

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO
EM CAFEIEIRO ORGÂNICO ADENSADO E EM PLÂNTULAS DECAFEIEIRO E
TOMATEIRO**

ADJACI DIAS DE BRITO

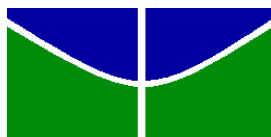
ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO SPEHAR

CO-ORIENTADOR: CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 015D/2013

**BRASÍLIA/DF
ABRIL/2013**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO
EM CAFEIEIRO ORGÂNICO ADENSADO E EM PLÂNTULAS DE CAFEIEIRO E
TOMATEIRO**

ADJACI DIAS DE BRITO

ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO SPEHAR
CO-ORIENTADOR: CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 015D/2013

**BRASÍLIA/DF
ABRIL/2013**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA (AGRICULTURA SUSTENTÁVEL).

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO EM CAFEIEIRO ORGÂNICO ADENSADO E EM PLÂNTULAS DE CAFEIEIRO E TOMATEIRO

ALUNO: ADJACI DIAS DE BRITO

APROVADA POR:

CARLOS ROBERTO SPEHAR, Dr. Professor Adjunto da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB.
(Orientador) CPF: 122262116-91 E-mail: spehar@unb.br

MARCELO FAGIOLI, Dr. Professor Adjunto da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB.
(Examinador interno) CPF: 729409306-78 E-mail: mfagioli@unb.br

ANTÔNIO FERNANDO GUERRA, Dr. Pesquisador da Embrapa Café
(Examinador externo) CPF: 281449296-91 E-mail: antonio.guerra@embrapa.br

GABRIEL FERREIRA BARTHOLO, Dr. Pesquisador da Embrapa Café
(Examinador Externo) CPF: 089021946-04 E-mail: gabriel.bartholo@embrapa.br

ANDERSON MARCOS de SOUZA, Dr. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília – UnB. (Examinador Externo) CPF: 003869756-47 E-mail: andersonmarcos@unb.br

BRASÍLIA/DF, 15 de abril de 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

Brito, Adjaci Dias de

Caracterização química de resíduo de café (borra) e seu efeito em cafeeiro orgânico adensado e em plântulas de cafeeiro e tomateiro/Adjaci Dias de Brito: orientação de Carlos Roberto Spehar. – Brasília (DF), 2013.

122p.: Il.

Tese de Doutorado (Dr.) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

1. Café. 2. Resíduo de café. 3. Fertilização orgânica.
4. Qualidade ambiental. 5. Produção e produtividade.
6. Agricultura Sustentável. I. Spehar, C. R.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRITO, A. D. **Caracterização química de resíduo de café (borra) e seu efeito em cafeeiro orgânico adensado e em plântulas de cafeeiro e tomateiro.** Brasília: Faculdade de Agronomia e medicina Veterinária - FAV, Universidade de Brasília – UnB, 2013, 122p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Adjaci Dias de Brito

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Caracterização química de resíduo de café (borra) e seu efeito em cafeeiro orgânico adensado e em plântulas de cafeeiro e tomateiro.

GRAU: Doutor

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Adjaci Dias de Brito

CPF: 144.604.083.-68

Rua 30, casa 33, quadra 52, Cohatrac IV

São Luis – MA, CEP: 65.054.820

Telefone: (61) 86156943 e (61) 82443091

E-mail: adjacidias@yahoo.com.br

DEDICATÓRIA

Aos meus progenitores Francisco Alves de Brito (*in memorian*) e Vitalina Josefa de Brito, pelo amor de pais desde os primeiros passos, pelos esforços a mim concedidos no início do processo educacional, pelos valores éticos e morais, que me foram ensinados através dos exemplos.

DEDICO-OS

“Uma nação só será verdadeiramente forte, enquanto se preocupar veementemente com a preservação de seus recursos naturais, principalmente o solo e a água.”

Adjaci Dias de Brito – Lavras da Mangabeira-CE

À minha querida esposa Vanailde da Graça Batalha Leite de Brito, pelo seu apoio e incentivo nesta nova empreitada.

Aos meus filhos José Giovanni Leite de Brito, Adjaci Dias de Brito Júnior e Ana Paula Leite de Brito, razões maiores de minha resistência e coragem, na busca do novo.

Aos meus queridos irmãos: Djalma Brito, Wilson Brito, Socorro Brito, Ivan Brito, Adalberto Brito, Gilvanda Brito, Gilvanira Brito, Josefa Brito (Nena), Ernandes Brito e Josiano Brito (*in memorian*), pela amizade, alegria e amor nos momentos de convivência.

OFEREÇO-OS

“Quando os ventos da mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras constroem moinhos”.

Érico Veríssimo

“Todos eles que aí estão alavancando o meu caminho, eles passarão, eu Passarinho”.

Mário Quintana (Alegrete-RS)

AGRADECIMENTOS

Foi então que: Eu lancei o amor e me desfiz da solidão. Disse adeus à tristeza e me cobri de esperanças. Desejei felicidade a todos, distribuindo alegrias. Segui a Fé. Pedia paz. Abri o meu coração. Falei de saudade. Acalentei sonhos. Despertei recordações. Acreditei no bem maior. E finalmente agradei a “DEUS”. E quando eu me dei por conta, estava rodeado de amigos! Eu havia conquistado a amizade! A sua amizade! “DEUS” abriu as portas, para que você pudesse entrar. Ele me mostrou o caminho aonde eu poderia te encontrar. Entendi os meus sentimentos, e a minha colheita, foi a sua amizade! E agora eu sei que nunca estarei sozinho... Por que eu tenho você... e você tem a mim...e essa conquista foi feita através do Coração.

