

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**BRUNA PENHA COSTA**

**USO DE CALCÁRIO E GESSO, SELETIVIDADE A HERBICIDAS E AÇÃO ALE-  
LOPÁTICA DE EXTRATOS VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO  
CAFEIRO (*Coffea arabica* L.)**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2019**

**BRUNA PENHA COSTA**

**USO DE CALCÁRIO E GESSO, SELETIVIDADE A HERBICIDAS E AÇÃO ALE-  
LOPÁTICA DE EXTRATOS VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO  
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Dr. José Barbosa Duarte Júnior

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2019**

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

Costa, Bruna Penha

Uso de calcário e gesso, seletividade a herbicidas e ação alelopática de extratos vegetais no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) / Bruna Penha Costa; orientador(a), José Barbosa Duarte Júnior, 2019. 65 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Acidez do solo. 2. Compostos secundários. 3. Fitotoxidez. I. Duarte Júnior, José Barbosa. II. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## BRUNA PENHA COSTA

Uso de calcário e gesso, seletividade a herbicidas e ação alelopática de extratos vegetais no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador(a) - José Barbosa Duarte Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

  
Antonio Carlos Torres da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

  
Maria do Carmo Lana

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

  
Alfredo Richart

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

  
Milcíades Ariel Melgarejo Arrua

Universidad Nacional de Canindeyú (UNICAN)

Marechal Cândido Rondon, 15 de fevereiro de 2019

*Esta conquista a minha família, em especial a minha avó  
Maria Mota Penha que torrava e coava um bom café pa-  
ra mim quando eu era criança.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Á DEUS pela força, determinação que me deu mediante a sua Graça (Por isso eu o agradeço e o louvo!) ao longo da minha caminhada.

Á Ana Célia Mota Penha (mãe), Antônio Neves Costa (pai), Wenison e Jailson Penha Costa (irmãos) pelo incentivo, companheirismo e paciência ao longo da minha vida pessoal e acadêmica.

Á minha avó Maria Mota Penha pela sua bondade e simplicidade que jamais será esquecida (In memoria).

Á Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego pelo companheirismo, pelo afeto e pelo auxílio na vida acadêmica (por ter sido meu companheiro de campo, de laboratório, por ter me incentivado nos bons e maus momentos).

Aos meus queridos tios Francisco, Flaviano, João, Célia, Celina, Maria José e Paulina Neves Costa pela alegria que tiveram com as minhas conquistas pessoais e acadêmicas.

Aos companheiros acadêmicos, Silvio Douglas Ferreira, Luanna Karoline Rinaldi, Marinez Carpiski Sampaio, Jonas Francisco Egewart, Jeferson Tiago Piano, pelo auxílio e ensinamento de metodologias essenciais ao desenvolvimento desta pesquisa.

As pessoas que tive a oportunidade de conhecer (minha turma de mestrado).

Aos funcionários da UNIOESTE em especial a Jucenei Fernando Frandoloso, Cleiton Rodrigo Hansel, Neusa Francisca Michelin Herzog, Marcelo Junior Lang e Flavio Goetz pelo auxílio e gentileza com que me trataram.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Agronomia em especial ao Professor Cláudio Yuji Tsutsumi pelo auxílio dado e pela disposição em fazê-lo.

A meu orientador o Dr. José Barbosa Duarte Júnior por ter me aceitado como orientada, pelo tempo despendido nessa atividade, pelos ensinamentos e pela confiança depositada em mim e no meu trabalho, serei eternamente grata.

A Empresa de Assistência Técnica de Extensão Rural do município de Jesuítas no Paraná em nome do Senhor Roberto Natal Dal Molin pelas mudas de café doadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Á Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo.

## RESUMO

Costa, Bruna Penha. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2019. **Uso de calcário e gesso, seletividade a herbicidas e ação alelopática de extratos vegetais no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Orientador: José Barbosa Duarte Júnior.

O objetivo deste trabalho foi: avaliar o uso de calcário e gesso, seletividade a herbicidas e ação alelopática de extratos vegetais no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Para isso foram realizados três experimentos, sendo dois em simulação de campo e um em casa de vegetação. O primeiro experimento constituiu-se na aplicação de doses crescentes de calcário e gesso instalado em duas épocas distintas em um delineamento em bloco casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 4, onde o primeiro fator foi constituído por doses crescentes de calcário o equivalente a 0, 1, 2, 4 t ha<sup>-1</sup>, o segundo por doses crescente de gesso o equivalente a 0, 300, 600 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>. A parcela experimental foi constituída por uma muda da cultivar IPR 107 em um cano de PVC (vaso) com diâmetro de 100mm e um metro de altura. Na época I, realizou-se a implantação no período do inverno – verão (05/08/2017 a 03/02/2018) e na época II no período da primavera – outono (02/10/2017 a 31/03/2018). As características agrônômicas avaliadas neste experimento foram: altura de planta, diâmetro de caule, índice de área foliar, matéria seca foliar, matéria seca radicular e comprimento radicular. Ao analisar os resultados deste experimento é possível destacar que a altura de planta foi a variável mais responsiva as condições ambientais, apresentando um acréscimo de 6,18 % na época I em relação à época II e que doses de calcário e gesso agrícola não proporcionaram alterações nas variáveis agrônômicas em ambas às épocas avaliadas, durante o período de seis meses após transplantio. O segundo experimento foi conduzido em campo sob delineamento de bloco casualizado com quatro repetições e em esquema fatorial 8 x 2. O primeiro fator foi constituído por oito tipos de controle herbicida (Clorimurrom etílico, Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica, Cletodin, Glufosinato de amônia e Glifosato e as testemunhas com e sem capina), o segundo fator foi constituído por duas cultivares de café (IPR 107 e Obatã). Na cultivar Obatã, a aplicação de Clorimurrom etílico e Metsulfurom metílico apresentaram as maiores quantidade de acúmulo de biomassa radicular (8,88 g) sendo seguido pelo herbicida Carfentrazona etílica (7,15 g), já com a aplicação de Glufosinato de amônio (herbicida não seletivo) e com capina (6,45 g), observou-se uma redução de até 27,36% nesse acúmulo. Os herbicidas Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica e Cletodin,

causaram os menores níveis de fitotoxidez em pós-emergência, classificada como muito leve, indicando a seletividade desses herbicidas as cultivares Obatã e IPR 107. O terceiro experimento foi conduzido em casa de vegetação com delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 7 x 2. O primeiro fator foi constituído por sete extratos aquosos das espécies vegetais: canola (*Brassica napus* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), braquiária (*Brachiaria decumbes* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), tremoço (*Lupinus albus* L.) e água (testemunha). O segundo fator foi constituído pelas diferentes partes botânicas das plantas (parte aérea e sistema radicular). Após 120 dias da aplicação dos extratos, foi avaliada a altura de planta, diâmetro de caule, índice de área foliar, matéria seca foliar, matéria seca radicular e comprimento radicular, sendo observado que a altura da planta se comportou de forma distinta em relação aos extratos e as diferentes partes botânicas que os constituíam. Os extratos produzidos através do sistema radicular obtiveram médias superiores ao da parte aérea na ordem de 103% para variável altura de planta. Na matéria seca foliar o fator de variação parte botânica foi estaticamente diferente, os extratos constituídos pela parte radicular apresentaram um valor de 110% superior aos oriundos da parte aérea representando um aumento de 0,67 g, dentro dos extratos constituídos pelo sistema radicular o girassol apresentou resultado (5,70 g) e a crotalaria (7,63) representando uma diferença entre extratos de 133%. Os caracteres agronômicos mais sensíveis à aplicação de extratos aquosos foram à altura de planta, diâmetro do caule e matéria seca foliar.

**Palavras-chave:** Acidez do solo, Compostos secundários, Fitotoxidez.



## ABSTRACT

Costa, Bruna Penha. State University of Western Paraná, in February 2019. **Use of limestone and plaster, herbicide selectivity and allelopathic action of plant extract in the initial development of coffee (*Coffea arabica* L.)**. Advisor: José Barbosa Duarte Júnior.

The objective of this work was to evaluate the use of limestone and gypsum, selectivity to herbicides and allelopathic action of plant extracts in the early development of coffee (*Coffea arabica* L.). For this, three experiments were carried out, two in field simulation and one in a greenhouse. The first experiment consisted in the application of increasing doses of limestone and gypsum installed in two distinct periods in a randomized complete block design with four replications in a 4 x 4 factorial scheme, where the first factor was constituted by increasing doses of limestone equivalent to 0, 1, 2, 4 t ha<sup>-1</sup>, the second by increasing doses of gypsum equivalent to 0, 300, 600 and 1200 kg ha<sup>-1</sup>. The experimental plot consisted of a planting of the cultivar IPR 107 in a PVC pipe (vessel) with a diameter of 100 mm and one meter high. In period I, implantation was carried out during the winter-summer period (05/08/2017 to 03/02/2018) and in period II in the spring - autumn period (02/10/2017 to 31/03/2018). The agronomic characteristics evaluated in this experiment were: plant height, stem diameter, leaf area index, leaf dry matter, root dry matter and root length. When analyzing the results of this experiment it is possible to emphasize that plant height was the most responsive variable in environmental conditions, presenting an increase of 6.18 % in period I in relation to period II and that doses of limestone and gypsum did not provide changes in the agronomic variables in both evaluated periods during the six months after transplanting. The second experiment was conducted in the field under a randomized block design with four replicates and in an 8 x 2 factorial scheme. The first factor was constituted by eight types of herbicidal control (Ethyl Chlorimurum, Methyl Metsulfur, Ethyl Carfentrazone, Cletodin, Ammonium Glufosinate and Glyphosate and witnesses with and without weeding) the second factor consisted of two coffee cultivars (IPR 107 and Obatã). In the cultivar Obatã, the application of Chlorimurum ethyl and Metsulfuron metil showed the highest amount of root biomass accumulation (8.88 g) followed by the herbicide Carfentrazone ethyl (7.15 g), already with the application of ammonium Glufosinate (non-selective herbicide) and with weeding (6.45 g), a reduction of up to 27.36% in this accumulation was observed. The herbicides Metsulfuron methyl, Carfentrazone ethyl and Cletodin caused the lowest post-emergence phytotoxicity levels, classified as very light, indicating the selectivity of these herbicides, the cultivars Obatã and IPR 107. The

third experiment was conducted in a greenhouse with a randomized complete block design with four replicates, in a 7 x 2 factorial scheme. The first factor was constituted by seven aqueous extracts of the vegetal species: The first factor consisted of seven aqueous extracts of the plant species: canola (*Brassica napus* L.), Crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), Brachiaria (*Brachiaria decumbes* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.), wheat (*Triticum aestivum* L. .), lupine (*Lupinus albus* L.) and water (control). The second factor was constituted by the different botanical parts of the plants (aerial part and root system). After 120 days of application of extracts, the plant height, stem diameter, leaf area index, leaf dry matter, root dry matter and root length were evaluated, being observed that the height of the plant behaved differently in relation to the extracts and the different botanical parts that they constituted them. The extracts produced through the root system obtained averages higher than the aerial part in the order of 103% for plant height variable. In dry leaf matter the botanical part variation factor was statically diferente the extracts constituted by the root portion presented a value of 110% superior to those originating from the aerial part representing an increase of 0.67 g. In the extracts constituted by the root system, the sunflower presented a result (5.70 g) and the crotalaria (7.63) representing a difference between extracts of 133%. The agronomic characters most sensitive to the application of aqueous extracts were plant height, stem diameter and leaf dry matter.

**Keywords:** Acidity of soil, Secondary compounds, Phytotoxicity.

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | O EFEITO DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO .....  | 1         |
| 1.2      | FITOTOXIDEZ.....   | 3         |
| 1.3      | ALELOPATIA .....   | 4         |
|          | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>CAPITULO I - CARÁCTERES AGRONÔMICOS DE <i>Coffea arabica</i> EM FUNÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA EM DUAS ÉPOCAS DE IMPLANTAÇÃO .....</b> | <b>7</b>  |
| 2.1      | INTRODUÇÃO.....  | 9         |
| 2.2      | MATERIAL E MÉTODOS.....  | 11        |
| 2.3      | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 15        |
| 2.4      | CONCLUSÃO.....   | 22        |
| 2.5      | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 22        |
| <b>3</b> | <b>CAPITULO II - TOLERÂNCIA DAS CULTIVARES IPR 107 E OBATÃ DE CAFÉ ARABICA A HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS EMERGÊNCIA .....</b>                  | <b>26</b> |
| 3.1      | INTRODUÇÃO.....  | 28        |
| 3.2      | MATERIAL E MÉTODOS.....  | 29        |
| 3.3      | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 33        |
| 3.4      | CONCLUSÃO.....   | 40        |
| 3.5      | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 40        |
| <b>4</b> | <b>CAPITULO III - EFEITO DE DIFERENTES EXTRATOS AQUOSOS DE VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO IPR 107 .....</b>                  | <b>43</b> |
| 4.1      | INTRODUÇÃO.....  | 45        |
| 4.2      | MATERIAL E MÉTODOS.....  | 46        |
| 4.3      | RESULTADOS E DISCURSÃO .....   | 49        |
| 4.4      | CONCLUSÃO.....   | 54        |
| 4.5      | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 54        |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) está entre as culturas agrícolas de maior importância na economia brasileira sendo uma das principais commodities produzida gerando milhões de empregos e renda em sua cadeia produtiva para o país (ANTUNES et al., 2008). Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, conforme o levantamento da CONAB (2019), o Brasil produzirá um volume de 54,48 milhões de sacas de café beneficiado. A área total (em formação e produção) deve atingir aproximadamente 2,16 milhões de hectares, valores esses referentes às duas espécies do gênero *Coffea* que apresentam importância econômica, a saber, *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, representando aproximadamente 81% e 19%, respectivamente, do que é produzido no país.

O cafeeiro é um arbusto que pertence à classe Dicotyledonea, ordem Rubiales, família Rubiaceae, tribo Coffeae, subtribo Coffeinae e gênero *Coffea* (MISTRO, 2013). Apresenta de acordo com Davis et al. (2011) 124 espécies no gênero *Coffea*, com destaque para as espécies de interesse econômico: *Coffea arabica* Linnaeu e *Coffea canephora* (Pierre ex A. Froehner).

O cafeeiro é um arbusto, perene que completa o seu ciclo produtivo em dois anos fenológicos, esquematizados em seis fases (MATIELLO et al., 2005). As duas primeiras fases que envolvem o crescimento vegetativo, primeiro, do ramo ortotrópico e em seguida dos ramos plagiotrópicos primários (ramo reprodutivo) ocorrem no primeiro ano após implantação no campo que compreende os meses de setembro a março e as demais fases (emissão de gemas, flores, maturação de frutos) no segundo ano (CAMARGO; CAMARGO, 2001), logo o cafeeiro apresenta períodos de crescimento distintos relacionados: épocas do ano, relação genótipo-ambiente bem como as suas condições nutricionais que podem estar relacionadas intimamente com as condições do solo.

### 1.1 O EFEITO DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO

Para um bom desenvolvimento do cafeeiro, entre outros fatores se apresenta a dependência das interações entre os atributos do solo e o sistema radicular. Uma vez que as raízes são responsáveis pela absorção de água e pela sustentação da planta, além de ser parte essencial nos processos de formação e estabilização dos agregados do solo através de mecanismos físicos e químicos gerados com seu desenvolvimento (SALTON et al., 2008).

De acordo com Kaestner et al. (2006), o crescimento das raízes depende da estrutura do solo, porém a estruturação do solo também depende das raízes e descobrir o limiar onde o

ambiente do solo controla a distribuição espacial das raízes e como o crescimento da raiz modifica a estrutura do solo, é trabalho bem complexo. O cafeeiro requer solos profundos, porosos, bem drenados, com boa retenção de umidade e teores de macro e micronutrientes distribuídos de forma adequada ao longo do perfil do solo, para que a absorção seja contínua (MATIELLO et al., 2005).

Por possuir uma grande extensão territorial, clima tropical e diferentes padrões de formação do solo o Brasil apresenta 70% do seu território composto por solos ácidos (QUAGGIO, 2000) a presença de altos teores de alumínio é o principal fator de acidez do solo e problemas de toxidez às culturas. Os altos teores de alumínio provocam injúrias físicas e químicas acarretando a redução no desenvolvimento radicular, o que confina as raízes em camadas mais subsuperficiais do solo, em períodos de veranicos essa condição é mais perceptível uma vez que as plantas não conseguem absorver água e nutrientes em camadas mais profundas do solo (RAIJ, 2013).

Para reduzir ou anular os efeitos tóxicos do alumínio é realizado a calagem, que consiste na adição de calcário, um sal básico que reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização (COSTA et al., 2015), aumentando o pH do solo e a disponibilidade de fósforo e molibdênio, o que favorece a nitrificação da matéria orgânica e tem efeito positivo na fixação simbiótica do nitrogênio, influencia as propriedades físicas do solo favorece as propriedades físicas pela adição de cátions flocculantes aos colóides do solo o que favorece o melhor aproveitamento de água e nutrientes existentes no solo (RAIJ, 2013). Devido ao calcário ser um sal de baixíssima solubilidade no solo atuando nas camadas mais superficiais do solo (0-20 cm), surge a necessidade de uma prática complementar a calagem uma vez que o sistema radicular do cafeeiro é profundo superior às camadas (21-40 cm).

A prática da gessagem (sulfato de cálcio- gesso) é indicada como complementar a calagem, por apresentar alta mobilidade no solo, o que reduz o efeito tóxico que o alumínio exerce sobre as raízes, além de eliminar a deficiência de cálcio, ambas as ações em profundidade (COSTA; CRUSCIOL, 2016). É de se esperar que a ação conjunta entre a calagem e gessagem corrija a acidez do solo e da saturação de alumínio, melhore o fornecimento de nutrientes em profundidade, assegurando um melhor ambiente radicular ao longo do perfil do solo.

## 1.2 FITOTOXIDEZ

A fase de formação na cafeicultura compreende o período posterior ao transplântio e anterior a primeira safra, com intervalo em média de dois anos (RONCHI; TERRA; SILVA 2007). Esse espaço de tempo é longo quando comparado a outras culturas, o que o torna mais sensível à competição com as plantas daninhas.

As plantas daninhas são espécies vegetais indesejáveis que apresentam relação interespecífica competitiva com as culturas pelos recursos do ambiente. Essas relações podem ocorrer acima ou abaixo do solo e as plantas daninhas tendem a levar vantagem, pois detêm características peculiares que garantem sua sobrevivência e manutenção, tais como: rápida germinação e crescimento inicial, habilidade de dispersão, grande capacidade de absorção de água e nutrientes devido ao seu sistema radicular abundante, adaptação às práticas de manejo e tolerância frente às variações ambientais (AGOSTINETTO et al., 2015).

O longo período até o estabelecimento do cafeeiro torna o controle das plantas daninhas em uma atividade onerosa. Os métodos de controle utilizados são variados: mecânico, cultural e químico. Esse último se destaca como principal método de controle entre os cafeicultores (YAMASHITA et al., 2008).

