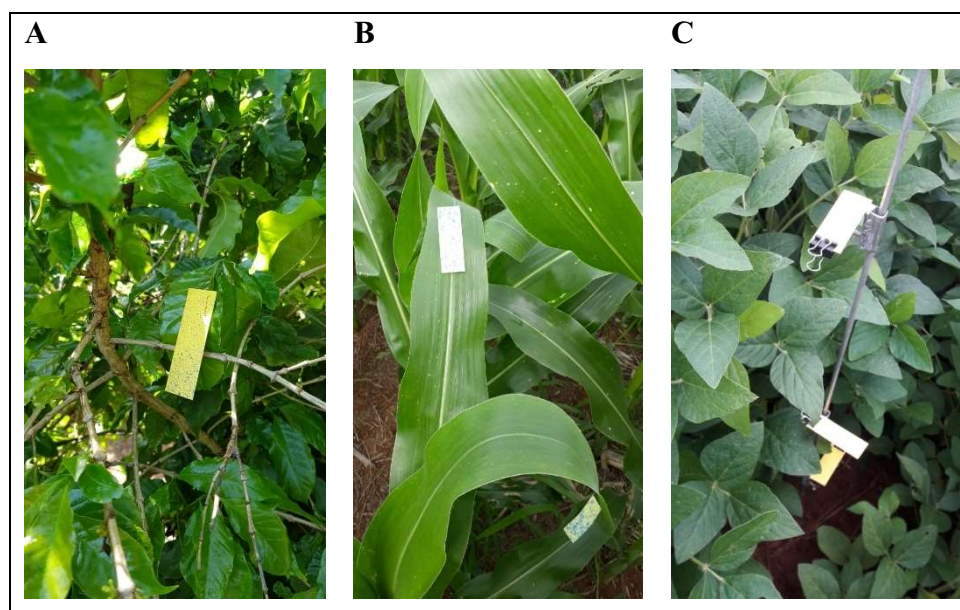
O traçador utilizado no estudo foi o Azul Brillhante (catalogado internacionalmente pela "Food, Drug & Cosmetic" como FD&C Blue n.1), adicionado à calda de pulverização na dose de  $400 \text{ g ha}^{-1}$  para ser detectado por absorvância com auxílio de um espectrofotômetro (modelo SP-22, Biospectro, Curitiba, Brasil), regulado para o comprimento onda de 630 nm, que corresponde à faixa do azul. A extração do traçador, tanto de folhas quanto de placas de Petri, foi realizada segundo metodologia de Gitirana Neto e Cunha (2016), com agitação mecânica das amostras utilizando uma mesa agitadora pendular (modelo TE240/I, Tecnal, Piracicaba, Brasil), regulada a 200 rpm por dois minutos por amostra. As áreas foliares foram determinadas por conjunto de folhas com um medidor de área foliar (L1-3100, Li-Cor, Lincoln, EUA).

Os valores de absorvância obtidos foram transformados a concentração de traçador em  $\mu\text{g L}^{-1}$  utilizando uma curva de calibração previamente determinada. Na

sequência realizou-se a divisão da massa do traçador pela área foliar de cada unidade amostral (conjunto de folhas ou placa de Petri) para determinar a deposição de calda por área foliar ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ).

O espectro de gotas também foi avaliado com uso de papéis hidrossensíveis (76x26 mm) (Syngenta, Basel, Suíça). Em cada terço do dossel, antes das aplicações, os papéis foram grampeados na parte adaxial das folhas nas culturas de café e milho e para soja foram colocados em hastes metálicas (Figura 3). Nas três culturas, os papéis hidrossensíveis foram dispostos nas mesmas alturas de amostragem de folhas. Posteriormente, os papéis foram recolhidos e digitalizados a 1200 dpi e analisados com o software DropScope v 2015 (2016.1124.1). Avaliou-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), cobertura, amplitude relativa (AR) e densidade de gotas.

Figura 3 – Papéis hidrossensíveis posicionados nas culturas do café (A), milho (B) e soja (C).



Fonte: Roxanna Palma.

## 2.5 Análises estatísticas

Para a análise dos dados foram utilizadas técnicas de estatística univariada e multivariada para integrar todas as variáveis analisadas (PAREDES et al., 2021). Para determinar a existência de dados discrepantes, foi utilizado o método de cálculo de distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ), que serve para igualar a importância das variáveis do estudo e, como valor crítico acima do qual os elementos são considerados discrepantes,

foi utilizado o valor da distribuição  $X^2$  por ser mais apropriado para analisar valores discrepantes em amostras pequenas (PENNY, 1996).

Em seguida foi avaliado o grau em que as variáveis estão associadas entre si com a matriz de correlação linear de Pearson (ARAÚJO et al., 2013; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019) e a normalidade multivariada foi testada tanto na assimetria quanto na curtose usando o teste de Mardia.

Após atender os pressupostos anteriores, realizou-se a análise de variância multivariada (MANOVA) para estudar os efeitos de cada fator de maneira independente, assim como as interações entre eles sobre as variáveis dependentes em forma conjunta (HAIR et al., 2009; BOCIANOWSKI et al., 2019). Foi utilizado o teste do traço de Pillai, que é considerado o mais robusto para situações de número limitado de amostras, e em situações de não normalidade de resíduos entre os testes de análise de variância multivariada (JOHNSON; WICHERN, 2007).

Na sequência foi realizada a análise de variância univariada (ANOVA) para determinar e medir os efeitos desses fatores em cada variável. Para isso foi calculado também o índice de eta quadrado ( $\eta^2$ ) que permite determinar a magnitude do efeito, quando este é significativo segundo a proposta de Fritz, Morris e Richler (2012) para experimentos fatoriais. Além disso, com os resultados das ANOVAs foi possível identificar as variáveis onde os efeitos dos fatores não foram estatisticamente significativos. Pelo foco do estudo, variáveis sem efeito significativo têm importância mínima ou nula, sendo necessário retirá-las das análises seguintes.

Previo às análises de clusters e análise de componentes principais e por serem as variáveis medidas em escalas diferentes foi necessário padronizar (subtraindo os valores de sua média e dividindo pelo desvio padrão) os dados para eliminar o efeito escalar e permitir a comparação entre elas (SOUZA; RIGÃO, 2005).

Na sequência foram testados os pressupostos de esfericidade de Bartlett, a medida de adequação da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). No primeiro caso, testa-se a hipótese que a correlação entre cada par de variáveis é nula, portanto, é preciso que o resultado não ultrapasse o valor da significância, geralmente estabelecida em 0,05 (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019). No segundo pressuposto, o resultado é a média do teste de adequação ao modelo de cada uma das variáveis, sendo aceitável um índice maior que 0,5 (BEZERRA; CORRAR, 2006; HAIR et al., 2009). No caso em que o valor seja

de 0,5 ou menor, é necessário analisar quais variáveis apresentaram valores de adequação baixos e considerar a possibilidade de excluí-las das análises (HAIR et al., 2009).

Determinada a existência de efeitos significantes (MANOVA e ANOVA) dos fatores e sua magnitude ( $\eta^2$ ) foi realizada a análise de agrupamento. O método para determinar as similaridades entre os indivíduos foi a distância euclidiana, e o método de Ward foi usado como o método de aglomeração hierárquico para agrupamento. Esta metodologia é a mais usada devido utilizar a soma de quadrados de forma que seja mínima dentro dos conglomerados e máxima entre os grupos formados (CASTILLA et al., 2020; BURGOS et al., 2011). O procedimento detalhado resultou em um dendograma com as parcelas similares agrupadas. O primeiro agrupamento foi considerado como o fator de maior influência na deposição de calda no alvo.

Embora o número de grupos seja definido pelo pesquisador, existem ferramentas para determinar se esses grupos foram realmente diferentes (MCKENNA, 2003). Para isso os grupos formados na análise de conglomerados foram submetidos ao teste  $F$  e posteriormente ao teste de comparação de médias de Tukey, quando o número de grupos era superior a dois, no caso de não haver diferenças entre três grupos, foram reagrupados em dois grupos e submetidos unicamente ao teste  $F$ .

Posteriormente, foi estudada a associação entre os grupos formados e as variáveis através da análise de componentes principais (ACP). Esta análise permitiu relacionar as parcelas, os tratamentos e as variáveis de forma exploratória (ARAÚJO; BERNARDES; MARTINS, 2020; CASTILLA et al., 2020). Matematicamente pode-se obter tantos componentes quantas variáveis analisadas estiveram presentes no estudo (SILVA et al., 2010), porém unicamente se consideram o número de componentes cujo autovalor seja superior a um (KAISER, 1958) e que explique até 70% da variância acumulada dos dados.

A relação entre as variáveis foi analisada com um círculo de correlações, plotado sobre os eixos  $x$  e  $y$  que correspondem a dois dos componentes selecionados. Outro resultado obtido a partir da ACP foi o quadro de correlações entre as variáveis e cada componente principal, demonstrando em forma numérica a relação entre as variáveis. Também foi extraída a representatividade das variáveis dentro do modelo através das comunalidades.

A relação das variáveis com as parcelas e os conglomerados formados foi exibido em gráficos *biplot*, onde se situa cada tratamento/conglomerado nos eixos  $x$  e  $y$  correspondentes aos componentes selecionados com as variáveis sobre as que têm maior



influência. Cada grupo formado foi considerado como uma nova população, e para determinar o segundo fator de maior influência as análises foram repetidas dentro de cada conglomerado. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R v 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020) e foi adotada a significância de 0,05 quando necessário.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características físico-químicas das caldas

A análise das caldas dos doze tratamentos avaliados ocorreu em função do uso e tipo de adjuvante. As características físico-químicas mais fortemente influenciadas foram o pH e a tensão superficial. O adjuvante a base de éster metílico de óleo de soja (Aureo<sup>®</sup>) produziu uma redução do nível de pH quando comparado com as outras caldas.

No caso da tensão superficial (TS), as caldas com adjuvante, independentemente do tipo, tiveram esta característica diminuída, em média, em 43% com respeito à calda sem adjuvante (Tabela 5). Este efeito já foi reportado no estudo de Cunha, Alves e Marques (2017), quando avaliaram características físico-químicas de 15 produtos fitossanitários com quatro tipos de adjuvantes.

Tabela 5 – Média e desvio padrão das características físico químicas das caldas nas aplicações no café, milho e soja.

| Culturas     | Adjuvante                         | pH              | Densidade                                 | Viscosidade                           | TS  |
|--------------|-----------------------------------|-----------------|---|---------------------------------------|---|
|              |                                   | $\bar{y} \pm s$ | ( $\text{g cm}^{-3}$ )<br>$\bar{y} \pm s$ | ( $\text{mPa s}$ )<br>$\bar{y} \pm s$ | ( $\text{mN m}^{-1}$ )<br>$\bar{y} \pm s$ |
| Café         | Aureo <sup>®</sup>                | 5,74 ± 0,976    | 1,00 ± 0,001                              | 0,98 ± 0,019                          | 44,48 ± 3,66                              |
|              | Fighter <sup>®</sup>              | 7,01 ± 0,120    | 1,00 ± 0,000                              | 0,98 ± 0,001                          | 40,36 ± 0,44                              |
|              | Sem Adjuvante                     | 6,99 ± 0,094    | 1,00 ± 0,001                              | 0,95 ± 0,001                          | 74,49 ± 3,60                              |
| Milho e Soja | Assist <sup>®</sup><br>(80 L ha)  | 6,20 ± 0,00     | 0,998 ± 0,000                             | 1,008 ± 0,000                         | 45,74 ± 0,000                             |
|              | Assist <sup>®</sup><br>(150 L ha) | 6,40 ± 0,00     | 0,996 ± 0,000                             | 0,983 ± 0,000                         | 45,06 ± 0,000                             |
|              | Nimbus <sup>®</sup>               | 7,15 ± 0,11     | 0,998 ± 0,001                             | 0,991 ± 0,001                         | 45,61 ± 0,059                             |
|              | Sem Adjuvante                     | 6,69 ± 0,12     | 0,998 ± 0,000                             | 0,984 ± 0,020                         | 72,78 ± 0,060                             |

$\bar{y}$ : média; s: desvio padrão.

### 3.2 Análise de variância multivariada

Valores discrepantes podem distorcer os resultados de análises estatísticas, ainda quando forem utilizados testes robustos perante *outliers*. No campo da estatística multivariada, os valores discrepantes não são facilmente detectados e as técnicas univariadas não podem ser aplicadas. Com a metodologia da distância de Mahalanobis ( $D^2$ ), as distâncias são ponderadas segundo sua variabilidade, o que diminui a probabilidade de os valores serem calculados acima do nível crítico. Neste estudo não foram detectados valores discrepantes com o teste da distância de Mahalanobis ( $D^2$ ), permitindo a utilização de todas as parcelas nas análises seguintes.

Com a aplicação do teste de Mardia foi determinada a normalidade multivariada dos resíduos nas culturas do café, milho e soja, a uma significância de 0,05 (Tabela 6, 8 e 9). No teste de correlação, um número importante de variáveis apresentaram correlação significativa a um  $\alpha = 0,05$  (Apêndice C -, Tabela 28, 29 e 30), e os índices próximos a 0,3 e não maiores de 0,7 indicam que as técnicas são aplicáveis e não existe multicolineariedade entre as variáveis, ou seja, que duas variáveis explicam o mesmo efeito (FAVERO et al., 2009).

Esses resultados sugerem que analisar as variáveis de forma conjunta pode ser mais adequado para caracterizar melhor as estruturas complexas entre variáveis e fatores estudados nesta pesquisa. As baixas ou quase inexistentes correlações entre a deposição de calda nos diferentes terços do perfil das culturas e as variáveis de caracterização da gota pode ser resultado de que correspondem a estimativas em alvos diferentes (folhas e papel hidrossensível, respectivamente), ainda que a amostragem foi realizada na mesma parcela. Além disso, o estudo de deposição parte da análise do traçador que é adicionado à calda em dose fixa para todos os tratamentos. Já os dados coletados no papel hidrossensível partem da análise das marcas dos impactos da água/calda, que são dependentes da taxa de aplicação.

Com a análise de variância multivariada (MANOVA), procurou-se avaliar e dimensionar os efeitos dos fatores: classe de gota, taxa de aplicação e adição de adjuvantes à calda de aplicação, assim como a interação desses fatores sobre as variáveis de forma simultânea, para logo discriminar esses efeitos por variável. No caso do café, todos os fatores e suas interações duplas e triplas demonstraram ter médias diferentes em pelo menos um par de variáveis ( $p < 0,05$ ) (Tabela 6). Ao quantificar este efeito, a maior

magnitude foi calculada para o fator classe de gota (0,97), seguido da taxa de aplicação (0,90).

Efeitos das interações com  $p < 0,05$  sugerem que as variáveis analisadas têm respostas diferentes dependendo dos valores que adote cada fator dentro da interação. No caso da interação tripla, o valor de  $p = 0,037$  sugere um efeito, ainda que significativo, não é tão proeminente, ou que, tratando-se neste caso de uma análise multivariada, pode não ser aplicável para todas as variáveis analisadas. Também pode ser decorrente do tamanho de amostra, que ao avaliar cada interação tripla a quantidade de parcelas reduziu-se ao número de repetições. O tamanho do efeito, medido pela eta quadrado ( $\eta^2$ ) é mais indicado que o  $p$ -valor para dimensionar os efeitos, por não depender do tamanho da amostra (ESPIRITO SANTO; DANIEL, 2015; TRIGO SÁNCHEZ; MARTÍNEZ CERVANTES, 2016).

Tabela 6 – Análise de variância multivariada, tamanho do efeito ( $\eta^2$ ) e teste de normalidade multivariada para as aplicações no cafeeiro com diferentes classes de gotas, taxas de aplicação e uso de adjuvantes.

| FV                             | GL | Traço de Pillai | F           | GL num          | GL den | Pr(>F)     | $\eta^2$ |
|--------------------------------|----|-----------------|-------------|-----------------|--------|------------|----------|
| Classe de gota (G)             | 1  | 0,97            | 31,08       | 19              | 18     | <0,001**   | 0,97     |
| Taxa de aplicação (T)          | 1  | 0,90            | 8,47        | 19              | 18     | <0,001**   | 0,90     |
| Adjuvante (A)                  | 2  | 1,40            | 2,32        | 38              | 38     | 0,005575** | 0,70     |
| G:T                            | 1  | 0,81            | 4,01        | 19              | 18     | 0,002404** | 0,81     |
| G:A                            | 2  | 1,33            | 1,98        | 38              | 38     | 0,018829*  | 0,66     |
| T:A                            | 2  | 1,60            | 4,04        | 38              | 38     | <0,001**   | 0,80     |
| G:T:A                          | 2  | 1,29            | 1,80        | 38              | 38     | 0,037181*  | 0,64     |
| Residuo                        | 36 |                 |             |                 |        |            |          |
| Teste Normalidade multivariada |    |                 | Estatística | <i>p</i> -valor |        |            |          |
| Mardia (assimetria)            |    |                 | 1284,33     | 0,81            |        |            |          |
| Mardia (curtose)               |    |                 | 0,93        | 0,35            |        |            |          |

FV: fonte de variação; GL num: Graus de liberdade do numerador; GL den: Graus de liberdade do denominador;  $\eta^2$ : Eta quadrado; \*significativo a 0,05 de significância; \*\*significativo a 0,01 de significância.

Na aplicação no milho, não houve a mesma resposta das variáveis, sendo as médias diferentes unicamente em função da classe de gota, da taxa de aplicação e da interação entre estes fatores ( $p < 0,05$ ) (Tabela 7). As estimativas deste efeito mantem a mesma ordem que no café, onde o maior efeito foi dimensionado para classe de gota. Porém, este último condicionado a taxa de aplicação. Com um valor de  $p = 0,049$  a hipótese de que os efeitos não são significativos nessa interação sobre as variáveis é quase

aceita, e com isso torna-se necessário avaliar de forma univariada esses efeitos, ainda que a magnitude do efeito foi alta (0,62).

Tabela 7 – Análise de variância multivariada, tamanho do efeito ( $\eta^2$ ) e teste de normalidade multivariada para as aplicações no milho com diferentes classes de gotas, taxas de aplicação e uso de adjuvantes.

| FV                             | GL | Traço de Pillai | F           | GL num | GL den         | Pr(>F)               | $\eta^2$ |
|--------------------------------|----|-----------------|-------------|--------|----------------|----------------------|----------|
| Classe de gota (G)             | 1  | 0,88            | 9,46        | 16     | 21             | <0,001***            | 0,88     |
| Taxa de aplicação (T)          | 1  | 0,86            | 7,78        | 16     | 21             | <0,001***            | 0,86     |
| Adjuvante (A)                  | 2  | 0,95            | 1,24        | 32     | 44             | 0,2493 <sup>ns</sup> | 0,48     |
| G:T                            | 1  | 0,62            | 2,16        | 16     | 21             | 0,0494*              | 0,62     |
| G:A                            | 2  | 0,93            | 1,21        | 32     | 44             | 0,2793 <sup>ns</sup> | 0,47     |
| T:A                            | 2  | 0,94            | 1,23        | 32     | 44             | 0,2606 <sup>ns</sup> | 0,47     |
| G:T:A                          | 2  | 0,77            | 0,85        | 32     | 44             | 0,6792 <sup>ns</sup> | 0,38     |
| Residuo                        | 36 |                 |             |        |                |                      |          |
| Teste Normalidade multivariada |    |                 | Estatística |        | <i>p-valor</i> |                      |          |
| Mardia (assimetria)            |    |                 | 720,3058    |        | 0,992889       |                      |          |
| Mardia (curtose)               |    |                 | -0,11939    |        | 0,904964       |                      |          |

FV: fonte de variação; GL num: Graus de liberdade do numerador; GL den: Graus de liberdade do denominador;  $\eta^2$ : Eta quadrado; \*significativo a 0,05 de significância; \*\*\* significativo a 0,001 de significância e <sup>ns</sup> não significativo.

Na soja, houve diferenças apenas em função dos fatores principais: classe de gota, taxa de aplicação e adição de adjuvantes, mantendo-se o padrão observado nas outras culturas em que a classe de gota tem o fator de maior influência com um valor de  $p < 0,001$  na estimativa para tamanho de efeito de  $\eta^2 = 0,76$  (Tabela 8).

Tabela 8 – Análise de variância multivariada, tamanho do efeito ( $\eta^2$ ) e teste de normalidade multivariada para as aplicações na soja com diferentes classes de gotas, taxas de aplicação e uso de adjuvantes.

| FV                             | GL | Traço de Pillai | F           | GL num | GL den         | Pr(>F)               | $\eta^2$ |
|--------------------------------|----|-----------------|-------------|--------|----------------|----------------------|----------|
| Gota (G)                       | 1  | 0,761           | 8,619       | 10     | 27             | <0,001***            | 0,76     |
| Taxa (T)                       | 1  | 0,612           | 4,250       | 10     | 27             | 0,0013**             | 0,61     |
| Adjuvante (A)                  | 2  | 1,183           | 4,051       | 20     | 56             | <0,001***            | 0,59     |
| G:T                            | 1  | 0,420           | 1,959       | 10     | 27             | 0,0803 <sup>ns</sup> | 0,42     |
| G:A                            | 2  | 0,619           | 1,256       | 20     | 56             | 0,2474 <sup>ns</sup> | 0,31     |
| T:A                            | 2  | 0,685           | 1,458       | 20     | 56             | 0,1349 <sup>ns</sup> | 0,34     |
| G:T:A                          | 2  | 0,452           | 0,817       | 20     | 56             | 0,6837 <sup>ns</sup> | 0,23     |
| Residuo                        | 36 |                 |             |        |                |                      |          |
| Teste Normalidade multivariada |    |                 | Estatística |        | <i>p-valor</i> |                      |          |
| Mardia (assimetria)            |    |                 | 877,5863    |        | 0,066272       |                      |          |
| Mardia (curtose)               |    |                 | 1,918762    |        | 0,055014       |                      |          |

FV: fonte de variação; GL num: Graus de liberdade do numerador; GL den: Graus de liberdade do denominador;  $\eta^2$ : Eta quadrado; \*\*significativo a 0,01 de significância; \*\*\* significativo a 0,001 de significância e <sup>ns</sup> não significativo.