Ao meu grande mestre prof. Carlos Alberto da Silva Oliveira

Chegou a hora de fechar os livros... enquanto longos e últimos olhares permanecem. E enquanto eu viver saberei que estou, deixando meu melhor amigo. Um amigo, que me mostrou o certo e o errado o fraco e o forte. Isso é tão difícil de aprender. O que? O que posso eu lhe dar em troca? Se você quisesse a lua eu tentaria levar as estrelas. Mas a ti, dou toda segurança do meu coração. Ao mestre, com carinho.

Aos colaboradores

Com muito respeito e um carinho todo especial, quero agradecer ao prof. Carlos Roberto Spehar, que não mediu esforços em assumir o desafio de substituir o prof. Carlos Alberto da Silva Oliveira na orientação dos trabalhos e dizer-lhe do quanto fui agraciado com a sua contribuição que me proporcionou, além de uma enorme maturidade acadêmica, um grande crescimento pessoal.

Hoje quero agradecer! A você, que esteve ao meu lado nas horas que chorei e nas horas que sorri, nas horas que me lamentei e nas horas em que de uma forma ou de outra demonstrei total alegria... Agradecer pelo sorriso diário, sem mágoas nem rancores, agradecer de peito aberto, de **alma** explosiva... Hoje quero parar e agradecer, porque você fez, faz e fará sempre parte de minha história! Obrigado por ser esse amigo tão legal, que quando quero falar você sempre me escuta. Amigo eu te agradeço por ser tão especial que demorei para encontrar, mas que encontrei...E esse amigo é você! (**Cícero Célio de Figueiredo**).

De todo o meu coração, quero agradecer veementemente a todos aqueles que direta e indiretamente deram a sua parcela de contribuição para que aqui chegássemos, em especial, a Embrapa - Sede, CPAC e Cenargen, IFB, panificadora Pão de Minas, Fazenda Água Limpa-FAL/UnB, Correios, Ibama, Iate Clube de Brasília, proprietários de restaurantes da UnB, etc, ambos por nos disponibilizar o resíduo de café (borra), matéria prima tão essencial para a realização deste trabalho.

Aos servidores da Fazenda Água Limpa que de um modo excepcional, sob a nossa participação, foram leais às nossas solicitações e não mediram esforços para a condução dos trabalhos de campo.

AGRADEÇO.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO	VI
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
NOMENCLATURA	XIV
RESUMO GERAL	XV
GENERAL ABSTRACT	XVII
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 REAPROVEITAMENTO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS PELA ATIVIDADE HUMANA	4
3.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO CONDICIONADORES DE SOLO	5
3.2.1 RESÍDUO DE CAFÉ COMO SUBSTRATO E FERTILIZANTE ORGÂNICO	7
3.3 RESÍDUOS ORGÂNICOS NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS	8
3.3.1 Resíduos orgânicos na formação de mudas de cafeeiro	8
3.3.2 Resíduos orgânicos na formação de mudas de tomateiro	10
4. HIPÓTESES	12
5. OBJETIVOS	12
5.1. OBJETIVO GERAL	12
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO I	22
RESUMO	23
ABSTRACT	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1 LOCAL DE EXECUÇÃO	27
2.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO RESÍDUO DE CAFÉ	27

2.3 APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE CAFÉ	28
2.4 CARACTERIZAÇÃO E MANEJO DO CAFEIEIRO	29
2.5 MODELO ESTATÍSTICO	29
2.6 ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS NO RESÍDUO DE CAFÉ.....	30
2.7 CONFERÊNCIA DE BOTÕES FLORAIS E MEDIÇÃO DO IAF.....	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO DE CAFÉ APÓS INFUSÃO PARA OBTENÇÃO DA BEBIDA	33
3.1.1 Caracterização espectroscópica	35
3.2 MINERALIZAÇÃO DO CARBONO DO RESÍDUO DE CAFÉ.....	41
3.3 EFEITOS DO RESÍDUO DE CAFÉ EM PLANTAS DE CAFEIEIRO SOB CULTIVO ORGÂNICO ADENSADO	42
4. CONCLUSÕES	45
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
CAPÍTULO II.....	51
RESUMO	52
ABSTRACT	53
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1 LOCAL DE EXECUÇÃO	56
2.2 COMPOSIÇÃO DOS SUBSTRATOS	56
2.3 PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DOS DADOS E MODELO ESTATÍSTICO.....	56
2.4 COMPONENTES DOS SUBSTRATOS	57
2.4.1 Resíduo de café	57
2.4.2 Solo de cerrado, areia e esterco bovino	57
2.4.3 Substratos comerciais e termofosfato magnésiano	58
2.5 METODOLOGIA DE SEMEADURA E DISPOSIÇÃO DE TUBETES	59
2.6 CULTIVAR UTILIZADA NO EXPERIMENTO	59
2.7 VARIÁVEIS AVALIADAS	60
2.7.1 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO	60
2.7.2 Obtenção dos parâmetros de biomassa	61
2.8 ANÁLISES DOS DADOS.....	61
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62