O uso inadequado e ou repetitivo de um dado herbicida ou que apresente o mesmo mecanismo de ação, ocasiona a seleção de biótipos resistentes. O termo resistência é comumente apresentado tanto com referência ao comportamento de um indivíduo frente aos mecanismos de resistência que possui, quanto aos herbicidas aos qual o indivíduo é resistente (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

Para a utilização do controle químico adequado Ronchi et al. (2001), afirmaram que é necessário a escolha de herbicidas seletivos para uso na fase inicial da cultura onde a matocompetição pode provocar significativas perdas no rendimento e produtividade em até 77% (BLANCO, 1982).

Contudo mesmo sendo recorrente o uso de herbicidas e que existam alguns classificados como seletivos estes apresentam algum nível de fitotoxidez à cultura do cafeeiro. A fitotoxidez é caracterizada por alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas, que muitas vezes causam sintomas semelhantes aos de distúrbios nutricionais, com aparecimento de folhas cloróticas, pequenas e quebradiças, podendo ocasionar redução no desenvolvimento vegetativo das plantas (MALAVOLTA, 2006).

A fitotoxidez ocasionadas por herbicidas seletivos principalmente em plantas jovens de café podem ser comprovados através de pesquisas tais como as desenvolvidas por Ronchi e

Silva (2003), Yamashita et al. (2013), Carvalho et al. (2014) e Silva et al. (2017), a qual faz necessário mais pesquisas dos efeitos de diferentes herbicidas na cultura do cafeeiro.

### 1.3 ALELOPATIA

Em um ambiente agrícola, a presença das plantas daninhas normalmente é considerada um problema pela sua agressividade (FIALHO et al., 2010) e pela produção de aleloquímicos que podem causar efeitos diretos as plantas de interesse comercial.

De acordo com Silva et al. (2011) o termo alelopatia é usado para definir a interação química que ocorre entre organismos, a partir da liberação de substâncias oriundas do metabolismo secundários das plantas, os denominados aleloquímicos. Estes são fortemente afetados pelas condições ambientais e pelo período fenológico da cultura, existindo uma flutuação nos níveis de sua produção (fase vegetativa, florescimento e senescência).

A liberação dos compostos secundários se dá através de processos como a exsudação radicular, volatilização de compostos e decomposição de resíduos, sendo os aleloquímicos comumente utilizados como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e defensivos agrícolas (BORELLA; PASTORINI, 2009).

A maioria das pesquisas sobre alelopatia constatam efeitos negativos sobre as plantas comerciais: Bernat et al. (2004) atribuiu a redução na germinação e no desenvolvimento aéreo das espécies, mostarda e trigo aos compostos secundários existente nos extrato da planta daninha utilizada. Roncatto e Viecelli (2009) observaram que alguns compostos secundários influenciaram positivamente no crescimento do milho, enquanto Rizzardi et al. (2008) obteve o controle de plantas daninhas sem causar estresse a cultura comercial (soja).

Essa diferença de comportamento revela um vasto campo de pesquisa ainda a ser explorado, onde as plantas daninhas podem ser usadas no controle de outras espécies invasoras, ou estimulando o crescimento das culturas comerciais como o exemplo do cafeeiro jovem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D. et al. **Manejo de Plantas Daninhas**. In: SEDIYAMA, T. N.; SILVA, F.; BORÉM, A. ED (s). Soja do Plantio à Colheita. Viçosa. UFV, 2015. p.234-251.

ANTUNES, W. C. et al. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea canephora*). **Annals of Applied Biology**, v.153, n.1, p.33-40, 2008.

BERNAT, W. et al. The effect of sunflower allelopathycs on germination and seedling vigour of winter wheat and mustard. **Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych**, v.496, n.1, p.289-300, 2004.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; PUPO, E.I.H. Período de competição de uma comunidade natural de mato em uma cultura de café em formação. **Biológico**, v.48, n.1, p.9-20, 1982.

BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Influência alelopática de *Phytolacca dioica* L. na germinação e crescimento inicial de tomate e picão-preto. **Biotemas**, v.22, n.3, p.67-75, 2009.

CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on Arabica coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v.69, n.1, p.239-247, 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CARVALHO, F. P. et al. Sensibilidade de plantas de café micorrizadas à herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.134-142, 2014.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.83-90, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**. Café, v. 6 – Safra 2019, n.1 - Primeiro Levantamento, 2019, p. 1-62.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean–oat–sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, v.74, n.3, p.119-132, 2016.

COSTA, C. H. M. et al. Gessagem no Sistema Plantio Direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n. especial, p.201-215, 2015.

DAVIS, A. P. et al. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data, implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, n.4, p.1-21. 2011.

FIALHO, C.M.T. et al. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, v. 28, p. 969-978, 2010.

KAESTNER, A.; SCHNEEBELI, M.; GRAF, F. Visualizing three-dimensional root networks using computed tomography. **Geoderma**, v.136, p.459-469, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 638, 2006.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Fundação PROCAFÉ. Edição revisada, ampliada e ilustrada. Rio de Janeiro/ Varginha, 2005.



MISTRO, J. C. **Estimativas de parâmetros genéticos visando o melhoramento do café robusta** (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner). 2013. 152 f. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2013.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, p 233, 2013.

RIZZARDI, M. A. et al. Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp.) e soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.2, p.239-248, 2008.

RONCATTO, F.; VIECELLI, C.A. Adubação verde de girassol sobre o desenvolvimento do milho. **Cultivando o saber**, v.2, n.3, p.1-6, 2009.

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 679-687, 2007.

RONCHI, C.P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.421-426, 2003.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 94 p, 2001.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.11-21, 2008.

SILVA, L. G. et al. Sintomas de fitotoxicidade e crescimento de mudas submetidas aos herbicidas inibidores da Protox. **Coffee Science**, v.12, n.3, p.290-296, 2017.

SILVA, J. et al. Alelopatia de *Camelina sativa* Boiss. (Brassicaceae) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa* (L.) e *Glycine max* (L.) Merr. **Biotemas**, v.24, n.(4), p.17-24, 2011.

YAMASHITA, O. M. et al. Deriva simulada de herbicidas em mudas de *Coffea canephora*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.2, p.148-156, 2013.

YAMASHITA, O. M.; MENDONÇA, F. S.; ORSI, J. V. N.; RESENDE, D. D.; KAPPES, C.; GUIMARÃES, S. C. Efeito de doses reduzidas de oxyfluorfen em cultivares de algodoeiro. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 917-921, 2008.

## 2 CAPÍTULO I - CARACTERES AGRONÔMICOS DE *Coffea arabica* EM FUNÇÃO DO USO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA EM DUAS ÉPOCAS DE IMPLANTAÇÃO

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes doses de calcário e gesso agrícola e seus efeitos nas características agronômicas do cafeeiro em dois experimentos com época distinta de implantação da cultura. Os experimentos foram conduzidos em condições de campo durante o período de julho de 2017 a março de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 4, onde o primeiro fator foi constituído por doses crescentes de calcário (equivalentes a 0, 1, 2, 4 t ha<sup>-1</sup>) e o segundo por doses crescente de gesso (o equivalente a 0, 300, 600, 1200 kg ha<sup>-1</sup>). O primeiro experimento realizado na época I foi conduzido no período do inverno – verão (05/08/2017 a 03/02/2018) e o segundo experimento na época II no período da primavera – outono (02/10/2017 a 31/03/2018). Ao analisar os experimentos, as médias das variáveis indicaram que na época I, a altura de planta apresentou valores superiores a da época II, com um acréscimo de 6,18% entre os experimentos. Para as demais variáveis: diâmetro do caule, índice de área foliar, massa de matéria seca foliar e massa de matéria seca radicular a época II alcançou um incremento de 5,95%, 12,04%, 23,62% e 17,12%, respectivamente, em relação à época I. As doses de calcário e gesso agrícola não proporcionaram alterações das variáveis agronômicas em ambas às épocas avaliadas, durante o período de seis meses após transplântio.

Palavras-chaves: Alumínio. Correção do solo. Crescimento vegetativo. Temperatura.

## **AGRICULTURAL CHARACTERS OF *Coffea arabica* IN FUNCTION OF LIME-STONE AND AGRICULTURAL GYPSUM IN TWO TIMES OF IMPLANTATION**

### **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the effect of the addition of different doses of limestone and agricultural gypsum and its effects on the agronomic characteristics of the coffee tree in two experiments with distinct time of implantation of the crop. The experiments were conducted under field conditions during the period from July 2017 to March 2018. The experimental design was in randomized blocks, with four replications in a 4 x 4 factorial scheme where the first factor was constituted by increasing doses of limestone (equivalents to 0, 1, 2, 4 t ha<sup>-1</sup>) and the second by increasing doses of gypsum (equivalent to 0, 300, 600, 1200 kg ha<sup>-1</sup>). The first experiment carried out in period I was conducted in the winter - summer period (05/08/2017 to 03/02/2018) and the second experiment in period II in the spring - autumn period (02/10/2017 to 03/31/2018). When analyzing the experiments, the means of the variables indicated that in period I, plant height presented values higher than that of period II, with an increase of 6.18% among the experiments. For the other variables: stem diameter, leaf area index, dry matter mass and root dry matter mass the period II reached an increase of 5.95%, 12.04%, 23.62% and 17.12%, respectively respectively, in relation to period I. The doses of limestone and agricultural gypsum did not provide changes in agronomic variables in both evaluated periods, during the six-month period after transplanting.

**Keywords:** Aluminum. Soil correction. Vegetative growth. Temperature.

## 2.1 INTRODUÇÃO

O café é uma commodity com relevante destaque no cenário internacional, tendo alcançado em 2017 uma cotação anual média da saca, de 60 kg, de US\$ 342,29 dólares (AGRIANUAL, 2017), gerando direta e indiretamente milhões de empregos em sua cadeia produtiva. Nesse cenário o Brasil destaca-se como o maior exportador de grãos de café no mundo, atendendo a 127 países e no encerramento do ano safra 2018 o país exportou 30,3 milhões de sacas de café (CECAFÉ, 2018).

Conforme o levantamento da CONAB (2019), o Brasil produzirá um volume de 54,48 milhões de sacas de café beneficiado. A área total (em formação e produção) deve atingir aproximadamente 2,16 milhões de hectares, valores esses referentes às duas espécies do gênero *Coffea* que apresentam importância econômica, a saber, *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, representando aproximadamente 81% e 19%, respectivamente, do que é produzido no país.

Dentre os principais Estados produtores o Paraná destaca-se como o maior produtor de café arabica na Região Sul do país com uma área total de 40.100 hectares, com previsão de produzir um milhão de sacas de café beneficiado (CONAB, 2019).

O cafeeiro é um arbusto de ciclo perene, com o transplântio das mudas realizado na estação chuvosa (que inicia em outubro e estendendo até março). Para as condições tropicais os períodos que se estendem até a maturação do café, foram esquematizados em seis fases, divididas entre dois anos fenológicos (MATIELLO et al., 2005).

As duas primeiras fases que envolvem o crescimento vegetativo, primeiro, do ramo ortotrópico e em seguida dos ramos plagiotrópicos primários (ramo reprodutivo) ocorrem no primeiro ano após implantação no campo que compreende os meses de setembro a março e as demais fases (emissão de gemas, flores, maturação de frutos) no segundo ano (CAMARGO; CAMARGO, 2001), logo o cafeeiro apresenta períodos de crescimento distintos relacionados a épocas do ano, relação genótipo-ambiente bem como as suas condições nutricionais que podem estar relacionadas intimamente com as condições do solo.

Devido a sua extensão continental e predominância de clima tropical o Brasil apresenta grandes extensões de solos com problemas de acidez (SANTOS et al., 2018), uma vez que os solos de regiões tropicais apresentam alto intemperismo, o que promove problemas de acidez, baixa capacidade de troca catiônica e saturação de bases, além de apresentar altos teores de elementos tóxicos como o alumínio trocável ( $Al^{+3}$ ) e o manganês ( $Mn^{+2}$ ) (BOTTEGA et al., 2012). De acordo com Quaggio (2000), 70% do território brasileiro são compostos por

solos ácidos, sendo que a presença de altos teores de alumínio é o principal fator de acidez do solo e problemas de toxidez às culturas.

Raij (2013), afirma que os altos teores de alumínio no solo podem provocar redução no desenvolvimento radicular, além de torná-lo mais susceptível e confinado em camadas superficiais pouco espessas deixando de absorver água e nutrientes de partes mais profunda do solo. A partir dessa perspectiva, a correção da acidez dos solos é fundamental para elevar sua capacidade produtiva (SORATTO et al., 2010).

A calagem consiste na adição de calcário, um produto de baixíssima solubilidade no solo, composto principalmente por carbonato de cálcio um sal básico e, como tal, reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização (COSTA et al., 2015), que aumenta a disponibilidade de fósforo e molibdênio, favorece a nitrificação da matéria orgânica e tem efeito positivo na fixação simbiótica do nitrogênio, favorece as propriedades físicas pela adição de cátions flocculantes aos coloides do solo favorecendo melhor aproveitamento de água e nutrientes existentes no solo (RAIJ, 2013).

A calagem é uma prática essencial para a garantia do sucesso da produtividade das culturas, tendo como benefício à neutralização da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio e a redução da toxidez de alumínio (PAVAN; OLIVEIRA, 2000). Contudo a baixa mobilidade dos produtos da dissociação do calcário aplicado em superfície cria uma maior demanda de tempo para que estes cheguem às camadas mais subsuperficiais, limitando assim a sua eficiência na redução da acidez nessas camadas de solos com cargas variáveis portanto a aplicação em superfície do calcário não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sal, orgânicos e, ou inorgânicos através do perfil do solo (CAIRES et al., 2006).

Por isto outra prática que vem se destacando na redução da saturação por alumínio em camadas subsuperficiais, ou seja, de 21 a 40 cm até camadas mais profundas é a gessagem. Mesmo que o gesso agrícola não seja um produto que atue sobre o pH do solo, corrigindo a acidez, ele atua na neutralização do  $Al^{+3}$  em subsuperfície, favorecendo o crescimento radicular de culturas agrícolas (COSTA; CRUSCIOL, 2016).

O gesso agrícola um subproduto da produção de ácido fosfórico, composto basicamente por sulfato de cálcio, apresenta alta mobilidade no solo, reduz o efeito tóxico que o alumínio tem sobre as raízes, além de eliminar a deficiência de cálcio, ambas as ações em profundidade (SILVA et al., 2015). De acordo com Raij (2013), os efeitos positivos do gesso no solo se devem principalmente aos aumentos nos teores de  $Ca^{+2}$  e  $SO_4^{2-}$  nas camadas subsuperficiais (> 20 cm) e a diminuição da atividade do  $Al^{+3}$  tóxico, com a formação do sulfato de

alumínio ( $\text{AlSO}_4^+$ ), uma vez que o excesso de  $\text{Al}^{+3}$  e a falta de  $\text{Ca}^{+2}$  atuam como barreira química prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro. É de se esperar que a ação conjunta entre a calagem e gessagem corrija a acidez do solo e da saturação de alumínio, melhore o fornecimento de nutrientes em profundidade, assegurando um melhor ambiente radicular ao longo do perfil do solo.

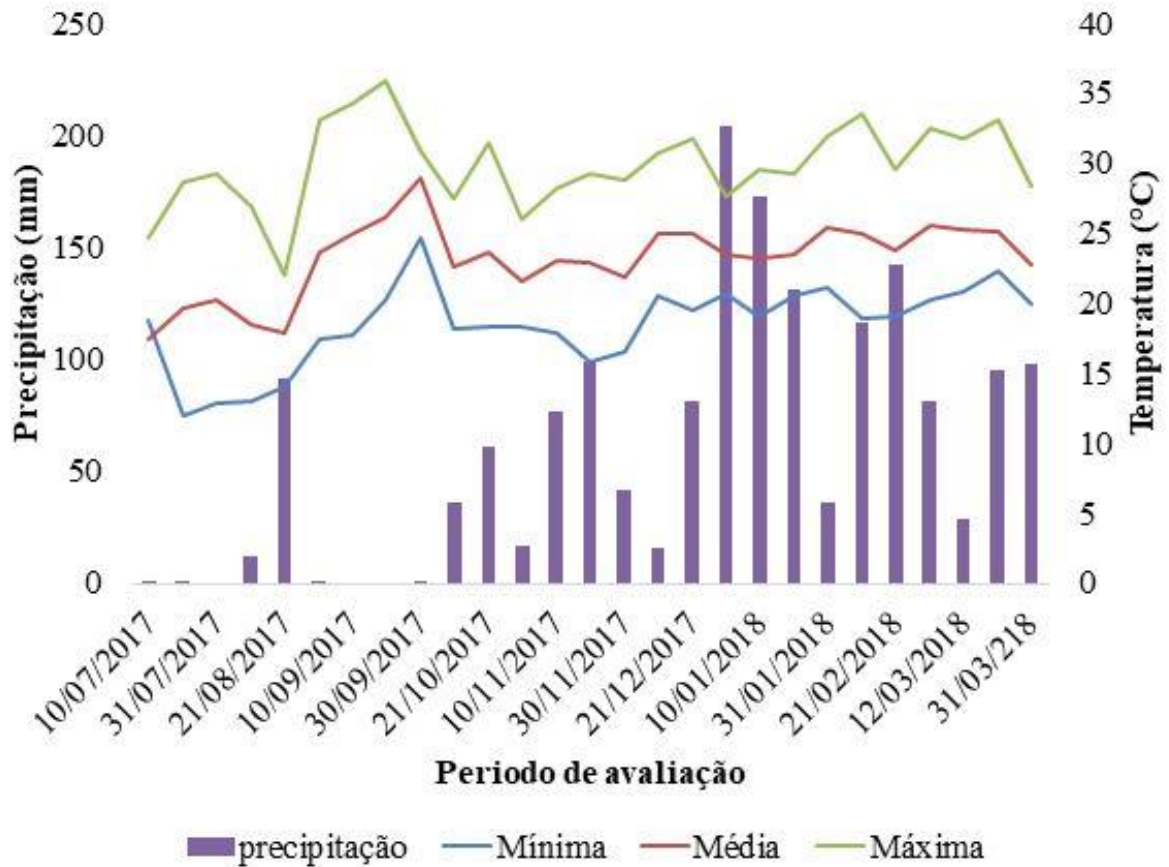
O cafeeiro uma espécie vegetal que apresenta uma demanda elevada do macronutriente cálcio, este intimamente relacionado ao pleno desenvolvimento da espécie sendo absorvido em maiores concentrações em solos com pH entre 5,5 a 6,5 (RODRIGUES et al., 2006). Diante disso, a hipótese deste trabalho é que a adição de doses crescentes de calcário e gesso influenciará de forma positiva nas condições de pH e distribuição de nutrientes ao longo do perfil do solo e conseqüentemente no crescimento radicular e aéreo na fase de formação do cafeeiro em diferentes épocas.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adição de doses de calcário e gesso agrícola nas características agrônômicas do cafeeiro em diferentes épocas de implantação da cultura.