### 3.3 Análise de variância univariada e tamanho do efeito ( $\eta^2$ )

O tamanho do efeito é definido como a estimativa da diferença entre médias em função de uma hipótese nula (ESPIRITO SANTO; DANIEL, 2015; SHEPPARD, 1999). É empregado para determinar se os efeitos de determinados tratamentos têm uma magnitude importante, além de apresentar diferenças estatísticas (XU et al., 2016; LEVINE; HULLETT, 2002; RICHARDSON, 2011), e para quantificar o quanto da variável resposta é explicada pelo fator aplicado (IALONGO, 2016). Serve também como medida adicional à significância estatística para obter resultados mais confiáveis (TRIGO SANCHEZ; MARTÍNEZ CERVANTES, 2016), sugerindo que a importância da sua estimação e interpretação poderia ser inclusive maior que determinar uma variabilidade desejada (ORTIZ, 2002).

Atualmente esta medida estatística não tem uma escala geralmente aceita, utiliza-se como referência a proposta por Cohen (1988) que estima um efeito pequeno ou baixo quando este é de 0,2, efeito médio de 0,5 e grande em 0,8. Recomenda-se utilizar uma escala comparativa com outras pesquisas nas áreas onde não se tem uma escala aceita para esta estimativa (ESPIRITO SANTO; DANIEL 2018). No entanto, não foram encontrados trabalhos fazendo referência de alguma escala para pesquisas na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

A maioria das variáveis de caracterização da gota apresentou diferença estatística unicamente para os fatores principais (Tabela 9). As interações foram significativas para densidade de gotas e amplitude relativa no terço médio, no terço inferior na avaliação de cobertura e densidade, contudo, com estimativas baixas de tamanho de efeito ( $\eta^2 < 0,20$ ). Similar resultado foi obtido no escoamento para o solo com efeito também pequeno para interação de classe de gota e taxa de aplicação ( $\eta^2 < 0,20$ ).

A uniformidade do tamanho das gotas dependeu da classe de gota, principalmente no terço médio e inferior, com  $\eta^2$  de 0,56 e 0,57, respectivamente. Apesar de ter uma interação significativa, a magnitude do efeito da interação foi baixa (0,06).

A cobertura foi mais influenciada pela taxa de aplicação nos três terços. No terço médio e inferior apresentou interação significativa, porém com tamanho de efeito baixo (0,05 e 0,08 respectivamente). No entanto, no terço médio também houve um efeito alto de classe de gota (0,21), e o terço superior teve menores estimativas do tamanho do efeito apesar de ter efeito significativo neste quesito.

A densidade de gotas foi influenciada pela classe de gotas no terço superior (0,13), no terço médio e inferior pela classe de gota e taxa de aplicação. Embora o efeito da interação tenha sido baixo (0,09 e 0,08), a magnitude dos efeitos como fatores principais foi alto. No terço superior verificou-se baixa densidade de gotas (58,8 a 168,2 gotas  $\text{cm}^{-2}$ ) comparada com as outras posições na planta até 640,7 gotas  $\text{cm}^{-2}$  (Apêndice B: Tabela 25).

Na avaliação de deposição de calda nas folhas, o resultado mais frequentemente encontrado foi uma interdependência entre fatores, no entanto, estimativas de tamanho de efeito são baixas ( $\eta^2 < 0,20$ ). Algumas interações saem deste padrão. A quebra da tensão superficial, vinculado a maior taxa de aplicação (400 L  $\text{ha}^{-1}$ ) no terço superior e região externa permitiu obter uma estimativa de  $\eta^2$  próxima ao efeito médio (0,42). No terço médio, região interna, ocorreu estimativa de  $\eta^2$  também acima do nível mínimo (0,33), produto da interação entre classe de gota com taxa de aplicação; e no terço inferior, observou-se a interação dos três fatores (classe de gota, taxa de aplicação e uso de adjuvantes) com médias estatisticamente diferentes.

Zampiroli et al. (2020) relataram interação entre ponta de pulverização, taxa de aplicação e uso de adjuvantes significativa no terço superior na região externa e no terço médio da região interna, porém não foi calculado a magnitude deste efeito. Quando a interação resulta significativa ( $p < 0,05$ ) a explicação dos efeitos dos fatores de forma independente não é muito clara pois a resposta das variáveis pode ser diferente dependendo dos valores que adotem cada fator dentro da interação, ou mesmo o tratamento ser diferente.

Importante marcar que no cafeeiro, todas as variáveis analisadas apresentaram algum tipo de efeito aos tratamentos aplicados, conseguindo com isso um tipo de eficiência ao não ter variáveis sem resposta significativa. Caso diferente foi observado na cultura do milho (Tabela 10), onde três variáveis não apresentam nenhum tipo de efeito aos tratamentos aplicados, sendo desconsideradas das análises. Ação similar foi tomada na soja com penalização de cinco variáveis pela mesma causa (Tabela 11). Ainda que a literatura oriente a utilizar a estimativa de tamanho do efeito independente da significância estatística (ESPIRITO SANTO; DANIEL, 2015; TRIGO SANCHEZ; MARTÍNEZ CERVANTES, 2016), sendo o foco do estudo classificar os efeitos dos tratamentos segundo sua influência sobre as variáveis resposta, variáveis sem diferença estatística não contribuem a atingir esse objetivo.

Tabela 9 - Tamanho do efeito (eta quadrado -  $\eta^2$ ) dos fatores classe de gota, taxa de aplicação e uso de adjuvantes e a interação entre elas empregados na aplicação de produtos fitossanitários sobre as variáveis de deposição de calda e espectro de gotas nos três terços do perfil do cafeeiro.

| Terço                       | FV                    | DF | Deposição de calda |                    | DMV<br>( $\mu\text{m}$ ) | AR                 | C<br>(%)           | D<br>(gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
|-----------------------------|-----------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
|                             |                       |    | Externo            | Interno            |                          |                    |                    |                                |
| Eta quadrado ( $\eta^2$ )   |                       |    |                    |                    |                          |                    |                    |                                |
| Superior                    | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,67**                   | 0,37**             | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,13**                         |
|                             | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,05**             | 0,11*              | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,05*              | 0,11*              | 0,07 <sup>ns</sup>             |
|                             | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,25**             | 0,14*              | 0,01 <sup>ns</sup>       | 0,08*              | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>             |
|                             | G:T                   | 1  | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>             |
|                             | G:A                   | 2  | 0,04**             | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>       | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>             |
|                             | T:A                   | 2  | 0,42**             | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>             |
|                             | G:T:A                 | 2  | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>             |
|                             | Resíduo               | 36 |                    |                    |                          |                    |                    |                                |
| Médio                       | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,15**             | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,56**                   | 0,53**             | 0,21**             | 0,32**                         |
|                             | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,14**             | 0,08**             | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,28**             | 0,19**                         |
|                             | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,12**             | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>       | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,05*                          |
|                             | G:T                   | 1  | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,06*              | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,05*              | 0,09**                         |
|                             | G:A                   | 2  | 0,08*              | 0,33**             | 0,01 <sup>ns</sup>       | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>             |
|                             | T:A                   | 2  | 0,13**             | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup>       | 0,06*              | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,05*                          |
|                             | G:T:A                 | 2  | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>       | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>             |
|                             | Resíduo               | 36 |                    |                    |                          |                    |                    |                                |
| Inferior                    | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,18**             | 0,05*              | 0,57**                   | 0,59**             | 0,05*              | 0,18**                         |
|                             | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,20**             | 0,15**             | 0,01 <sup>ns</sup>       | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,36**             | 0,21**                         |
|                             | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,18**             | 0,14**             | 0,03 <sup>ns</sup>       | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,06*                          |
|                             | G:T                   | 1  | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>       | 0,00               | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,08**                         |
|                             | G:A                   | 2  | 0,10**             | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>       | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>             |
|                             | T:A                   | 2  | 0,09**             | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,07*                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,08*              | 0,08*                          |
|                             | G:T:A                 | 2  | 0,08**             | 0,17**             | 0,04 <sup>ns</sup>       | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>             |
|                             | Resíduo               | 36 |                    |                    |                          |                    |                    |                                |
| Escorrimento<br>para o Solo | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,19**             |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,04 <sup>ns</sup> |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,10 <sup>ns</sup> |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | G:T                   | 1  | 0,08*              |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | G:A                   | 2  | 0,01 <sup>ns</sup> |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | T:A                   | 2  | 0,02 <sup>ns</sup> |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | G:T:A                 | 2  | 0,03 <sup>ns</sup> |                    |                          |                    |                    |                                |
|                             | Resíduo               | 36 |                    |                    |                          |                    |                    |                                |

\*Significativo a 0,05 de significância; \*\*significativo a 0,01 de significância; <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAs; DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; C: área de cobertura; D: densidade de gotas; FV: fonte de variação.

Em relação ao milho (Tabela 10), unicamente a variável densidade de gotas apresentou dependência ( $p < 0,05$ ) entre classe de gota e taxa de aplicação no terço médio e inferior, com uma estimativa de  $\eta^2$  de 0,05 para ambos os casos, considerada ainda baixa. Todas as variáveis restantes apresentaram diferença entre médias só para fatores como efeitos principais. O DMV apresentou uma estimativa de tamanho do efeito médio, o qual era esperado, pois objetivou-se contrastar duas classes de gota. A densidade apresentou-se em função direta à classe de gota no terço superior (0,36), médio (0,31) e inferior (0,27); enquanto que a porcentagem de cobertura foi decorrente da taxa de aplicação com estimativas de tamanho de efeito próximo do médio no terço superior (0,33), terço médio (0,40) e inferior (0,20). Porcentagem de cobertura variando em função da taxa, independente da classe de gota, também foi reportada por Ferguson et al. (2016) em avaliações em aveia.

A deposição no terço superior e médio não teve influência de nenhum fator, motivo pelo qual não foi analisada a estimativa desses efeitos. No terço inferior, a deposição variou em função da classe de gota (0,10), mas dependendo da conjugação dos outros parâmetros envolvidos na tecnologia de aplicação pode variar em função da taxa de aplicação (SOUZA et al., 2020) ou em função da taxa de aplicação e das pontas utilizadas (CUNHA; SILVA JÚNIOR, 2010).

Unicamente no terço superior, a amplitude relativa foi diferente em função da taxa de aplicação. Mas esse resultado não é determinante, pois a uniformidade do tamanho das gotas (AR) é mais relacionado com os diferentes tamanhos das gotas gerado as vezes pela mesma ponta de pulverização (MACHADO et al., 2019).



Tabela 10 – Tamanho do efeito (eta quadrado -  $\eta^2$ ) dos fatores classe de gota, taxa de aplicação e uso de adjuvantes e a interação entre elas, empregados na aplicação de produtos fitossanitários sobre as variáveis de deposição de calda e espectro de gotas nos três terços do perfil do milho.

| Terço                     | FV                    | DF | Deposição                 | DMV                | AR                 | C                  | D                         |
|---------------------------|-----------------------|----|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
|                           |                       |    | ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | ( $\mu\text{m}$ )  |                    | (%)                | (gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
| Eta quadrado ( $\eta^2$ ) |                       |    |                           |                    |                    |                    |                           |
| Superior                  | Classe de Gota (G)    | 1  | -                         | 0,65**             | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,17**             | 0,36**                    |
|                           | Taxa de aplicação (T) | 1  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,14*              | 0,33**             | 0,15**                    |
|                           | Uso de Adjuvante (A)  | 2  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:T                   | 1  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:A                   | 2  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup>        |
|                           | T:A                   | 2  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:T:A                 | 2  |                           | 0,03               | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>        |
|                           | Resíduo               | 36 | -                         |                    |                    |                    |                           |
| Médio                     | Classe de Gota (G)    | 1  | -                         | 0,55**             | -                  | 0,09*              | 0,31**                    |
|                           | Taxa de aplicação (T) | 1  |                           | 0,01 <sup>ns</sup> |                    | 0,40**             | 0,17**                    |
|                           | Uso de Adjuvante (A)  | 2  |                           | 0,01 <sup>ns</sup> |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:T                   | 1  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> |                    | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,05*                     |
|                           | G:A                   | 2  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> |                    | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>        |
|                           | T:A                   | 2  |                           | 0,00 <sup>ns</sup> |                    | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:T:A                 | 2  |                           | 0,02               | -                  | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup>        |
|                           | Resíduo               | 36 | -                         |                    |                    |                    |                           |
| Inferior                  | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,10*                     | 0,59**             | -                  | 0,09*              | 0,27**                    |
|                           | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,06 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> |                    | 0,20 <sup>ns</sup> | 0,18**                    |
|                           | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,01 <sup>ns</sup>        | 0,03 <sup>ns</sup> |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:T                   | 1  | 0,01 <sup>ns</sup>        | 0,00 <sup>ns</sup> |                    | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,05*                     |
|                           | G:A                   | 2  | 0,04 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> |                    | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>        |
|                           | T:A                   | 2  | 0,03 <sup>ns</sup>        | 0,02 <sup>ns</sup> |                    | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>        |
|                           | G:T:A                 | 2  | 0,02 <sup>ns</sup>        | 0,03 <sup>ns</sup> | -                  | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup>        |
|                           | Resíduo               | 36 |                           |                    |                    |                    |                           |
| Escorrimento para o solo  | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,05*                     |                    |                    |                    |                           |
|                           | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,10 <sup>ns</sup>        |                    |                    |                    |                           |
|                           | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,03 <sup>ns</sup>        |                    |                    |                    |                           |
|                           | G:T                   | 1  | 0,02 <sup>ns</sup>        |                    |                    |                    |                           |
|                           | G:A                   | 2  | 0,06 <sup>ns</sup>        |                    |                    |                    |                           |
|                           | T:A                   | 2  | 0,01 <sup>ns</sup>        |                    |                    |                    |                           |
|                           | G:T:A                 | 2  | 0,05 <sup>ns</sup>        |                    |                    |                    |                           |
|                           | Resíduo               | 36 |                           |                    |                    |                    |                           |

FV: fonte de variação; \*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância e <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVA; DMV: diâmetro da mediana volumétrica, AR: índice da amplitude relativa, C: área de cobertura, D: densidade de gotas.

A deposição de calda na cultura da soja (Tabela 11) variou em função da adição de adjuvantes à calda para o terço superior com uma estimativa de tamanho de efeito médio (0,52), no terço médio teve uma estimativa de tamanho do efeito de 0,29, considerada ainda baixa, embora a interação entre taxa de aplicação e adição de adjuvantes à calda tenha sido significativa ( $\eta^2 = 0,13$ ). A adição de adjuvantes à calda pode ajudar na deposição foliar, mas a diferença em proporção de calda depositada entre terços é mantida sendo sempre superior a quantidade no terço superior que no inferior (BAIO et al., 2016).

A interação dos mesmos fatores ocasionou diferença de médias na amplitude relativa no terço superior, mas com uma  $\eta^2$  ainda baixa (0,09). Maior foi o efeito apresentado pela taxa de aplicação como efeito principal (0,42), fato similar ao relatado no milho para esta variável (Tabela 10).

Variáveis de cobertura e densidade nos terços superior e médio apresentaram estimativas de  $\eta^2$  importantes para classe de gota (entre 0,19 e 0,39) e para taxa de aplicação baixa ( $\eta^2 \leq 0,11$ ). No terço inferior, a cobertura não apresentou significância estatística para nenhum dos fatores ou interações e a densidade teve uma estimativa de efeito baixo da classe de gotas com  $\eta^2$  de 0,11. Berger-Neto et al. (2017), avaliando diferentes pontas de pulverização associadas com taxas de aplicação no controle de mofo branco na soja, também observaram diferenças na cobertura nos terços superior e médio em função da taxa, porém no terço inferior observaram efeito também em função das pontas sem haver interação.

A densidade de gotas no terço inferior sofreu influência do tamanho de gota com estimativa de tamanho de efeito de  $\eta^2 = 0,11$ . Esta observação pode ser atribuída a facilidade das gotas finas de penetrarem nas partes inferiores do dossel da planta. A densidade de gotas para as classes fina e grossa chegou a apresentar diferença de 3,4 vezes (59,6 e 17,3 gotas  $\text{cm}^{-2}$ ) (Apêndice B: Tabela 27).

Tabela 11 – Tamanho do efeito (eta quadrado -  $\eta^2$ ) dos fatores classe de gota, taxa de aplicação e uso de adjuvantes e a interação entre elas, empregados na aplicação de produtos fitossanitários, sobre as variáveis de deposição de calda e espectro de gotas nos três terços do perfil da soja.

| Terço    | FV                    | DF | Deposição                 | DMV                | AR                 | C                  | D                         |
|----------|-----------------------|----|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
|          |                       |    | ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | ( $\mu\text{m}$ )  |                    | (%)                | (gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
|          |                       |    | Eta quadrado ( $\eta^2$ ) |                    |                    |                    |                           |
| Superior | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,01 <sup>ns</sup>        | 0,45**             | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,28**             | 0,39**                    |
|          | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,00 <sup>ns</sup>        | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,42**             | 0,11**             | 0,11**                    |
|          | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,52**                    | 0,08*              | 0,07*              | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>        |
|          | G:T                   | 1  | 0,00 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>        |
|          | G:A                   | 2  | 0,06 <sup>ns</sup>        | 0,10*              | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup>        |
|          | T:A                   | 2  | 0,00 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,09*              | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup>        |
|          | G:T:A                 | 2  | 0,02 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>        |
|          | Resíduo               | 36 |                           |                    |                    |                    |                           |
| Médio    | Classe de Gota (G)    | 1  | 0,13**                    | 0,26**             |                    | 0,19**             | 0,25**                    |
|          | Taxa de aplicação (T) | 1  | 0,01 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> |                    | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,07*                     |
|          | Uso de Adjuvante (A)  | 2  | 0,29**                    | 0,10*              |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>        |
|          | G:T                   | 1  | 0,02 <sup>ns</sup>        | 0,00 <sup>ns</sup> |                    | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup>        |
|          | G:A                   | 2  | 0,03 <sup>ns</sup>        | 0,07 <sup>ns</sup> |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>        |
|          | T:A                   | 2  | 0,13**                    | 0,02 <sup>ns</sup> |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>        |
|          | G:T:A                 | 2  | 0,05 <sup>ns</sup>        | 0,02 <sup>ns</sup> |                    | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>        |
|          | Resíduo               | 36 |                           |                    |                    |                    |                           |
| Inferior | Classe de Gota (G)    | 1  |                           |                    |                    |                    | 0,11*                     |
|          | Taxa de aplicação (T) | 1  |                           |                    |                    |                    | 0,05 <sup>ns</sup>        |
|          | Uso de Adjuvante (A)  | 2  |                           |                    |                    |                    | 0,04 <sup>ns</sup>        |
|          | G:T                   | 1  |                           |                    |                    |                    | 0,05 <sup>ns</sup>        |
|          | G:A                   | 2  |                           |                    |                    |                    | 0,04 <sup>ns</sup>        |
|          | T:A                   | 2  |                           |                    |                    |                    | 0,03 <sup>ns</sup>        |
|          | G:T:A                 | 2  |                           |                    |                    |                    | 0,03 <sup>ns</sup>        |
|          | Resíduo               | 36 |                           |                    |                    |                    |                           |

FV: fonte de variação; \*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância e <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVA; DMV: diâmetro da mediana volumétrica, AR: índice da amplitude relativa, C: área de cobertura, D: densidade de gotas.

Nas aplicações no milho e na soja verificou-se um gradiente decrescente entre os terços, independente da significância dos tratamentos. Efeito similar foi reportado por Machado e Reynado (2019) ao avaliar diferenças entre aplicações aéreas e terrestres. Esta diferença pode ser mitigada dependendo do equipamento e tecnologia utilizada (HOFFMANN et al., 2019).

Ressalta-se que estas estimativas do tamanho do efeito são apenas indicadores da prevalência de um fator na presença de outros. No entanto, a campo outros fatores como condições meteorológicas e densidade foliar, poderiam também influenciar a qualidade da aplicação.

A maioria das interações apresentaram estimativas de tamanho do efeito baixas, mas muito altas como efeitos principais. Provavelmente com outra conjugação de fatores em cada cultura possa se obter maiores estimativas de tamanho de efeito nas interações. Apesar disso, as estimativas de tamanho de efeito mostram que, em forma geral, o fator gota é o mais influente na deposição de calda das folhas.

### 3.4 Pressupostos da análise multivariada

Segundo o teste de esfericidade de Bartlett existe correlação entre variáveis pareadas a uma significância de  $\alpha = 0,05$  (Tabela 12). A medida de adequação amostral (KMO) foi superior a 0,6 nas três culturas, o que indica que, embora possa ser considerada baixa, ainda é aceitável. Há condições adequadas para a aplicação da análise multivariada de dados.