3.1 ENSAIO 1 (RC, SOLO, TM E AU).....	62
3.2 ENSAIO 2 (RC, SOLO, TM E AU, ACRESCIDO DE OSMOCOTE®).....	65
3.3 ENSAIO 3 (RC + SC + EB E AU).....	67
3.4 ENSAIO 4 (RC + BIOPANT®).....	70
3.5 ENSAIO 5 (RC + VIVATTO®).....	72
4. CONCLUSÕES	75
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO III	81
RESUMO	82
ABSTRACT	83
1. INTRODUÇÃO	84
2. MATERIAL E MÉTODOS	86
2.1 LOCAL DE EXECUÇÃO.....	86
2.2 COMPOSIÇÃO DOS SUBSTRATOS.....	86
2.3 COMPONENTES DOS SUBSTRATOS.....	87
2.3.1 Resíduo de café e esterco bovino.....	87
2.3.2 Solo de cerrado e areia.....	88
2.3.3 Substratos comerciais e termofosfato magnésiano.....	88
2.4 METODOLOGIA DE SEMEADURA E DISPOSIÇÃO DE BANDEJAS.....	89
2.5 CULTIVAR UTILIZADA NO EXPERIMENTO.....	90
2.6 VARIÁVEIS AVALIADAS.....	90
2.6.1 Obtenção dos parâmetros de emergência e crescimento.....	90
2.6.2 Obtenção dos parâmetros de biomassa.....	91
2.7 ANÁLISES DOS DADOS.....	91
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
3.1 ENSAIO 1 (RC, SOLO, EB E AU).....	92
3.2 ENSAIO 2 (RC, SOLO, TM E AU).....	95
3.3 ENSAIO 3 (RC + SUBSTRATO COMERCIAL).....	99
4. CONCLUSÕES	104
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos do solo com cafeeiro orgânico, antes da aplicação do resíduo de café. 28
- Tabela 2.** Resultados de análises químicas do resíduo de café utilizado no experimento, antes da sua aplicação ao solo. 31
- Tabela 3.** Resultados analíticos e caracterização química de resíduo de café por infusão em relação a outros materiais orgânicos. 33
- Tabela 4.** Caracterização química do solo utilizado como substrato nos ensaios experimentais.. 57
- Tabela 5.** Caracterização química do resíduo de café (RC), esterco de bovino (EB) e substratos comerciais nos ensaios experimentais..... 58
- Tabela 6.** Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro de coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substrato com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia, 192 dias após a semeadura.. 62
- Tabela 7.** Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia úmida, 192 dias após a semeadura.. 64
- Tabela 8.** Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro de coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia, acrescidos de Osmocote[®], 192 dias após a semeadura..... 65
- Tabela 9.** Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substrato com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia, acrescidos de Osmocote[®], 192 dias após a semeadura. 67

Tabela 10. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, esterco bovino e areia, 192 dias após a semeadura. **68**

Tabela 11. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, esterco bovino e areia, 192 dias após a semeadura..... **69**

Tabela 12. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Bioplant[®], 192 dias após a semeadura. **70**

Tabela 13. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Bioplant[®], 192 dias após a semeadura. **72**

Tabela 14. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR) e diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Vivatto[®], 192 dias após a semeadura. **73**

Tabela 15. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Vivatto[®], 192 dias após a semeadura..... **74**

Tabela 16. Composição mineral e características físico-químicas dos materiais utilizados nos ensaios. **87**

Tabela 17. Atributos físico-químicos dos substratos comerciais Bioplant[®] e Vivatto[®] *slim plus* utilizados na germinação e formação de mudas de tomateiro.. **89**

Tabela 18. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido F₁ Giovanna produzidas com substrato contendo resíduo de café, solo de cerrado, esterco de bovino e areia.. **92**

Tabela 19. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato contendo resíduo de café, solo de cerrado, esterco de bovino e areia. **94**

Tabela 20. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido Giovanna F1 produzidas com substrato composto por resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia. **96**

Tabela 21. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato composto por resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia. **98**

Tabela 22. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato contendo resíduo de café e Vivatto[®] *slim plus*. **100**

Tabela 23. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato composto por resíduo de café e Vivatto[®] *slim plus*. **100**

Tabela 24. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato composto por resíduo de café e Bioplant[®]. **102**

Tabela 25. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro F1 Giovanna produzidas com substrato composto por resíduo de café e Bioplant[®]. **102**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secagem do resíduo de café ao ar livre sobre lona plástica.....	27
Figura 2. Aplicação de resíduo de café em plantas de cafeeiro.	29
Figura 3. Distribuição das parcelas experimentais com cafeeiro orgânico.....	30
Figura 4. Espectro de RMN de ^1H e de ^{13}C do extrato de borra de café em hexano.....	36
Figura 5. Espectro de RMN de ^1H e de ^{13}C do extrato de borra de café em clorofórmio.....	38
Figura 6. Algumas substâncias presentes na borra de café.	39
Figura 7. Espectro de RMN de ^1H e de ^{13}C do extrato de borra de café em água	40
Figura 8. Mineralização do carbono do resíduo de café aplicado ao solo cultivado com cafeeiro orgânico, Fazenda Água Limpa – FAL/UnB/2013.	42
Figura 9. Índice de área foliar de plantas de cafeeiro, sob produção orgânica, em função da dose de resíduo de café aplicada.	43
Figura 10. Número de botões florais de plantas de cafeeiro sob produção orgânica em função da dose de resíduo de café aplicada.	43
Figura 11. Plântulas de cafeeiro 192 DAS, cultivadas em substratos compostos por resíduo de café, solo, termofosfato magnésiano e areia.	63
Figura 12. Raízes nuas de plântulas de cafeeiro após 192 DAS, cultivadas em substratos à base de resíduo de café, solo e termofosfato magnésiano, acrescidos com fertilizante de liberação lenta (Osmocote [®]).....	66
Figura 13. Crescimento e biomassa em plântulas de cafeeiro cultivadas em substratos contendo resíduo de café, solo, termofosfato magnésiano e fertilizante de liberação lenta (Osmocote [®]).	68

Figura 14. Plântulas de cafeeiro após 192 DAS, cultivadas em substratos compostos por resíduo de café e Bioplant [®]	71
Figura 15. Plântulas de cafeeiro após 192 DAS, cultivadas em substratos compostos por resíduo de café e Vivatto [®]	73
Figura 16. Atributos de crescimento e de biomassa de plântulas de biomassa cultivadas com substratos à base de resíduo de café e substratos comerciais	74
Figura 17. Plântulas de tomateiro com torrão e raízes nuas, produzidas com resíduo de café, solo de cerrado e esterco de bovino (aos 30 DAS).	93
Figura 18. Plântulas de tomateiro com torrão e raízes nuas, produzidas com resíduo de café, solo de cerrado e termofosfato magnésiano (aos 30 DAS).	97
Figura 19. Fatores de crescimento de plântulas de tomateiro cultivadas com resíduo de café, solo de cerrado e esterco de bovino (Ensaio 1) e com resíduo de café, solo de cerrado e termofosfato magnésiano -Yoorin Máster (Ensaio 2).	99
Figura 20. Fatores de crescimento de plântulas de tomateiro cultivadas com resíduo de café e substratos comerciais.....	101
Figura 21. Plântulas de tomateiro com torrão e raízes nuas, produzidas com resíduo de café e substratos comerciais (aos 30 DAS).....	103