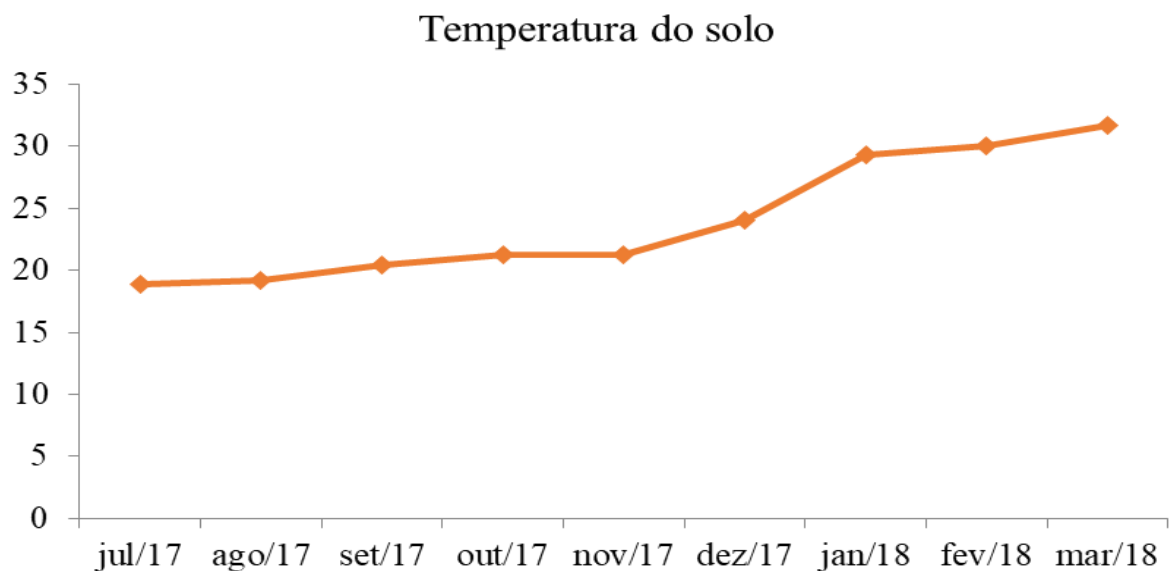
## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico Professor Mário César Lopes (latitude  $24^\circ 46'$  S, longitude  $54^\circ 22'$  O e altitude em torno de 420 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon - PR, simulando as condições de campo durante o período de julho de 2017 a março de 2018.

Os dados meteorológicos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Marechal Cândido Rondon (Figura 1) para os dados de temperaturas médias do solo foram obtidos com auxílio do termômetro (modelo TE- 400), iniciando em Julho/2017 até Março/2018 (Figura 2).



**Figura 1.** Níveis de precipitação e temperatura ao longo do período de condução do experimento.



**Figura 2.** Temperatura média mensal do solo ao longo do período de condução do experimento.

O solo utilizado como substrato nos experimentos está classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico de textura muito argilosa (615 g kg<sup>-1</sup> de argila, 258 g kg<sup>-1</sup> de silte e 127 g kg<sup>-1</sup> de areia). A porção de solo coletada para a instalação dos experimentos foi peneirada (malha 4 mm). Em seguida, foram coletadas amostras, de maneira aleatória, que foram encaminhadas para caracterização de atributos químicos e físicos do solo. Os resultados da análise química do solo antes da instalação dos experimentos foram: pH em CaCl<sub>2</sub> = 4,55; matéria orgânica = 1,37g dm<sup>-3</sup>; P = 0,06 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 0,67 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0,40 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,67 cmolc dm<sup>-3</sup>, SB = 0,83 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC = 3,50 cmolc dm<sup>-3</sup>; V = 23,77%; e m = 32,45%.

O delineamento experimental utilizado para as Épocas I (inverno - verão) e II (primavera- outono) foi em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições e em esquema fatorial 4 x 4. O primeiro fator refere-se a 4 doses de calcário 0, 1, 2, 4 t ha<sup>-1</sup> correspondente a 0, 0,5, 1 e 2 vezes a necessidade de calagem recomendada para a elevação da saturação por base à 70%, (pelo método da saturação por base). O segundo fator refere-se a 4 doses de gesso 0, 300, 600, 1200 kg ha<sup>-1</sup> correspondente a 0, 0,5, 1 e 2 vezes a necessidade de gesso aplicados sobre o substrato na Época I (inverno – verão) e Época II (primavera – outono), totalizando 64 parcelas por experimento, estas compostas por uma muda da cultivar IPR 107 por vaso com área útil para cada época de 6,96 m<sup>2</sup>.

A parcela foi constituída por um cano de PVC (vaso), com diâmetro de 100 mm e 1 metro de altura. Na parte inferior do cano foi inserida uma peça de isopor moldada a partir do diâmetro do cano com pontos para drenagem de água, seguida preenchidos com o solo para o experimento e aplicação dos tratamentos a lanço. O substrato foi umedecido com água até atingir sua capacidade de campo, este aferido com o determinador de umidade do solo (modelo Hidro Farm 1+ FM 2030) em seguida foi realizado a incubação.

A cultivar IPR 107 foi utilizada nos experimentos por combinar as características porte compacta pequena e resistência completa e durável à ferrugem da cultivar IAPAR 59 com as características de rusticidade das cultivares do Mundo Novo. Sendo indicada para áreas cafeeiras com solos de textura argilosa e temperatura média anual entre 19°C e 22°C. As mudas de café foram obtidas de viveiro credenciado apresentando cinco pares de folhas permanentes e presença da folha “orelha de onça”, estas permaneceram em área semi-protegida por 15 dias para aclimação e realizado com sete dias de antecedência da implantação do experimento a aplicação do fungicida protetivo Oxicleto de cobre na dosagem de 2 kg ha<sup>-1</sup>.

Na época I, a incubação do solo ocorreu no dia 1 de julho de 2017, transplântio das mudas em 5 de agosto (inverno) e a coleta do experimento em 3 de fevereiro de 2018 (verão).



Na época II a incubação do solo ocorreu no dia 2 de setembro de 2017, transplântio das mudas em 2 de outubro (primavera) e a coleta do experimento em 31 de março de 2018 (outono). Os experimentos tiveram duração de seis meses após incubação do solo.

Após 30 dias de incubação foi realizado a leitura com auxílio de aparelho medidor de pH e umidade do solo (modelo PH - 2500) a 10 cm de profundidade, os novos valores de pH foram 4,55; 5,35; 5,55 e 6,75, respectivamente, conforme as dosagem de calcário empregada. Em seguida foram acrescentados 116 kg ha<sup>-1</sup> da formulação comercial 20-5-10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) com base no manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná (SBCS, 2017), em sequência foi realizado o transplântio das mudas.

Durante a realização dos experimentos os tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade do cultivo, além da aplicação de Oxicloreto de cobre na dosagem de 2 kg ha<sup>-1</sup> quinzenalmente, como medida protetiva com auxílio de bomba costal. Em relação à umidade do substrato esta foi mantida próxima dos 0,23 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> da capacidade de campo através de precipitações pluviométricas e rega manual quando necessária, informações obtida através do monitoramento das unidades experimentais.

Após seis meses de implantação da cultura nos canos foi aplicado sobre as parcelas, 24 horas antes da coleta do experimento, o dobro da lamina d'água usada na irrigação facilitando assim o deslocamento da massa de solo. Sendo realizadas as avaliações agronômicas sobre a parte aérea e o sistema radicular do cafeeiro.

Na parte aérea foram avaliadas a altura da planta (AP), maior largura e comprimento das folhas, medidos com auxílio de régua milimetrada para se determinar o índice de área foliar (IAF) (BARROS, 1974), através da fórmula:

$$IAF = 0,667 \times C \times L$$

Onde:

IAF= Estimativa da área foliar (cm<sup>2</sup>)

C= Maior comprimento (cm)

L= maior largura (cm)

O diâmetro do caule (DC), foi medido no terço inferior da planta, com auxílio de paquímetro digital. Em seguida a parte aérea foi coletada, com o auxílio de uma tesoura de poda, seccionando-a rente ao solo, sendo identificada e armazenada em saco de papel para posterior determinação da matéria seca foliar (MSF).

Para a avaliação do sistema radicular foi realizado a separação do solo das raízes cuidadosamente, afim de não danificá-las. Posteriormente, o sistema radicular foi higienizado com água para retirada das partículas de solo aderido e secas cuidadosamente com auxílio de papel toalha para posterior mensuração do comprimento de raiz (CR), com auxílio de fita métrica, e determinação da matéria seca radicular (MSR).

Para a determinação da MSF e MSR as amostras foram postas para secar em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de aproximadamente 65°C, por 48 horas. Transcorrido esse tempo estas foram pesadas em balança analítica de precisão de 0,0001 gramas.

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade de erro, para determinação da homogeneidade das variâncias dos erros experimentais entre os experimentos. Atendido o pressuposto de homogeneidade de variâncias dos erros experimentais, relação entre o maior e o menor quadrado médios do resíduo das análises de variância individuais dos caracteres inferiores a sete (PIMENTEL-GOMES, 2009), foi procedida à análise de variância conjunta pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises de variância individuais realizadas não foram observadas para altura de planta, diâmetro do caule, índice de área foliar, matéria seca foliar, matéria seca radicular e crescimento radicular diferenças significativas para os fatores isolados, doses de calcário e gesso, e na interação dos mesmos, (tabelas 1 e 2). Tais resultados podem estar relacionados ao período fisiológico das plantas, indicando que a demanda pelo nutriente cálcio ainda se apresentava baixo e que os teores existentes no solo, antes da aplicação dos tratamentos satisfaziam a necessidade inicial da cultura.

O cafeeiro apresenta uma alta exigência de cálcio, a qual essa demanda vai se acentuando de acordo com o desenvolvimento e a fase fenológica da espécie (MATIELLO et al., 2005), assim o período de seis meses de condução do experimento, pode ter sido insuficiente para evidenciar os efeitos das doses de calcário e gesso sobre as variáveis agronômicas para as duas épocas de implantação (Tabela 1 e 2), semelhantemente as características edafoclimáticas da região e da própria cultivar de café podem também ter colaborado para os resultados observados durante a realização deste trabalho de pesquisa.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância com o quadrado médio da altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR) e comprimento radicular (CR) na época I (período inverno-verão)

| FV         | GL | AP (cm)              | DC (mm)             | IAF (cm <sup>2</sup> ) | MSF (g)             | MSR (g)               | CR (cm)               |
|------------|----|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bloco      | 3  | 10,727 <sup>ns</sup> | 1,123 <sup>ns</sup> | 164,613 <sup>ns</sup>  | 8,023 <sup>ns</sup> | 229,190 <sup>ns</sup> | 1858,81 <sup>ns</sup> |
| calc       | 3  | 4,019 <sup>ns</sup>  | 0,392 <sup>ns</sup> | 192,339 <sup>ns</sup>  | 5,550 <sup>ns</sup> | 43,329 <sup>ns</sup>  | 278,18 <sup>ns</sup>  |
| gesso      | 3  | 6,044 <sup>ns</sup>  | 0,248 <sup>ns</sup> | 145,268 <sup>ns</sup>  | 0,623 <sup>ns</sup> | 113,344 <sup>ns</sup> | 117,31 <sup>ns</sup>  |
| calc*gesso | 9  | 6,309 <sup>ns</sup>  | 0,287 <sup>ns</sup> | 87,948 <sup>ns</sup>   | 4,391 <sup>ns</sup> | 34,657 <sup>ns</sup>  | 58,21 <sup>ns</sup>   |
| Erro       | 45 | 6,698                | 0,308               | 229,478                | 5,481               | 41,627                | 185,82                |
| CV (%)     |    | 8,69                 | 8,78                | 22,84                  | 46,93               | 32,35                 | 23,88                 |

Nota. FV – Fonte de variação, GL – grau de liberdade, calc – doses de calcário, gesso – doses de gesso, CV – Coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância com o quadrado médio da altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR) e comprimento radicular (CR) na época II (período de primavera-outono)

| FV         | GL | AP (cm)              | DC (mm)             | IAF (cm <sup>2</sup> ) | MSF (g)              | MSR (g)               | CR (cm)               |
|------------|----|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bloco      | 3  | 88,306 <sup>ns</sup> | 0,302 <sup>ns</sup> | 202,607 <sup>ns</sup>  | 25,991 <sup>ns</sup> | 216,735 <sup>ns</sup> | 660,44 <sup>ns</sup>  |
| calc       | 3  | 8,084 <sup>ns</sup>  | 0,310 <sup>ns</sup> | 33,303 <sup>ns</sup>   | 8,122 <sup>ns</sup>  | 56,937 <sup>ns</sup>  | 10,600 <sup>ns</sup>  |
| gesso      | 3  | 9,796 <sup>ns</sup>  | 1,214 <sup>ns</sup> | 119,068 <sup>ns</sup>  | 3,098 <sup>ns</sup>  | 107,675 <sup>ns</sup> | 190,900 <sup>ns</sup> |
| calc*gesso | 9  | 5,009 <sup>ns</sup>  | 0,368 <sup>ns</sup> | 194,286 <sup>ns</sup>  | 8,093 <sup>ns</sup>  | 89,072 <sup>ns</sup>  | 48,100 <sup>ns</sup>  |
| Erro       | 45 | 9,970                | 0,485               | 227,986                | 6,306                | 47,019                | 123,19                |
| CV (%)     |    | 11,31                | 10,36               | 20,03                  | 38,49                | 28,49                 | 18,61                 |

Nota. FV – Fonte de variação, GL – grau de liberdade, calc – doses de calcário, gesso – doses de gesso, CV – Coeficiente de variação.

Martins et al. (2010), em dois LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO um de textura argilosa e outra média, avaliando a biometria de mudas de café, em um período de seis meses, no Estado de Espírito Santo obtiveram resultados similares para altura de planta, diâmetro de caule e índice de área foliar aos observados nesses estudo em relação ao emprego de doses de calcário no solo. O mesmo foi observado por Ramos et al. (2010), em um experimento conduzido em uma propriedade agrícola no município de Machado, no Sul de Minas Gerais, avaliando a resposta das mudas de café mediante a aplicação de doses crescentes de gesso agrícola ao substrato, também em um período de seis meses de experimento, obtiveram resultados similares a este estudo para diâmetro de caule, índice de área foliar, matéria seca foliar, matéria seca radicular e comprimento radicular.

De acordo com Silva et al. (2002), as diferentes espécies vegetais, no caso desse estudo o cafeeiro, podem apresentar moderada tolerância ao Al<sup>+3</sup>, tolerância essa a partir de mecanismos de proteção tanto pela via apoplástica como simplástica (RAMPIM; LANA, 2011), contudo a tolerância pode variar entre cultivares, fator que pode ter mascarado o efeito do

calcário e do gesso mesmo em diferentes doses. Vale ressaltar que as variáveis em estudo não apresentaram valores significativos, podendo indicar maior tolerância ao alumínio para a cultivar IPR 107.

Corroborando com essa afirmação, Rodrigues et al. (2006), estudando as respostas nutricionais de cafeeiros Catuaí e Icatu a doses de calcário em subsuperfície em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO concluíram que a variedade Catuaí era mais sensível que a Icatu em relação a tolerância ao  $Al^{+3}$ . Logo existe cultivares com diferentes níveis de tolerância ao alumínio, a qual se pode deduzir que sejam necessários estudos direcionados a avaliação da cultivar IPR 107 como uma variedade que apresenta maior tolerância ao  $Al^{+3}$  representando mais uma alternativa para o cultivo de café arábica em solos ácidos.

Para a análise conjunta em todas as variáveis foi verificado a homogeneidade de variâncias dos erros experimentais entre os fatores avaliados nos diferentes experimentos. Posteriormente, realizada a análise de variância dos fatores, doses de calcário e gesso, épocas dos experimentos e suas interações, sendo verificado que para época dentro de bloco foram observados diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) em relação às variáveis alturas de planta, massa seca radicular e comprimento radicular, e em época observou-se diferença para a variável altura de planta (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise conjunta das épocas avaliadas nos experimentos com o valor do quadrado médio das variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR) e comprimento radicular (CR)

| FV               | GL | AP (cm)   | DC (mm)  | IAF (cm <sup>2</sup> ) | MSF (g)   | MSR(g)     | CR (cm)    |
|------------------|----|-----------|----------|------------------------|-----------|------------|------------|
| BLOCO (época)    | 6  | 49,517 *  | 0,713 ns | 183,610 ns             | 17,007 ns | 222,961 *  | 1259,622 * |
| época            | 1  | 109,150 * | 5,061 ns | 2638,040 ns            | 75,399 ns | 544,830 ns | 212,695 ns |
| calc             | 3  | 2,866 ns  | 0,649 ns | 69,352 ns              | 9,575 ns  | 4,783 ns   | 158,424 ns |
| gesso            | 3  | 7,838 ns  | 0,891 ns | 80,823 ns              | 1,484 ns  | 6,577 ns   | 24,945 ns  |
| calc*gesso       | 9  | 6,513 ns  | 0,432 ns | 89,851 ns              | 5,196 ns  | 78,855 ns  | 59,334 ns  |
| calc*época       | 3  | 9,237 ns  | 0,053 ns | 156,289 ns             | 4,097 ns  | 95,484 ns  | 130,362 ns |
| gesso*época      | 3  | 8,008 ns  | 0,572 ns | 183,513 ns             | 2,238 ns  | 220,442 ns | 283,258 ns |
| calc*gesso*época | 9  | 4,805 ns  | 0,223 ns | 192,384 ns             | 7,288 ns  | 44,877 ns  | 46,980 ns  |
| Erro             | 90 | 8,334     | 0,397    | 228,732                | 5,894     | 44,323     | 154,506    |
| CV (%)           |    | 10,01     | 9,66     | 21,34                  | 42,18     | 30,25      | 21,30      |
| Médias           |    | 28,844    | 6,526    | 70,858                 | 5,756     | 22,606     | 58,367     |

Nota. \* Significativo a 5 %, ns Não significativo, pelo teste F. Nota. FV – Fonte de variação, GL – grau de liberdade, calc – doses de calcário, gesso – doses de gesso, CV – Coeficiente de variação.

Ainda em relação à análise de variância conjunta, a diferença observada na altura de planta em relação à época de realização dos experimentos pode sinalizar que as mudanças nas

condições ambientais, envolvendo aumentos de temperatura, umidade relativa do ar, dos índices pluviométricos e da quantidade de luz hora, influenciam em maior grau o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro mesmo em condições de diferentes níveis de pH (4,55 a 6,75), saturação por alumínio e quantidade de cálcio no solo, condições essas que variam de um solo para outro e que são fatores que podem limitar no desenvolvimento do cafeeiro.

Segundo Camargo (2007), variáveis macro e micro climáticas, tais como temperatura do ar, radiação, precipitação pluviométrica e as características do solo estão entre os fatores que mais afetam o desenvolvimento de cafeeiros, tendo este à capacidade de se adaptar a variações do ambiente (microclima), mediante modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas.

Diante disso, pode-se salientar que as condições edáficas pouco atuaram sobre as variáveis estudadas, verificando um menor papel no que tange o desenvolvimento vegetativo das mudas de cafeeiro, sem, contudo afirmar que este não influencia diretamente em seu desenvolvimento, apenas que para a cultivar IPR 107, nas condições desse estudo, foi possível observar maior sensibilidade às condições ambientais (épocas dos experimentos).