Tabela 12 – Teste de esfericidade de Bartlett e de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO)

| Culturas | Esfericidade de Bartlett |                        |     | KMO  |
|----------|--------------------------|------------------------|-----|------|
|          | $X^2$                    | <i>p-valor</i>         | GL  |      |
| Café     | 734,16                   | $8,52 \times 10^{-71}$ | 171 | 0,65 |
| Milho    | 500,07                   | $7,73 \times 10^{-63}$ | 78  | 0,62 |
| Soja     | 354,96                   | $9,07 \times 10^{-50}$ | 45  | 0,65 |

GL: graus de liberdade.

### 3.5 Análise de conglomerados

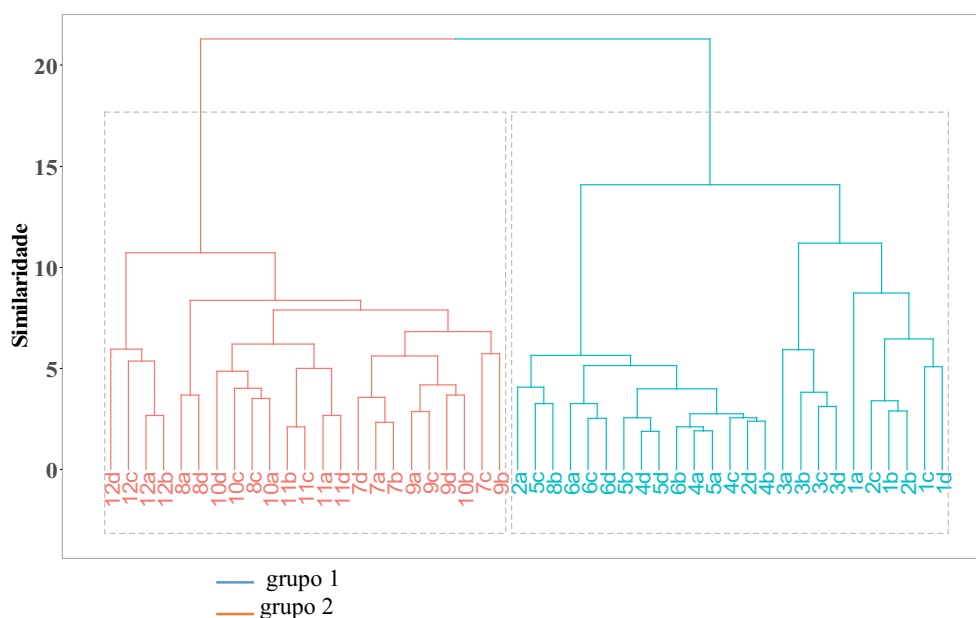
A análise de conglomerados, chamada também análise de *clusters*, agrupa os elementos (parcelas/tratamentos/unidades amostrais) estabelecidas como observações ou indivíduos agrupados segundo o grau de similitude entre eles, tomando como base os valores das variáveis estudadas em forma conjunta (SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2010) onde esses elementos são semelhantes entre si, porém diferentes aos outros clusters (PIRES et al., 2008; DOMINICK, 2012). O dendograma é a forma mais simples de apresentar, em forma gráfica, essas relações complexas que ocorrem entre os elementos.

Ao analisar o dendograma do café (Figura 5), do milho (Figura 5) e da soja (Figura 6), verifica-se que os *clusters* foram formados principalmente em função da classe de gota

(Tabela 3). Esse comportamento está em concordância com os resultados obtidos nas análises prévias, onde este fator teve o maior tamanho do efeito quando significativo, no entanto, na MANOVA, este resultado não foi determinante tendo em vista que a interação foi significativa. A aplicação de gotas finas proporcionou maior alcance na região interior do terço médio e inferior e a aplicação de gotas grossas apresentou maior escorrimento para o solo (Apêndice D: Tabela 31). Em relação à análise do espectro de gotas, apenas não houve diferenças entre a classe de gota empregada na área de cobertura no terço superior e inferior.

Com o uso de gotas de classe fina a pulverização foi mais homogênea com menores amplitudes relativas nos três terços do dossel do cafeeiro quando comparado com a aplicação com gotas de classe grossa. Obteve-se também maior densidade de gotas nos três terços do perfil da planta, assim como maior cobertura no terço médio. Estes resultados são congruentes com os já relatados na seção anterior quando analisado o tamanho do efeito de cada fator (Tabela 9), onde o fator gota teve predomínio nas mesmas variáveis que as observadas no teste  $F$  para grupos.

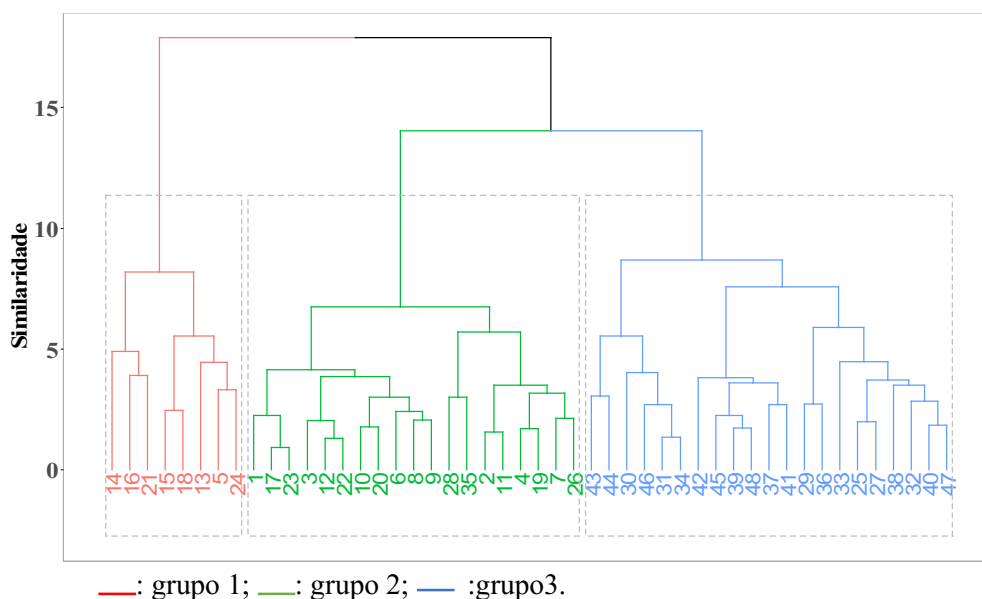
Figura 4 – Dendograma da análise de conglomerados das parcelas, com formação de dois grupos em função da classe de gota para a aplicação no cafeeiro



No milho as parcelas foram separadas em três grupos, porém, os grupos 1 e 2 correspondem as parcelas aplicadas com gotas de classe fina, principalmente (Figura 5). Analisando as parcelas separadas observou-se que corresponde, em maioria, a tratamentos com uso de adjuvantes (Tabela 3). Entre os grupos (Apêndice D: Tabela 32)

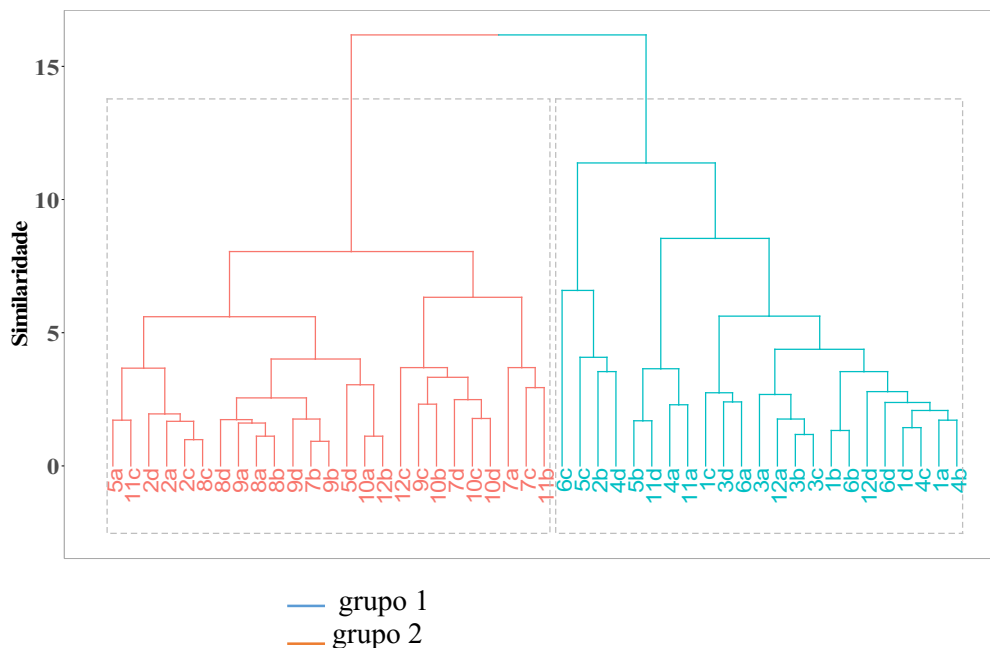
na deposição no terço inferior e no escoamento para o solo nas parcelas aplicadas com gotas grossas obteve-se maior estimativa. Em parâmetros como cobertura e densidade observou-se diferenças nas parcelas do segundo grupo que corresponde ainda a tratamentos aplicados com gotas finas, porém não correspondem a um tratamento determinado. Essa possível ambiguidade pode ser decorrente de que as estimativas de tamanho dos efeitos para os fatores avaliados foram entre média a alta (Tabela 10).

Figura 5 – Dendograma da análise de conglomerados das parcelas em função da classe de gota para a aplicação no milho.



A soja apresentou o mesmo padrão de agrupamento do café, segundo a classe de gota (Figura 6). Em relação aos grupos formados para a cultura da soja, o desempenho das aplicações com gotas finas foi superior nas avaliações de deposição dos dois terços analisados, na cobertura e na densidade de gotas (Apêndice D: Tabela 33). Em média, na cultura do milho obteve-se uma pulverização mais uniforme que na soja, com índice de amplitude relativa em torno de 0,6 e 0,8 respectivamente.

Figura 6 – Dendrograma da análise de conglomerados das parcelas, com formação de dois grupos em função da classe de gota para a aplicação na soja.



### 3.6 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais baseia-se nas combinações lineares das variáveis originais para formar componentes não correlacionados (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016). Frequentemente emprega-se esta metodologia para reduzir o número de variáveis visando trabalhar com modelos mais simples, porém também pode ser utilizada na procura de maior compreensão das características principais de variáveis, interações entre elas e identificar as de maior influência (BINAKU; SCHMELING, 2017; DOMINICK et al., 2012; NOGAROTTO; LIMA; POZZA, 2020; SOUZA et al., 2017; SOUZA; RIGÃO, 2005).

Aplicando o critério de Kaiser, na cultura do café, foram retidos cinco componentes principais que explicam 72,5% da variância dos dados das 19 variáveis avaliadas nesta cultura (Tabela 13). Observa-se que a maioria das variáveis de caracterização das gotas se situa na componente principal um com correlações altamente significativas e de índices acima de 0,4. As variáveis de deposição situam-se com correlações maiores na componente principal 4 e o escoamento para o solo tem maior contribuição, isoladamente na componente principal 3, verificando-se que esta variável dever ser analisada de forma separada.

Um indicador importante na análise de componentes principais é o valor das comunalidades. Estas representam a proporção da variância explicada pelos componentes selecionados. Para estimar se a variável está sendo bem representada na análise, alguns autores consideram que deve haver comunalidade maior que 0,5 (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010) e outros afirmam que pode ser maior que 0,6 (HAIR et al., 2009). No presente estudo adotou-se 0,6 (60%) como valor crítico por ser mais comumente usado neste tipo de análises. Assim, as variáveis que estiveram menos representadas no modelo foram a deposição superior nas duas regiões, exterior e interior, e a deposição no terço médio na região interna do perfil da planta. Diante disso, mesmo presentes, não foram consideradas nas análises dos gráficos *biplot*.

Tabela 13. Coeficientes de correlação entre componentes principais (CP) e as variáveis em estudo, e as comunalidades de cada variável para café.

| Deposição de calda<br>Terço-Região | CP1     | CP2     | CP3    | CP4     | CP5     | Comunalidades |
|------------------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------------|
| Superior-Exterior                  | 0,32*   | 0,68**  | 0,09   | -0,03   | 0,12    | 59%           |
| Superior-Interior                  | 0,40**  | 0,30*   | 0,48** | 0,08    | 0,00    | 49%           |
| Médio-Exterior                     | 0,59**  | 0,16    | -0,18  | 0,45**  | 0,48**  | 84%           |
| Médio-Interior                     | 0,37*   | 0,29*   | 0,21   | 0,41**  | 0,31*   | 53%           |
| Inferior-Exterior                  | 0,53**  | 0,02    | 0,34*  | -0,58** | 0,19    | 77%           |
| Inferior-Interior                  | 0,41**  | 0,13    | 0,45** | -0,51** | 0,32    | 75%           |
| Solo                               | -0,44** | 0,12    | 0,50** | -0,09   | -0,43** | 65%           |
| Caracterização da Gota             | CP1     | CP2     | CP3    | CP4     | CP5     | Comunalidades |
| DMV <sub>S</sub>                   | -0,76** | 0,01    | 0,26   | 0,03    | 0,23*   | 71%           |
| AR <sub>S</sub>                    | -0,58** | 0,11    | 0,15   | 0,57**  | -0,11   | 71%           |
| C <sub>S</sub>                     | 0,39*   | 0,75**  | 0,09   | 0,12    | -0,22   | 80%           |
| D <sub>S</sub>                     | 0,54**  | 0,67**  | 0,05   | 0,09    | -0,33*  | 86%           |
| DMV <sub>M</sub>                   | -0,69** | 0,18    | 0,35*  | 0,06    | 0,29    | 72%           |
| AR <sub>M</sub>                    | -0,69** | -0,09   | 0,47** | -0,02   | -0,16   | 73%           |
| AC <sub>M</sub>                    | 0,76**  | -0,31*  | 0,31*  | 0,15    | -0,16   | 82%           |
| D <sub>M</sub>                     | 0,80**  | -0,31*  | 0,19   | 0,11    | -0,21   | 82%           |
| DMV <sub>I</sub>                   | -0,69** | 0,14    | 0,40** | -0,04   | 0,06    | 67%           |
| AR <sub>I</sub>                    | -0,70** | -0,12   | 0,23   | 0,27*   | 0,09    | 64%           |
| C <sub>I</sub>                     | 0,57**  | -0,46** | 0,49** | 0,24    | 0,08    | 84%           |
| D <sub>I</sub>                     | 0,67**  | -0,48** | 0,33*  | 0,24    | -0,03   | 85%           |
| Autovalores                        | 6,652   | 2,437   | 2,026  | 1,567   | 1,092   |               |
| Proporção da variância (%)         | 35,009  | 12,829  | 10,664 | 8,249   | 5,745   |               |
| Variância Acumulada (%)            | 35,009  | 47,838  | 58,502 | 66,751  | 72,496  |               |

CP: componente principal; \*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância.



Em relação ao milho e a soja obteve-se resultados semelhantes no referente às correlações entre variáveis, ainda que nessas culturas algumas dessas características fossem eliminadas das análises por não apresentar efeitos significativos (Apêndice C - Tabela 29 e 30, respectivamente). Desse modo, as variáveis de caracterização das gotas agruparam-se, especialmente, na componente um e as variáveis de deposição e escorrimento para o solo situaram-se entre as outras componentes.

Tabela 14 – Coeficientes de correlação entre componentes principais (CP) e as variáveis em estudo, e as comunalidades de cada variável para milho.

| Variáveis                  | CP1     | CP2    | CP3    | CP4    | Comunalidades |
|----------------------------|---------|--------|--------|--------|---------------|
| Inferior                   | -0,13   | 0,54*  | 0,60** | 0,11   | 67%           |
| Solo                       | 0,09    | 0,70** | 0,09   | -0,05  | 50%           |
| DMVs                       | -0,71** | 0,49*  | 0,11   | 0,23   | 81%           |
| ARs                        | 0,07    | 0,48   | -0,24  | -0,38  | 44%           |
| Cs                         | 0,70**  | 0,07   | 0,17   | 0,60** | 88%           |
| Ds                         | 0,82**  | -0,13  | 0,09   | 0,42   | 88%           |
| DMVm                       | -0,72** | 0,53*  | -0,16  | 0,24   | 88%           |
| Cm                         | 0,71**  | 0,54*  | -0,10  | 0,09   | 81%           |
| Dm                         | 0,88**  | 0,17   | -0,08  | -0,05  | 81%           |
| DMVi                       | -0,73** | 0,44   | -0,26  | 0,15   | 81%           |
| ARi                        | 0,70**  | 0,51*  | -0,15  | -0,22  | 82%           |
| Ci                         | 0,86**  | 0,23   | -0,02  | -0,20  | 84%           |
| Di                         | -0,08   | 0,03   | 0,80** | -0,35  | 76%           |
| Autovalores                | 5,25    | 2,38   | 1,24   | 1,05   |               |
| Proporção da variância (%) | 40,41   | 18,31  | 9,50   | 8,08   |               |
| Variância Acumulada (%)    | 40,41   | 58,72  | 68,23  | 76,31  |               |

CP: componente principal; \*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância.

Nessas culturas anuais foram necessárias menos uma componente para atingir o critério de explicar pelo menos 70% da variância dos dados, isso devido ao menor número de variáveis dentro da análise para estas culturas (Tabela 14 e 15). No milho, as variáveis de escorrimento para o solo e amplitude relativa no terço superior e na soja, a densidade de gotas no terço inferior apresentara comunalidades inferiores ao limite estabelecido, e

neste caso não foram consideradas nas análises dos gráficos *biplot* por sua informação não ser confiável, decorrente da baixa representatividade que apresentaram no modelo.

Tabela 15 – Coeficientes de correlação entre componentes principais (CP) e as variáveis em estudo, e as comunalidades de cada variável para soja.

| Variáveis                  | CP1     | CP2     | CP3    | CP4    | Comunalidades |
|----------------------------|---------|---------|--------|--------|---------------|
| Superior                   | 0,24    | 0,75**  | 0,45** | -0,09  | 83%           |
| Médio                      | 0,39*   | 0,78**  | 0,17   | 0,06   | 80%           |
| DMV <sub>s</sub>           | -0,60** | 0,08    | 0,42** | 0,54** | 84%           |
| AR <sub>s</sub>            | 0,27*   | -0,57** | 0,68** | -0,09  | 87%           |
| C <sub>s</sub>             | 0,85**  | -0,15   | 0,33*  | -0,12  | 87%           |
| D <sub>s</sub>             | 0,91**  | -0,2    | 0,17   | -0,21  | 94%           |
| DMVm                       | -0,64** | -0,18   | 0,29   | 0,42** | 71%           |
| C <sub>m</sub>             | 0,76**  | -0,08   | -0,15  | 0,52** | 88%           |
| D <sub>m</sub>             | 0,86**  | -0,08   | -0,2   | 0,41** | 95%           |
| D <sub>i</sub>             | 0,71**  | 0,05    | -0,1   | 0,23   | 57%           |
| Autovalores                | 4,42    | 1,62    | 1,17   | 1,04   |               |
| Proporção da variância (%) | 44,19   | 16,15   | 11,66  | 10,43  |               |
| Variância Acumulada (%)    | 44,19   | 60,34   | 72,00  | 82,43  |               |

CP: componente principal; \*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância e <sup>ns</sup> não significativo.

A discriminação de variáveis, ou arranjos em componentes, foi realizada em função da correlação entre elas, assim, as variáveis com maior correlação significativa situam-se na mesma componente (Apêndice C), por sua vez, constituem o grupo de variáveis que mais contribuem nessa componente (Apêndice E). Importante ressaltar as correlações baixas ou não significativas observadas entre as variáveis de deposição e as variáveis como porcentagem de cobertura, densidade, amplitude relativa e DMV. Isso já mostra que estas variáveis estariam em componentes separadas, ainda assim, todas as variáveis apresentaram-se com altas contribuições, correlações altas e significativas com pelo menos uma componente (Tabela 13,14 e 15), indicando a importância que cada uma delas têm na explicação da variância e da caracterização da qualidade da aplicação de fitossanitários.

As técnicas de análise multivariada auxiliam nos agrupamentos dos indivíduos (parcelas) segundo a variação das suas características ou variáveis estudadas (BURTON

et al., 1991; HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016). Assim, podem ser relacionados nos planos das diferentes componentes as variáveis e os diferentes grupos de tratamentos/indivíduos formados. No presente estudo relacionou-se a análise de agrupamento e a ACP nos gráficos *biplot* (Figura 7).

Como relatado, os grupos formaram-se em torno à classe de gota e também se polarizaram na componente principal um, obtendo escores maiores (direita do gráfico) os tratamentos aplicados com gotas finas, e as menores (esquerda do gráfico) os aplicados com gotas grossas. As variáveis seguem o mesmo padrão, principalmente no café, sendo que as que apresentaram correlações negativas com as componentes (Tabela 13) situaram-se na parte esquerda do gráfico, representando assim correlações inversas entre variáveis.

Nas culturas de milho e soja (Figura 7C a F), as variáveis e os tratamentos tiveram comportamento similar, polarizados com referência ao componente um (eixo horizontal), mas com a diferença que estiveram mais dispersos para a componente dois (eixo vertical), isso foi observado nas altas correlações com esta última componente (Tabela 14 e 15). As comunalidades também foram refletidas nestes gráficos, quanto maior o comprimento do vetor de uma variável, melhor ela está representada no plano.