NOMENCLATURA

AP – Altura de plântula	RC – Resíduo de café (borra)
AU – Areia úmida	SB – Soma de bases
BC – Borra de café	SC – Solo de cerrado
C/N – Relação carbono nitrogênio	TM – termofosfato magnesiano
C_{BM} – Carbono da biomassa microbiana	TMS – tetrametilsilano
C_{BM}/COT – Relação C _{BM} e COT	TF – Torta de filtro
CC – Casca de café	YM – Yoorin master
CC_v – Casca de café verde	
CE – Condutividade elétrica	
COT – Carbono orgânico total	
CR – Comprimento de raiz	
CTC – Capacidade de troca catiônica	
CTC_e - Capacidade de troca catiônica efetiva	
DAS – Dias após semeadura	
DC – Diâmetro do coletor	
DQO – Demanda química de oxigênio	
EB – Esterco bovino	
EF – Emergência final	
FAV – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária	
IAC – Instituto Agrônomo de Campinas	
IVE – Índice de velocidade de emergência	
MFPA – Massa fresca da parte aérea	
MFR – Massa fresca da raiz	
MFT – Massa fresca total	
MO – Matéria orgânica	
MSPA – Massa seca da parte aérea	
MSR – Massa seca da raiz	
MST – Massa seca total	

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUO DE CAFÉ (BORRA) E SEU EFEITO EM CAFEIEIRO ORGÂNICO ADENSADO E EM PLÂNTULAS DECAFEIEIRO E TOMATEIRO

RESUMO GERAL

Como consequência da atividade humana e do aumento populacional, têm aumentado o volume de resíduos urbanos derivados da agricultura. Estima-se que a produção mundial de café supere 85 milhões de toneladas anuais (até 2013), originando considerável quantidade do resíduo proveniente da elaboração da bebida, conhecido como borra de café. Considerando sua alta disponibilidade, e o fato de que o emprego *in natura* deste resíduo tem sido pouco praticado no meio agrícola, tem-se a oportunidade de, além de transformá-lo numa opção agrícola sustentável, diminuir o seu descarte e a poluição ambiental ocasionada pelo mesmo. Neste trabalho foram analisados os atributos químicos e a influência do resíduo de café (borra) como fertilizante orgânico e/ou condicionador do solo no desenvolvimento do cafeeiro produzido organicamente e no estabelecimento e desenvolvimento de plântulas de cafeeiro e de tomateiro. Os resíduos de café (borra) utilizados no estudo foram coletados em órgãos públicos e privados do Distrito Federal, ficando apropriado para utilização após as etapas de processamento descritas no item 2.2. No primeiro capítulo, o resíduo de café foi caracterizado através de análises químicas e espectroscópicas (Ressonância Magnética Nuclear – RMN) e estudou-se ainda sua dinâmica de mineralização de carbono e os efeitos deste material sobre o índice de área foliar e o número de botões florais em cafeeiro orgânico adensado. A cultivar utilizada foi a Obatã vermelho IAC 1669-20, com doses de resíduo de café de 2,0, 1,5, 1,0, 0,5 e 0,0 kg (controle) aplicadas na projeção da copa de cada árvore. O experimento foi composto com quatro repetições em blocos ao acaso, tendo-se cada parcela com 24 plantas. No segundo e terceiro capítulos, o resíduo de café foi expurgado e empregado como constituinte de substrato orgânico, sendo combinado com diversos outros produtos orgânicos e artificiais para germinação e desenvolvimento de plântulas de cafeeiro e tomateiro em casa de vegetação. Verificou-se que o resíduo de café (borra) *in natura* apresentou atributos químicos favoráveis para uso agrícola, onde doses crescentes deste material aumentaram o índice de área foliar e número de botões florais em cafeeiro orgânico adensado. A sua utilização como substrato interferiu negativamente na germinação, emergência e produção de biomassa em plântulas de cafeeiro e tomateiro. O efeito inibitório do RC, quando presente como componente em substratos, pode estar associado à ação de metabólitos secundários

causadores de alelopatia, como a cafeína, tornando-se necessário identificar tais substâncias e suas concentrações relativas.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., *Lycopersicon sculentum* Mill., aleloquímicos, aproveitamento de resíduos, ciclagem de nutrientes, produção.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF COFFEE POWDER RESIDUE AND ITS EFFECT ON DENSE ORGANIC COFFEE ORCHARD AND ON COFFEE AND TOMATO SEEDLINGS