Na tabela 4 são apresentadas as médias das variáveis analisadas por épocas de experimentos. Ao analisar as médias é possível destacar que na época I (inverno-verão), a altura de planta apresentou valores superiores a da época II (primavera-outono), com um acréscimo de 6,18% entre os períodos avaliados. Enquanto que para as demais variáveis: diâmetro de caule, índice de área foliar, matéria seca foliar, matéria seca radicular na época II (primavera-outono) alcançaram um incremento de 5,95%, 12,04%, 23,62%, 17,12% respectivamente, em relação à época I (inverno-verão), e para variável comprimento radicular as diferentes épocas de realização dos experimentos não apresentaram diferença estatística.

Para a altura de plantas o maior resultado foi na época I (período inverno-verão) que pode ter ocorrido devido a fatores ambientais (gradativo aumento de temperatura e luminosidade) e vegetativos, há qual nos meses mais quentes a taxa de crescimento é maior (SILVA et al., 2004). De acordo com Ramos (2010), mesmo a altura da parte aérea sendo uma variável influenciada por vários fatores, esta é tecnicamente aceita por fornecer uma excelente estimativa da predição do crescimento e potencial de desempenho das mudas.

O diâmetro do caule apresentou um comportamento superior na época II (primavera-outono) na ordem de 0,4 mm em relação à época I (inverno-verão). Segundo Taiz et al. (2017), para algumas espécies, a maior luminosidade permite uma taxa fotossintética mais elevada, resultando em maior acúmulo de fotoassimilados no caule das plantas, comportamento observado neste experimento.

**Tabela 4.** Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR) e comprimento radicular (CR) entre os diferentes experimentos em função da aplicação de doses de calcário e gesso

| Tratamentos                  | AP (cm) |          | Média | DC (mm) |          | Média |
|------------------------------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|
|                              | Época I | Época II |       | Época I | Época II |       |
| Calcário (0) x Gesso (0)     | 30,53   | 30,00    | 30,26 | 6,61    | 6,94     | 6,77  |
| Calcário (0) x Gesso (1/2)   | 27,65   | 27,43    | 27,54 | 5,71    | 6,03     | 5,87  |
| Calcário (0) x Gesso (1)     | 31,43   | 26,98    | 29,20 | 6,32    | 6,90     | 6,61  |
| Calcário (0) x Gesso (2)     | 28,18   | 25,83    | 27,00 | 5,94    | 6,53     | 6,24  |
| Calcário (1/2) x Gesso (0)   | 30,70   | 29,65    | 30,18 | 6,71    | 6,87     | 6,79  |
| Calcário (1/2) x Gesso (1/2) | 28,60   | 28,30    | 28,45 | 6,51    | 6,34     | 6,42  |
| Calcário (1/2) x Gesso (1)   | 28,38   | 29,88    | 29,13 | 6,28    | 7,53     | 6,91  |
| Calcário (1/2) x Gesso (2)   | 29,30   | 27,10    | 28,20 | 6,16    | 6,80     | 6,48  |
| Calcário (1) x Gesso (0)     | 29,60   | 28,75    | 29,18 | 6,36    | 6,74     | 6,55  |
| Calcário (1) x Gesso (1/2)   | 29,10   | 28,30    | 28,70 | 6,32    | 6,09     | 6,20  |
| Calcário (1) x Gesso (1)     | 30,00   | 27,90    | 28,95 | 6,01    | 6,77     | 6,39  |
| Calcário (1) x Gesso (2)     | 31,70   | 28,08    | 29,89 | 6,37    | 6,88     | 6,62  |
| Calcário (2) x Gesso (0)     | 30,43   | 26,08    | 28,25 | 6,33    | 6,55     | 6,44  |
| Calcário (2) x Gesso (1/2)   | 30,28   | 27,93    | 29,10 | 6,51    | 6,91     | 6,71  |
| Calcário (2) x Gesso (1)     | 29,30   | 28,30    | 28,80 | 6,74    | 6,79     | 6,76  |
| Calcário (2) x Gesso (2)     | 31,13   | 26,25    | 28,69 | 6,41    | 6,95     | 6,68  |
| Média                        | 29,76 A | 27,92 B  |       | 6,32    | 6,72     |       |

| Tratamentos                  | IAF (cm <sup>2</sup> ) |          | Média | MSF (g) |          | Média |
|------------------------------|------------------------|----------|-------|---------|----------|-------|
|                              | Época I                | Época II |       | Época I | Época II |       |
| Calcário (0) x Gesso (0)     | 66,05                  | 68,43    | 67,24 | 5,24    | 6,89     | 6,06  |
| Calcário (0) x Gesso (1/2)   | 63,38                  | 81,96    | 72,67 | 3,94    | 5,55     | 4,75  |
| Calcário (0) x Gesso (1)     | 67,28                  | 67,63    | 67,45 | 3,07    | 7,92     | 5,49  |
| Calcário (0) x Gesso (2)     | 64,36                  | 78,10    | 71,23 | 5,18    | 4,83     | 5,01  |
| Calcário (1/2) x Gesso (0)   | 67,63                  | 75,80    | 71,71 | 4,65    | 7,08     | 5,86  |
| Calcário (1/2) x Gesso (1/2) | 79,11                  | 76,62    | 77,87 | 5,17    | 7,25     | 6,21  |
| Calcário (1/2) x Gesso (1)   | 65,67                  | 73,73    | 69,70 | 7,76    | 6,59     | 7,18  |
| Calcário (1/2) x Gesso (2)   | 72,50                  | 72,90    | 72,70 | 5,39    | 5,51     | 5,45  |
| Calcário (1) x Gesso (0)     | 62,27                  | 79,21    | 70,74 | 4,23    | 5,91     | 5,07  |
| Calcário (1) x Gesso (1/2)   | 64,99                  | 81,39    | 73,19 | 4,69    | 4,85     | 4,77  |
| Calcário (1) x Gesso (1)     | 66,08                  | 77,70    | 71,89 | 4,89    | 5,99     | 5,44  |
| Calcário (1) x Gesso (2)     | 69,49                  | 63,34    | 66,42 | 5,17    | 6,22     | 5,70  |
| Calcário (2) x Gesso (0)     | 57,51                  | 74,72    | 66,12 | 5,48    | 6,07     | 5,78  |
| Calcário (2) x Gesso (1/2)   | 62,37                  | 72,79    | 67,58 | 5,36    | 10,33    | 7,85  |
| Calcário (2) x Gesso (1)     | 58,71                  | 88,44    | 73,58 | 5,28    | 6,17     | 5,73  |
| Calcário (2) x Gesso (2)     | 73,70                  | 73,62    | 73,66 | 4,33    | 7,22     | 5,78  |
| Média                        | 66,31                  | 75,39    |       | 4,98    | 6,52     |       |

| Tratamentos                  | MSR (g) |          | Média | CR (cm) |          | Média |
|------------------------------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|
|                              | Época I | Época II |       | Época I | Época II |       |
| Calcário (0) x Gesso (0)     | 22,72   | 29,56    | 26,14 | 59,25   | 54,25    | 56,75 |
| Calcário (0) x Gesso (1/2)   | 21,69   | 17,44    | 19,56 | 58,75   | 47,25    | 53,00 |
| Calcário (0) x Gesso (1)     | 13,79   | 33,50    | 23,64 | 63,00   | 58,75    | 60,88 |
| Calcário (0) x Gesso (2)     | 17,36   | 23,26    | 20,31 | 59,25   | 58,50    | 58,88 |
| Calcário (1/2) x Gesso (0)   | 21,39   | 19,66    | 20,53 | 56,50   | 62,75    | 59,63 |
| Calcário (1/2) x Gesso (1/2) | 24,62   | 20,53    | 22,58 | 66,75   | 60,00    | 63,38 |
| Calcário (1/2) x Gesso (1)   | 19,30   | 28,51    | 23,90 | 60,75   | 59,75    | 60,25 |
| Calcário (1/2) x Gesso (2)   | 23,86   | 18,95    | 21,40 | 53,75   | 67,75    | 60,75 |

|                            |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Calcário (1) x Gesso (0)   | 15,21 | 19,19 | 17,20 | 58,75 | 62,75 | 60,75 |
| Calcário (1) x Gesso (1/2) | 24,82 | 22,70 | 23,76 | 62,00 | 55,00 | 58,50 |
| Calcário (1) x Gesso (1)   | 15,58 | 22,28 | 18,93 | 62,75 | 52,25 | 57,50 |
| Calcário (1) x Gesso (2)   | 23,87 | 28,22 | 26,05 | 58,50 | 61,75 | 60,13 |
| Calcário (2) x Gesso (0)   | 19,85 | 27,05 | 23,45 | 52,75 | 55,75 | 54,25 |
| Calcário (2) x Gesso (1/2) | 17,61 | 26,89 | 22,25 | 58,75 | 53,50 | 56,13 |
| Calcário (2) x Gesso (1)   | 16,34 | 26,78 | 21,56 | 67,75 | 52,25 | 60,00 |
| Calcário (2) x Gesso (2)   | 21,10 | 20,61 | 20,85 | 55,25 | 51,00 | 53,13 |
| Média                      | 19,94 | 24,06 |       | 59,65 | 57,07 |       |

Nota. Letras maiúsculas na linha indicam a diferença entre as épocas de implantação pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

O índice de área foliar, a massa seca foliar e a massa seca radicular apresentaram dados superiores na época II (primavera-outono) que podem ser atribuídos à temperatura média no período do experimento (Figura 1). O cafeeiro apresenta folhas persistentes, ou seja, as folhas permanecem por um período mais longo na estrutura arbórea. De acordo com Santos (2016), condições de temperatura elevadas pode favorecer a abscisão foliar, pois quanto maior for à temperatura maior será a produção de etileno, hormônio gasoso que controla entre outros fenômenos a senescência da folha. Assim o inverso ocorre temperaturas médias amenas, permitem que as folhas expressem a sua característica em relação ao tempo de permanência nos ramos pré-estabelecido em seu DNA, reduzindo a perda de folhas, influenciando na variável índice de área foliar, massa seca foliar e massa seca radicular.

Alègre (1959) indica que a temperatura média favorável para o café arábica se encontra entre 16 e 23°C, com um ótimo de 18 a 21°C. Analisando a (Figura 1) precipitação e temperatura pode-se observar que no período de condução do experimento a temperatura média variou entre 10 a 25°C, com valores que divergiram em -5,8 e 2°C do sugerido por Alègre como temperatura média favorável para o desenvolvimento do café arábica.

Amaral et al. (2006), em estudo sobre o crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro adulto e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese, utilizando um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e cultivar Catuaí Vermelho relacionou a temperatura média de 15°C como a variável que melhor apresentou relação com o crescimento vegetativo no estudo, estando mais próximo da temperatura média indicada por Alègre do que foi observado nesta pesquisa.

Na época I com o aumento da altura de planta houve redução do índice área foliar, matéria seca foliar e matéria seca radicular na proporção de 9,08 cm<sup>2</sup>, 1,54 g e 4,12 g, (Tabela 4) respectivamente, podendo indicar que o crescimento vertical se apresentou com maior capacidade de dreno dos fotoassimilados em relação ao aumento dos órgãos fotossintético e de sua capacidade em estocar carbono nesses órgãos. Essa condição pode ser associada ao período

do de desenvolvimento vegetativo, padrão que pode ter sido acentuado pelo aumento da temperatura e da radiação que se estabeleceram no período da época I.

Bragança (2005), em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, estudando o crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre), obteve resultados semelhantes ao deste trabalho, a qual para a altura da planta e a matéria seca da folha foi observada uma relação inversamente proporcional, sendo que quando ocorreu aumento na altura da planta a proporção da matéria seca de folhas reduziu.

Para o comprimento radicular não foram observadas diferenças entre as épocas podendo estar ligado a relação genótipo-ambiente das quais podem ser citadas as características morfofisiológicas da cultura interagindo com as condições físicas e nutricionais do solo além das condições climáticas. De acordo com Matiello et al. (2005) a melhor temperatura do solo para o desenvolvimento radicular estar entre 24 a 27°C. Temperaturas de 33°C mesmo que seja por poucas horas ao dia já prejudica o crescimento deste. Na figura 2 é descrito a flutuação de temperatura média no solo apresentando valores de 19 a 32°C ao longo dos experimentos. Esses valores foram superiores aos citados por Matiello et al. (2005), ainda assim o cafeeiro apresentou um elevado comprimento radicular e valores que podem ser correlacionados com a massa seca radicular.

Para o comprimento radicular a não diferença estatística em relação às épocas possivelmente tem relação com o aumento da temperatura do ambiente e do solo (Figura 1, 2), a qual de acordo com Jesus et al. (2006) contribui para que o sistema radicular produza mais raízes finas que ficam em camadas mais superficiais do solo normalmente até os 0,30 m, explicando assim a priori a não diferença estatística. Segundo Barreto et al. (2006), o aprofundamento radicular é uma característica fenotípica importante para o cafeeiro e pode proporcionar maior resistência ao déficit hídrico e absorção de nutrientes. Patelli et al. (2014) foi mais abrangente a respeito dessa característica afirmando que o sistema radicular do cafeeiro varia de acordo com espécie, genótipo, idade da planta, estação do ano, clima, densidade da cultura, estresses bióticos, textura e estrutura do solo.

Por sua vez, Carducci et al. (2014), em dois Latossolos (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico cambissólico), estudando a distribuição espacial das raízes de cafeeiro cultivar Catucaí Amarelo e da porosidade do solo sob manejo conservacionista após seis anos de experimento, concluiu que o maior crescimento das raízes verificado pelo comprimento radicular com profundidade de 1,50 m é um indicador de maior exploração do solo para a aquisição dos recursos edáficos (nutrientes e água). Nesse experimento os autores observaram o desenvolvimento diferenciado das raízes



sendo atribuído ao manejo do solo e ao impacto deste sobre a química do solo. Dessa forma, o conhecimento da distribuição do sistema radicular do cafeeiro é de grande importância para o manejo da lavoura, já que raízes bem desenvolvidas podem promover melhor absorção de nutrientes e aproveitamento de água, o que pode influenciar diretamente no crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas (CARVALHO et al., 2008).

O comprimento radicular e a massa seca radicular apresentaram comportamento estatístico similar apenas na época II (primavera-outono), com acréscimos nessas variáveis, enquanto que na época I (inverno-verão) a matéria seca radicular apresentou menor peso, contudo o comprimento radicular não diferenciou estaticamente, podendo indicar que nesta época o sistema radicular apresentou maior porcentagem de raízes finas e médias com diâmetro menor ou igual a 2 mm, logo a matéria seca radicular apresentaria valores inferiores. Outro fator que poderia estar associado seria o aumento da temperatura no solo, estimulando a produção de etileno em consequência ocorreria a morte prematura dos pelos radiculares e raízes mais finas, apresentando assim menor massa seca radicular.

A respeito dessas conjecturas Jesus et al. (2006) comparando os sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes afirmaram que a massa da matéria seca do sistema radicular teve o mesmo comportamento do comprimento total de raízes, que a massa da matéria seca foi correlacionada com comprimento embora, essa variável não ofereça qualquer ideia sobre as raízes fisiologicamente mais ativas.

## 2.4 CONCLUSÃO

As doses de calcário e gesso agrícola não proporcionaram alterações das variáveis agronômicas em ambas às épocas avaliadas, durante o período de seis meses após transplante.

A altura de planta foi a variável agronômica mais responsiva as épocas e suas diferentes condições ambientais.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: IFNP, Brasil. 2017. 432p.

ALÈGRE, C. Climats et caféiers d'Arabie. **Agronomie Tropicale**, v.14, p.23-58, 1959.

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.377-384, 2006.

BARRETO, C.V.G. et al. Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em Campinas. **Bragantia**, v.65, n.4, p.641-647, 2006.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, p.268-279, 1974.

BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.1-9, 2012.

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon** (*Coffea canephora* Pierre). 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.

CAIRES, E. F. et al. Calagem subsuperficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, n.1, p.87-98, 2006.

CAMARGO, A. P. Arborização de cafezais. **O Agrônomo**, v.59, n.1, p.25-27, 2007.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CARDUCCI, C. E. et al. Distribuição espacial das raízes de cafeeiro e dos poros de dois Latossolos sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.3, p.270-278, 2014.

CARVALHO, M. et al. Comportamento em condições de campo de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) propagados vegetativamente e por semeadura. **Coffee Science**, v.3, n.2, p.108-114, 2008.

CONSELHO DE EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL (CECAFÉ). **Relatório mensal: Agosto de 2018**. São Paulo: CECAFÉ, 2018. Disponível em <<https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>>. Acesso em: set. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**. Café, v. 6 – Safra 2019, n.1 - Primeiro Levantamento, 2019, p. 1-62.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean-oat-sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, v. 74, n.3, p.119-132, 2016.

COSTA, C. H. M. et al. Gessagem no Sistema Plantio Direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n.especial, p.201-215, 2015.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; SOARES, Â. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee Science**, v.1, n.1, p.14-20, 2006.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: novo manual de recomendações. Fundação PROCAFÉ. Edição revisada, ampliada e ilustrada. 2005.

MARTINS, L. D. et al. Comparison of doses of corrective of soil acidity using measurements of growth *coffee arabica* as indicator in two dystrophic. **Enciclopédia biosfera**, v.6, n.10, p.1-9, 2010.

PARTELLI, F.L. et al. Root system distribution and yield of ‘Conilon’ coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.5, p.349-355, 2014.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. **Corretivos da acidez do solo: experiências no Paraná**. In: KAMINSKI, J. (Coord.). Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.61-76. (Boletim, 4)

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 15 ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Áustria: The R Foundation for Statistical Computing. 2016.

RAMPIM, L.; LANA, M. C. Mecanismo de tolerância interna das plantas ao alumínio. **Colloquium Agrariae**, v.9, n.2 p.72-89. 2013.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, p 233, 2013.

RAMOS, L. Efeito da adição do gesso agrícola em substrato no desenvolvimento de mudas de cafeeiro. **Revista Agrogeoambiental**, v.2, n.3, p.97-103, 2010.

RAMOS, L.; NANNETTI, D. C.; CARMO, D. L. Effect of addition of agricultural gypsum substrate in the development of coffee seedlings. **Revista Agrogeoambiental**, v.2, n.3, p.97-103, 2010.

RODRIGUES, L. A. et al. Respostas nutricionais de cafeeiros Catuaí e Icatu a doses de calcário em subsuperfície. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, n.6, p.985-995, 2006.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos 5. ed., revista. e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, I. S. **Influência do etileno na regulação do florescimento de *Coffea arabica* L.** 2016. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná.** Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C; MELLO, F. F. C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 965-974, 2010.

SILVA, M. R. et al. Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.346-356, 2015.

SILVA, E. A. et al. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v.89, n.2-3, p.349-357, 2004.

SILVA, I. R. et al. **Physiological aspects of aluminum toxicity and tolerance in plants.** In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos de ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002, p. 277-336.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 719 p.