Com os gráficos *biplot* pode-se analisar os tratamentos segundo a variável onde seus efeitos são mais intensamente refletidos (Figura 7). Cada vetor representa uma variável. O menor ângulo entre esses vetores significa que essas variáveis têm correlação maior, ângulo de  $90^\circ$  significa que não tem relação e de  $180^\circ$  indica que a relação é forte, porém, inversa. A magnitude do vetor indica o grau de representatividade dessa variável entre os dois componentes (CASTILLA et al., 2020; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2019).

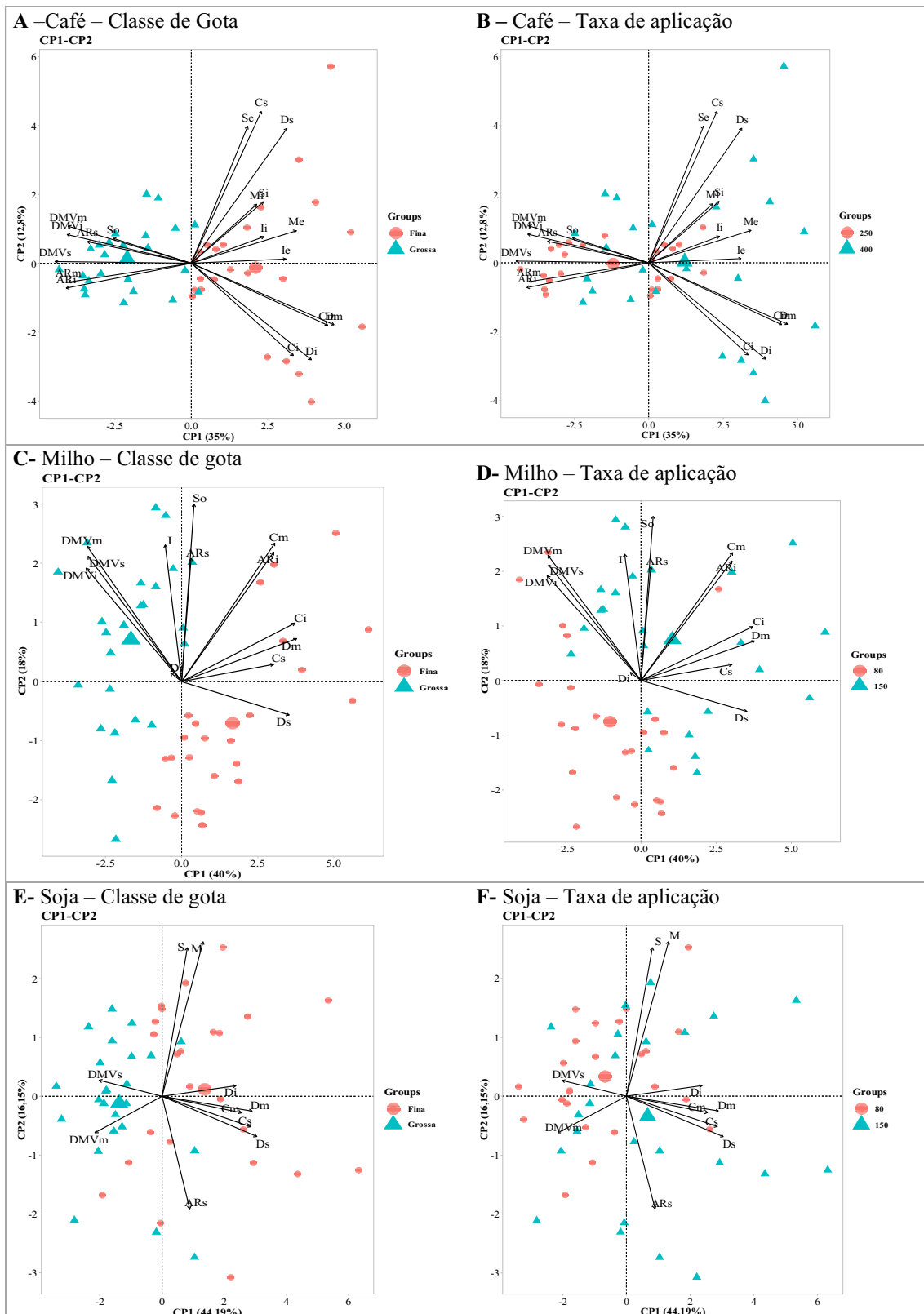
Constata-se que os efeitos dos tratamentos aplicados com gotas de classe grossa foram observados mais proeminentemente nas variáveis de diâmetro da mediana volumétrica, amplitude relativa e escurimento para o solo, variáveis que por sua vez mostraram alta correlação entre si, indiferente do terço avaliado. No café (Tabela 4) as maiores amplitudes relativas foram observadas nas parcelas aplicadas com gotas grossas, mas podem existir outros fatores envolvidos, por exemplo, a pressão de trabalho (CUNHA et al., 2020). No caso do DMV, verificou-se que os resultados da aplicação desses tratamentos foram concordantes com maiores estimativas para esta variável nas parcelas aplicadas com esta classe de gota.

No que diz respeito aos tratamentos com gotas finas, estes foram mais facilmente refletidos nas variáveis de deposição de calda, cobertura e densidade de gotas por estarem plotados no mesmo plano (Figura 7). Porém estas respostas dependem também de outros fatores como arquitetura da planta e IAF (LIAO et al., 2020) e condições meteorológicas adequadas (MUR et al., 2020).

Quando analisados os componentes e os tratamentos agrupados segundo taxa de aplicação, percebe-se que existe também um padrão no café (Figura 7B) e no milho (Figura 7D), já na soja, essas relações não estão claramente estabelecidas. No café as parcelas aplicadas com taxa de 400 L ha<sup>-1</sup>, dentro do grupo de gotas finas, evidenciam melhor desempenho quando avaliada cobertura, densidade de gotas e deposição de calda com ênfase ainda nos tratamentos com adjuvante. Na aplicação com gotas grossas, a taxa de aplicação foi um fator onde se notou um padrão diferente ao relatado, devendo ser analisado com maior profundidade.

No milho (Figura 7D), observou-se um padrão similar ao café. Diante disso, e para confirmar que a taxa de aplicação é o segundo fator de maior influência entre os três fatores avaliados, foi realizada uma segunda análise de agrupamento e de componentes principais dentro de cada classe de gota.

Figura 7 - Gráfico *Biplot* contendo os componentes principais 1 e 2, e a distribuição dos tratamentos e variáveis no plano agrupados em classe de gota e taxa de aplicação.



S: deposição de calda no terço superior; M: deposição de calda no terço médio; I: deposição de calda no terço inferior nas regiões e: externa e i: interna. So: escorrimento de calda para o solo. DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; C: área de cobertura; D: densidade de gotas nos terços s: superior; m: médio i: inferior.

### 3.7 Análise de conglomerado e ACP na classe de gota fina

A interação dos fatores foi significativa unicamente na deposição de calda e amplitude relativa no terço superior da região externa (Tabela 16), para as variáveis restantes os fatores apresentaram efeitos importantes de forma independente. Na deposição de calda na região interior dos terços superior e médio, ambos fatores apresentaram efeitos importantes, no entanto, no terço inferior unicamente a taxa de aplicação teve efeitos e de magnitude muito superior as outras.

No escorrimento de calda para o solo, o fator adjuvante foi o que influenciou esta variável, possivelmente pela redução da tensão superficial que pode levar a não fixação da gota. Com a adição de adjuvantes à calda, deve-se ter cuidado com a taxa de aplicação, porque caso estes dois fatores não estejam conjugados perfeitamente a retenção de calda nas folhas pode ser diminuída e, conseqüentemente, aumentar o escorrimento para o solo (FERREIRA et al., 2010).

Tabela 16 - Tamanho do efeito ( $\eta^2$  quadrado -  $\eta^2$ ) nos três terços do perfil do cafeeiro, considerando as aplicações com classe de gota fina.

| FV            | Deposição de Calda<br>( $\eta^2$ ) |                    |                    |                    |                    |                             | Escorrimento<br>para o solo |
|---------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|               | Superior                           |                    | Médio              | Inferior           |                    | Escorrimento<br>para o solo |                             |
|               | Exterior                           | Interior           | Interior           | Exterior           | Interior           |                             |                             |
| Taxa (T)      | 0,03 <sup>ns</sup>                 | 0,23**             | 0,28***            | 0,59***            | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup>          | 0,28*                       |
| Adjuvante (A) | 0,41***                            | 0,27**             | 0,37**             | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup>          |                             |
| T:A           | 0,39***                            | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> |                    |                             |                             |
| Resíduo       | 0,18 <sup>s</sup>                  |                    |                    |                    |                    |                             |                             |

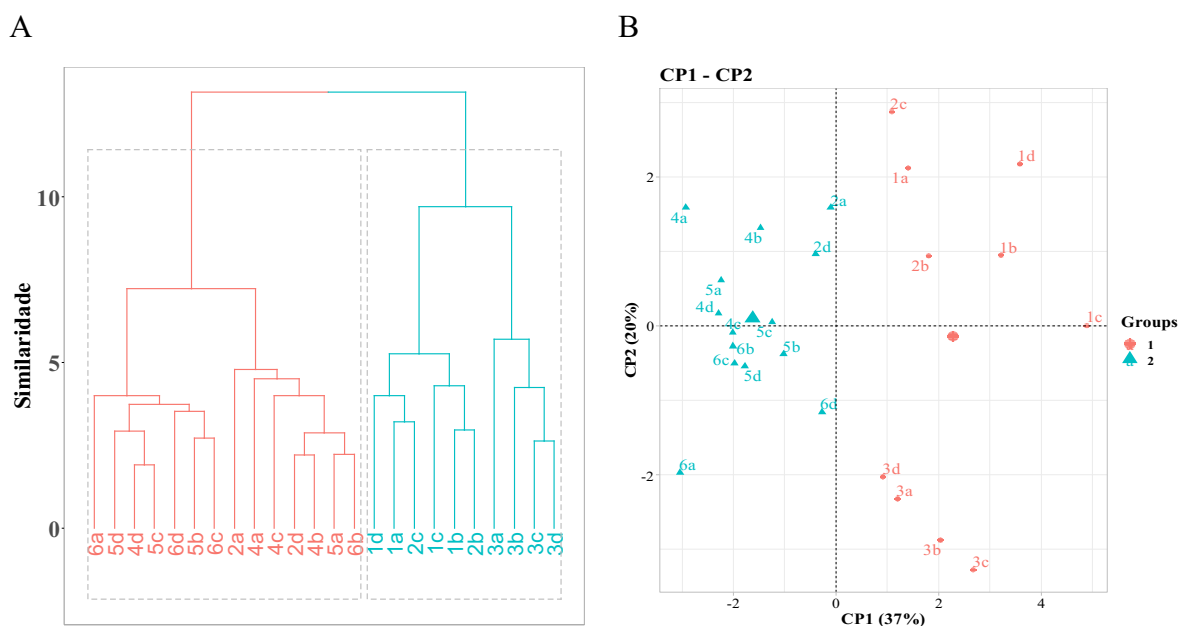
  

| FV            | Caracterização de gota<br>( $\eta^2$ ) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|               | AR                                     |                    | DMV                |                    | Cobertura          |                    | Densidade          |                    |
|               | Superior                               | Inferior           | Médio              | Inferior           | Médio              | Inferior           | Médio              | Interior           |
| Taxa (T)      | 0,03 <sup>ns</sup>                     | 0,19*              | 0,36***            | 0,26**             | 0,43***            | 0,38***            | 0,44***            | 0,36***            |
| Adjuvante (A) | 0,03 <sup>ns</sup>                     | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> |
| T:A           | 0,29*                                  | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,15*              | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,15 <sup>ns</sup> |
| Resíduo       | 0,65                                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica, AR: amplitude relativa. \*Significativo a 5% de probabilidade, \*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância; \*\*\* significativo a 0,001 de significância e <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAs; FV: fonte de variação.

Nas variáveis de caracterização de gotas, a taxa de aplicação foi evidenciada como fator discriminante, sendo de magnitude superior quando avaliado o terço médio. Na análise de cluster entre as parcelas com classe de gotas finas, os tratamentos foram separados principalmente segundo a taxa de aplicação utilizada, 400 L ha<sup>-1</sup> no grupo 1, e os tratamentos de 250 L ha<sup>-1</sup> no grupo 2 (Figura 8).

Figura 8 – Dendograma da análise de conglomerados das parcelas aplicadas com gotas finas, em função da taxa de aplicação no cafeeiro.

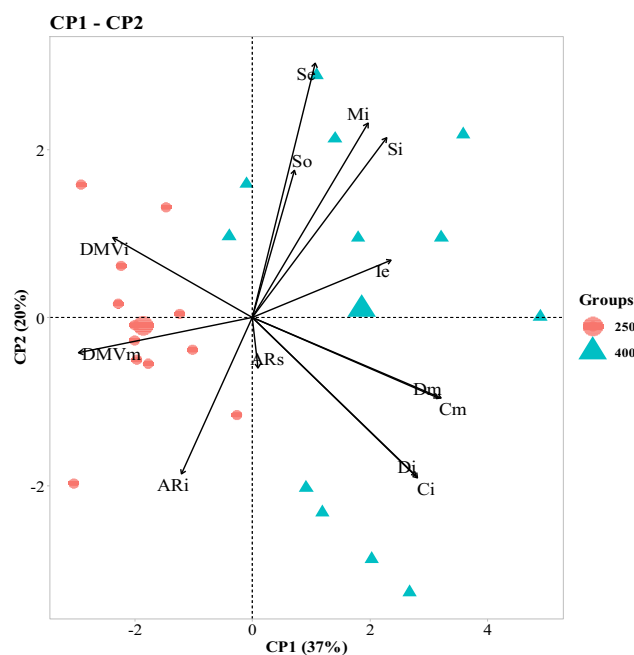


A: Dendograma para 2 grupos. B: Distribuição dos grupos entre as componentes 1 e 2.

A maior taxa favoreceu a deposição de calda nas folhas do terço superior na região interna, no terço médio das duas regiões interna e externa e no terço inferior da região externa (Apêndice F: Tabela 37). Também a maior taxa promoveu maior cobertura e densidade de gotas no terço médio e inferior.

Os dois grupos analisados pertencem à classe de gota fina, no entanto, a análise mostrou diferença significativa no diâmetro da mediada volumétrica entre grupos como era esperado. No terço superior e inferior, apesar de ter diferenças, ambos grupos pertenceram ao espectro de gota fina. Isso provavelmente se deu em função da caracterização ter sido feita em papel hidrossensível que pode diferir de outras técnicas de medição, como aquelas utilizadas pelas empresas de pontas de pulverização, que em geral empregam equipamento de medição de gotas no ar.

Figura 9 – Gráfico *biplot* contendo as componentes principais 1 e 2 e a distribuição dos tratamentos e variáveis no plano com agrupamento para taxa de aplicação no café, dentro de gota fina.



S: deposição de calda no terço superior; M: deposição de calda no terço médio; I: deposição de calda no terço inferior nas regiões e: externa e i: interna. So: escorrimento de calda para o solo. DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; C: área de cobertura; D: densidade de gotas nos terços s: superior; m: médio i: inferior.

Em relação ao milho, as variáveis de cobertura e densidade de gotas apresentaram diferenças, quando relacionada à taxa de aplicação e uso de adjuvantes (Tabela 17). Em todas as variáveis, a estimativa do efeito para taxa de aplicação foi relativamente similar, sendo este fator o único discriminante entre as variáveis, apontando-o como segundo fator depois de classe de gota.

Tabela 17 – Tamanho do efeito (Eta quadrado -  $\eta^2$ ) para tratamentos aplicados com classe de gotas finas na cultura do milho.

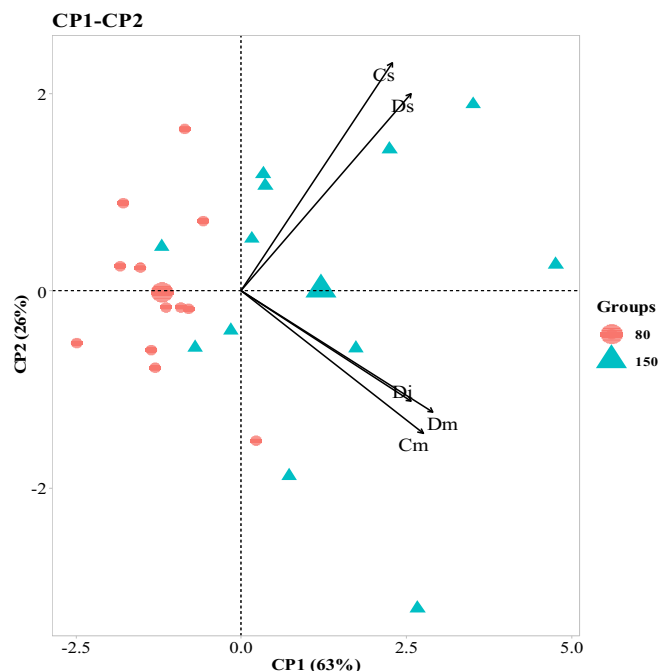
| FV            | Cobertura<br>( $\eta^2$ ) |                    | Densidade de gotas<br>( $\eta^2$ ) |                    |                    |
|---------------|---------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
|               | Superior                  | Médio              | Superior                           | Médio              | Inferior           |
| Taxa (T)      | 0,28*                     | 0,33**             | 0,23*                              | 0,31**             | 0,31**             |
| Adjuvante (A) | 0,09 <sup>ns</sup>        | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup>                 | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> |
| T x A         | 0,00 <sup>ns</sup>        | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup>                 | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> |
| Resíduos      | 0,62                      |                    |                                    |                    |                    |

\*significativo a 0,05 de significância; \*\* significativo a 0,01 de significância; <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAS; FV: fonte de variação.



A maior taxa de aplicação proporcionou maior cobertura e densidade de gotas (Figura 10). O ângulo de 90° entre o terço superior e as mesmas variáveis, porém, no terço médio e inferior demonstra a não correlação existente entre cada grupo, devendo-se inferir resultados de forma isolada entre os grupos.

Figura 10 – Gráfico *biplot* contendo os componentes principais 1 e 2 e a distribuição dos tratamentos e variáveis no plano com agrupamento para taxa de aplicação no milho, dentro de gotas finas.



C: área de cobertura. D: densidade de gotas nos terços s: terço superior. m: terço médio. i: terço inferior.

No que diz respeito à soja, entre as parcelas aplicadas com gotas finas unicamente apresentaram efeitos a deposição no terço superior e médio e a amplitude relativa no terço superior, quando avaliados taxa de aplicação e adjuvantes (Tabela 18). Em cada variável houve uma resposta relativamente diferente frente aos fatores, desse modo, a deposição superior esteve mais influenciada pelo uso de adjuvantes, na deposição no terço médio observou-se interação dos fatores e a taxa de aplicação influenciou na amplitude relativa. Mesmo com essas diferenças, o número reduzido de variáveis impossibilita assinalar algum dos fatores como proeminente.

Tabela 18 – Tamanho do efeito (Eta quadrado -  $\eta^2$ ) para tratamentos aplicados com gota fina na soja.

| FV            | Deposição          |                    | Amplitude Relativa Superior |
|---------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
|               | Superior           | Médio              |                             |
|               |                    |                    | ( $\eta^2$ )                |
| Taxa (T)      | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,36**                      |
| Adjuvante (A) | 0,79***            | 0,38**             | 0,08 <sup>ns</sup>          |
| T x A         | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,24**             | 0,11 <sup>ns</sup>          |
| Resíduos      | 0,19               |                    |                             |

\*\*significativo a 0,01 de significância; \*\*\* significativo a 0,001 de significância; <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAs; FV: fonte de variação.

### 3.8 Análise de conglomerado e ACP na classe de gota grossa

Ao plotar as parcelas com classe de gota grossa das aplicações no cafeeiro, nos planos das componentes 1 e 2 da análise de componentes principais (Figura 11), estas se localizaram de forma polarizada, demonstrando um possível agrupamento segundo a taxa, porém, as análises de agrupamento não determinaram tais grupos, nem houve padrão de agrupamento algum; resultado previsto graficamente na Figura 7B. Provavelmente isso se deu devido ao fato dos efeitos serem significativos só para variáveis determinadas, além das interações terem se apresentado como significativas, precisando utilizar análise univariada para confirmar estas asseverações. Para isso, foi calculada a magnitude do tamanho de efeito para as variáveis que apresentaram significância estatística à intervenção dos fatores e da interação com o índice de eta quadrado ( $\eta^2$ ) (Tabela 19).

Nas variáveis deposição de calda e amplitude relativa, a interação entre taxa de aplicação e uso de adjuvante foi significativa com estimativa de tamanho do efeito a partir de 0,20. Sabe-se que, na cultura do café, um dos alvos mais difíceis de atingir é o terço superior, neste caso, a interação dos fatores teve uma estimativa de efeito muito superior à das outras variáveis.