GENERAL ABSTRACT

As a consequence of human activity and population growth, there has been a steady increase in waste material derived from agriculture. The estimates on world coffee production are around $8.5 \cdot 10^6$ t per annum, originating considerable amounts of residue from coffee brewing. Its use could contribute to mineral nutrient cycling and to soil and substrate conditioning. However coffee powder residue (CPR) *in natura* has shown reduced application in agriculture. Moreover, due to its high availability, if appropriately exploited, it could contribute to substrate efficiency, becoming an alternative for modern seedling production and plant growth. Therefore, the intent has been to turn CPR into sustainable agricultural option, avoiding its disposal into the environment. This work aimed at analyzing the chemical attributes and evaluating the influence of CPR, pure or in mixtures to other substrates, as organic fertilizer or soil conditioner in organic coffee production and in biometric characteristics of tomato and coffee seedling. The coffee powder residue, containing high moisture after brewing, was collected in public and private companies of Federal District. After being left to natural drying, until reaching desirable moisture of 4 to 5 %, it was sieved and stored in plastic bags. This material was employed in field and greenhouse experiments. The first aimed at studying CPR as supplemental fertilizer and soil conditioner in densely planted organic coffee. Obatã cultivar, receiving 2.0, 1.5, 1.0, 0.5 and 0 kg (control), applied at canopy projection of every tree. Each plot containing 24 plants composed the experiment with four repetitions of randomized blocs. In the second experiment, CPR expurgated against insects, was employed as substrate component, combined in mass proportions with other organic and artificial products to evaluate germination and growth of tomato and coffee seedlings. In the experimental conditions, it was verified that CPR had favorable chemical attributes for agricultural use. Growing doses resulted in higher leaf area index and floral buds of coffee trees. Its utilization in substrates interfered on germination, emergence and biomass production of tomato and coffee seedlings. The inhibitory effect of coffee powder residue, when present in substrates, may be associated with allelopathic secondary metabolites, such

as caffeine, turning necessary identification of these substances and their respective concentrations.

Key-words: *Coffea arabica* L., *Lycopersicon sculentum* Mill., allelochemical, waste utilization, nutrient cycling, production.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma planta nativa dos sub-bosques das florestas da Etiópia e Sul do Sudão, localizadas em altitudes que variam de 1.600 a 2.000 m. Nessas regiões o clima é ameno e úmido, com estação seca que dura de 2 a 4 meses, e as temperaturas oscilam de 17 °C a 19 °C em meses frios, e de 22 °C a 26 °C nos meses mais quentes (CAMARGO, 1994 *apud* REIS; CUNHA, 2010). Outra espécie é o *Coffea canephora*, que tem sua origem na Bacia do Rio Congo, e é conhecido mundialmente como café robusta ou conilon. É cultivado na África Ocidental e Central, no sudeste da Ásia e em algumas regiões das Américas, com destaque para o Brasil (ECCARDI; SANDALJ, 2002 *apud* FERRÃO et al., 2007).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores (REIS; CUNHA, 2010). A safra de café do país está estimada em 48,57 milhões de sacas de 60 kg para o biênio 2013/14, segundo informou a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2013). Segundo a Companhia, a área plantada com as espécies arábica e robusta (conilon) soma 2,37 milhões de hectares no Brasil para essa safra, o que significa um aumento de 2% sobre a área da safra anterior. Minas Gerais é (o) principal produtor do país, concentrando 52,5% da área total, com predomínio da variedade arábica. O Espírito Santo é o segundo maior produtor em área plantada com cafeeiro, estimada em 496 mil hectares. Destes, 308 mil hectares são de robusta. O estado é o maior produtor da espécie, com participação de 77% da produção do país. Segundo dados da Abic (2012), o consumo de café no país deverá crescer até 3% em 2013, o que elevaria o consumo interno para cerca de 21 milhões de sacas.

O café é um produto amplamente consumido no mundo e, portanto, está inserido na cultura de diversos países, na forma dos mais variados tipos e bebidas. O Brasil, como maior produtor e exportador, é visto com grande interesse por parte dos maiores importadores do mundo (REGO; PAULA, 2012). A cafeicultura mundial prevê recorde de 148 milhões de sacas de 60 kg na produção para a safra 2012/2013, um incremento de 10 milhões de sacas, comparando-se ao período anterior (2010/2011), segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2012). Dados da OIC (2012) inferiram que o consumo mundial por café se manteve numa taxa de crescimento anual de 1,5% em 2012 cerca de 139 milhões de

sacas, em relação ao período de 2011, onde o consumo do produto ficou entre 136,5 e 137 milhões de sacas de 60 kg.

A comercialização de café no Brasil ocupa lugar entre os itens que mais fortalecem a receita cambial do país. Em seu mercado interno existe um grande estímulo: a bebida é consumida diariamente por mais de 97% dos cidadãos acima de 15 anos (ABIC, 2012). Com o avanço da produção cafeeira e o crescente consumo da bebida no Brasil e no mundo, constata-se um grande aumento de borra de café, subproduto da bebida, que em sua maioria é descartada nos lixões e aterros sanitários dos grandes centros urbanos. Magalhães et al. (2008) informam que na produção de café solúvel, para cada tonelada produzida são geradas 4,5 t de borra, com cerca de 80% de umidade. Segundo os autores, apesar da grande quantidade de resíduos gerados no meio agrícola e industrial, apenas uma pequena porcentagem é aproveitada em razão do desconhecimento do potencial energético e falta de equipamentos adequados à sua utilização.

A borra de café é um resíduo obtido em grandes volumes no processo de fabricação do café solúvel, sendo um sub-produto cuja composição contém substâncias de interesse alimentar e industrial. Ela contém teores razoáveis de N, P e K, além de um grande percentual de matéria orgânica. Além disso, quando utilizada como adubo orgânico, possui reservas de nutrientes que, em condições naturais, garantem a germinação, além de manter os valores nutritivos da semente (SOUZA, 2011). Uma vez que a borra de café ainda é pouco utilizada e explorada agronomicamente, o descarte deste material é uma excelente oportunidade para explorá-la como adubo orgânico.

Neste contexto, a utilização do resíduo de café (borra) como material orgânico alternativo apresenta viabilidade, que pode ser alcançada através da aplicação de métodos eficazes para o avanço da produtividade dos agrossistemas, e que permitam minimizar a relação custo/benefício, promovendo maior rendimento ao produtor. Além disso, pode haver a redução da taxa de descarte deste resíduo nos aterros, possibilitando menos danos para o meio ambiente e para a saúde humana.