### 3 CAPÍTULO II - FITOTOXIDAZ DAS CULTIVARES IPR 107 E OBATÃ DE CAFÉ ARABICA A HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS EMERGÊNCIA

#### RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a influência dos herbicidas: Clorimurum etílico, Met-sulfurom metílico, Carfentrazona etílica, Cletodim, Glufosinato de amônia e Glifosato no crescimento inicial de mudas de cafeeiro, sob condições de campo, identificando os sintomas de fitotoxidez causados nas plantas. O experimento foi conduzido em condições de simulação de campo durante o período de 25 de agosto a 11 de dezembro de 2017. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, com quatro repetições e em esquema fatorial 8 x 2. O primeiro fator foi constituído por seis herbicidas (Clorimurum etílico, Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica, Cletodim, Glufosinato de amônia e Glifosato) e duas testemunhas (com e sem capina) e o segundo fator constituído pelas cultivares IPR 107 e Obatã. Os herbicidas foram aplicados utilizando bomba costal pressurizada com CO<sub>2</sub>, a uma altura de 50 cm das plantas. Na análise de variância realizada no experimento foram observadas que a altura de planta não apresentou valores significativos para os fatores analisados, a variável diâmetro do caule apresentou valor significativo para o fator cultivar e o índice de área foliar foi significativo para os fatores herbicida, cultivar e a interação entre esses fatores, já as variáveis, matéria seca foliar e matéria seca radicular apresentaram valores significativos para os fatores de bloco e cultivar. Os herbicidas Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica e Cletodim, causaram os menores níveis de fitotoxidez em pós-emergência, classificada como muito leve, indicando a seletividade desses herbicidas as cultivares Obatã e IPR 107. O Glifosato foi o herbicida que causou os maiores níveis de fitotoxidez em pós-emergência, este foi classificados como muito alto, sendo constatados danos severos ao aparato foliar tanto para cultivar IPR 107 e OBATÃ.

**Palavra-chave:** *Coffea arabica* L., sintomas, seletividade.

## TOLERANCE OF CULTIVARS IPR 107 AND OBATÃ OF ARABIC COFFEE TO HERBICIDES APPLIED IN POST EMERGENCY

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of herbicides: Chlorimurum Ethyl, Methyl Metsulfur, Ethyl Carfentrazone, Cletodim, Ammonium Glufosinate and Glyphosate in the initial growth of coffee tree seedlings, under field conditions, identifying the phytotoxicity symptoms caused in plants. The experiment was conducted under field simulation conditions during the period from August 25 to December 11, 2017. The experimental design was a randomized complete block design, with four replications and an 8 x 2 factorial scheme. The first factor consisted of six herbicides (Chlorimurum ethyl, Metsulfurum methyl, Carfentrazone ethyl, Cletodim, Glufosinate of ammonia and Glyphosate) and two witnesses (with and without weeding) and the second factor constituted by cultivars IPR 107 and Obatã. The herbicides were applied using CO<sub>2</sub> pressurized costal pump, at a height of 50 cm from the plants. In the analysis of variance performed in the experiment were observed that the plant height did not present significant values for the factors analyzed, the stem diameter variable presented significant value for the cultivar factor and the leaf area index was significant for the herbicide, cultivar and interaction factors among these factors, already the variables, leaf dry matter and root dry matter presented significant values for the block and cultivar factors. The herbicides Metsulfuron methyl, Carfentrazone ethyl and Cletodin, caused the lowest post-emergence phytotoxicity levels, classified as very light, indicating the selectivity of these herbicides to the cultivars Obatã and IPR 107. Glyphosate was the herbicide that caused the highest post-emergence phytotoxicity levels, this was rated as very high, being severe damages to the foliar apparatus both to cultivate IPR 107 and OBATÃ.

**Keywords:** *Coffea arabica* L., phytotoxicity, selectivity.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O café é uma cultura que se destaca pelos ganhos econômicos e sociais advindos do desenvolvimento da cultura, além da abertura de novos mercados consumidores, que apresentam exigências para compra do produto (responsabilidade ambiental e social), se cria a necessidade de produção em quantidade e qualidade, o que ocasiona um aumento no nível de concorrência no âmbito nacional e internacional para que o produtor/empresa permaneça e ou se consolide no mercado (ALMEIDA, 2009). Esse novo cenário que se apresenta para a cafeicultura se faz necessário maximizar a utilização dos recursos, utilizando os insumos racionalmente para que este não contamine o ambiente (solo, água e animais), assim como os trabalhadores e a comunidade vizinha (LOPES; LOPES, 2011).

Um dos insumos mais utilizados na cafeicultura é o emprego de herbicidas utilizados para o controle das plantas daninhas. As plantas daninhas são espécies agressivas, com capacidade de produzirem grande quantidade de sementes viáveis, que se distribuem no tempo (dormência) e no espaço (estruturas dispersora), competindo com o cafeeiro pelos fatores de produção, entre eles: nutrientes, água e luz (CURY et al., 2012).

Associado a competição, as plantas daninhas são potenciais hospedeiros de pragas, doenças, nematoides, ácaros, bactérias e vírus, sendo por essas características vista como reservatório de inóculos de organismos prejudiciais à cultura comercial. A interferência imposta pelas plantas daninhas no cafeeiro destaca-se como um dos principais problemas no manejo da cultura, pois a ocorrência destas pode acarretar perdas em produtividade e na qualidade do produto final (CARVALHO et al., 2014).

Segundo Silva et al. (2008), a competição das plantas daninhas com o café é mais severa durante a formação da lavoura (primeiro e segundo ano após a implantação) e também nos meses de outubro a março (época das águas), período que coincide com a frutificação do cafeeiro. Esse período se apresenta com temperaturas médias elevadas e altos índices pluviométricos, condições que favorece a germinação das plantas daninhas. Nessas condições que segundo Fialho et al. (2010), ocorre grande infestação da área por gramíneas e diversas dicotiledôneas que se não controladas a tempo podem prejudicar a lavoura.

A fase de formação na cafeicultura compreende o período posterior ao transplante e anterior a primeira safra, com intervalo em média de dois anos. Esse período é longo quando comparado a outras culturas, o que torna onerosa a atividade de controle das plantas daninhas. Os métodos de controle utilizados são variados: mecânico, cultural e químico, esse último se destaca como principal método de controle entre os cafeicultores.

Para a utilização do controle químico de acordo com Ronchi et al. (2001), é necessário a escolha de herbicidas seletivos para uso na fase inicial da cultura onde a matocompetição, podendo provocar significativas perdas no rendimento e produtividade em até 77% (BLANCO, 1982).

Mesmo com a utilização frequente do controle químico, poucos são os herbicidas recomendados para a cultura cafeeira, sendo que o controle das plantas daninhas tem sido realizado com a aplicação dos produtos não seletivos nas entre linhas da lavoura e/ou capina manual (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Quando ocorre o contato dos herbicidas não seletivos sobre o cafeeiro causa o efeito de fitotoxidez, que podem variar entre sintomas leves como uma simples clorose nas folhas, seguido por deformações e em último caso a morte da planta (YAMASHITA et al., 2013) o nível de fitotoxidez varia de acordo com a idade da planta, da molécula do herbicida, da sua dose e das condições edafoclimáticas a qual a planta está sujeita (YAMASHITA et al., 2009). De modo geral é necessário evitar que o herbicida atinja diretamente a parte aérea da cultura, sendo necessária a utilização adequada da tecnologia de aplicação de defensivos (RONCHI; SILVA, 2003).

Vale salientar que mesmo alguns herbicidas ditos seletivos apresentam algum nível de fitotoxidez a cultura do cafeeiro. Fato este, que pode ser comprovado devido a frequente ocorrência de plantas intoxicadas por herbicidas na cafeicultura, mesmo com o uso de herbicidas recomendados (SILVA et al., 2017) sendo necessário a avaliação da ocorrência de fitotoxidez dos herbicidas seletivos sobre o cafeeiro jovem.

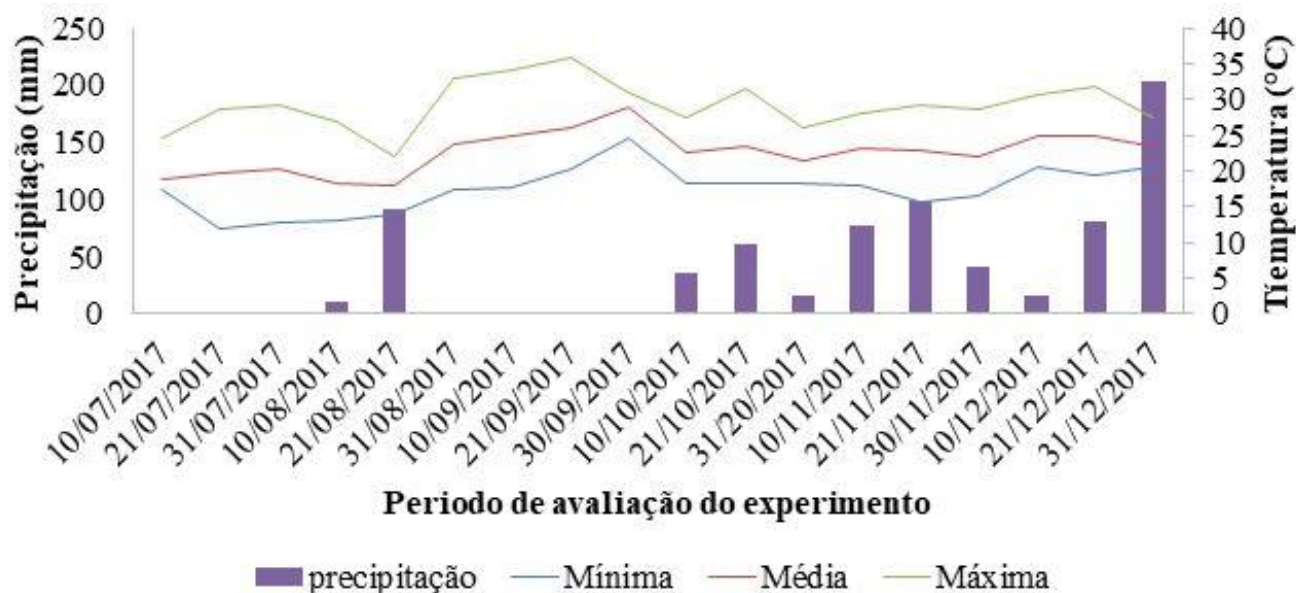
Assim, objetivou-se avaliar a influência dos herbicidas: Clorimurrom etílico, Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica, Cletodin, Glufosinato de amônia e Glifosato no crescimento inicial de mudas de cafeeiro, em condições de campo, identificando e classificando os sintomas de fitotoxicidade causados nas plantas.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico Professor Mário César Lopes (latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' O e altitude de 420 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon - PR, em condições de simulação de campo durante o período de 25 de agosto a 11 de dezembro de 2017.



Os dados meteorológicos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Marechal Cândido Rondon (Figura 1).



**Figura 1.** Níveis de precipitação e temperatura ao longo do período de condução do experimento.

O solo utilizado como substrato nos experimentos está classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico de textura muito argilosa (615 g kg<sup>-1</sup> de argila, 258 g kg<sup>-1</sup> de silte e 127 g kg<sup>-1</sup> de areia). A porção de solo coletada para a instalação dos experimentos foi peneirada (malha 4 mm). Em seguida, foram coletadas amostras, de maneira aleatória, que foram encaminhadas para caracterização de atributos químicos e físicos do solo. Os resultados da análise química do solo antes da instalação dos experimentos foram: pH em CaCl<sub>2</sub> = 4,55; matéria orgânica = 1,37g dm<sup>-3</sup>; P = 0,06 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 0,67 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0,40 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,67 cmolc dm<sup>-3</sup>, SB = 0,83 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC = 3,50 cmolc dm<sup>-3</sup>; V = 23,77%; e m = 32,45%.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, com quatro repetições e em esquema fatorial 8 x 2, totalizando 16 tratamentos e 64 parcelas. O primeiro fator foi constituído por oito tipos de controle herbicídicos (Clorimurum etílico, Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica, Cletodin, Glufosinato de amônia e Glifosato, sem capina e com capina) (Tabela 1) e o segundo fator foi constituído por duas cultivares de café (IPR 107 e Obatã).

**Tabela 1.** Tratamentos herbicídicos com dosagens dos produtos comerciais recomendados pelos fabricantes

| Produto comercial (p.c) | Nome comum (i.a)      | Dose i.a. (g ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| CLASSIC®                | Clorimurum etílico    | 20 g                            |
| ALLY®                   | Metsulfurom metílico  | 6g                              |
| AURORA®                 | Carfentrazona etílica | 50g                             |
| SELECT®                 | Cletodin              | 240g L <sup>-1</sup>            |
| FINALE®                 | Glufosinato de amônia | 200g L <sup>-1</sup>            |
| ROUNDUP®                | Glifosato             | 960g L <sup>-1</sup>            |
| Testemunha              | Sem capina            |                                 |
| Testemunha              | Com capina            |                                 |

A parcela foi constituída por uma muda por vaso de 20 dm<sup>3</sup> de solo. No solo do experimento foi adicionado o equivalente a 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico para a elevação da saturação de base a 70% e 600 kg por ha<sup>-1</sup> de gesso, aplicados a lanço, em seguida o solo foi umedecido com água até atingir de sua capacidade de campo, este aferido com o determinador de umidade do solo (modelo Hidro Farm 1+ FM 2030).

As mudas de café foram obtidas de viveiro credenciado apresentando cinco pares de folhas permanentes e presença da folha “orelha de onça”, estas permaneceram em área semi protegida por 15 dias para aclimatação e realizado com sete dias de antecedência da implantação do experimento a aplicação do fungicida protetivo Oxicloreto de cobre na dosagem de 2 kg ha<sup>-1</sup> com um volume de calda de 200 L.

No dia 01 de setembro foi realizada a adubação de implantação na quantidade de 116 kg ha<sup>-1</sup> da formulação comercial 20-5-10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) com base no manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná (SBCS, 2017), em sequência foi realizado o transplântio das mudas.

Para a composição florística das espécies de plantas daninhas foram coletadas sementes nas imediações da área experimental, sendo estas: *Conyza bonariensis*, *Bidens pilosa*, *Comelina benghalensis*, *Richardia brasiliensis*, *Digitaria insularis* e *Amaranthus* spp. No dia 18 de setembro, foi realizado o semeio das plantas daninhas sobre os vasos estabelecendo à quantidade de um grama de semente por espécie coletada, estas foram homogeneizadas em um saco de polietileno contendo 2 kg de solo (retirado da porção de solo usado para o preenchimento do vaso), após esse procedimento foi depositado sobre cada vaso a quantidade de 31 gramas do produto homogeneizado.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade do cultivo, além da aplicação de Oxicloreto de cobre na dosagem de 2 kg ha<sup>-1</sup> quinzenalmente, como medida protetiva com auxílio de bomba costal. Em relação à umidade do solo esta foi mantida próxima

dos  $0,23 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  da capacidade de campo através de precipitações pluviométricas e rega manual quando necessária, informações obtida através do monitoramento das unidades experimentais.

A aplicação dos herbicidas foi realizada aos 30 dias após o transplântio das mudas sendo utilizado um pulverizador costal pressurizado a  $\text{CO}_2$ , operando à pressão constante de 28 Psi, barra com quatro bicos tipo leque 110-03, a uma altura de 50 cm das plantas, pulverizando-se o equivalente a  $400 \text{ L ha}^{-1}$  de calda. A temperatura e umidade relativa do ar, no momento da aplicação, estavam em  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $54 \%$ , respectivamente, e velocidade do vento a  $4,5\text{km h}^{-1}$ .

Aos sete dias após aplicação dos tratamentos (DAT) iniciou-se as avaliações visuais da toxicidade dos herbicidas às plantas de café, atribuindo-se notas percentuais de fitotoxicidade em relação às testemunhas (com capina manual e sem capina), sendo zero ausência de sintomas e 100 senescência completa da planta (SBCPD, 1995), (Tabela 2). Foram realizadas sete avaliações de fitotoxidez com intervalo de sete em sete dias ate os 49 (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49) DAT.

**Tabela 2.** Escala de notas para avaliação visual de fitointoxicação sobre as plantas de café (*C. arabica*), após tratamento com herbicidas

| Conceito    | Nota   | Observação   |
|-------------|--------|--|
| Muito leve  | 0-5    | Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na planta. |
| Leve        | 6-10   | Sintomas nítidos, de baixa intensidade.  |
| Moderada    | 11-20  | Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.  |
| Aceitável   | 21-35  | Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.   |
| Preocupante | 36-45  | Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação.               |
| Alta        | 46-60  | Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta.                              |
| Muito alta  | 61-100 | Danos irreversíveis muito severos. Nota cem para morte da planta.                                    |

Adaptado de SBCPD (1995).

Aos 49 DAT foi avaliada a altura das mudas de café, medindo-se a região compreendida entre o colo e a gema apical; foram medidos largura e comprimento das folhas com auxílio de régua milimetrada para determinação do índice de área foliar (IAF) (BARROS, 1974), utilizando a fórmula:

$$\text{IAF} = 0,667 \times C \times L$$

Onde:

IAF = Índice de área foliar (cm<sup>2</sup>)

C= Maior comprimento (cm)

L= maior largura (cm)

O diâmetro do caule (DC) foi medido no terço inferior da planta, com auxílio de paquímetro digital. Em seguida a parte aérea foi coletada, com o auxílio de uma tesoura de poda, seccionando-a rente ao solo, sendo identificada e armazenada em saco de papel para posterior determinação da matéria seca foliar (MSF).

Para a determinação da matéria seca foliar (MSF) e matéria seca radicular (MSR), as amostras foram postas para secar em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de aproximadamente 65°C, por 48 horas. Transcorrido esse tempo estas foram pesadas em balança analítica de precisão de 0,0001 gramas.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro. Para situações de efeitos significativos das interações herbicidas e cultivares as médias foram testadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as épocas de avaliação foi realizada análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância realizada foi observado que a altura de planta (AP) não apresentou valores significativos para os fatores analisados, o diâmetro do caule (DC) apresentou valor significativo para o fator cultivar, o índice de área foliar (IAF) foi significativo para os fatores cultivar e a interação entre esses fatores, enquanto que a matéria seca foliar (MSF) e a matéria seca radicular (MSR) apresentaram valores significativos para os fatores de bloco e cultivar (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância com o quadrado médio da altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR) em função da aplicação de herbicidas

| FV                  | GL | AP (cm)              | DC (mm)             | IAF (cm <sup>2</sup> ) | MSF (g)             | MSR (g)              |
|---------------------|----|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| Bloco               | 3  | 14,821 <sup>ns</sup> | 5,059 <sup>ns</sup> | 6,161 <sup>ns</sup>    | 33,486*             | 11,789*              |
| Herbicida           | 7  | 12,372 <sup>ns</sup> | 4,536 <sup>ns</sup> | 14,021 <sup>ns</sup>   | 5,067 <sup>ns</sup> | 1,110 <sup>ns</sup>  |
| Cultivar            | 1  | 8,158 <sup>ns</sup>  | 24,937*             | 122,568*               | 162,371*            | 18,857*              |
| Herbicida* Cultivar | 7  | 12,941 <sup>ns</sup> | 3,695 <sup>ns</sup> | 25,090*                | 4,007 <sup>ns</sup> | 1,7497 <sup>ns</sup> |
| Resíduo             | 45 | 7,318                | 5,785               | 7,093                  | 7,744               | 1,784                |
| CV(%)               |    | 10,75                | 36,63               | 17,83                  | 32,03               | 46,92                |

Nota. \* significativo a 5%, ns - não significativo pelo teste F. Nota. FV- Fonte de variação, GL- graus de liberdade, CV - coeficiente de variação.