Tabela 19 – Estimativas de tamanho do efeito (Eta quadrado -  $\eta^2$ ) para tratamentos aplicados com gota grossa no café em variáveis de deposição de calda e espectro de gota.

| FV            | Deposição de Calda |          |                    |          |          |                    | Escorrimento para o solo |
|---------------|--------------------|----------|--------------------|----------|----------|--------------------|--------------------------|
|               | Superior           | Médio    |                    | Inferior |          |                    |                          |
|               | Exterior           | Exterior | Interior           | Exterior | Interior |                    |                          |
|               | $(\eta^2)$         |          |                    |          |          |                    |                          |
| Taxa (T)      | 0,07*              | 0,20**   | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,11**   | 0,19**   | 0,21*              |                          |
| Adjuvante (A) | 0,18**             | 0,33***  | 0,34**             | 0,47***  | 0,17*    | 0,06 <sup>ns</sup> |                          |
| T:A           | 0,52***            | 0,20**   | 0,21*              | 0,28***  | 0,31**   | 0,06 <sup>ns</sup> |                          |
| Resíduo       | 0,23               |          |                    |          |          |                    |                          |

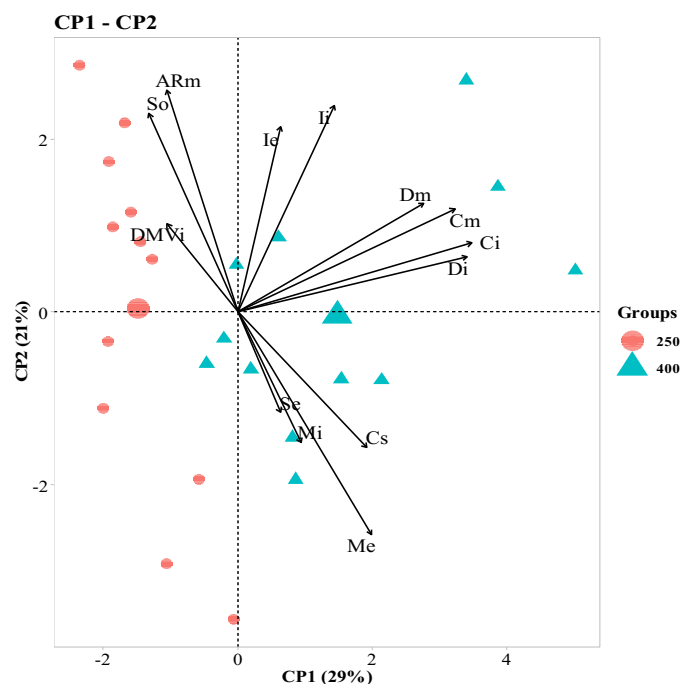
  

| FV            | Caracterização da gota |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|               | DMV                    | AR                 | Cobertura          |                    |                    | Densidade          |                    |
|               | Inferior               | Médio              | Superior           | Médio              | Inferior           | Médio              | Inferior           |
|               | $(\eta^2)$             |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Taxa (T)      | 0,01 <sup>ns</sup>     | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,22*              | 0,32**             | 0,49**             | 0,19*              | 0,30**             |
| Adjuvante (A) | 0,11 <sup>ns</sup>     | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> |
| T:A           | 0,28*                  | 0,29*              | 0,2 <sup>ns</sup>  | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> |
| Resíduo       | 0,61                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; \*significativo a 0,05 de significância; \*\*significativo a 0,01 de significância; \*\*\* significativo a 0,001 de significância; <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAs; FV: fonte de variação.

A taxa de aplicação teve influência direta na cobertura e na densidade de gotas (Figura 11). Observa-se que a maior taxa resultou em maiores estimativas nestas variáveis. Com estes resultados pode-se inferir que, para variáveis de caracterização de gotas, a taxa de aplicação pode ser o segundo fator mais influente. Contudo, para as variáveis de deposição de calda, o segundo fator é a conjugação entre taxa de aplicação e uso de adjuvante.

Figura 11 – Gráficos *biplot* das componentes 1 e 2 em agrupamentos segundo taxa de aplicação para café, dentro de gota grossa.



S: deposição de calda no terço superior; M: deposição de calda no terço médio; I: deposição de calda no terço inferior nas regiões e: externa e i: interna. So: escorrimento de calda para o solo. DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; C: área de cobertura; D: densidade de gotas nos terços s: superior; m: médio i: inferior.

No milho, nas parcelas aplicadas com classe de gota grossa, apresentaram diferenças estatísticas entre grupos para as variáveis de cobertura e densidade nos três terços avaliados, amplitude relativa no terço superior, DMV no terço inferior e escorrimento para o solo (Tabela 20). A estimativa do tamanho do efeito foi superior na cobertura e densidade, ambas no terço superior. Embora a resposta dos tratamentos na densidade tenha se apresentado dependente dos dois fatores (taxa de aplicação e uso de adjuvantes), a estimativa do efeito da interação foi baixa (0,05), possivelmente decorrente da baixa estimativas para uso de adjuvante (0,06).

Tabela 20 – Tamanho do efeito (Eta quadrado-  $\eta^2$ ) para tratamentos aplicados com classe de gota grossa na cultura do milho.

| FV            | Escorri-<br>mento para<br>o solo | DMV           | AR       | Cobertura  |         |          | Densidade |         |          |
|---------------|----------------------------------|---------------|----------|------------|---------|----------|-----------|---------|----------|
|               |                                  | Inferi-<br>or | Superior | Superior   | Médio   | Inferior | Superior  | Médio   | Inferior |
|               |                                  |               |          | $(\eta^2)$ |         |          |           |         |          |
| Taxa (T)      | 0,15*                            | 0,01          | 0,02*    | 0,53***    | 0,42*** | 0,38***  | 0,62***   | 0,29*** | 0,29***  |
| Adjuvante (A) | 0,06                             | 0,09          | 0,27*    | 0,03       | 0,02    | 0,01     | 0,06**    | 0,05    | 0,11     |
| T : A         | 0,06                             | 0,18*         | 0,04     | 0,02       | 0,07    | 0,00     | 0,05**    | 0,03    | 0,07     |
| Resíduo       | 0,73                             |               |          |            |         |          |           |         |          |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; \*significativo a 0,05 de significância, \*\* significativo a 0,01 de significância, \*\*\* significativo a 0,001 de significância; <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAs; FV: fonte de variação.

Concordando com a análise prévia, houve um padrão de agrupamento em função da taxa de aplicação (Figura 12A). No gráfico *biplot* (Figura 12B) verifica-se que os tratamentos agruparam-se em função também da componente um. Observa-se também que a maior taxa de aplicação foi refletida na maior cobertura e densidade dos dois terços avaliados, no entanto, resultou em uma aplicação menos técnica com amplitude relativa superior quando comparada com a menor taxa de aplicação (Figura 12C, Apêndice F: Tabela 38)

Figura 12 – Gráficos *biplot* dos componentes 1 e 2 da classe de gota grossa com parcelas separadas segundo a taxa de aplicação na cultura de milho.

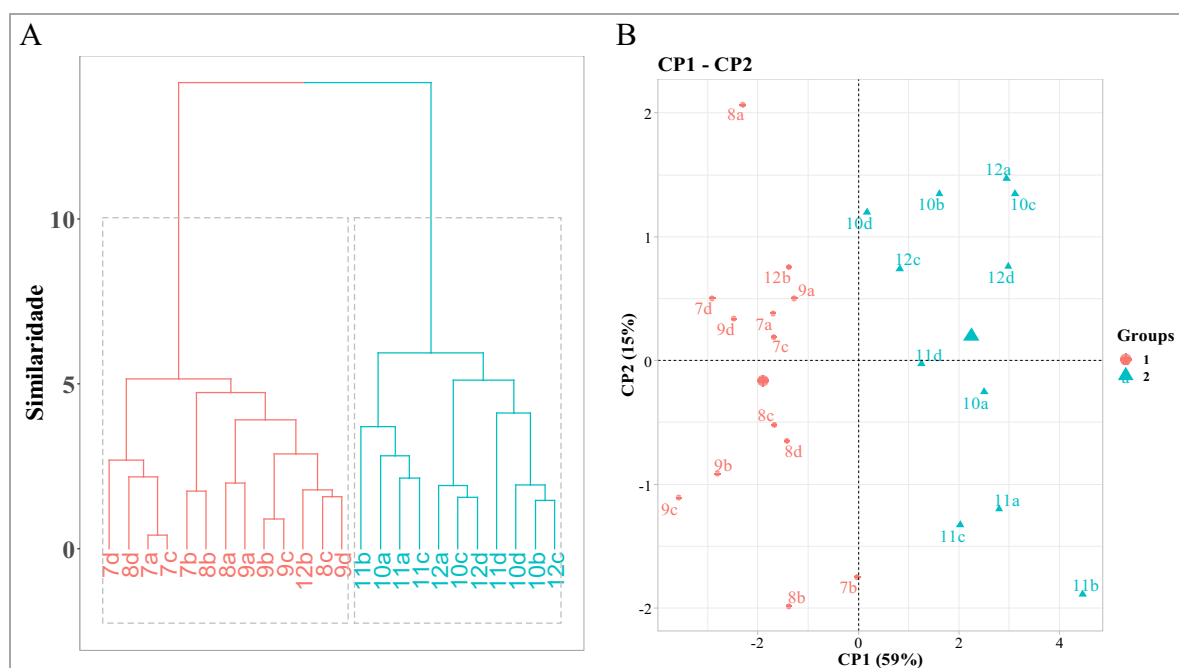
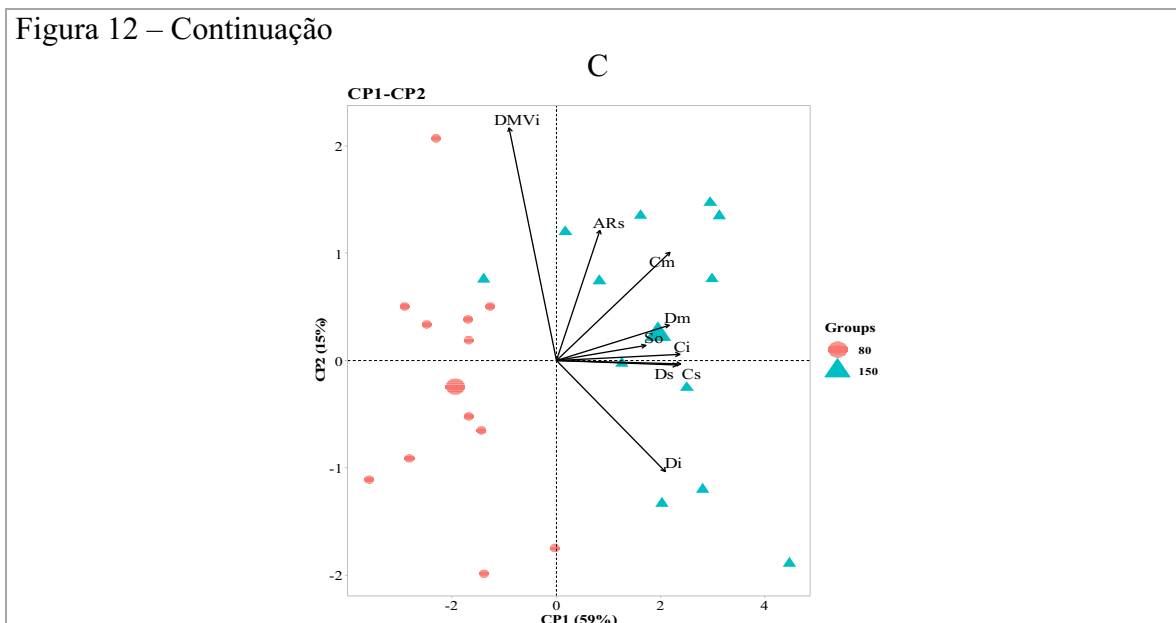


Figura 12 – Continuação



A: Conglomerados de parcelas de milho. B: Distribuição dos grupos nas componentes principais 1 e 2. C: Distribuição das parcelas nas componentes 1 e 2 segundo taxa de aplicação. So: escorrimento de calda para o solo. DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; C: área de cobertura; D: densidade de gotas nos terços s: superior; m: médio i: inferior.

No caso da cultura da soja, as médias foram diferentes em função da taxa de aplicação e uso de adjuvantes, sendo que nas variáveis de deposição de calda, tanto no terço superior quanto no médio, a estimativa do efeito deu-se em função do adjuvante, enquanto que nas variáveis de caracterização da gota foram maiores e decorrentes da taxa de aplicação (Tabela 21). Em consequência, não houve padrão de agrupamento em função dos fatores.

Tabela 21 – Tamanho do efeito (Eta quadrado -  $\eta^2$ ) para tratamentos aplicados com classe de gotas grossas na soja.

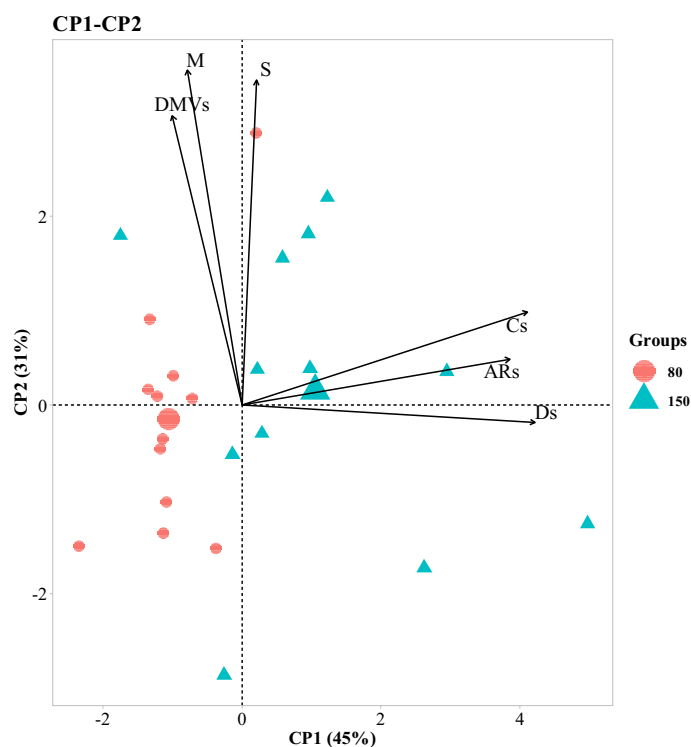
| FV            | Deposição          |                    | Terço Superior     |                    |                    |                    |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|               | Superior           | Médio              | DMV                | AR                 | Cobertura          | Densidade          |
|               | $(\eta^2)$         |                    |                    |                    |                    |                    |
| Taxa (T)      | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,48***            | 0,40**             | 0,31**             |
| Adjuvante (A) | 0,28*              | 0,31*              | 0,37*              | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,17 <sup>ns</sup> |
| T : A         | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> |
| Resíduo       | 0,68               |                    |                    |                    |                    |                    |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; \*Significativo a 0,05 de significância, \*\* significativo a 0,01 de significância, \*\*\* significativo a 0,001 de significância; <sup>ns</sup> não significativo nas ANOVAs; FV: fonte de variação.

Com as estimativas relatadas, e plotando as variáveis segundo as componentes principais, observou-se efeito similar ao reportado para milho, quando a aplicação é

realizada empregando gotas grossas, maior taxa promoveu maior cobertura e densidade em contrapartida, também maior heterogeneidade das gotas na aplicação ( Figura 13).

Figura 13 – Gráficos *biplot* das componentes 1 e 2 na cultura da soja, agrupadas segundo taxa de aplicação, dentro de gota grossa.



S: deposição de calda no terço superior; M: deposição de calda no terço médio; DMV: diâmetro da mediana volumétrica; AR: amplitude relativa; C: área de cobertura; D: densidade de gotas; s: terço superior.

Diante desses resultados, é possível assinalar que a definição do segundo fator de maior importância irá depender das variáveis a analisar, decorrentes dos objetivos da aplicação. Dessa forma, quando for avaliada deposição de calda, o uso de adjuvantes e ainda a interação entre taxa de aplicação e adjuvantes têm maior importância. Quando o foco for a cobertura e a densidade de gotas, a taxa de aplicação mostrou-se mais relevante depois de classe de gotas.

Com este trabalho não se tem a pretensão de recomendar uma classe de gota, taxa de aplicação fixa ou o uso de adjuvantes na aplicação de produtos fitossanitários, unicamente sinalizar a ordem em que esses fatores devem ser combinados com as outras condições envolvidas nas aplicações no momento do planejamento, considerando as peculiaridades de cada região.

Embora todas as análises realizadas ajudaram a atingir os objetivos do estudo, para futuras pesquisas similares as análises podem ser resumidas em ANOVA para escolher as variáveis com significância estatísticas, testar os pressupostos da análise multivariada de dados, continuar com análise de *clusters* para agrupar os tratamentos e calcular os tamanhos dos efeitos com a estimativa da eta quadrada ( $\eta^2$ ) para comparar e estudar os resultados dessas duas análises. Da análise de componentes principais empregar as comunalidades como indicativo das variáveis que podem ser analisadas com os gráficos *biplot* para estudar as relações existentes entre os tratamentos e as variáveis.

#### 4 CONCLUSÕES

As técnicas de estatística multivariada mostraram-se adequadas para discriminar os efeitos entre os fatores estudados (classe de gotas, taxa de aplicação e uso de adjuvantes) e sua magnitude sobre as variáveis respostas analisadas (deposição de calda nas folhas e caracterização dos impactos em papel hidrossensível). Essas variáveis apresentaram eficiência estatística e pouca redundância de resultados diante dos objetivos do estudo. A estimativa de tamanho do efeito permitiu conferir os resultados obtidos com análise exploratórias de conglomerados e ACP.

As correlações entre as variáveis, pressuposto para aplicação das técnicas multivariadas, dependeram do alvo analisado (café, milho e soja), sendo altamente ligadas às variáveis lidas no mesmo alvo.

A classe de gotas a ser usada em uma aplicação, seja no café, milho ou soja, mostrou ser o fator de maior importância no planejamento de uma pulverização. O segundo fator irá depender da variável analisada: obteve-se efeito na deposição de calda nas folhas em função do uso de adjuvantes e da interação entre taxa de aplicação e adjuvantes; em relação à cobertura e densidade de gotas, o efeito se deu em função da taxa de aplicação empregada.

Na maioria das condições avaliadas, aplicações com classe de gotas grossas apresentaram menor uniformidade de tamanho das gotas. O uso de adjuvantes vinculados com classe de gotas fina resultou em maior endoderiva. No entanto, quando a aplicação foi realizada com gotas grossas, a adição de adjuvantes à calda ajudou na deposição de gotas nas folhas.



Na avaliação do terço inferior da soja nenhum dos fatores mostrou-se importante para a maioria das características pelas dificuldades de ingressar até esse terço do perfil da planta.

Em todas as análises, o escoamento de calda para o solo situou-se de forma independente nas componentes e nos gráficos de correlações associado a DMV e AR, indicando que ocorre em função do tamanho de gota. Gotas grossas favorecem a endoderiva.

Nas culturas do café e milho com a associação de gotas finas com a maior taxa ( $400 \text{ L ha}^{-1}$  para o café e  $150 \text{ L ha}^{-1}$  para o milho), obteve-se maior desempenho na área de cobertura, densidade de gotas e deposição de calda de forma geral.

Embora as significâncias das variáveis diferiram em cada cultura, a semelhança dos resultados nas três culturas valida a ordem de fatores de influência estabelecida neste estudo. Acredita-se que essa ordem não irá modificar, mesmo que valores de significância e tamanho de efeitos diferentes sejam obtidos com outra conjugação dos mesmos fatores avaliados.

## REFERÊNCIAS

ADELEKE, B. L.; YAHYA, W. B.; USMAN, A. A Comparison of Some Test Statistics for Multivariate Analysis of Variance Model With Non-Normal Responses. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, n. 15, p. 1-10, 2015.

AGUILERA-ESTEBAN, D. A.; SOUZA-LIMA, E.; HENRIQUE-LOVERA, L.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A. R. Relaciones entre componentes morfológicos de palmito y atributos físicos de un inceptisol: una aproximación multivariada. **Ciencia & Tecnología Agropecuaria**, v. 18, n. 3, p. 543–554, 2017. DOI: 10.21930/rcta.vol18\_num3\_art:743.

ALVES, T. C.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; SILVA, S. M.; LEMES, E. M. Canopy volume and application rate interaction on spray deposition for different phenological stages of coffee crop. **Coffee Science**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2020. DOI: 10.25186/.v15i.1777.

ARAÚJO, A. O.; MENDONÇA, L. A. R.; LIMA, M. G. S.; FEITOSA, J. V.; SILVA, F. J. A.; NESS, R. L. L.; FRISCHKORN, H.; SIMPLÍCIO, A. A. F.; KERNTOPF, M. R. Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na Chapada do Araripe. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 754–762, 2013. DOI: 10.1590/S0100-06832013000300022.

ARAÚJO, R. S.; BERNARDES, R. C.; MARTINS, G. F. A mixture containing the herbicides Mesotrione and Atrazine imposes toxicological risks on workers of *Partamona helleri*. **Science of The Total Environment**, v. 763, n. 1; p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.14298>.

ASSUNÇÃO, H. H. T.; CAMPOS, S. F. B.; SOUSA, L. A.; LEMES, E. M.; ZANDONADI, C. H. S.; CUNHA, J. P. A. R. Electrostatic spraying effect on spray deposition and powdery mildew control in soybean. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 6, p. 721–728, 2019 a. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n6p721-728/2019.

ASSUNÇÃO, H. H. T.; SILVA, S. M.; ALVES, G. S.; ZANDONADI, C. H. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvants plus phytosanitary products and the effects on the physical-chemical properties of the spray liquids. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 6, p. 1878-1885, 2019 b. DOI: 10.14393/BJ-v35n6a2019-46994.