Este trabalho objetivou a caracterização das propriedades químicas do resíduo de café (borra), a avaliação deste resíduo como fertilizante suplementar e condicionador do solo em cultura cafeeira cultivada organicamente, e a sua influência como substrato na formação de mudas de cafeeiro e tomateiro, em combinação com outros produtos orgânicos e artificiais.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. **Indicadores da indústria de café no Brasil** – 2012. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Conab estima safra de café em 48,6 mi sacas em 2013/14. Disponível em: <<http://www.ccmg.com.br>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S, M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007, 702p.

MAGALHÃES, E. A.; SILVA, J. S.; SILVA, J. N.; FILHO, D. O.; DORNELES, S. M. L.; MARTINS, S.; DUTRA, L. Casca de café associada à lenha como combustível para aquecimento indireto do ar de secagem. **Revista Brasileira de Armazenagem**. Viçosa, n. 10, p. 66-72, 2008.

OIC - Organização Internacional do Café. Café: Consumo mundial deve manter crescimento de 1,5% ao ano em 2012. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

REGO, B R.; PAULA, F. O. O mercado futuro e a comercialização de café: Influências, riscos e estratégias com o uso de Hedge. **Revista do Curso de Administração**. Poços de Caldas, v. 7, n. 1, 2012.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: U. R. EPAMIG SM, 2010. 896p.

SOUZA, R. Café como adubo para as plantas. 2011. Disponível em: <<http://cafeconversa1.blogspot.com>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

USDA - United States Department of Agriculture. 2012. Estima recorde em produção mundial de café até 2013. Disponível em: <<http://www.d24am.com/plus/gourmet/usda>>. Acesso em 30 set. 2013.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Reaproveitamento agrícola de resíduos orgânicos gerados pela atividade humana

Uma das implicações do desenvolvimento humano e do avanço populacional é o aumento na quantidade de alimentos a serem produzidos o que, por sua vez, resulta no acréscimo dos resíduos provenientes das atividades humanas. Tal acréscimo origina uma série de desordens, causando impactos negativos para o homem e para o meio-ambiente.

As atividades antrópicas, independente do segmento econômico, originam resíduos que, ao serem dispostos de forma inadequada, promovem agressões, muitas das vezes, irreparáveis ao meio ambiente. Portanto, identificar o objeto determinante do problema e a sua etapa constituinte, exige um estudo aprofundado do processo (ESPÍNDOLA et al., 2011). O Brasil descarta cerca de 100 mil toneladas diárias de lixo, das quais mais de 50% são derivados de restos de alimentos urbanos. O reaproveitamento da fração orgânica para a produção de adubo, além de melhorar a fertilidade do solo, pode minimizar os custos da produção agrícola.

Os resíduos gerados, particularmente nas atividades agrícolas, quando não tratados corretamente, acarretam prejuízos imensos ao meio ambiente e à sociedade, aumentando os riscos à saúde humana e de outros seres vivos. Também ocasionam a proliferação de insetos e outros agentes vetores de doenças e contaminação ambiental (BARBOSA; LANGER, 2011). Uma vez que o planeta está vivendo a era da sustentabilidade, deve-se, portanto, buscar o uso racional dos recursos naturais sem degradação dos ecossistemas (MACEDO; TAVARES, 2010).

A reciclagem é uma das opções para o reaproveitamento de resíduos agrícolas. A adição destes materiais ao solo resulta em benefícios, tais como o aumento dos teores de matéria orgânica e nutrientes. Para reciclagem de resíduos na atividade agrícola é essencial um estudo criterioso da viabilidade da mesma, de modo a evitar que uma prática supostamente benéfica traga malefícios para o meio-ambiente (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Dentre as diversas opções de reutilização de resíduos agrícolas encontra-se o reaproveitamento na alimentação animal e reprodução de outras espécies. Por exemplo, o reaproveitamento de sementes de açaí adicionadas em bebidas à base de café apresenta viabilidade e, por ser um subproduto da agroindústria, é capaz de reduzir os impactos ambientais com a sua reutilização (FERNANDES et al., 2011). O resíduo agroindustrial de torta de coco oferece uma opção viável, de baixo custo, como fonte de proteínas e energéticos

para ruminantes (JÚNIOR et al., 2009). O emprego de casca de arroz inteira, moída ou carbonizada, associada a esterco bovino, demonstrou resultados benéficos por favorecer a multiplicação e o desenvolvimento de anelídeos (ANTONIOLLI et al., 2009). Resíduos oriundos da agroindústria (casca de arroz, sabugo de milho e casca de amendoim) foram eficientes na reprodução de cogumelos, oferecendo redução de custos para os pequenos produtores rurais, representando, portanto, uma alternativa de agregação de valores aos resíduos procedentes do setor agrícola (OLIVEIRA et al., 2007). Resíduos orgânicos como sementes de abóbora, casca de abacate, torta de babaçu, torta de mamona e borra de café apresentaram potencial para a obtenção de lipase acídica (DANTAS; AQUINO, 2010). Segundo Feltes et al. (2010), existem diversas alternativas para o aproveitamento sustentável dos resíduos procedentes da indústria pesqueira. Os benefícios inerentes às tecnologias envolvidas nesta atividade poderão contribuir para o estabelecimento de um setor pesqueiro de base ecológica.

A borra de café é um resíduo proveniente da atividade humana que já encontra diversas formas de reutilização. Deste material podem-se gerar novos resíduos como briquetes misturados a cascas, folhas e galhos do cafezal, que podem ser comercializados e/ou utilizados na própria unidade produtora, gerando lucro para a comunidade, além de se poder extrair matéria-prima para produção de biodiesel (SANTOS, 2010). Para Cabral e Moris (2010) a mistura adequada e bem trabalhada de borra de café e álcool pode levar a um processo otimizado de obtenção do biodiesel, assim como pode despertar o reaproveitamento da borra de café como agente de reforço em filmes poliméricos. A polpa do café é mais uma fonte valiosa para a produção de etanol. Esta descoberta, além de endossar a necessidade da maior exploração dos subprodutos oriundos de grãos de café, torna esta matéria-prima promissora para a produção de bioetanol, e reduz o impacto ambiental decorrente do despejo deste resíduo no ambiente (KEFALE et al., 2012).