Mesmo que a altura de planta (AP) não tenha apresentado valores significativos, é passível de se afirmar que a ação dos herbicidas e da competição com as plantas daninhas têm efeito negativo sobre essa variável (Tabela 4). Ronchi e Silva (2006) afirma que as plantas daninhas possuem elevada capacidade competitiva pelos recursos do meio: água, nutrientes e luz; e se não manejadas corretamente afetam negativamente o crescimento vegetativo do cafeeiro.

O diâmetro do caule (DC) apresentou valores significativos entre as médias das cultivares, sendo que a cultivar IPR 107 desenvolveu um comportamento inferior com os herbicidas à base de Cletodin, Glufosinato de amônio e Metsufuron metílico, já o herbicida Carfentrazona etílica se destacou com maior média entre os herbicidas. Este resultado foi diferente do encontrado por Silva et al. (2017) ao analisar os sintomas de fitotoxicidade e crescimento de mudas submetidas aos herbicidas inibidores da Protox, (Carfentrazona etílica) os autores não encontraram valores significativos para a variável DC.

A diferença do diâmetro de caule entre as cultivares representou um incremento de 6,25% na cultivar Obatã o que representa acréscimo de 0,4 mm em relação a cultivar IPR 107. Os maiores valores foram observados na cultivar Obatã com os herbicidas Cletodin, Metsufuron metílico, e Clorimurrom etílico. Estes resultados podem indicar que os herbicidas foram seletivos a cultivar, por não ter causado redução no acúmulo de nutrientes nessa estrutura.

Entre as cultivares o índice de área foliar (IAF) foi a variável mais sensível aos herbicidas. Na cultivar Obatã as diferentes moléculas químicas utilizadas foram estatisticamente iguais, apresentando diferença apenas na testemunha com capina. O herbicida Clorimurrom etílico apresentou o melhor resultado, seguido por Carfentrazona etílica com valores de 20,67 e 19,20 cm<sup>2</sup>. Diferente do que foi observado neste experimento Carvalho et al. (2014), ao avaliarem o efeito de herbicidas aplicados em pós-emergência em plantas de café arábica inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, observaram um efeito negativo do herbicida Clorimurrom etílico sobre a área foliar das plantas de café, este promoveu menor área foliar para ambos os tratamentos (com e sem inoculo).

A matéria seca foliar da cultivar IPR 107 foi estatisticamente superior a cultivar Obatã com uma diferença de 69%, representando 2,95 g em relação as suas médias. Na matéria seca foliar (MSF) da cultivar IPR 107, os herbicidas Clorimurrom etílico, Carfentrazona etílica se apresentaram seletivos obtendo valores máximos de 13,73 g e 12,69 g respectivamente. A

testemunha com capina apresentou um comportamento inferior com diferença de 62,4% em relação ao herbicida Clorimurum etílico que pode ter sido atingida pelas condições ambientais a exemplo do excesso de luz desencadeando um processo oxidativo nos cloroplastos o que pode ter influenciado no acúmulo de matéria seca foliar, uma vez que a testemunha com capina apresentou média inferior aos herbicidas não seletivos (Glufosinato de amônio e Glifosato).

**Tabela 4.** Média das variáveis, altura da planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF) e matéria seca radicular (MSR) em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência.

| Herbicidas            | AP (cm)                |       | Média | DC (mm) |        | Média   |        |       |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|---------|--------|---------|--------|-------|
|                       | IPR 107                | OBATÃ |       | IPR 107 | OBATÃ  |         |        |       |
| Clorimurum etílico    | 25,80                  | 25,50 | 25,65 | 6,15    | 7,43   | 6,79    |        |       |
| Metsufuron metílico   | 26,00                  | 25,75 | 25,88 | 5,60    | 7,54   | 6,57    |        |       |
| Carfentrazone etílica | 25,75                  | 26,75 | 26,25 | 6,75    | 6,65   | 6,70    |        |       |
| Cletodin              | 25,50                  | 26,10 | 25,80 | 5,44    | 7,56   | 6,50    |        |       |
| Glufosinato de        | 24,70                  | 23,50 | 24,10 | 5,39    | 6,05   | 5,72    |        |       |
| Glifosato             | 24,40                  | 23,49 | 23,95 | 6,23    | 6,08   | 6,15    |        |       |
| Com capina            | 26,00                  | 26,00 | 26,00 | 6,60    | 5,68   | 6,14    |        |       |
| Sem capina            | 25,25                  | 22,85 | 24,05 | 5,83    | 6,12   | 5,98    |        |       |
| Média                 | 25,42                  | 25,00 |       | 5,99 B  | 6,39 A |         |        |       |
|                       | IAF (cm <sup>2</sup> ) |       |       |         | Média  | MSF (g) |        | Média |
|                       | IPR 107                | OBATÃ |       |         |        | IPR 107 | OBATÃ  |       |
| Clorimurum etílico    | 14,92                  | Ba    | 20,67 | Aa      | 17,79  | 13,73   | 8,88   | 11,30 |
| Metsufuron metílico   | 11,69                  | Aa    | 16,51 | Aa      | 14,10  | 10,96   | 8,88   | 9,92  |
| Carfentrazone etílica | 13,94                  | Ba    | 19,20 | Aa      | 16,57  | 12,69   | 7,15   | 9,92  |
| Cletodin              | 12,69                  | Ba    | 16,30 | Aa      | 14,49  | 10,57   | 6,54   | 8,55  |
| Glufosinato de        | 12,08                  | Aa    | 16,57 | Aa      | 14,33  | 8,58    | 6,45   | 7,51  |
| Glifosato             | 12,04                  | Ba    | 16,58 | Aa      | 14,31  | 8,13    | 6,62   | 7,38  |
| Com capina            | 14,22                  | Aa    | 11,67 | Bb      | 12,94  | 5,61    | 6,45   | 6,03  |
| Sem capina            | 13,52                  | Aa    | 16,33 | Aab     | 14,93  | 8,37    | 6,62   | 5,18  |
| Média                 | 13,10                  | B     | 16,54 | A       |        | 9,57 A  | 6,62 B |       |
|                       | MSR (g)                |       |       |         | Média  |         |        |       |
|                       | IPR 107                | OBATÃ |       |         |        |         |        |       |
| Clorimurum etílico    | 4,19                   |       | 3,11  |         | 3,65   |         |        |       |
| Metsufuron metílico   | 4,08                   |       | 3,11  |         | 3,59   |         |        |       |
| Carfentrazone etílica | 5,02                   |       | 2,18  |         | 3,60   |         |        |       |
| Cletodin              | 4,78                   |       | 1,59  |         | 3,18   |         |        |       |
| Glufosinato de        | 1,53                   |       | 1,41  |         | 1,47   |         |        |       |
| Glifosato             | 2,71                   |       | 1,60  |         | 2,15   |         |        |       |
| Com capina            | 1,75                   |       | 1,62  |         | 1,68   |         |        |       |
| Sem capina            | 2,04                   |       | 1,44  |         | 1,74   |         |        |       |
| Média                 | 3,39                   | A     | 1,61  | B       |        |         |        |       |

Nota. Letras minúsculas nas colunas indicam a diferença entre os herbicidas, letras maiúsculas nas linhas indicam a diferença entre as cultivares, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na cultivar Obatã o herbicida Clorimurum etílico apresentou maior de acúmulo de biomassa (8,88 g) sendo seguido por Carfentrazone etílica (7,15 g). Já a menor concentração

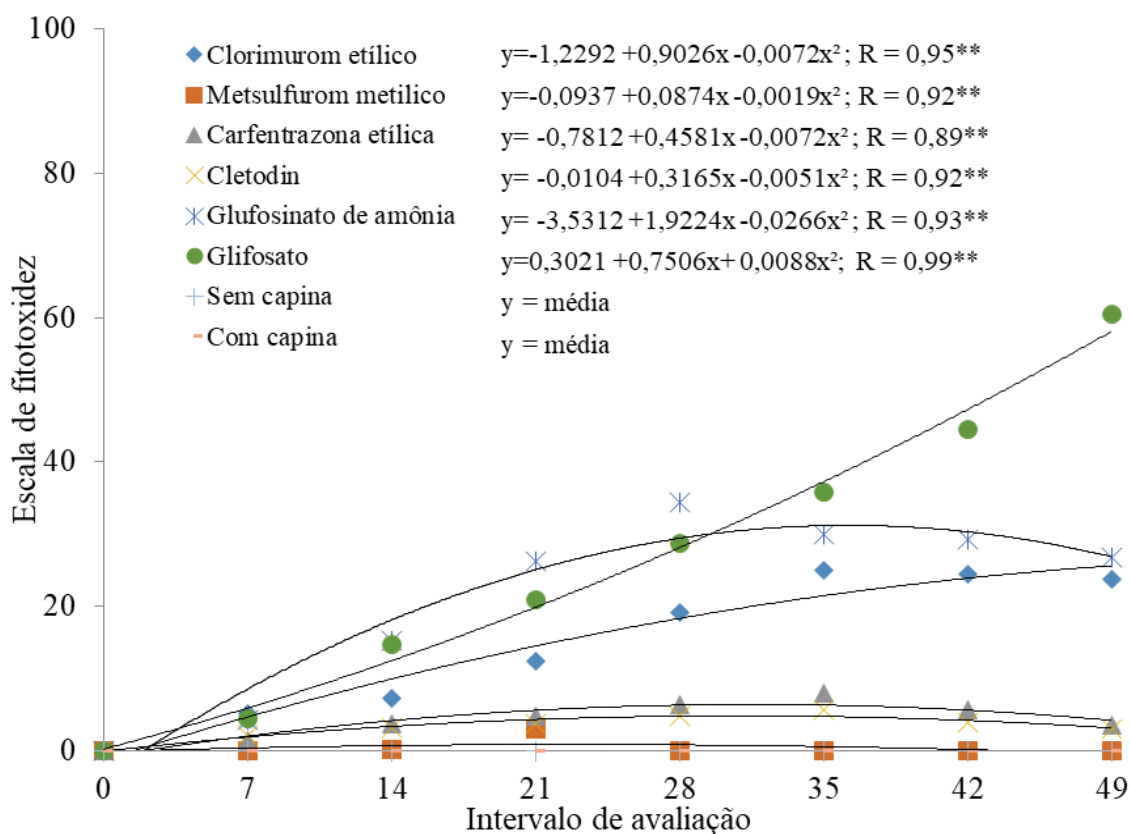
de biomassa foi observada no herbicida Glufosinato de amônio (herbicida não seletivo) e na testemunha com capina (6,45 g), representando uma redução de 27,36%. Silva et al. (2017), encontraram resultados diferentes ao observado neste experimento para o herbicida Carfentrazone etílica ao analisar os sintomas de fitotoxicidade e crescimento de mudas submetidas aos herbicidas inibidores da Protox. De acordo com os autores este herbicida não apresentou valores significativos para as variáveis diâmetro de caule, número de folhas e massa seca da parte aérea entre as doses, indicando uma possível tolerância das mudas a esses herbicidas.

Os herbicidas que mostraram ter menor seletividade a cultivar de café Obatã foram: Cletodin, Glufosinato de amônio, Glifosato, a testemunha com capina e sem capina. Este trabalho apresentou resultados distintos aos observados por Ronchi e Silva (2003), avaliando a tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência, em que o herbicida Cletodin apresentou-se, com maior potencial para uso no controle de plantas daninhas em pós-emergência, em lavouras de café recém-implantadas.

A matéria seca radicular da cultivar IPR 107 foi estatisticamente superior a cultivar Obatã com uma diferença de 52,5%, representando 1,78 g em relação as suas médias. Sendo que o herbicida que proporcionou maior acúmulo de biomassa foi Carfentrazone etílica (5,02 g) em contrapartida o Glufosinato de amônio obteve a menor quantidade de biomassa (1,53 g) isso equivale a 3,49 g de diferença entre esses produtos. Na cultivar Obatã os tratamentos que se destacaram foram: Clorimurrom etílico, Metsufuron metílico e Carfentrazone etílica. Sobre o herbicida Clorimurrom etílico, Carvalho et al.(2014) observaram em experimento que este causou redução da massa seca radicular tanto do café inoculado como nas não inoculadas.

Em relação à fitotoxidez o glifosato apresentou maior efeito tóxico com sintomas crescentes causando danos muito severos e irreversíveis principalmente no aparato foliar, caracterizado por necrose e queda de folhas. Supõe-se que a cultivar IPR 107 não tenha conseguido reduzir ou degradar as substâncias do glifosato (Figura 2).

Em experimento realizado por Yamashita e Guimarães (2005) com aplicação de diferentes dosagens do glifosato no algodoeiro estes observaram que os sintomas visuais de fitotoxidez nas folhas caracterizaram-se pela clorose do limbo foliar, mais rápida e crescente nas primeiras épocas avaliadas e na maior dose do glifosato. Relatos que coincidem com o que foi observado neste trabalho, contudo os autores relatam que houve uma redução na fitotoxidez de plantas de algodoeiro em estágio de quatro folhas verdadeiras a partir dos 21 dias após a aplicação de 270 g ha<sup>-1</sup> de glifosato. No presente experimento não foi observado essa redução.



**Figura 2.** Fitotoxidez ao longo dos dias de avaliação na cultivar IPR 107, sob aplicação de diferentes herbicidas.

Ao avaliar a fitotoxidez em experimento com deriva simulada de herbicidas em mudas de *C. canephora*, Yamashita et al. (2013) observaram que o tratamento que provocou menores sintomas de fitotoxidez foi a mistura de glifosato com 2,4-D, havendo recuperação quase total das plantas na última avaliação (49 dias após aplicação dos herbicidas) condição que não foi observada neste experimento uma vez que os níveis de fitotoxidez permaneceram elevados.

O Glufosinato de amônio foi o herbicida que apresentou sintomas de fitotoxidez o qual obteve rapidamente a classificação de sintomas pronunciados, mas ainda passíveis de recuperação com clímax aos 28 após aplicação do herbicida, em seguida se observou uma redução gradativa da fitotoxidez, sendo classificado como sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta, podendo indicar um processo de desintoxicação na cultivar. Em avaliação da sensibilidade da trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) ao glufosinato de amônio Brito et al. (2017) observaram que as maiores porcentagens de fitotoxidez foram encontradas aos 21 dias após aplicação dos tratamentos variando de 50 a 80% de lesões, valores superiores ao encontrado neste trabalho.



O glufosinato de amônio atua inibindo a enzima glutamina sintetase (GS) que está envolvida na assimilação de amônio e nitrogênio (SUNDAR; SAKTHIVEL, 2008), afetando a síntese de alguns aminoácidos, além de aumentar a produção de radicais livres, e bloquear a fotossíntese (CARVALHO, 2013), ocasionando o surgimento de clorose e necrose no aparato foliar, resultando na morte da planta.

Os herbicidas Metsulfurom metílico, Carfentrazona etílica e Cletodin apresentaram menores níveis de fitotoxidez. Estes herbicidas são classificados como seletivos e indicados para a cafeicultura, todavia estes causaram sintomas constantes de fitotoxidez ao longo do experimento principalmente no ápice das mudas. Rodrigues e Almeida (2011) relatam que os herbicidas como oxyfluorfen, carfentrazona etílica e flumioxazin apresentam modo de ação não sistêmico, condição que justifica a presença dos sintomas de fitotoxicidade predominantemente no ápice das mudas, visto que, os mesmos foram aplicados diretamente sobre folhas e por isso os locais de maior contato do produto.

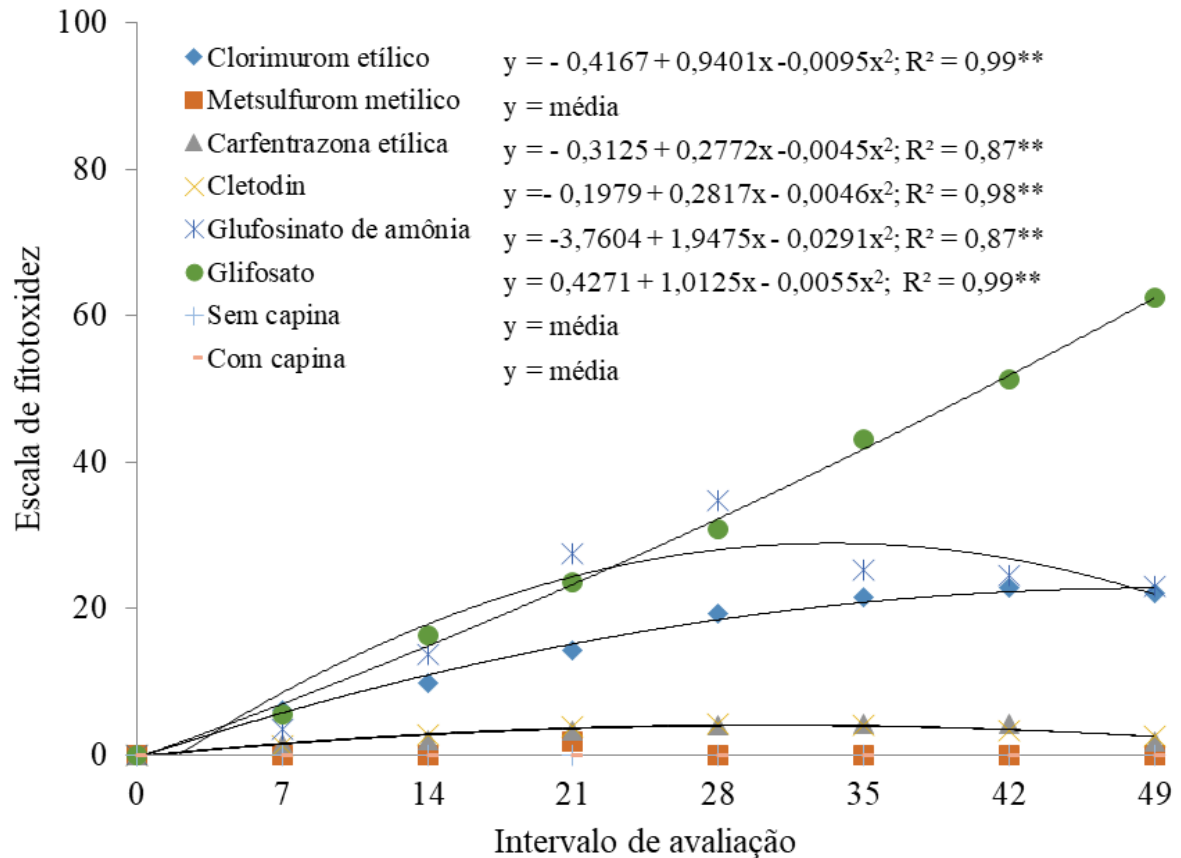
Corroborando com os resultados encontrados neste experimento sobre a fitotoxidez da Carfentrazona etílica na cultivar IPR 107, Christoffoleti et al. (2006), avaliando a eficiência do herbicida no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, verificaram que o mesmo não causou sintomas de fitotoxidez, sendo seletivo à cultura da cana de açúcar.