BAIO, F. H. R.; PETTENAN, A. L.; CAMOLESE, H. S.; GABRIEL, R. R. F. Evaluation of spray deposits with twin flat tip with air induction in two soybean stages. **Idesia (Arica)**, v. 34 n. 4, p. 1–6, 2016. DOI: 10.4067/S0718-34292016005000018.

BAIO, F. H. R.; SILVA, E. E.; VRECH, M. A.; SOUZA, F. H. Q.; ZANIN, A. R.; TEODORO, P. E. Vegetation Indices to Estimate Spray Application Rates of Crop Protection Products in Corn. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1254–1259, 2018. DOI: 10.2134/agronj2017.12.0718.

BARBOSA, G. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FERREIRA, M. C.; ALVES, P. L. C. A. Fungicide spray coverage and deposition in soybean asian rust management. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 5, p. 1422-1431, 2019. DOI: 10.14393/BJ-v35n5a2019-42323.

BARRIOS, M. R.; MARQUES JUNIOR, J.; PANOSSO, A. R.; SIQUEIRA, D. S.; LA SCALA JUNIOR, N. Magnetic susceptibility to identify landscape segments on a detailed scale in the region of Jaboticabal, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1073–1082, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000400002.

BERGER-NETO, A.; JACCOUD-FILHO, D. S.; WUTZKI, C. R.; TULLIO, H. E.; PIERRE, M. L. C.; MANFRON, F.; JUSTINO, A. Effect of spray droplet size, spray volume and fungicide on the control of white mold in soybeans. **Crop Protection**, v. 92, n. 1, p. 190–197, 2017. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.10.016.

BEZERRA, F. A.; CORRAR, L. J. Utilização da análise fatorial na identificação dos principais indicadores para avaliação do desempenho financeiro: uma aplicação nas empresas de seguros. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 17, n. 42, p. 50–62, 2006. DOI: 10.1590/S1519-70772006000300005.

BINAKU, K.; SCHMELING, M. Multivariate statistical analyses of air pollutants and meteorology in Chicago during summers 2010-2012. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 10, n. 1, p. 1227–1236, 2017. DOI: 10.1007/s11869-017-0507-7.

BOCIANOWSKI, J.; CICHOCKI, M.; SZULC, P.; TRATWAL, A.; NOWOSAD, K.; KOBUS-CISOWSKA, J. Analysis of the nitrogen and magnesium doses effects of two cultivars of maize (*Zea mays* L.) using multivariate methods. **Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering**, v. 64, n. 3, p. 4-9, 2019.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; SANTANA, D. G. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. **Biosystems Engineering**, v. 154, n. 1, p. 35–45, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.017>

BURGOS, N. R.; SHIVRAIN, V. K.; SCOTT, R. C.; MAUROMOUSTAKOS, A.; KUK, Y.-I.; SALES, M. A.; BULLINGTON, J. Differential tolerance of weedy red rice (*Oryza sativa* L.) from Arkansas, USA to glyphosate. **Crop Protection**, v. 30, n. 8, p. 986–994, 2011. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.03.024.

BURTON, A. J.; RAMM, C. W.; PREGITZER, K. S.; REED, D. D. Use of multivariate methods in forest research site selection. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 21, n. 11, p. 1573–1580, 1991. DOI: 10.1139/x91-219.

CASTILLA, N. P.; STUART, A. M.; MAKARA, O.; SATHYA, K.; SOMANY, S.; KUMAR, V.; RATNA HADI, B. A. Characterization of cropping practices, pest constraints, and yield variation in irrigated lowland rice of Cambodia. **Crop Protection**, v. 135, n. 1, p. 1-3, 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104906.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates, 1988.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA JÚNIOR, A. D. Volumes de calda e pontas de pulverização no controle químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do sorgo

forrageiro. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 692–699, 2010. DOI: 10.1590/S0100-69162010000400013.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 261–270, 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 343–351, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000200014.

CUNHA, J. P. A. R.; FRANÇA, J. A. L.; ALVARENGA, C. B.; ALVES, G. S.; ANTUNIASSI, U. R. Performance of air induction spray nozzle models under different operating conditions. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 6, p. 711–718, 2020. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v40n6p711-718/2020.

CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA-NETO, J.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.). **Interciencia**, v. 36, n. 4, p. 312–316, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 761–768, 2016. DOI: 10.1590/0034-737x201663060003.

CUNHA, J. P. A. R.; VICTOR, A. P.; SALES, C. G. R. Spray deposition on soybean crop using different travel speeds and application rates. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 82–87, 2018. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n1p82-87/2018.

DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; HAMMOND, R. B.; DORRANCE, A. E.; SPONGBERG, A. L. Determining the Influence of Spray Quality, Nozzle Type, Spray Volume, and Air-Assisted Application Strategies on Deposition of Pesticides in Soybean Canopy. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 5, p. 1529–1537, 2008. DOI: 10.13031/2013.25301.

DOMINICK, D.; JUAHIR, H.; LATIF, M. T.; ZAIN, S. M.; ARIS, A. Z. Spatial assessment of air quality patterns in Malaysia using multivariate analysis. **Atmospheric Environment**, v. 60, n. 1, p. 172–181, 2012. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.06.021.

ESPIRITO SANTO, H. M. A.; DANIEL, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (3): Guia para reportar os tamanhos do efeito para análises de regressão e ANOVAs. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, v. 4, n. 1, p. 43–60, 2018. DOI: 10.31211/rpics.2018.4.1.72.

ESPIRITO SANTO, H.; DANIEL, F. B. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do  $p < 0,05$  na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, v. 1, n. 1, p. 3–16, 2015. DOI: 10.7342/ismt.rpics.2015.1.1.14.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. D.; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier-Campus, 2009.

FERGUSON, J. C.; CHECHETTO, R. G.; HEWITT, A. J.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. W.; KRUGER, G. R.; O'DONNELL, C. C. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. **Crop Protection**, v. 81, n. 1, p. 14–19, 2016. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.11.013.

FERREIRA, M. C.; ALANDIA, R. A.; CARVALHO, G. F. G.; BAGGIO, M. V. Determinação de área foliar e retenção de líquido por folhas de café em pulverização a alto volume. **Nucleus**, v. 7, n. 1, p. 277–283, 2010. DOI: 10.3738/1982.2278-316.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160–185, 2010. DOI: 10.1590/S0104-62762010000100007.

FRITZ, B. K.; KIRK, I. W.; HOFFMANN, W. C.; MARTIN, D. E.; HOFMAN, V. L.; HOLLINGSWORTH, C.; MCMULLEN, M.; HALLEY, S. Aerial application methods for increasing spray deposition on wheat heads. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, n. 3, p. 357–364, 2006. DOI: 10.13031/2013.20453.

FRITZ, C. O.; MORRIS, P. E.; RICHLER, J. J. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 141, n. 1, p. 2–18, 2012. DOI: 10.1037/a0024338.

GARCERÁ, C.; VICENT, A.; CHUECA, P. Effect of spray volume, application timing and droplet size on spray distribution and control efficacy of different fungicides against circular leaf spot of persimmon caused by *Plurivorosphaerella nawae*. **Crop Protection**, v. 130, n.1 p. 1-11, 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.105072.

GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R. Spray deposition and chemical control of the coffee leaf-miner with different spray nozzles and auxiliary boom. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 4, p. 656–663, 2016. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n4p656-663/2016.

GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 267–275, 2016.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; SANT'ANNA, A. S. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Grupo A - Bookman, 2009.

HOFFMANN, L. L.; ROEHRIG, R.; BOLLER, W.; FORCELINI, C. A. Deposition and coverage of soybean leaf surfaces by sprays applied using different assisted boom sprayer systems. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 2, p. 198–207, 2019. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n2p198-207/2019.

- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. O. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016. DOI: 10.18607/ES201653398.
- IALONGO, C. Understanding the effect size and its measures. **Biochemia Medica**, v. 26, n. 2, p. 150–163, 2016. DOI: 10.11613/BM.2016.015.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6th ed ed. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall, 2007.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187–200, 1958. DOI: 10.1007/BF02289233.
- LEVINE, T. R.; HULLETT, C. R. Eta Squared, Partial Eta Squared, and Misreporting of Effect Size in Communication Research. **Human Communication Research**, v. 28, n. 4, p. 612–625, 2002. DOI: 10.1111/j.1468-2958.2002.tb00828.x.
- LIAO, J.; ZANG, Y.; LUO, X.; ZHOU, Z.; ZANG, Y.; WANG, P.; HEWITT, A. J. The relations of leaf area index with the spray quality and efficacy of cotton defoliant spraying using unmanned aerial systems (UASs). **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, n. 1, p. 1-7, 2020. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105228.
- MACHADO, T.; REYNALDO, É. R. Comparação do uso de aplicação aérea e terrestre na qualidade de deposição de produto na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 504–514, 2019. DOI: 10.18677/EnciBio\_2019A37.
- MACHADO, W. A.; SILVA, S. M.; CARVALHO, S. M.; CUNHA, J. P. A. R. Effect of nozzles, application rates, and adjuvants on spray deposition in wheat crops. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 1, p. 83–88, 2019. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n1p83-88/2019.
- MARTINS, P. H. A.; BAIO, F. H. R.; MARTINS, T. H. D.; FONTOURA, J. V. P. F.; TEODORO, L. P. R.; SILVA JUNIOR, C. A.; TEODORO, P. E. Estimating spray application rates in cotton using multispectral vegetation indices obtained using an unmanned aerial vehicle. **Crop Protection**, v. 140, n. 1, p. 1-7, 2021. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105407.
- MCKENNA, J. An enhanced cluster analysis program with bootstrap significance testing for ecological community analysis. **Environmental Modelling & Software**, v. 18, n. 3, p. 205–220, 2003. DOI: 10.1016/S1364-8152(02)00094-4.
- MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2017.
- MUR, M.; GADEA, S.; PONCE, M. J.; MERANI, V. H.; GUILINO, F. D.; BALBUENA, R. H. Desempeño de diferentes boquillas de pulverización sobre el cultivo de trigo. **Agrociencia Uruguay**, v. 24, n. 2, p. 1–16, 2020. DOI: 10.31285/AGRO.24.149.

NOGAROTTO, D. C.; LIMA, M. R. G.; POZZA, S. A. Análise de componentes principais para verificar relação entre variáveis meteorológicas e a concentração de mp10. **HOLOS**, v. 1, n. 1, p. 1–17, 2020. DOI: 10.15628/holos.2020.8649.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; MENDONÇA, L. A. R.; FONTENELE, S. B.; ARAÚJO, A. O.; BRITO, M. G. S. L. Statistical multivariate analysis applied to environmental characterization of soil in semiarid region. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 200–210, 2019. DOI: 10.1590/1983-21252019v32n120rc.

ORTIZ, M. Optimum Sample Size to Detect Perturbation Effects: The Importance of Statistical Power Analysis - A Critique. **Marine Ecology**, v. 23, n. 1, p. 1–9, 2002. DOI: 10.1046/j.1439-0485.2002.02735.x.

PAREDES, J. A.; CAZÓN, L. I.; ODDINO, C.; MONGUILLOT, J. H.; RAGO, A. M.; MOLINA, J. P. E. Efficacy of fungicides against peanut smut in Argentina. **Crop Protection**, v. 140, n. 1, p. 1-7, 2021. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105403.

PENNY, K. I. Appropriate critical values when testing for a single multivariate outlier by using the mahalanobis distance. **Applied Statistics**, v. 45, n. 1, p. 73-81, 1996. DOI: 10.2307/2986224.

PIRES, J. C. M.; SOUSA, S. I. V.; PEREIRA, M. C.; ALVIM-FERRAZ, M. C. M.; MARTINS, F. G. Management of air quality monitoring using principal component and cluster analysis—Part I: SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 6, p. 1249–1260, 2008. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.10.044.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1591–1600, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000500023.

PULVERIZAÇÃO e Novas Tecnologias. Palestrante: João Paulo A. R. da Cunha. Moderador: Fernando Hashimoto. [Uberlândia]: Maqnelson John Deere, 26 de nov. 2020. 1 vídeo (1h 45 min). *Live*. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=T2tL8CHVrJU&list=PLA6DkbItY3COS01YN3LWn-A4Ej6jb3\\_tD&index=33](https://www.youtube.com/watch?v=T2tL8CHVrJU&list=PLA6DkbItY3COS01YN3LWn-A4Ej6jb3_tD&index=33). Acesso em: 26 nov. 2020.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing: reference index**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 30 out. 2020.

RICHARDSON, J. T. E. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. **Educational Research Review**, v. 6, n. 2, p. 135–147, 2011. DOI: 10.1016/j.edurev.2010.12.001.

SHEPPARD, C. R. C. How Large should my Sample be? Some Quick Guides to Sample Size and the Power of Tests. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 6, p. 439–447, 1999. DOI: 10.1016/S0025-326X(99)00048-X.

- SILVA, R. D. A.; SOUZA, U. O.; SANTOS, L. G. D.; MELO, N. C.; VASCONCELOS, R. C. D. Características agronômicas de cultivares de milho verde submetidas a doses de Ribumin®. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 395-403, 2019. DOI: 10.19084/RCA15126.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 15–22, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000100002.
- SOUZA, A. D.; SANTOS, D. A. S.; ARISTONE, F.; KOVAČ-ANDRIĆ, E.; MARKOVIĆ, B.; MATASOVIĆ, B.; PAVAO, H. G.; PIRES, J. C. M.; IKEFUTI, P. V. Impacto de fatores meteorológicos sobre as concentrações de ozônio modelados por análise de séries temporais e métodos estatísticos multivariados. **HOLOS**, v. 5, n. 1, p. 2, 2017. DOI: 10.15628/holos.2017.5033.
- SOUZA, A. M.; RIGÃO, M. H. Identificação de variáveis fora de controle em processos produtivos multivariados. **Production**, v. 15, n. 1, p. 74–86, 2005. DOI: 10.1590/S0103-65132005000100007.
- SOUZA, F. H. Q.; MARTINS, P. H. A.; DRESCH MARTINS, T. H.; TEODORO, P. E.; BAILO, F. H. R. The use of vegetation index via remote sensing allows estimation of soybean application rate. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2020. DOI: 10.1016/j.rsase.2019.100279.
- SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 195–202, 2007. DOI: 10.1590/S0100-83582007000100022.
- TAVARES, L. S.; VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; ESPINOSA, M. M. Análise multivariada de espécies florestais nativas em relação aos atributos químicos e texturais do solo na região de Cotriguaçu- MT. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 281–291, 2019. DOI: 10.5902/1980509823577.
- TRIGO SÁNCHEZ, M. E.; MARTÍNEZ CERVANTES, R. J. Generalized eta squared for multiple comparisons on between-groups designs. **Psicothema**, v. 28 n. 3, p. 340–345, 2016. DOI: 10.7334/psicothema2015.124.
- VÉLEZ, M.; BERNARDES, R. C.; BARBOSA, W. F.; SANTOS, J. C.; GUEDES, R. N. C. Walking activity and dispersal on deltamethrin- and spinosad-treated grains by the maize weevil *Sitophilus zeamais*. **Crop Protection**, v. 118, n. 1, p. 50–56, 2019. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.12.013.
- XU, G.; ZHANG, Y.; SUN, J.; SHAO, H. Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. **Science of The Total Environment**, v. 568, n. 1, p. 910–915, 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.06.079.
- ZAMPIROLI, R.; ALVARENGA, C. B.; RINALDI, P. C. N.; ANDALÓ, V.; PRADO, J. R.; GONÇALVES, P. A. S. Effectiveness of coffee leaf miner control associated with



spray deposition in coffee leaves. **Revista Ceres**, v. 67, n. 5, p. 395–401, 2020. DOI: 10.1590/0034-737x202067050007.

**Apêndice A- Média e desvio padrão para variáveis de deposição de calda nas folhas nas culturas de café, milho e soja.**

Tabela 22 – Média ( $\bar{y}$ ) e desvio padrão (s) para variáveis de deposição de calda nas folhas do cafeeiro nos três terços e duas regiões avaliadas.

| Tratamentos                 | Deposição de calda nas folhas |                 |                 |                 |                 |                 | Escorrimento para o solo |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                             | Terço superior                |                 | Terço médio     |                 | Terço inferior  |                 |                          |
|                             | Externo                       | Interno         | Externo         | Interno         | Externo         | Interno         |                          |
|                             | $\mu\text{g cm}^{-2}$         |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
|                             | $\bar{y} \pm s$               | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$          |
| Gota fina                   | 0,43 $\pm$ 0,07               | 0,18 $\pm$ 0,04 | 0,59 $\pm$ 0,08 | 0,24 $\pm$ 0,04 | 0,53 $\pm$ 0,07 | 0,24 $\pm$ 0,04 | 5,00 $\pm$ 1,39          |
| Gota grossa                 | 0,38 $\pm$ 0,09               | 0,17 $\pm$ 0,07 | 0,48 $\pm$ 0,08 | 0,22 $\pm$ 0,04 | 0,40 $\pm$ 0,07 | 0,21 $\pm$ 0,05 | 6,96 $\pm$ 2,11          |
| Taxa 400 L ha <sup>-1</sup> | 0,44 $\pm$ 0,07               | 0,20 $\pm$ 0,06 | 0,59 $\pm$ 0,09 | 0,25 $\pm$ 0,04 | 0,54 $\pm$ 0,09 | 0,25 $\pm$ 0,04 | 5,52 $\pm$ 1,58          |
| Taxa 250 L ha <sup>-1</sup> | 0,38 $\pm$ 0,09               | 0,16 $\pm$ 0,06 | 0,48 $\pm$ 0,07 | 0,20 $\pm$ 0,04 | 0,38 $\pm$ 0,06 | 0,20 $\pm$ 0,06 | 6,62 $\pm$ 2,09          |
| Com adjuvante               | 0,46 $\pm$ 0,08               | 0,19 $\pm$ 0,05 | 0,50 $\pm$ 0,07 | 0,23 $\pm$ 0,03 | 0,51 $\pm$ 0,08 | 0,24 $\pm$ 0,05 | 6,45 $\pm$ 1,52          |
| Sem adjuvante               | 0,29 $\pm$ 0,08               | 0,15 $\pm$ 0,06 | 0,60 $\pm$ 0,09 | 0,23 $\pm$ 0,05 | 0,38 $\pm$ 0,06 | 0,18 $\pm$ 0,04 | 5,03 $\pm$ 2,20          |
| Aureo                       | 0,46 $\pm$ 0,08               | 0,21 $\pm$ 0,06 | 0,51 $\pm$ 0,06 | 0,24 $\pm$ 0,02 | 0,47 $\pm$ 0,07 | 0,23 $\pm$ 0,05 | 6,70 $\pm$ 1,78          |
| Fighter                     | 0,46 $\pm$ 0,08               | 0,18 $\pm$ 0,04 | 0,50 $\pm$ 0,09 | 0,22 $\pm$ 0,04 | 0,55 $\pm$ 0,09 | 0,24 $\pm$ 0,06 | 6,21 $\pm$ 1,26          |

Tabela 23 – Média ( $\bar{y}$ ) e desvio padrão (s) para variáveis de deposição de calda nas folhas do milho nos três terços avaliados.

| Tratamentos                 | Deposição de Calda nas folhas |                 |                 | Escorrimento para o solo |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                             | Terço Superior                | Terço Médio     | Terço Inferior  |                          |
|                             | $\bar{y} \pm s$               | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ |                          |
|                             | $\mu\text{g cm}^{-2}$         |                 |                 |                          |
| Gotas finas                 | 0,21 $\pm$ 0,06               | 0,18 $\pm$ 0,07 | 0,11 $\pm$ 0,06 | 3,05 $\pm$ 1,55          |
| Gotas grossas               | 0,27 $\pm$ 0,12               | 0,20 $\pm$ 0,08 | 0,16 $\pm$ 0,08 | 3,92 $\pm$ 1,86          |
| Taxa 80 L ha <sup>-1</sup>  | 0,23 $\pm$ 0,13               | 0,17 $\pm$ 0,10 | 0,12 $\pm$ 0,08 | 2,89 $\pm$ 1,70          |
| Taxa 150 L ha <sup>-1</sup> | 0,26 $\pm$ 0,05               | 0,21 $\pm$ 0,05 | 0,16 $\pm$ 0,07 | 4,08 $\pm$ 1,71          |
| Com adjuvante               | 0,24 $\pm$ 0,09               | 0,18 $\pm$ 0,07 | 0,14 $\pm$ 0,08 | 3,39 $\pm$ 1,64          |
| Sem adjuvante               | 0,26 $\pm$ 0,10               | 0,21 $\pm$ 0,09 | 0,13 $\pm$ 0,07 | 3,68 $\pm$ 1,83          |
| Assist                      | 0,24 $\pm$ 0,08               | 0,19 $\pm$ 0,07 | 0,14 $\pm$ 0,07 | 3,73 $\pm$ 1,64          |
| Nimbus                      | 0,24 $\pm$ 0,09               | 0,18 $\pm$ 0,07 | 0,15 $\pm$ 0,08 | 3,04 $\pm$ 1,65          |

Tabela 24 – Média ( $\bar{y}$ ) e desvio padrão (s) para variáveis de deposição de calda na folhagem da soja nos três terços avaliados.