3.2 Resíduos orgânicos como condicionadores de solo

O manejo dos agroecossistemas, numa perspectiva voltada à sustentabilidade, passa pelo uso racional dos recursos naturais, inclusive do solo, através do aumento da eficiência da ciclagem e retenção de nutrientes no sistema. A escolha de um conjunto de práticas agrícolas adequadas é essencial para o manejo da complexidade ambiental e contribui para o equilíbrio

trofobiótico, resultando em menor vulnerabilidade, por parte das plantas, à incidência de pragas e doenças (VILANOVA; SILVA JÚNIOR, 2009).

Diversos trabalhos vêm demonstrando que a adição de resíduo de café e adubos orgânicos ao solo exerce efeitos significativos sobre a respiração microbiana e melhoria da qualidade do solo. A adição de adubo orgânico ao solo contribuiu para a redução do pH, propiciou o aumento dos teores de P, K, Ca, Mg, matéria orgânica e melhorou os indicadores da CTC e CTC_e (SÁ et al., 2010). Fontes de matéria orgânica proporcionaram melhorias nas características químicas do solo, com destaque exclusivo para o esterco bovino e esterco de galinha, que aumentaram os teores de K e P (ARAÚJO et al., 2008).

A melhoria das propriedades físico-químicas do solo apresenta relação direta com o aporte de resíduo orgânico ao solo. Pigatin (2011) constatou a viabilidade de compostos orgânicos como adubo alternativo em substituição a fertilizantes minerais. Ramos et al. (2009) constataram que a utilização do resíduo de algodão compostado causou avanço nos atributos produtivos do feijoeiro submetido ao manejo orgânico e elevou o valor de pH e teores de matéria orgânica do solo. Os efeitos das culturas de cobertura de latossolo em plantio direto, a partir do uso de leguminosas guandu, crotalária e milho consorciado com braquiária, conservaram a camada superficial do solo, permitindo um bom padrão de qualidade física (ANDRADE et al., 2009).

Para Júnior et al. (2005), dentre as vantagens oferecidas pelo uso de resíduos orgânicos (no solo), pode-se citar a redução da necessidade de se aplicar corretivos e fertilizantes minerais. Os autores comentam ainda sobre melhorias no ambiente radicular, representadas pelo aumento da ação biológica, da aeração, da CTC, da retenção de água, e (além) da redução de pragas e doenças e de competição entre ervas daninhas.

Os substratos constituídos de lixo orgânico urbano são potencialmente benéficos para a fertilidade do solo (LIMA et al., 2011). O resíduo de café, utilizado como adubo orgânico, mostra-se um próspero candidato como melhorador e condicionador do solo, bem como se constitui em uma possibilidade de agregação de valor, que por sua vez, pode resultar na diminuição de custos para o produtor agrícola e redução do descarte desse resíduo. É possível aumentar a disponibilidade de ferro para as plantas utilizando-se grãos de café e resíduo compostado de folhas (MORIKAWA; SAIGUSA, 2008).

A reutilização desse material apresenta benefícios hortícolas, constituindo-se como uma forma de reduzir a quantidade de descarte dos resíduos. A ciclagem da palha de café à lavoura cafeeira sob irrigação por gotejamento, calagem, adubação química e roçagem contribuiu para

a fertilidade do solo, aumentando o teor de COT e da CTC na profundidade 0–0,20 m, além de colaborar de forma expressiva para o aumento da produtividade (EFFGEN et al., 2008). O emprego do resíduo de café coado ao solo foi atuante no processo de mineralização, entretanto, a utilização direta de altas proporções deste material como substrato mostrou-se ineficiente para a germinação de sementes de alface (BRITO et al., 2010). Encontra-se, inclusive, o uso de água residuária em cafeeiros. Em casos de concentrações de até 135 mg L⁻¹ de potássio beneficiaram o crescimento da planta em altura e diâmetro de caule, indicando maior eficiência do que a água da irrigação e adubação convencional. O acréscimo de K ao solo não interferiu nos níveis de condutividade elétrica do mesmo, portanto, sem causar prejuízos ao cafeeiro (RIBEIRO et al., 2009).

3.2.1 Resíduo de café como substrato e fertilizante orgânico

Adi e Noor (2009) demonstraram que a borra de café é um material orgânico viável para decomposição através da vermicompostagem com *L. rubellus*, podendo agregar valor ao material. Além do mais, o produto final é de alta qualidade. Em trabalho recente foi verificado que a mistura de 25% de borra de café com 75% de solo, além de aumentar a densidade populacional da espécie de minhoca *Eisenia foetida*, melhora a eficácia do processo de compostagem e do próprio solo, abrindo, portanto, expectativas para o reaproveitamento do resíduo de café e redução deste nos aterros sanitários (RODRIGUES et al., 2012). As propriedades microbiológicas da polpa de café, após a vermicompostagem, demonstraram melhorias na qualidade nutritiva do material, podendo ser uma fonte útil de nutrientes para a melhoria da fertilidade do solo em plantios com cafeeiro (RAPHAEL; VELMOUROUGANE, 2011).

O emprego da borra de café (bioativada ou não) influenciou positivamente nas características de crescimento de plantas de alface, tanto em altura como em produção de biomassa (FERREIRA, 2011). A cultura do taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott], conhecida comumente como inhame dos açores, promoveu maior exportação de nitrogênio e potássio pelos rizomas-filho quando se aplicou palhada de café no substrato (SEDIYAMA et al., 2009).