O herbicida Clorimurom etílico apresentou um crescimento gradual dos sintomas de fitotoxidez, nas primeiras avaliações, estes sintomas foram classificados como leve, mas que se acentuaram até chegarem ao nível aceitável aos 35 após aplicação do herbicida, com sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta, tendo se estabelecido nesse nível de classificação. No que diz respeito à intoxicação vegetal causada por Clorimurom etílico, Blainski et al., (2015) observaram que aos sete dias após a aplicação do herbicida sintomas de lesão na parte aérea da planta (clorose, caracterizada por um forte amarelecimento e leve ondulação dos trevos foliares mais novos) à cultura da soja, contudo aos 14 e 21 dias de avaliação, os sintomas não eram mais aparentes.

Na cultivar Obatã o herbicida Glifosato apresentou um crescimento gradativo no nível de toxidez, se acentuando aos 35 dias após aplicação do herbicida, sendo observados danos irreversíveis ao dossel das plantas (Figura 3).

Ao avaliar a fitotoxidez em experimento com deriva simulada de herbicidas em mudas de *C. canephora*, Yamashita et al. (2013) observaram uma estabilidade no nível de fitotoxidez apresentado pela cultura, que oscilou entre 25 a 26%, em 49 dias de avaliação, apresentando valores inferiores ao observado neste experimento. Essa diferença pode ter sido ocasionada pela questão ambiental, uma vez que neste experimento os herbicidas foram aplicados as

10:30 AM e o experimento de Yamashita et al. (2013) foi realizado no final da tarde, com diferenças relevantes na velocidade do vento e nível de radiação, afetando assim na absorção do produto químico.



**Figura 3.** Fitotoxidez ao longo dos dias de avaliação na cultivar Obatã, sobre aplicação de diferentes herbicidas.

O Glufosinato de amônio causou até 33 dia após aplicação do herbicida, sintomas preocupantes com perceptível deformidade das folhas da cultivar Obatã, que foram sendo reduzidos ao longo dos dias de avaliação sendo classificadas ao final deste experimento como aceitável pelas plantas. O menor nível de intoxicação observada para este herbicida foi aos sete dias após sua aplicação. De acordo com Vargas (2003), apesar do Glufosinato de amônio ser um produto de contato, os sintomas não aparecem imediatamente, em geral, eles são visualizados em até uma semana após o tratamento.

Os herbicidas Carfentrazona etílica e Cletodin causaram sintomas nítidos de clorose, de baixa intensidade sendo classificados como muito leve. Em experimento de tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência Ronchi e Silva (2003) observaram que o herbicida Cletodin, apresentou-se com maior seletividade às mudas de café, pois este

não causou injúrias visíveis às plantas obtendo conceito nulo de fitotoxidez com nota zero nas avaliações.

O herbicida Metsulfurom metílico apresentou o mesmo comportamento das testemunhas (com e sem capina), ou seja, sem sintomas de intoxicação pelo herbicida. Neste caso o herbicida se apresentou seletivo para cultivar Obatã mesmo sobre aplicação direta do produto.

O herbicida Clorimurrom etílico apresentou sintomas de fitotoxidez que se estenderam ao longo do experimento, obtendo no dia 49 após aplicação do herbicida, maior toxidez, mas ainda sendo classificado como sintomas aceitáveis de intoxicação. Este trabalho obteve resultados superiores ao observado por Ronchi e Silva (2003), onde o herbicida clorimurrom etílico obteve conceito leve com nota de 9,5%. Ao longo do experimento este causou manchas cloróticas e encarquilhamento nas folhas, sintomas estes que surgiram tardiamente nas folhas atingidas pelo herbicida e, também, nas novas folhas que se formaram no ápice da planta.

### 3.4 CONCLUSÕES

O índice de área foliar foi o caractere agronômico mais sensível a aplicação de herbicidas em pós-emergência nas cultivares IPR 107 e Obatã.

Os herbicidas Metsulfurom metílico, Carfentrazone etílica e Cletodin, causaram os menores níveis de fitotoxidez em pós-emergência, classificada como muito leve, indicando a seletividade desses herbicidas as cultivares IPR 107 e Obatã.

O Glifosato foi o herbicida que causou os maiores níveis de fitotoxidez em pós-emergência, este foi classificados como muito alto, sendo constatados danos severos ao aparato foliar tanto para cultivar IPR 107 e OBATÃ.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. C. M. A Qualidade do café e as certificações. **Sociedade e Desenvolvimento Rural**, v.3, n.1, p.42-59, 2009.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, p.268-279, 1974.

BLAINSKI, E. et al. Eficiência do cloransulam-metílico no controle em pós-emergência de (*Conyza bonariensis*) na cultura da soja RR®. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, n.3, p.235-24. 2015.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; PUPO, E.I.H. Período de competição de uma comunidade natural de mato em uma cultura de café em formação. **Biológico**, v.48, n.1, p.9-20, 1982.

BRITO, I. P. F.S. et al. Variação da sensibilidade de plantas de trapoeraba ao amônio glufosinate. **Revista Caatinga**, v.30, n.3, p.595-601,2017.

CARVALHO, F. P. et al. Sensibilidade de plantas de café micorrizadas à herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.134-142, 2014.

CARVALHO, L. B. **Dinâmica fisiológica**. In: CARVALHO, L. B. (Ed.). Herbicidas, Lages, 2013. v.1, cap.3, p.21-52

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-deaçúcar. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.83-90, 2006.

CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.287-296, 2012.

FIALHO, C.M.T. et al. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, v. 28, n. especial, p. 969-978, 2010.

LOPES, P. R.; LOPES, K. C. S. A. Sistemas de produção de base ecológica - a busca por um desenvolvimento rural sustentável. **Revista espaço de diálogo e desconexão**, v.4, n.1. p.1-32, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Áustria: The R Foundation for Statistical Computing. 2016.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.415-423, 2006.

RONCHI, C.P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.421-426, 2003.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 2001. 94 p.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. 6.ed. Londrina: IAPAR, 591p. 2011.

SILVA, L. G. et al. Sintomas de fitotoxicidade e crescimento de mudas submetidas aos herbicidas inibidores da Protox. **Coffee Science**, v.12, n.3, p. 290-296, 2017.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.387-394, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS- SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

SUNDAR, I. K.; SAKTHIVEL, N. Advances in selectable marker genes for plant transformation. **Journal of Plant Physiology**, v.165, n.16, p.1698-1716, 2008.

VARGAS, L. **Sintomas e Diagnose de Toxicidade Herbicida na Cultura da Maçã**. Circular Técnica. Embrapa Uva e Vinho, 2003. 9 p.

YAMASHITA, O. M. et al. Deriva simulada de herbicidas em mudas de *Coffea canephora*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.2, p.148-156, 2013.

YAMASHITA, O. M. et al. Tolerância de mudas de café conillon (*Coffea canephora*) a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Scientia Agraria**, v.10, n.2, p.169-174, 2009.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARAES, S.C. Resposta de cultivares de algodoeiro a subdoses de glyphosate. **Planta daninha**, v.23, n.4, p.627-633, 2005.

#### 4 CAPÍTULO III - EFEITO DE DIFERENTES EXTRATOS AQUOSOS VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO IPR 107

##### RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de café com aplicação de extratos vegetais de diferentes famílias botânicas avaliando os seus efeitos sobre variáveis agrônomicas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 2 de outubro de 2017 a 29 de janeiro de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizado com quatro repetições, num esquema fatorial 7 x 2 totalizando 14 tratamentos e 48 parcelas. O primeiro fator foi constituído por sete extratos aquosos das espécies vegetais: canola (*Brassica napus* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), braquiária (*Brachiaria decumbes* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), tremoço (*Lupinus albus* L.) e água (testemunha). O segundo fator foi constituído pelas diferentes partes botânicas das plantas (parte aérea e sistema radicular). Na análise de variância foi observada diferença estatística para a variável altura de planta dentro do fator Extrato, para a variável altura de planta e matéria seca foliar no fator Parte botânica e para a interação entre os fatores a variável diâmetro do caule apresentou valores significativos, já as variáveis: índice de área foliar, comprimento radicular e matéria seca radicular não apresentaram valores significativos neste experimento. O caractere agrônomico mais sensível à aplicação de extratos aquosos foi à altura de planta, em que o extrato de braquiária proporcionou maior crescimento, e o extrato de canola a menor altura de planta. O extrato aquoso produzido com a parte aérea da crotalaria provocou uma redução de 144,88% no índice de área foliar. Já o extrato aquoso da parte aérea do tremoço provocou uma inibição de 139% no comprimento radicular da cultivar IPR 107.

**Palavra-chave:** Alelopatia, Caracteres agrônomicos, *Coffea arábica* L.

## EFFECT OF DIFFERENT AQUEOUS VEGETABLE EXTRACTS IN THE INITIAL DEVELOPMENT OF COFFEE IPR 107

### ABSTRACT

This work aimed to evaluate the initial development of coffee plants with application of plant extracts from different botanical families, evaluating their effects on agronomic variables. The experiment was conducted in a greenhouse during the period from October 2, 2017 to January 29, 2018. The experimental design was a randomized complete block with four replications, in a factorial scheme 7 x 2, totaling 14 treatments and 48 plots. The first factor was constituted by seven aqueous extracts of the vegetal species: canola (*Brassica napus* L.), Crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), brachiaria (*Brachiaria decumbes* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.), lupine (*Lupinus albus* L.) and water (witness). The second factor was constituted by the different botanical parts of the plants (aerial part and root system). In the analysis of variance was observed statistical difference for the plant height variable within the factor Extract, for the variable plant height and leaf dry matter in the botanical part and for the interaction between the factors the stem diameter variable showed significant values, already the variables: leaf area index, root length and root dry matter did not present significant values in this experiment. The agronomic character more sensitive to the application of aqueous extracts was at plant height, in which the brachiaria extract provided higher growth, and the canola extract at the lowest plant height. The aqueous extract produced with the aerial part of the crotalaria caused a reduction of 144.88% in the leaf area index. The aqueous extract of the aerial part of the lupine caused a 139% inhibition in the root length of the IPR 107 cultivar.

Keywords: Allelopathy, Agronomic characters, *Coffea arabica* L.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta perene com lento crescimento inicial, sobre esta condição inerente a espécie, apresenta baixa competitividade com as plantas daninhas, que por serem agressivas e terem um desenvolvimento vegetativo mais acentuado, conseguem ser mais eficientes em relação ao cafeeiro na competição pelos fatores de produção. Na busca para reduzir os efeitos da matocompetição é realizado os controles físico, cultural e químico (COSTA et al., 2018).

O controle químico é usado com maior frequência, muitas vezes de forma indiscriminada, aumentando a pressão de seleção das plantas daninhas. Contudo o aspecto que deveria ser favorecido nesse sistema seria o de acelerar o desenvolvimento inicial do cafeeiro através do melhoramento genético, redução no espaçamento entre plantas (NUNES et al., 2010) ou com adição de algum produto exógeno a cultura comercial que estimule esse desenvolvimento.

Seguindo os princípios da sustentabilidade nos sistemas de produção agrícola, existe a tendência da redução dos insumos químicos sintéticos nos agroecossistemas, pelos produtos naturais a exemplo de extratos aquosos de plantas, utilizando os princípios da alelopatia (TUR et al., 2010).

De acordo com Silva et al. (2011) o termo alelopatia é usado para definir a interação química que ocorre entre organismos, a partir da liberação de substâncias oriundas do metabolismo secundários das plantas, os denominados aleloquímicos. A International Allelopathy Society (IAS, 2010) acrescenta que os metabolismos secundários também são produzidos por algas, bactérias ou fungos, podendo influenciar no crescimento e desenvolvimento da produção agrícola e dos sistemas biológicos.

A liberação desses compostos secundários se dá através de processos como a exsudação radicular, volatilização de compostos e decomposição de resíduos, sendo que os aleloquímicos são comumente utilizados como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e defensivos agrícolas (BORELLA; PASTORINI, 2009). Essas substâncias alteram as condições bioquímicas e fisiológicas das espécies receptoras (REIGOSA et al., 1999) interferem na conservação, dormência e germinação de sementes, crescimento de plântulas e no vigor vegetativo de plantas adultas. De acordo com Oliveira et al. (2002) o efeito do vigor vegetativo pode influenciar em maior ou menor grau a competição entre espécies e interferir na regeneração natural ou crescimento de espécies introduzidas numa dada área, influenciando a constituição dos ecossistemas naturais ou artificiais.



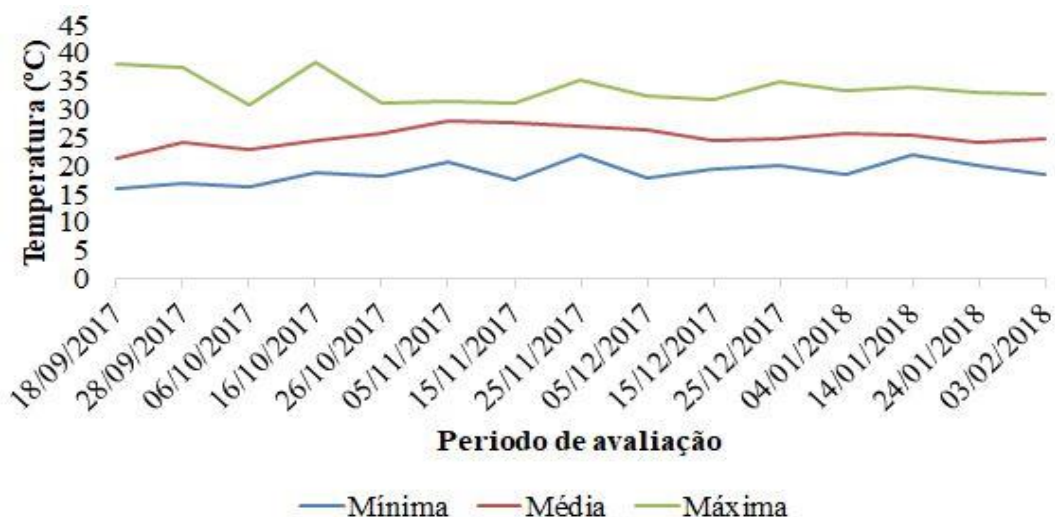
Os efeitos dos aleloquímicos são estudados dando ênfase ao desenvolvimento inicial das plantas ainda na fase de plântulas: Kalburtji (1999) constatou a inibição da germinação das cariopses de trigo causado pelo uso de extratos de folhas da própria cultura, além de afetar também o desenvolvimento das plântulas. Bortolini e Fortes (2005) constataram a interferência dos exsudados radiculares de trigo (*Triticum aestivum*), triticale (*Triticum* sp.), milho (*Zea mays*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*) sobre a porcentagem de germinação das sementes de soja.

Contudo poucos são as pesquisas direcionadas a observação dos efeitos dos aleloquímicos sobre o desenvolvimento das plantas em estágios posteriores as mudas principalmente para a cultura do cafeeiro. A hipótese deste trabalho é que a aplicação extratos aquosos de vegetais irão influenciar positivamente nas características agronômicas do cafeeiro pós-implantação.

Este trabalho teve o objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de café com aplicação de extratos vegetais de diferentes famílias botânicas avaliando os seus efeitos sobre as variáveis agronômicas (altura de planta, diâmetro de caule, índice de área foliar, matéria seca foliar, matéria seca radicular e comprimento radicular).

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico Professor Mário César Lopes (latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' O e altitude de 420 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon - PR, em casa de vegetação durante o período de 2 de outubro de 2017 a 29 de janeiro 2018 totalizando 120 dias após aplicação dos tratamentos. Os dados de temperatura referentes ao período experimental foram obtidos pelo equipamento Datalog (Figura 1).



**Figura1.** Temperatura ao longo do experimento desenvolvido em casa de vegetação.

O solo utilizado como substrato nos experimentos está classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico de textura muito argilosa (615 g kg<sup>-1</sup> de argila, 258 g kg<sup>-1</sup> de silte e 127 g kg<sup>-1</sup> de areia). A porção de solo coletada para a instalação dos experimentos foi peneirada (malha 4 mm). Em seguida, foram coletadas amostras, de maneira aleatória, que foram encaminhadas para caracterização de atributos químicos e físicos do solo. Os resultados da análise química do solo antes da instalação dos experimentos foram: pH em CaCl<sub>2</sub> = 4,55; matéria orgânica = 1,37g dm<sup>-3</sup>; P = 0,06 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 0,67 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0,40 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,67 cmolc dm<sup>-3</sup>, SB = 0,83 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC = 3,50 cmolc dm<sup>-3</sup>; V = 23,77%; e m = 32,45%.

Utilizou-se delineamento de blocos casualizado (DBC) com quatro repetições, num esquema fatorial 7 x 2 totalizando 14 tratamentos e 48 parcelas. O primeiro fator foi constituído por sete extratos aquosos das espécies vegetais: canola (*Brassica napus* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), braquiária (*Brachiaria decumbes* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), tremoço (*Lupinus albus* L.) e água (testemunha). O segundo fator foi constituído pelas diferentes partes botânicas das plantas (sistema aéreo e radicular). A parcela foi constituída por um vaso de 5 dm<sup>3</sup> contendo uma planta da cultivar IPR 107.

A cultivar foi utilizada no experimento por combinar as características da rusticidade da cultivar Mundo Novo e com as características da cultivar IPR 59 (porte pequeno, compacto além da resistência à ferrugem). As mudas utilizadas foram obtidas de viveiro credenciado, apresentando cinco pares de folhas permanentes e presença da folha orelha de onça, estas permaneceram em área semi protegida por 15 dias para aclimatação. A irrigação foi realizada

por aspersão, com lamina de água de 10 milímetros. Aos sete dias que antecederam ao transplante houve a aplicação de fungicida protetivo ( $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de óxido cloreto de cobre).

Para obtenção dos extratos foram semeadas cinco vasos de cada uma das seis diferentes espécies vegetais. Após 30 dias, quando as plantas estavam na fase vegetativa, foi realizada a retirada do material vegetal, coletando a parte aérea e as raízes das plantas separadamente. Estas foram lavadas, pesadas e trituradas em liquidificador na proporção de 20 g de material vegetal para 80 mL de água, para obtenção do extrato bruto. Este foi diluído a 5 % posteriormente filtrados em filtro a vácuo, acondicionados em Erlenmeyers e utilizados logo após o preparo.

O experimento foi realizado em vasos de polietileno com capacidade de  $5 \text{ dm}^3$ , contendo solo previamente autoclavado ( $120^\circ\text{C}$  a 1 atm, por uma hora) em seguida foi efetuado a calagem adicionando o equivalente a  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico e adubação de implantação o equivalente a  $116 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação comercial 20-5-10 (N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ ) com base no manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS, 2017) a necessidade da cultura, segundo análise química.

Logo após o preparo do substrato, realizou-se o transplante das mudas do café arábica cultivar IPR 107. Quinze dias após o transplante os tratamentos foram aplicados. Pulverizou-se 20 mL dos extratos vegetais (obtidos conforme descrito anteriormente), em cada planta de café.

Após 120 dias da aplicação dos extratos foram avaliados os caracteres agrônômicos: Altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radícula (MSR) e comprimento radicular (CR).

Na parte aérea foram avaliadas a altura da planta (AP), largura e comprimento das folhas para se determinar o índice de área foliar (IAF) (BARROS, 1974), medidos com régua milimetrada, o diâmetro do caule (DC), medido no terço inferior da planta, com auxílio de paquímetro digital. Em seguida a parte aérea foi coletada, com o auxílio de uma tesoura de poda, seccionando-a rente ao solo, sendo identificada e armazenada em saco de papel para posterior determinação da matéria seca foliar (MSF).