| Tratamentos                 | Deposição de calda nas folhas |                 |                 | Escorrimento de calda para o solo |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
|                             | Terço superior                | Terço médio     | Terço inferior  |                                   |
|                             | $\bar{y} \pm s$               | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ |                                   |
|                             | $\mu\text{g cm}^{-2}$         |                 |                 |                                   |
| Gota fina                   | 1,28 $\pm$ 0,18               | 0,71 $\pm$ 0,19 | 0,32 $\pm$ 0,14 | 0,34 $\pm$ 0,43                   |
| Gota grossa                 | 1,21 $\pm$ 0,28               | 0,53 $\pm$ 0,15 | 0,25 $\pm$ 0,10 | 0,16 $\pm$ 0,18                   |
| Taxa 80 L ha <sup>-1</sup>  | 1,25 $\pm$ 0,25               | 0,60 $\pm$ 0,16 | 0,31 $\pm$ 0,17 | 0,20 $\pm$ 0,27                   |
| Taxa 150 L ha <sup>-1</sup> | 1,25 $\pm$ 0,21               | 0,64 $\pm$ 0,18 | 0,26 $\pm$ 0,08 | 0,30 $\pm$ 0,34                   |
| Com adjuvante               | 1,19 $\pm$ 0,20               | 0,56 $\pm$ 0,17 | 0,26 $\pm$ 0,07 | 0,28 $\pm$ 0,35                   |
| Sem adjuvante               | 1,37 $\pm$ 0,28               | 0,74 $\pm$ 0,17 | 0,33 $\pm$ 0,22 | 0,20 $\pm$ 0,22                   |
| Assist                      | 0,89 $\pm$ 0,22               | 0,42 $\pm$ 0,16 | 0,22 $\pm$ 0,07 | 0,27 $\pm$ 0,22                   |
| Nimbus                      | 1,49 $\pm$ 0,19               | 0,70 $\pm$ 0,18 | 0,31 $\pm$ 0,07 | 0,29 $\pm$ 0,48                   |

**Apêndice B- Média e desvio padrão para variáveis de espectro de gotas nas culturas de café, milho e soja.**

Tabela 25 – Média ( $\bar{y}$ ) e desvio padrão (s) para variáveis de caracterização de gotas na aplicação no café nos três terços avaliados.

| Terço    | Tratamentos                 | DMV               | Amplitude       | Cobertura       | Densidade                 |
|----------|-----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
|          |                             | ( $\mu\text{m}$ ) | relativa        | (%)             | (gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
|          |                             | $\bar{y} \pm s$   | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$           |
| Superior | Gota Fina                   | 160,4 $\pm$ 19,6  | 0,7 $\pm$ 0,1   | 6,4 $\pm$ 4,9   | 168,2 $\pm$ 153,4         |
|          | Gota Grossa                 | 315,8 $\pm$ 80,8  | 1,0 $\pm$ 0,2   | 4,8 $\pm$ 2,3   | 45,6 $\pm$ 30,1           |
|          | Taxa 400 L $\text{ha}^{-1}$ | 234,5 $\pm$ 45,0  | 0,8 $\pm$ 0,1   | 7,3 $\pm$ 5,3   | 150,0 $\pm$ 140,8         |
|          | Taxa 250 L $\text{ha}^{-1}$ | 264,6 $\pm$ 63,2  | 0,9 $\pm$ 0,2   | 4,3 $\pm$ 2,1   | 60,2 $\pm$ 42,3           |
|          | Com adjuvante               | 241,7 $\pm$ 53,8  | 0,8 $\pm$ 0,1   | 6,5 $\pm$ 4,2   | 130,9 $\pm$ 116,5         |
|          | Sem adjuvante               | 230,9 $\pm$ 42,9  | 0,9 $\pm$ 0,2   | 3,7 $\pm$ 2,3   | 58,8 $\pm$ 42,2           |
|          | Aureo                       | 232,9 $\pm$ 39,6  | 0,7 $\pm$ 0,2   | 6,3 $\pm$ 5,2   | 134,7 $\pm$ 145,1         |
|          | Fighter                     | 250,6 $\pm$ 68,0  | 0,8 $\pm$ 0,1   | 6,8 $\pm$ 3,2   | 127,2 $\pm$ 87,9          |
| Médio    | Gota Fina                   | 141,6 $\pm$ 10,4  | 0,7 $\pm$ 0,1   | 19,2 $\pm$ 8,7  | 640,7 $\pm$ 326,6         |
|          | Gota Grossa                 | 291,0 $\pm$ 76,4  | 1,2 $\pm$ 0,2   | 8,4 $\pm$ 4,5   | 121,2 $\pm$ 101,5         |
|          | Taxa 400 L $\text{ha}^{-1}$ | 210,9 $\pm$ 44,3  | 0,9 $\pm$ 0,2   | 20,0 $\pm$ 9,1  | 581,5 $\pm$ 296,7         |
|          | Taxa 250 L $\text{ha}^{-1}$ | 235,0 $\pm$ 47,1  | 1,0 $\pm$ 0,2   | 8,8 $\pm$ 5,2   | 192,9 $\pm$ 150,9         |
|          | Com adjuvante               | 221,5 $\pm$ 45,5  | 0,9 $\pm$ 0,2   | 12,3 $\pm$ 5,9  | 324,4 $\pm$ 181,7         |
|          | Sem adjuvante               | 205,9 $\pm$ 39,2  | 1,0 $\pm$ 0,1   | 16,8 $\pm$ 8,2  | 493,9 $\pm$ 278,6         |
|          | Aureo                       | 203,0 $\pm$ 32,7  | 0,9 $\pm$ 0,2   | 14,1 $\pm$ 6,5  | 400,4 $\pm$ 196,3         |
|          | Fighter                     | 240,0 $\pm$ 58,3  | 1,0 $\pm$ 0,2   | 10,5 $\pm$ 5,2  | 248,5 $\pm$ 167,1         |
| Inferior | Gota Fina                   | 152,7 $\pm$ 13,9  | 0,7 $\pm$ 0,1   | 11,0 $\pm$ 6,0  | 334,6 $\pm$ 210,8         |
|          | Gota Grossa                 | 308,9 $\pm$ 77,6  | 1,1 $\pm$ 0,2   | 7,1 $\pm$ 3,4   | 86,8 $\pm$ 54,8           |
|          | Taxa 400 L $\text{ha}^{-1}$ | 221,8 $\pm$ 43,2  | 0,9 $\pm$ 0,1   | 14,2 $\pm$ 7,6  | 346,4 $\pm$ 225,5         |
|          | Taxa 250 L $\text{ha}^{-1}$ | 253,3 $\pm$ 51,5  | 1,0 $\pm$ 0,2   | 4,9 $\pm$ 2,2   | 84,8 $\pm$ 45,8           |
|          | Com adjuvante               | 242,7 $\pm$ 47,5  | 0,9 $\pm$ 0,2   | 7,6 $\pm$ 4,3   | 161,3 $\pm$ 113,9         |
|          | Sem adjuvante               | 207,1 $\pm$ 42,3  | 1,0 $\pm$ 0,1   | 12,0 $\pm$ 5,5  | 309,4 $\pm$ 170,7         |
|          | Aureo                       | 242,3 $\pm$ 42,4  | 0,8 $\pm$ 0,2   | 8,0 $\pm$ 4,7   | 189,8 $\pm$ 130,4         |
|          | Fighter                     | 243,1 $\pm$ 52,5  | 0,9 $\pm$ 0,1   | 7,2 $\pm$ 3,9   | 132,9 $\pm$ 97,3          |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica.

Tabela 26 – Média ( $\bar{y}$ ) e desvio padrão (s) para variáveis de caracterização de gotas da aplicação no milho, nos três terços avaiados.

| Terço    | Tratamentos                 | DMV               | Amplitude       | Cobertura       | Densidade                 |
|----------|-----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
|          |                             | ( $\mu\text{m}$ ) | Relativa        | (%)             | (gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
|          |                             | $\bar{y} \pm s$   | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$           |
| Superior | Gota fina                   | 151,7 $\pm$ 14,4  | 0,58 $\pm$ 0,16 | 7,9 $\pm$ 3,4   | 187,6 $\pm$ 98,2          |
|          | Gota grossa                 | 235,7 $\pm$ 39,5  | 0,65 $\pm$ 0,14 | 4,5 $\pm$ 1,7   | 46,2 $\pm$ 10,7           |
|          | Taxa 80 L $\text{ha}^{-1}$  | 196,8 $\pm$ 35,2  | 0,55 $\pm$ 0,17 | 3,9 $\pm$ 1,6   | 71,0 $\pm$ 34,1           |
|          | Taxa 150 L $\text{ha}^{-1}$ | 190,6 $\pm$ 18,7  | 0,68 $\pm$ 0,13 | 8,5 $\pm$ 3,5   | 162,8 $\pm$ 74,9          |
|          | Com adjuvante               | 194,4 $\pm$ 28,2  | 0,59 $\pm$ 0,15 | 5,9 $\pm$ 2,4   | 102,2 $\pm$ 41,0          |
|          | Sem adjuvante               | 192,4 $\pm$ 24,4  | 0,67 $\pm$ 0,15 | 6,8 $\pm$ 2,8   | 146,2 $\pm$ 81,4          |
|          | Assist                      | 195,4 $\pm$ 31,1  | 0,55 $\pm$ 0,16 | 5,7 $\pm$ 2,1   | 94,8 $\pm$ 34,6           |
|          | Nimbus                      | 193,3 $\pm$ 25,4  | 0,63 $\pm$ 0,14 | 6,1 $\pm$ 2,8   | 109,6 $\pm$ 47,4          |
| Médio    | Gota fina                   | 174,1 $\pm$ 24,3  | 0,56 $\pm$ 0,15 | 4,9 $\pm$ 2,1   | 91,2 $\pm$ 46,0           |
|          | Gota grossa                 | 288,0 $\pm$ 68,3  | 0,67 $\pm$ 0,21 | 3,4 $\pm$ 1,2   | 23,2 $\pm$ 10,2           |
|          | Taxa 80 L $\text{ha}^{-1}$  | 236,6 $\pm$ 66,2  | 0,57 $\pm$ 0,15 | 2,5 $\pm$ 1,2   | 32,2 $\pm$ 18,1           |
|          | Taxa 150 L $\text{ha}^{-1}$ | 225,5 $\pm$ 26,3  | 0,65 $\pm$ 0,20 | 5,8 $\pm$ 2,2   | 82,2 $\pm$ 38,1           |
|          | Com adjuvante               | 235,8 $\pm$ 47,0  | 0,58 $\pm$ 0,17 | 4,0 $\pm$ 1,5   | 49,2 $\pm$ 20,3           |
|          | Sem adjuvante               | 221,6 $\pm$ 44,7  | 0,68 $\pm$ 0,20 | 4,4 $\pm$ 2,0   | 73,2 $\pm$ 43,7           |
|          | Assist                      | 232,1 $\pm$ 54,0  | 0,54 $\pm$ 0,17 | 3,9 $\pm$ 1,6   | 50,2 $\pm$ 21,6           |
|          | Nimbus                      | 239,5 $\pm$ 40,1  | 0,61 $\pm$ 0,17 | 4,2 $\pm$ 1,5   | 48,3 $\pm$ 19,0           |
| Inferior | Gota fina                   | 180,5 $\pm$ 33,0  | 0,58 $\pm$ 0,15 | 4,0 $\pm$ 2,4   | 65,5 $\pm$ 38,3           |
|          | Gota grossa                 | 314,6 $\pm$ 63,2  | 0,69 $\pm$ 0,38 | 2,5 $\pm$ 1,0   | 17,4 $\pm$ 9,10           |
|          | Taxa 80 L $\text{ha}^{-1}$  | 254,6 $\pm$ 58,7  | 0,59 $\pm$ 0,29 | 2,2 $\pm$ 1,5   | 22,0 $\pm$ 15,3           |
|          | Taxa 150 L $\text{ha}^{-1}$ | 240,5 $\pm$ 37,5  | 0,67 $\pm$ 0,24 | 4,4 $\pm$ 1,9   | 60,9 $\pm$ 32,1           |
|          | Com adjuvante               | 249,9 $\pm$ 47,4  | 0,65 $\pm$ 0,34 | 3,2 $\pm$ 2,0   | 36,0 $\pm$ 25,4           |
|          | Sem adjuvante               | 242,8 $\pm$ 49,5  | 0,61 $\pm$ 0,12 | 3,5 $\pm$ 1,2   | 52,4 $\pm$ 20,2           |
|          | Assist                      | 230,6 $\pm$ 58,6  | 0,71 $\pm$ 0,39 | 3,4 $\pm$ 2,1   | 42,0 $\pm$ 30,8           |
|          | Nimbus                      | 269,2 $\pm$ 36,1  | 0,58 $\pm$ 0,29 | 2,9 $\pm$ 1,8   | 30,0 $\pm$ 20,1           |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica.

Tabela 27 – Média ( $\bar{y}$ ) e desvio padrão (s) para variáveis de caracterização de gotas na aplicação na soja nos três terços avaliados.

| Terço    | Tratamentos                 | DMV               | Amplitude       | Cobertura       | Densidade                 |
|----------|-----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
|          |                             | ( $\mu\text{m}$ ) | Relativa        | (%)             | (gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
|          |                             | $\bar{y} \pm s$   | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$ | $\bar{y} \pm s$           |
| Superior | Gota fina                   | 177,3 $\pm$ 17,7  | 0,77 $\pm$ 0,14 | 17,0 $\pm$ 5,4  | 374,6 $\pm$ 158,0         |
|          | Gota grossa                 | 237,2 $\pm$ 35,4  | 0,79 $\pm$ 0,14 | 10,4 $\pm$ 3,5  | 145,3 $\pm$ 65,6          |
|          | Taxa 80 L $\text{ha}^{-1}$  | 206,9 $\pm$ 23,7  | 0,64 $\pm$ 0,11 | 11,6 $\pm$ 3,0  | 199,1 $\pm$ 65,1          |
|          | Taxa 150 L $\text{ha}^{-1}$ | 207,7 $\pm$ 29,4  | 0,91 $\pm$ 0,17 | 15,8 $\pm$ 5,9  | 320,8 $\pm$ 158,5         |
|          | Com adjuvante               | 199,2 $\pm$ 25,6  | 0,76 $\pm$ 0,14 | 13,9 $\pm$ 4,4  | 273,8 $\pm$ 119,5         |
|          | Sem adjuvante               | 223,4 $\pm$ 28,5  | 0,80 $\pm$ 0,15 | 13,4 $\pm$ 4,6  | 232,3 $\pm$ 96,3          |
|          | Assist                      | 191,9 $\pm$ 16,8  | 0,83 $\pm$ 0,16 | 13,7 $\pm$ 4,5  | 277,1 $\pm$ 126,7         |
|          | Nimbus                      | 206,5 $\pm$ 34,5  | 0,70 $\pm$ 0,11 | 14,0 $\pm$ 4,2  | 270,6 $\pm$ 112,3         |
| Médio    | Gota fina                   | 195,3 $\pm$ 23,2  | 0,77 $\pm$ 0,24 | 6,0 $\pm$ 4,0   | 105,4 $\pm$ 82,5          |
|          | Gota grossa                 | 252,0 $\pm$ 52,1  | 0,73 $\pm$ 0,15 | 3,0 $\pm$ 1,9   | 32,6 $\pm$ 23,9           |
|          | Taxa 80 L $\text{ha}^{-1}$  | 227,7 $\pm$ 36,1  | 0,71 $\pm$ 0,20 | 3,7 $\pm$ 2,7   | 49,0 $\pm$ 41,7           |
|          | Taxa 150 L $\text{ha}^{-1}$ | 219,6 $\pm$ 39,2  | 0,79 $\pm$ 0,18 | 5,3 $\pm$ 3,2   | 89,0 $\pm$ 64,7           |
|          | Com adjuvante               | 211,8 $\pm$ 31,5  | 0,74 $\pm$ 0,16 | 4,8 $\pm$ 2,8   | 74,4 $\pm$ 52,7           |
|          | Sem adjuvante               | 247,2 $\pm$ 50,0  | 0,78 $\pm$ 0,26 | 4,0 $\pm$ 3,3   | 58,3 $\pm$ 54,1           |
|          | Assist                      | 218,6 $\pm$ 42,6  | 0,72 $\pm$ 0,16 | 4,9 $\pm$ 2,9   | 79,2 $\pm$ 68,9           |
|          | Nimbus                      | 205,0 $\pm$ 20,3  | 0,75 $\pm$ 0,15 | 4,6 $\pm$ 2,7   | 69,5 $\pm$ 36,5           |
| Inferior | Gota fina                   | 214,8 49,5        | 0,70 $\pm$ 0,27 | 3,3 $\pm$ 3,0   | 59,6 $\pm$ 69,6           |
|          | Gota grossa                 | 244,1 44,1        | 0,72 $\pm$ 0,26 | 1,9 $\pm$ 0,9   | 17,3 $\pm$ 9,40           |
|          | Taxa 80 L $\text{ha}^{-1}$  | 238,9 40,5        | 0,68 $\pm$ 0,25 | 2,2 $\pm$ 1,7   | 23,6 $\pm$ 22,6           |
|          | Taxa 150 L $\text{ha}^{-1}$ | 220,0 53,1        | 0,73 $\pm$ 0,27 | 3,0 $\pm$ 2,2   | 53,3 $\pm$ 56,4           |
|          | Com adjuvante               | 221,2 41,8        | 0,67 $\pm$ 0,22 | 3,0 $\pm$ 2,4   | 47,4 $\pm$ 51,0           |
|          | Sem adjuvante               | 245,9 56,8        | 0,78 $\pm$ 0,35 | 1,9 $\pm$ 1,0   | 20,6 $\pm$ 16,5           |
|          | Assist                      | 215,0 29,6        | 0,64 $\pm$ 0,17 | 2,7 $\pm$ 2,9   | 43,7 $\pm$ 56,2           |
|          | Nimbus                      | 227,5 54,0        | 0,71 $\pm$ 0,27 | 3,2 $\pm$ 2,0   | 51,0 $\pm$ 45,7           |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica.

### Apêndice C - Correlações entre variáveis nas culturas de café, milho e soja.

Tabela 28 – Coeficientes de correlação e significância estatística nas correlações entre variáveis de Café.

|             | Se     | Si    | Me      | Mi    | Ie      | Ii     | So     | DMVs    | ARs    | Cs     | Ds     | DMVm    | ARm    | Cm     | Dm      | DMVi    | ARi    | Ci     | Di |
|-------------|--------|-------|---------|-------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|----|
| <b>Se</b>   | 1      |       |         |       |         |        |        |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Si</b>   | 0,46** | 1     |         |       |         |        |        |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Me</b>   | 0,30*  | 0,24  | 1       |       |         |        |        |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Mi</b>   | 0,19   | 0,29* | 0,51**  | 1     |         |        |        |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Ie</b>   | 0,20   | 0,20  | 0,07    | 0,14  | 1       |        |        |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Ii</b>   | 0,17   | 0,30* | 0,11    | 0,20  | 0,63**  | 1      |        |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>So</b>   | -0,07  | 0,09  | -0,49** | 0,00  | -0,14   | -0,01  | 1      |         |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>DMVs</b> | -0,16  | -0,22 | -0,42** | -0,24 | -0,29   | -0,19  | 0,27   | 1       |        |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>ARs</b>  | -0,16  | -0,15 | -0,16   | 0,00  | -0,49** | -0,40* | 0,27   | 0,43**  | 1      |        |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Cs</b>   | 0,50** | 0,28* | 0,25    | 0,25  | 0,18    | 0,19   | -0,09  | -0,21   | -0,04  | 1      |        |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>Ds</b>   | 0,43** | 0,30* | 0,28*   | 0,33* | 0,23    | 0,25   | -0,06  | -0,41** | -0,13  | 0,93** | 1      |         |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>DMVm</b> | 0,00   | -0,16 | -0,29*  | -0,16 | -0,18   | -0,10  | 0,34*  | 0,74**  | 0,48   | -0,07  | -0,28  | 1       |        |        |         |         |        |        |    |
| <b>ARm</b>  | -0,28* | -0,05 | -0,51** | -0,20 | -0,21   | -0,12  | 0,51** | 0,56**  | 0,43   | -0,28  | -0,35* | 0,49**  | 1      |        |         |         |        |        |    |
| <b>Cm</b>   | 0,14   | 0,35* | 0,36*   | 0,20  | 0,41**  | 0,25   | -0,21  | -0,47** | -0,32* | 0,14   | 0,25   | -0,48** | -0,31* | 1      |         |         |        |        |    |
| <b>Dm</b>   | 0,13   | 0,27  | 0,36*   | 0,20  | 0,43    | 0,20   | -0,25  | -0,56** | -0,36* | 0,13   | 0,28   | -0,55** | -0,37* | 0,97** | 1       |         |        |        |    |
| <b>DMVi</b> | -0,04  | -0,08 | -0,41** | -0,14 | -0,19   | -0,10  | 0,45** | 0,59**  | 0,48** | -0,16  | -0,32* | 0,59**  | 0,61** | -0,43  | -0,50** | 1       |        |        |    |
| <b>ARi</b>  | -0,28* | -0,21 | -0,33*  | -0,12 | -0,45** | -0,23  | 0,28   | 0,60**  | 0,47** | -0,28* | -0,39* | 0,52**  | 0,61** | -0,36* | -0,45** | 0,43**  | 1      |        |    |
| <b>Ci</b>   | -0,09  | 0,29  | 0,29    | 0,18  | 0,30*   | 0,30*  | -0,15  | -0,24   | -0,20  | 0,04   | 0,07   | -0,22   | -0,20  | 0,66** | 0,59**  | -0,26   | -0,18  | 1      |    |
| <b>Di</b>   | -0,10  | 0,25  | 0,28    | 0,21  | 0,30*   | 0,22   | -0,21  | -0,40*  | -0,26  | 0,04   | 0,14   | -0,37*  | -0,32* | 0,69** | 0,67**  | -0,43** | -0,32* | 0,94** | 1  |

S: deposição de calda no terço superior. M: deposição de calda no terço médio. I: deposição de calda no terço inferior. So: escoamento de calda para o solo. DMV: diâmetro da mediana volumétrica. AR: amplitude relativa. C: área de cobertura. D: densidade de gotas. e: região externa. i: região interna. s: terço superior. m: terço médio. i: terço inferior.