Para avaliação do sistema radicular este foi separado do solo dos vasos cuidadosamente, afim de não danificar as raízes. Posteriormente, elas foram lavadas para retirada das partículas de solo aderido e secas cuidadosamente com auxílio de papel toalha para posterior mensuração do comprimento de raiz (CR), com auxílio de fita métrica, e determinação da matéria seca radicular (MSR).

Para a determinação da MSF e MSR as amostras foram postas para secar em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de aproximadamente 65°C, por 48 horas. Transcorrido esse tempo estas foram pesadas em balança analítica de precisão de 0,0001 gramas.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, seguido da análise de variância. Mediante a significância dos dados pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância foi observado diferença estatística para altura de planta (AP) dentro do fator Extrato, para altura de planta (AP) e matéria seca foliar (MSF) no fator Parte botânica (PBot), e para a interação entre os fatores no diâmetro de caule (CD), as demais variáveis não apresentaram valores significativos neste experimento, conforme é possível observar na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância com quadro médio da altura da planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR), comprimento radicular (CR) em função da aplicação de extratos aquosos vegetais

| FV            | GL | AP (cm)              | DC (mm)               | IAF(cm <sup>2</sup> ) | MSF(g)               | MSR(g)                | CR(cm)                |
|---------------|----|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bloco         | 3  | 11,1778*             | 0,36525 <sup>ns</sup> | 42,994 <sup>ns</sup>  | 3,2781 <sup>ns</sup> | 0,03421 <sup>ns</sup> | 0,1862 <sup>ns</sup>  |
| Extrato       | 6  | 10,5537*             | 0,39492 <sup>ns</sup> | 25,837 <sup>ns</sup>  | 1,8945 <sup>ns</sup> | 0,26278 <sup>ns</sup> | 6,4152 <sup>ns</sup>  |
| PBot          | 1  | 13,3087*             | 0,34414 <sup>ns</sup> | 44,893 <sup>ns</sup>  | 6,3316*              | 0,01059 <sup>ns</sup> | 7,1429 <sup>ns</sup>  |
| Extrato* PBot | 6  | 3,5400 <sup>ns</sup> | 1,05142*              | 81,233 <sup>ns</sup>  | 2,0877 <sup>ns</sup> | 0,44304 <sup>ns</sup> | 13,0999 <sup>ns</sup> |
| Erro          | 39 | 2,7411               | 0,39337               | 64,307                | 1,4104               | 0,34554               | 17,1409               |
| CV (%)        |    | 6,15                 | 11,51                 | 34,33                 | 18,28                | 26,73                 | 23,37                 |

Nota. FV- Fonte de variação, GL-graus de liberdade, PBot- parte botânica, CV-coeficiente de variação \* significativo a 5%, ns não significativo.

A altura de planta (AP) pode ter sido influenciada pelas condições ambientais em que as mudas estavam expostas, uma vez que com o aumento da temperatura média do ar e do incremento da quantidade de luz-hora no caso de plantas de café jovens, estas são fisiologicamente estimuladas por essas condições para o crescimento vegetativo (SILVA et al., 2004). Além dos fatores genéticos do cafeeiro, o aumento na altura de planta pode ter sido estimulado pelos metabolismos secundários dos extratos bem como pelas diferentes partes botânicas que deram origem aos extratos sendo que os produtos do metabolismo secundário variam em quantidade entre as partes botânicas.

Para o diâmetro de caule (DC), tal resultado pode indicar que a o café apresentou maior capacidade de estocagem dos fotoassimilados e que a variável é mais sensível aos diferentes extratos e a sua interação com as diferentes partes botânicas dos extratos vegetais aplicados.

Mesmo o índice de área foliar (IAF) não apresentando valor significativo provavelmente ocasionado pelo ritmo acelerado de produção e desenvolvimento foliar a matéria seca foliar (MSF) se apresentou sensível aos extratos vegetais em relação às diferentes partes botânicas (PBot) que os constituía. Possivelmente as diferentes quantidades dos aleloquímicos existentes nas PBot influenciaram nessa variável (MSF).

A altura da planta (AP) foi influenciada extratos vegetais e as diferentes partes botânicas que os constituíam. Os extratos produzidos através do sistema radicular obtiveram médias superiores ao da parte aérea com incremento de 103,7% (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média da altura da planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice de área foliar (IAF), matéria seca foliar (MSF), matéria seca radicular (MSR), comprimento radicular (CR) em função da aplicação de extratos aquosos obtidos da parte aérea e do sistema radicular de espécies vegetais (PBot)

| Extratos   | AP (cm)                |         | Média | DC (mm) |       |       |      | Média |      |
|------------|------------------------|---------|-------|---------|-------|-------|------|-------|------|
|            | PA                     | PR      |       | PA      | PR    | PA    | PR   |       |      |
| Canola     | 25,48                  | 24,48   | 24,98 | b       | 5,47  | Aab   | 5,17 | Aa    | 5,32 |
| Crotalaria | 26,45                  | 28,60   | 27,53 | ab      | 5,11  | Aab   | 5,99 | Aa    | 5,55 |
| Braquiária | 28,38                  | 29,13   | 28,75 | a       | 5,91  | Aab   | 5,21 | Aa    | 5,56 |
| Girassol   | 26,70                  | 26,53   | 26,61 | ab      | 4,74  | Ab    | 5,59 | Aa    | 5,16 |
| Trigo      | 26,98                  | 27,65   | 27,31 | ab      | 6,20  | Aa    | 5,43 | Aa    | 5,81 |
| Tremoço    | 25,18                  | 28,03   | 26,60 | ab      | 4,98  | Aab   | 5,52 | Aa    | 5,25 |
| Água       | 25,88                  | 27,45   | 26,66 | ab      | 5,21  | Aab   | 5,81 | Aa    | 5,51 |
| Média      | 26,43                  | B 27,41 | A     |         | 5,37  |       | 5,53 |       |      |
|            | IAF (cm <sup>2</sup> ) |         | Média | CR (cm) |       | Média |      |       |      |
|            | PA                     | PR      |       | PA      | PR    |       |      |       |      |
| Canola     | 23,96                  | 28,33   | 26,15 | 15,85   | 17,68 | 16,76 |      |       |      |
| Crotalaria | 17,98                  | 32,05   | 25,01 | 17,93   | 18,10 | 18,01 |      |       |      |
| Braquiária | 20,84                  | 22,34   | 21,59 | 17,85   | 18,48 | 18,16 |      |       |      |
| Girassol   | 23,16                  | 23,95   | 23,56 | 16,23   | 18,50 | 17,36 |      |       |      |
| Trigo      | 22,97                  | 19,07   | 21,02 | 21,55   | 17,20 | 19,38 |      |       |      |
| Tremoço    | 22,30                  | 23,45   | 22,87 | 15,50   | 19,33 | 17,41 |      |       |      |
| Água       | 26,05                  | 20,59   | 23,32 | 16,60   | 17,23 | 16,91 |      |       |      |
| Média      | 22,47                  | 24,26   |       | 17,36   | 18,07 |       |      |       |      |
|            | MSF (g)                |         | Média | MSR (g) |       | Média |      |       |      |
|            | PA                     | PR      |       | PA      | PR    |       |      |       |      |
| Canola     | 6,00                   | 7,69    | 6,84  | 2,34    | 2,36  | 2,35  |      |       |      |
| Crotalaria | 6,00                   | 7,93    | 6,97  | 2,29    | 2,29  | 2,29  |      |       |      |
| Braquiária | 6,49                   | 7,31    | 6,90  | 2,66    | 2,00  | 2,33  |      |       |      |
| Girassol   | 5,79                   | 5,70    | 5,75  | 1,97    | 2,79  | 2,38  |      |       |      |
| Trigo      | 7,28                   | 6,24    | 6,76  | 2,27    | 1,89  | 2,08  |      |       |      |
| Tremoço    | 6,00                   | 6,46    | 6,23  | 2,15    | 1,96  | 2,06  |      |       |      |
| Água       | 5,56                   | 6,50    | 6,03  | 1,81    | 2,01  | 1,91  |      |       |      |

|       |      |   |      |   |      |      |
|-------|------|---|------|---|------|------|
| Média | 6,16 | B | 6,83 | A | 2,21 | 2,19 |
|-------|------|---|------|---|------|------|

Nota. Letras minúsculas nas colunas indicam a diferença entre os extratos, letras maiúsculas nas linhas indicam a diferença entre as partes botânicas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O extrato vegetal que obteve o melhor resultado foi preparado com braquiária, independente da parte botânica que o constituía. Este tratamento foi superior aos extratos à base de canola, crotalaria, girassol, trigo, tremoço e água. Em relação à diferença entre a maior e menor média dos tratamentos, o extrato de braquiária proporcionou um incremento de 3,77 cm, em relação ao extrato de canola representando 115% de ganho na altura de planta para cultivar IPR 107 (Tabela 2).

Os extratos à base de crotalaria, girassol, trigo, tremoço tiveram comportamento similar ao da testemunha não havendo diferenças estatísticas entre estes. Já o extrato de canola apresentou médias inferiores à testemunha podendo-se inferir que este possui efeitos negativos sobre a altura de planta.

A canola pertence à família botânica das Brassicaceae, família com reconhecida atividade alelopática, e entre os compostos químicos sintetizados se destaca os glucosinolatos, com alto poder herbicida. É presumível que mesmo em pequenas concentrações (5%) como a que foi fixada neste trabalho a ação deste e outros compostos aleloquímicos influenciaram no desenvolvimento, tanto em altura como no diâmetro do cafeeiro, este se mostrando sensível ao extrato aquoso principalmente o produzido pelo sistema radicular da canola.

Rizzardi et al. (2008b), em estudo avaliando potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*, observaram que os extratos dos diferentes genótipos exerceram efeitos inibitórios sobre a espécie alvo, essas diferenças foram significativas em baixas concentrações (25%) dos extratos. Entre as explicações dos autores se encontra a produção dos aleloquímicos glucosinolatos, que ao sofrer hidrólise origina o isotiocianato, que possui um evidenciado efeito alelopático com característica herbicida sobre uma série de espécies vegetais.

Vale salientar que nem todas as espécies são negativamente influenciadas pelos aleloquímicos produzidos pela canola, algumas podem até ser beneficiadas com a adição dessa espécie ao sistema de produção. A exemplo dessa afirmação Rizzardi et al. (2008a) estudando o potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp.) e soja, esclarece que a canola apresenta caráter inibitório as plantas daninhas, além de favorecer a cultura da soja, ao ser depositada no solo na forma de palhada,

reduzindo a germinação de plantas daninhas pela soma de fatores físicos e fitotóxicos exercidos pela palha.

Para o diâmetro do caule (DC), foi observada interação entre os fatores: extratos e a parte botânica. Para os extratos obtidos do sistema radicular não houve diferenças significativas, já para os extratos produzidos pelo sistema aéreo os valores foram significativamente diferentes, com destaque para o extrato a base de trigo, seguido dos extratos à base de canola, crotalaria, braquiária, tremoço e a testemunha (água). O extrato a base de girassol proporcionou redução de 130,8% no DC em relação ao extrato de trigo com uma diferença de 1,46 mm entre esses tratamentos.

O girassol possui diversos produtos originados do metabolismo secundário a exemplo dos fenóis e terpenos, substâncias que agem na defesa contra ações de herbívoros, ataques de insetos e fungos além de limitar o crescimento de outras plantas (TAIZ et al., 2017). Os resultados do diâmetro de caule se apresentou possivelmente sensível aos efeitos inibitórios desses compostos. Em estudos realizados por Bernat et al. (2004) utilizando extratos aquosos da parte aérea do girassol sobre mostarda e trigo estes observaram uma redução tanto na germinação como no desenvolvimentos aéreo das espécies avaliadas. Este mesmo comportamento foi observado neste experimento.

O índice de área foliar (IAF), matéria seca radicular (MSR) e comprimento radicular (CR) não foram influenciados pelos extratos aquosos. O índice de área foliar apresentou um comportamento distinto ao observar os resultados obtidos nos tratamentos e a parte botânica utilizada na produção dos extratos. Na parte aérea o maior resultado foi observado na testemunha (água) e menor foi observada no tratamento à base de crotalaria. É possível concluir que todos os extratos apresentaram efeito negativo sobre essa variável com uma redução de 144,9% em relação à testemunha. Já nos extratos constituídos pela parte radicular, a crotalaria apresentou o melhor resultado com um incremento de 168% no índice de área foliar em comparação ao extrato de trigo mesmo não apresentando diferença estatística.

O comprimento radicular (CR) apresentou valores distintos entre os extratos constituídos pela parte aérea com diferença entre a máxima (extrato de trigo) e a mínima (extrato do tremoço) na ordem de 139%. Já os extratos constituídos pela parte radicular apresentaram um comportamento inferior ao observado na testemunha. No extrato de tremoço foram observados os melhores resultados, comportamento distinto ao observado quando o extrato foi produzido com a parte aérea da espécie. O potencial alelopático do extrato aquoso do trigo foi avaliado por Tokura e Nobrega (2005), que observaram um aumento na matéria seca foliar e no

comprimento radicular. Mesmo comportamento observado neste trabalho para a variável comprimento radicular mesmo que não tenha apresentado valores significativos.

De acordo com Gomes et al. (2013) nos tremoços os alcaloides se destacam como os principais metabólitos secundários. Segundo Taiz et al. (2017) os alcaloides são substâncias produzidas em resposta ao estresse causado pela ação da herbivoria nos vegetais. Estes metabólitos podem agir a nível celular e prejudicar o transporte seletivo das membranas celulares, ação que pode ter influenciando no efeito observado sobre a altura de planta e comprimento radicular neste experimento. É possível supor que os alcaloides existentes no extrato aéreo do tremoço foram absorvidos pela parte aérea e transcolados via floema até o sistema radicular, interferindo negativamente sobre a variável, e que essa substância varia em quantidade entre as diferentes partes botânicas utilizadas.

Para matéria seca foliar (MSF) o fator de variação parte botânica foi estaticamente diferente. Os extratos constituídos pela parte radicular apresentaram um valor de 110,8% superior aos oriundos da parte aérea representando um aumento de 0,67 g. Dentro dos extratos constituídos pelo sistema radicular o girassol apresentou resultado (5,70 g) e a crotalaria (7,63 g) representando uma diferença entre extratos de 133,85%.

Entre os extratos aquosos produzidos pelo sistema aéreo o que obteve o melhor resultado para a matéria seca radicular (MSR) foi o extrato a base de braquiária (2,66 g) seguindo a tendência observada na variável altura de planta (AP), em que esse extrato apresentou a maior média de crescimento. Com a adição do extrato de braquiária o cafeeiro teve uma adição de 146,9% em relação à testemunha.

Dados semelhantes foram encontrados por Freitas e Viecelli (2011) que avaliando os efeitos da alelopatia do azevém sobre a germinação e desenvolvimento inicial do trigo. Estes autores observaram que na concentração de 10% o extrato produzido pela parte aérea do azevém, foi benéfico sobre as variáveis: crescimento e acúmulo de matéria seca do trigo. No presente experimento mesmo comportamento foi observado para braquiária (mesma família botânica do azevém) proporcionou os melhores resultados tanto para a variável altura de planta, (independente da parte botânica utilizada para produção do extrato) como para o incremento da massa seca radicular.

Já nos tratamentos produzidos com o sistema radicular o extrato aquoso de girassol obteve a maior média, contudo vale ressaltar que o extrato a base de trigo seguiu o comportamento observado no índice de área foliar onde este também obteve os menores valores, podendo indicar o efeito da auto poda provocada pelo extrato.



Em estudo sobre o efeito alelopático da adubação verde formada por diferentes partes botânicas do girassol sobre o desenvolvimento de dois híbridos de milho (*Zea mays* L.), um transgênico e um convencional, Roncatto e Viecelli (2009) encontraram que menores concentrações de girassol influenciaram positivamente no crescimento do milho. Comportamento similar ao observado neste experimento.

#### 4.4 CONCLUSÃO

O caractere agrônômico mais sensível à aplicação de extratos aquosos foi à altura de planta, em que o extrato de braquiária proporcionou maior crescimento, e o extrato de canola a menor altura de planta.

O extrato aquoso produzido com a parte aérea da crotalaria provocou uma redução de 31% no índice de área foliar. Já o extrato aquoso da parte aérea do tremoço provocou uma inibição de 28% no comprimento radicular da cultivar IPR 107.

#### 4.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, p.268-279, 1974.

BERNAT, W. et al. The effect of sunflower allelopathycs on germination and seedling vigour of winter wheat and mustard. **Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych**, v.496, n.1, p.289-300, 2004.

BORTOLINI, M. F.; FORTES, A. M. T. Efeitos alelopáticos sobre a germinação de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill). **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p.5-10, 2005.

BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Influência alelopática de *Phytolacca dioica* L. na germinação e crescimento inicial de tomate e picão-preto. **Biotemas**, v.22, n.3, p.67-75, 2009.

COSTA, N. V. et al. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.17, n.1, p25-44, 2018.

FREITAS, C. D.; VIECELLI, C. A Interferência alelopática de azevém na germinação e desenvolvimento inicial de plantas de trigo. **Cultivando o Saber**. v.4, n.3, p.37-46, 2011.

GOMES, F. M. et al. Efeito alelopático da fitomassa de *Lupinus angustifolius* (L.) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) e *Bidens pilosa* (L.). *Revista Brasileira de Agroecologia*. v.8, n.1, p.48-56, 2013.

INTERNATIONAL ALLELOPATHY SOCIETY (IAS). Constitution and Bylaws. 2010. Disponível em: <<http://www-ias.uca.es/bylaws.htm#SECTION>>. Acesso em: 05 nov 2018.

KALBURTJI, K. L. **Research on allelopathy in Greece**. In: NARWAL, S.S. (Ed.) *Allelopathy Update* Enfield, Science Pub., 1999. v.1, p.37-47.

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v.69, n.2, p.299-304, 2010.

OLIVEIRA, N. S. et al. Efeitos alelopáticos dos extratos aquoso e etanólico de jatobá do cerrado allelopathic. **Unimontes científica**. v.4, n.2, p.1-12, 2002.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Áustria: The R Foundation for Statistical Computing. 2016.

REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLES, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18, n.5, p.577-608, 1999.

RIZZARDI, M. A. et al. Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* l. var. oleifera) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp.) e soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.2, p.239-248, 2008a.

RIZZARDI, A. et al. Potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.717-724, 2008b.

RONCATTO, F.; VIECELLI, C.A. Adubação verde de girassol sobre o desenvolvimento do milho. **Cultivando o saber**, v.2, n.3, p.1-6, 2009.

SILVA, J. et al. Alelopatia de *Camelina sativa* Boiss. (Brassicaceae) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa* (L.) e *Glycine max* (L.) Merr. **Biotemas**, v.24, n.4, p.14-24. 2011.

SILVA, E. A et al. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v. 89, n.2-3, p.349-357, 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 719 p.

TOKURA, L.K.; NÓBREGA, L.H.P. Potencial alelopático de cultivos de cobertura vegetal no desenvolvimento de plântulas de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.2, p.287-292, 2005.

TUR, C. M.; BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Biotemas**, n.23, v.2, p.13-22, 2010.