Tabela 29 – Coeficientes de correlação e significância estatística nas correlações entre variáveis no milho.

|      | I     | So    | DMVs    | DMVm    | DMVi    | ARs   | ARi    | Cs     | Cm     | Ci     | Ds     | Dm    | Di |
|------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----|
| I    | 1     |       |         |         |         |       |        |        |        |        |        |       |    |
| So   | 0,33* | 1     |         |         |         |       |        |        |        |        |        |       |    |
| DMVs | 0,31* | 0,24  | 1       |         |         |       |        |        |        |        |        |       |    |
| DMVm | 0,28* | 0,18  | 0,78**  | 1       |         |       |        |        |        |        |        |       |    |
| DMVi | 0,13  | 0,08  | 0,73**  | 0,84**  | 1       |       |        |        |        |        |        |       |    |
| ARs  | 0,08  | 0,18  | 0,03    | 0,18    | 0,16    | 1     |        |        |        |        |        |       |    |
| ARi  | 0,09  | 0,34* | -0,3*   | -0,25   | -0,26   | 0,28  | 1      |        |        |        |        |       |    |
| Cs   | 0,04  | 0,06  | -0,3*   | -0,34*  | -0,43** | 0     | 0,36*  | 1      |        |        |        |       |    |
| Cm   | 0,12  | 0,34* | -0,21   | -0,19   | -0,2    | 0,23  | 0,75** | 0,54** | 1      |        |        |       |    |
| Ci   | -0,01 | 0,19  | -0,51** | -0,49** | -0,52** | 0,17  | 0,84** | 0,47** | 0,63** | 1      |        |       |    |
| Ds   | -0,11 | -0,08 | -0,55** | -0,53** | -0,56   | -0,01 | 0,35*  | 0,88** | 0,46** | 0,61** | 1      |       |    |
| Dm   | -0,12 | 0,18  | -0,51** | -0,54** | -0,49   | 0,09  | 0,63** | 0,5**  | 0,81** | 0,78** | 0,66** | 1     |    |
| Di   | 0,24  | -0,02 | 0,16    | -0,07   | -0,05   | 0,03  | -0,09  | -0,06  | -0,1   | -0,03  | -0,07  | -0,05 | 1  |

I: deposição de calda no terço inferior. So: escorrimento de calda para o solo. DMV: diâmetro da mediana volumétrica. AR: amplitude relativa. C: área de cobertura. D: densidade de gotas. e: região externa. i: região interna. s: terço superior. m: terço médio. i: terço inferior.

Tabela 30 – Coeficientes de correlação e significância estatística nas correlações entre variáveis na soja.

|      | S     | M      | DMVs    | ARs    | Cs      | Ds      | DMVm    | Cm     | Dm     | Di |
|------|-------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|----|
| S    | 1     |        |         |        |         |         |         |        |        |    |
| M    | 0,59  | 1      |         |        |         |         |         |        |        |    |
| DMVs | 0,02  | -0,11  | 1       |        |         |         |         |        |        |    |
| ARs  | -0,06 | -0,17  | 0,01    | 1      |         |         |         |        |        |    |
| Cs   | 0,22  | 0,25   | -0,42** | 0,43** | 1       |         |         |        |        |    |
| Ds   | 0,15  | 0,21   | -0,6**  | 0,42** | 0,93**  | 1       |         |        |        |    |
| DMVm | -0,2  | -0,27  | 0,55**  | 0,01   | -0,42** | -0,51** | 1       |        |        |    |
| Cm   | 0,08  | 0,19   | -0,27   | 0,11   | 0,54**  | 0,55**  | -0,33*  | 1      |        |    |
| Dm   | 0,06  | 0,26   | -0,4*   | 0,13   | 0,6**   | 0,66**  | -0,45** | 0,94** | 1      |    |
| Di   | 0,09  | 0,33** | -0,32   | 0,1    | 0,48**  | 0,57**  | -0,35*  | 0,48** | 0,63** | 1  |

S: deposição de calda no terço superior. M: deposição de calda no terço médio. DMV: diâmetro da mediana volumétrica. AR: amplitude relativa. C: área de cobertura. D: densidade de gotas. e: região externa. i: região interna. s: terço superior. m: terço médio. i: terço inferior.



**Apêndice D – Análise de variância entre grupos formados na análise de conglomerados.**

Tabela 31 – Resumo de análise de variância para grupos formados na análise de agrupamento no café.

| Terços/Solo                 | Grupos | Deposição                        |                                  | Caracterização da gota   |         |                    |                                |
|-----------------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|
|                             |        | Externo<br>$\mu\text{g cm}^{-2}$ | Interno<br>$\mu\text{g cm}^{-2}$ | DMV<br>( $\mu\text{m}$ ) | AR      | C<br>(%)           | D<br>(gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
| Superior                    | 1      | 0,43                             | 0,18                             | 162,39                   | 0,68    | 6,41               | 164,55                         |
|                             | 2      | 0,37                             | 0,17                             | 320,4                    | 0,99    | 4,71               | 44,21                          |
|                             | Média  | 0,4                              | 0,18                             | 241,39                   | 0,83    | 5,56               | 104,38                         |
|                             | F      | 1,69 <sup>ns</sup>               | 0,60 <sup>ns</sup>               | 102,17**                 | 25,34** | 1,29 <sup>ns</sup> | 6,75*                          |
| Médio                       | 1      | 0,59                             | 0,24                             | 144,3                    | 0,74    | 18,78              | 620,32                         |
|                             | 2      | 0,47                             | 0,22                             | 294,53                   | 1,17    | 8,37               | 120,71                         |
|                             | Média  | 0,53                             | 0,23                             | 219,42                   | 0,95    | 13,58              | 370,52                         |
|                             | F      | 11,40 <sup>ns</sup>              | 1,28**                           | 59,77**                  | 60,16** | 11,13**            | 19,49**                        |
| Inferior                    | 1      | 0,53                             | 0,24                             | 161,12                   | 0,72    | 11,05              | 324,63                         |
|                             | 2      | 0,39                             | 0,2                              | 306,58                   | 1,13    | 6,87               | 86,82                          |
|                             | Média  | 0,46                             | 0,22                             | 233,85                   | 0,92    | 8,96               | 205,72                         |
|                             | F      | 10,02 <sup>ns</sup>              | 3,51**                           | 44,77**                  | 62,72** | 2,97 <sup>ns</sup> | 8,95**                         |
| Escorrimento<br>para o Solo | 1      | 5,06                             |                                  |                          |         |                    |                                |
|                             | 2      | 6,98                             |                                  |                          |         |                    |                                |
|                             | Média  | 6,02                             |                                  |                          |         |                    |                                |
|                             | F      | 10,17**                          |                                  |                          |         |                    |                                |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica, AR: amplitude relativa, C: área de cobertura, D: densidade de gotas, \*Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo nas análises de variâncias univariadas.

Tabela 32 – Resumo de análise de variância para grupos formados na análise de agrupamento no milho.

| Grupo | Classe de Gota | Deposição                |         |                  |  |
|-------|----------------|--------------------------|---------|------------------|--|
|       |                | Inferior                 | Solo    |                  |  |
| 1     | Fina           | 0,09b                    | 2,38b   |                  |  |
| 2     | Fina           | 0,14ab                   | 4,24a   |                  |  |
| 3     | Grossa         | 0,18a                    | 4,19a   |                  |  |
|       | Fc             | 6,98**                   | 6,57**  |                  |  |
|       |                | DMV<br>( $\mu\text{m}$ ) | AR      | Cobertura<br>(%) | Densidade<br>(gotas $\text{cm}^{-2}$ ) |
|       |                | Terço Superior           |         |                  |  |
| 1     | Fina           | 162,16b                  | 0,53a   | 5,88b            | 124,46b                                |
| 2     | Fina           | 141,71b                  | 0,67a   | 10,24a           | 273,14a                                |
| 3     | Grossa         | 242,05a                  | 0,67a   | 4,95b            | 50,51b                                 |
|       | Fc             | 49,59**                  | 3,47*   | 5,96*            | 17,22**                                |
|       |                | Terço Médio              |         |                  |  |
| 1     | Fina           | 182,55b                  |         | 3,75b            | 50,57b                                 |
| 2     | Fina           | 164,59b                  |         | 7,67a            | 159,18a                                |
| 3     | Grossa         | 300,26a                  |         | 3,13b            | 24,36b                                 |
|       | Fc             | 38,68**                  |         | 14,19**          | 33,40**                                |
|       |                | Terço Inferior           |         |                  |  |
| 1     | Fina           | 200,82a                  | 2,13b   | 28,26b           | 0,57a                                  |
| 2     | Fina           | 175,83b                  | 7,46a   | 133,28a          | 0,60a                                  |
| 3     | Grossa         | 317,13a                  | 2,71b   | 18,45b           | 0,71a                                  |
|       | Fc             | 22,55**                  | 35,42** | 86,44**          | 1,13                                   |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica. AR: amplitude relativa. \*Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo nas análises de variâncias univariadas.

Tabela 33 – Resumo de análise de variância para grupos formados na análise de agrupamento na soja.

| Grupos | Classe de Gota | Deposição de calda |         |  |  |
|--------|----------------|--------------------|---------|--|--|
|        |                | Superior           | Médio   |  |  |
| 1      | Fina           | 1,42a              | 0,76a   |  |  |
| 2      | Grossa         | 1,09b              | 0,49b   |  |  |
|        | Fc             | 12,46**            | 16,13** |  |  |

| Grupos | Classe de Gota | DMV     | AR                 | C        |          | D |
|--------|----------------|---------|--------------------|----------|----------|---|
|        |                |         |                    | Superior | Inferior |   |
| 1      | Fina           | 179,55b | 0,81a              | 18,43a   | 401,72a  |   |
| 2      | Grossa         | 232,77a | 0,74a              | 9,37b    | 129,58b  |   |
|        | Fc             | 24,92** | 1,40 <sup>ns</sup> | 48,93**  | 54,44**  |   |

| Grupos | Classe de Gota | DMV     | C       | Densidade |          |
|--------|----------------|---------|---------|-----------|----------|
|        |                |         |         | Médio     | Inferior |
| 1      | Fina           | 192,58b | 6,01a   | 108,71a   | 63,84a   |
| 2      | Grossa         | 252,16a | 3,11b   | 32,46b    | 15,09b   |
|        | Fc             | 18,15** | 10,17** | 17,12**   | 7,41*    |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica. AR: amplitude relativa. C: área de cobertura. D: densidade de gotas. \*Significativo a 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo na análise de variâncias univariadas.

**Apêndice E – Coeficientes para equação e contribuições das variáveis nas três culturas no ACP.**

Tabela 34 – Coeficientes para equação e contribuições das variáveis na cultura do café no análise de componentes principais.

| Variáveis | Contribuição das variáveis |       |       |       |       | Coeficientes para equação |       |       |       |       |
|-----------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|           | CP1                        | CP2   | CP3   | CP4   | CP5   | CP1                       | CP2   | CP3   | CP4   | CP5   |
| Se        | 1,50                       | 18,95 | 0,42  | 0,05  | 1,40  | 0,12                      | 0,44  | 0,06  | -0,02 | 0,12  |
| Si        | 2,45                       | 3,81  | 11,35 | 0,45  | 0,00  | 0,16                      | 0,20  | 0,34  | 0,07  | 0,00  |
| Me        | 5,19                       | 1,08  | 1,67  | 12,94 | 20,82 | 0,23                      | 0,10  | -0,13 | 0,36  | 0,46  |
| Mi        | 2,01                       | 3,54  | 2,10  | 10,63 | 8,86  | 0,14                      | 0,19  | 0,14  | 0,33  | 0,30  |
| Ie        | 4,23                       | 0,02  | 5,66  | 21,78 | 3,29  | 0,21                      | 0,01  | 0,24  | -0,47 | 0,18  |
| Ii        | 2,48                       | 0,71  | 9,91  | 16,58 | 9,40  | 0,16                      | 0,08  | 0,31  | -0,41 | 0,31  |
| So        | 2,88                       | 0,62  | 12,55 | 0,52  | 16,92 | -0,17                     | 0,08  | 0,35  | -0,07 | -0,41 |
| DMVs      | 8,72                       | 0,00  | 3,42  | 0,08  | 5,05  | -0,30                     | 0,01  | 0,18  | 0,03  | 0,22  |
| ARs       | 5,07                       | 0,48  | 1,10  | 21,09 | 1,04  | -0,23                     | 0,07  | 0,10  | 0,46  | -0,10 |
| Cs        | 2,31                       | 23,37 | 0,42  | 0,96  | 4,50  | 0,15                      | 0,48  | 0,06  | 0,10  | -0,21 |
| Ds        | 4,31                       | 18,43 | 0,13  | 0,56  | 10,24 | 0,21                      | 0,43  | 0,04  | 0,07  | -0,32 |
| DMVm      | 7,13                       | 1,40  | 5,93  | 0,21  | 7,93  | -0,27                     | 0,12  | 0,24  | 0,05  | 0,28  |
| ARm       | 7,13                       | 0,36  | 11,03 | 0,02  | 2,23  | -0,27                     | -0,06 | 0,33  | -0,01 | -0,15 |
| Cm        | 8,76                       | 3,86  | 4,81  | 1,39  | 2,41  | 0,30                      | -0,20 | 0,22  | 0,12  | -0,16 |
| Dm        | 9,57                       | 3,83  | 1,81  | 0,73  | 4,06  | 0,31                      | -0,20 | 0,13  | 0,09  | -0,20 |
| DMVi      | 7,26                       | 0,84  | 7,93  | 0,08  | 0,38  | -0,27                     | 0,09  | 0,28  | -0,03 | 0,06  |
| ARi       | 7,35                       | 0,63  | 2,51  | 4,70  | 0,75  | -0,27                     | -0,08 | 0,16  | 0,22  | 0,09  |
| Ci        | 4,88                       | 8,64  | 11,79 | 3,71  | 0,65  | 0,22                      | -0,29 | 0,34  | 0,19  | 0,08  |
| Di        | 6,77                       | 9,44  | 5,48  | 3,53  | 0,08  | 0,26                      | -0,31 | 0,23  | 0,19  | -0,03 |

Tabela 35 – Coeficientes para equação e contribuições das variáveis na cultura do milho no análise de componentes principais.

| Variáveis | Contribuições das variáveis |       |       |       | Coeficientes das variáveis |             |       |       |
|-----------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------------|-------|-------|
|           | CP1                         | CP2   | CP3   | CP4   | CP1                        | CP2         | CP3   | CP4   |
| I         | 0,30                        | 12,06 | 28,78 | 1,14  | -0,05                      | <b>0,35</b> | 0,54  | 0,11  |
| So        | 0,17                        | 20,38 | 0,65  | 0,22  | 0,04                       | <b>0,45</b> | 0,08  | -0,05 |
| DMVs      | 9,66                        | 10,12 | 1,04  | 4,94  | <b>-0,31</b>               | <b>0,32</b> | 0,10  | 0,22  |
| ARs       | 0,10                        | 9,78  | 4,74  | 13,93 | 0,03                       | <b>0,31</b> | -0,22 | -0,37 |
| Cs        | 9,35                        | 0,19  | 2,35  | 34,09 | <b>0,31</b>                | 0,04        | 0,15  | 0,58  |
| Ds        | 12,76                       | 0,73  | 0,73  | 17,07 | <b>0,36</b>                | -0,09       | 0,09  | 0,41  |
| DMVm      | 9,82                        | 11,83 | 1,98  | 5,61  | <b>-0,31</b>               | <b>0,34</b> | -0,14 | 0,24  |
| Cm        | 9,52                        | 12,38 | 0,89  | 0,74  | <b>0,31</b>                | <b>0,35</b> | -0,09 | 0,09  |
| Dm        | 14,63                       | 1,18  | 0,47  | 0,23  | <b>0,38</b>                | 0,11        | -0,07 | -0,05 |
| DMVi      | 10,03                       | 8,31  | 5,27  | 2,00  | <b>-0,32</b>               | <b>0,29</b> | -0,23 | 0,14  |
| ARi       | 9,35                        | 10,79 | 1,74  | 4,73  | <b>0,31</b>                | <b>0,33</b> | -0,13 | -0,22 |
| Ci        | 14,17                       | 2,20  | 0,04  | 3,67  | <b>0,38</b>                | 0,15        | -0,02 | -0,19 |
| Di        | 0,13                        | 0,05  | 51,33 | 11,63 | -0,04                      | 0,02        | 0,72  | -0,34 |

Tabela 36 – Coeficientes para equação e contribuições das variáveis na cultura da soja no análise de componentes principais.

| Variáveis | Contribuições das variáveis |       |       |       | Coeficientes para equações |       |       |       |
|-----------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|
|           | CP1                         | CP2   | CP3   | CP4   | CP1                        | CP2   | CP3   | CP4   |
| S         | 1,34                        | 34,79 | 17,39 | 0,72  | 0,12                       | 0,59  | 0,42  | -0,09 |
| M         | 3,49                        | 37,66 | 2,50  | 0,34  | 0,19                       | 0,61  | 0,16  | 0,06  |
| DMVs      | 8,15                        | 0,39  | 15,25 | 28,25 | -0,29                      | 0,06  | 0,39  | 0,53  |
| ARs       | 1,62                        | 20,04 | 39,84 | 0,84  | 0,13                       | -0,45 | 0,63  | -0,09 |
| Cs        | 16,32                       | 1,47  | 9,21  | 1,47  | 0,40                       | -0,12 | 0,30  | -0,12 |
| Ds        | 18,59                       | 2,58  | 2,50  | 4,19  | 0,43                       | -0,16 | 0,16  | -0,20 |
| DMVm      | 9,29                        | 2,11  | 7,24  | 16,89 | -0,30                      | -0,15 | 0,27  | 0,41  |
| Cm        | 13,08                       | 0,43  | 1,99  | 26,29 | 0,36                       | -0,07 | -0,14 | 0,51  |
| Dm        | 16,76                       | 0,35  | 3,31  | 15,92 | 0,41                       | -0,06 | -0,18 | 0,40  |
| Di        | 11,35                       | 0,17  | 0,78  | 5,09  | 0,34                       | 0,04  | -0,09 | 0,23  |

**Apêndice F – Análise de variância univariado para grupos formados na análise de conglomerados nas parcelas aplicadas com classe de gota fina.**

Tabela 37 – Resumo de análise de variância (teste *F*) para grupos formados na análise de agrupamento nas parcelas aplicadas com gotas finas no café.

| Grupos | Taxa de Aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) | Terço <sub>(Região)</sub> |       |         | DMV (μm) |          | Cobertura (%) |          | Densidade (gotas cm <sup>-2</sup> ) |          |
|--------|---|---------------------------|-------|---------|----------|----------|---------------|----------|-------------------------------------|----------|
|        |   | Si                        | Me    | Ie      | Médio    | Inferior | Médio         | Inferior | Médio                               | Inferior |
|        |   | 1                         | 400   | 0,22a   | 0,27a    | 0,61a    | 128,84b       | 142,70b  | 31,98a                              | 19,30a   |
| 2      | 250                                     | 0,16b                     | 0,22b | 0,48b   | 150,70a  | 159,87a  | 10,08b        | 5,06b    | 290,06b                             | 123,57b  |
| F      |   | 5,48*                     | 4,36* | 11,12** | 16,98**  | 6,08*    | 40,77**       | 19,86**  | 40,74**                             | 19,23*   |

DMV: diâmetro da mediana volumétrica, AR: índice da amplitude relativa, C: área de cobertura, D: densidade de gotas, \*Significativo com um alpha de 0,05, \*\* significativo com um alpha de 0,01.

Tabela 38 – Resumo de análise de variância (teste *F*) para grupos formados na análise de agrupamento nas parcelas aplicadas com gotas finas no milho.

| Grupos | Taxa De Aplic. (L ha <sup>-1</sup> ) | Solo (μ cm <sup>-2</sup> ) | AR    | Cobertura (%) |          |         | Densidade (gotas cm <sup>-2</sup> ) |          |          |       |          |
|--------|--------------------------------------|----------------------------|-------|---------------|----------|---------|-------------------------------------|----------|----------|-------|----------|
|        |                                      |                            |       | Superior      |          | Médio   | Inferior                            | Superior |          | Médio | Inferior |
|        |                                      |                            |       | Superior      | Inferior |         |                                     | Superior | Inferior |       |          |
| 1      | 80                                   | 2,98b                      | 0,58b | 2,22b         | 1,90b    | 1,42b   | 18,31b                              | 12,62b   | 8,30b    |       |          |
| 2      | 150                                  | 5,03a                      | 0,74a | 7,28a         | 5,19a    | 3,87a   | 79,19a                              | 35,72a   | 28,15a   |       |          |
| Fc     |                                      | 7,56*                      | 4,54* | 62,72**       | 34,19**  | 52,25** | 122,35**                            | 24,36**  | 19,04**  |       |          |

AR: amplitude relativa.