Alguns efeitos inibitórios dos resíduos de café têm sido descritos na literatura. Por exemplo, o extrato natural obtido da casca de café predispôs o estímulo, embora tenha inibido o crescimento de plantas de pepino (MAY et al., 2011). A composição da casca de café pode

estar associada à presença de metabólitos secundários como flavonóides, alcalóides, cumarinas, triterpenos e/ou esteróides, saponinas e polifenóis, além da cafeína, sendo sugerido o seu emprego como coadjuvante no controle de planta daninha, como o capim-colonião (ANDRADE et al., 2009). Em proporções acima de 25%, o resíduo de café puro e/ou misturado ao solo não é eficiente para a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Vera) (BRITO et al., 2010). Formulação com serragem e casca de cafés decompostos não é aconselhável como substrato, pois promovem características físicas indesejáveis para mudas florestais (NETO; RAMOS, 2010).

Por outro lado, alguns autores recomendam o seu uso como componente de substratos. A utilização da casca de café carbonizada e misturada com substrato comercial (Mecplant[®]) demonstrou ser um substrato adequado e recomendado para a produção de mudas de eucalipto (OLIVEIRA, 2010). Em mistura com coco em pó ou casca de arroz carbonizada, a casca de café é recomendada como substrato, e pode substituir o xaxim no cultivo de orquídeas (ASSIS et al., 2011), apesar de os autores não recomendarem o seu uso puro. Segundo Oliveira (2011), a borra de café é um resíduo orgânico produzido em grandes quantidades e rico em nutrientes essenciais para o crescimento de plantas. Além disso, é menos agressivo ao meio ambiente e apresenta potencial nutricional para cultivo (MAY et al., 2011).

3.3 Resíduos orgânicos na composição de substratos para produção de mudas

3.3.1 Resíduos orgânicos na formação de mudas de cafeeiro

O uso de resíduos orgânicos como constituintes na produção de mudas de qualidade requer o emprego de substratos com características leves, de boa drenagem e isento de qualquer fator que possa comprometer a sanidade e o vigor da planta.

O emprego de resíduos orgânicos na cultura cafeeira vem sendo amplamente discutido no meio acadêmico, onde se observa literatura ampla abordando os efeitos da aplicação destes materiais. A adição de 40% de cama de peru ao substrato comercial Bioplant[®], indicou ser esta uma proporção adequada para o desenvolvimento de mudas de cafeeiro (DIAS; MELO, 2009). Esterco bovino e terra de subsolo (80:20) demonstrou ser um meio adequado para crescimento de mudas de cafeeiro, observando-se nesse caso, sua eficiência como substrato independente do tipo de fertilização (MELO et al., 2003). Esterco bovino também demonstrou

ser opção viável para a formação de mudas de cafeeiro, necessitando, porém, de um complemento mineral para melhorar a composição do substrato (SOUZA et al., 2011). As proporções de 20% de esterco de curral com 80% de terra de subsolo proporcionaram maior economicidade, por permitir melhor relação custo/benefício na produção de mudas de cafeeiro (POZZA et al., 2007). Fontes de resíduos orgânicos como esterco aviário, esterco bovino e húmus, utilizados na composição de substrato, foram fundamentais para a produção de mudas de cafeeiro com qualidade (SILVA et al., 2012).

Os resíduos orgânicos são potencialmente influenciadores no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (COGO et al., 2011). Substratos preparados com resíduos à base de terra diatomácea, torta de filtro com vinhaça e lixo domiciliar urbano, podem ser utilizados para o cultivo de mudas de cafeeiro em razão de apresentarem maiores taxas de pegamento a campo (CORRÊA et al., 2006). Encontra-se também o uso de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro como componentes orgânicos, que comprovaram ser um material adequado para produção de mudas de cafeeiro da espécie *Coffea canephora* (SILVA et al., 2010).

Em combinação com substratos comerciais, os resíduos orgânicos também apresentam bastante aplicação. A combinação de 75% de composto orgânico à base de poda de árvores com 25% de substrato comercial (Plantmax[®]) demonstrou características similares em mudas de cafeeiro quando cultivadas exclusivamente com Plantmax[®] (NASSER et al., 2011). Húmus de minhoca (80%) adicionado ao substrato artificial Bioplant[®] Café (ou mesmo puro, acrescido de 1g de fertilizante de liberação gradual – Osmocote[®] por tubete) favoreceu o aumento de área foliar em mudas de cafeeiro, tendo-se como consequência o acúmulo de massa seca aérea e radicular (DIAS et al., 2009). A adição de esterco bovino, cama de frango e húmus de mata ao substrato artificial Plantmax[®] favoreceu o desenvolvimento de todas as características de crescimento de plantas de cafeeiro (SILVA, 2010). Bioplant[®] puro, ou misturado com húmus de minhoca (80%), acrescido de fertilizante de liberação lenta (Osmocote[®]) demonstrou ser um bom material para o desenvolvimento de mudas de cafeeiro, por aumentar o índice de área foliar e permitir maior acúmulo de massa seca da parte aérea (DIAS et al., 2009).

Os tipos e capacidades dos recipientes também exercem influência sinérgica com os substratos orgânicos. Por exemplo, embalagens com maior capacidade volumétrica, preenchidas com casca de arroz carbonizada e Plantmax[®] aceleraram o desenvolvimento das mudas de cafeeiro (VALLONE et al., 2010). Mudas de cafeeiro produzidas em saquinhos de polietileno, e em tubetes de 120 mL contendo substrato padrão (solo + esterco bovino),

mostraram excelentes resultados a campo, 20 meses após o transplântio (VALLONE et al., 2009). A granulometria é outro atributo físico de expressiva importância para o conjunto muda/substrato, já que as raízes do cafeeiro são suscetíveis a rupturas e desvios laterais dentro do recipiente (FAVARIN et al., 2008).

3.3.2 Resíduos orgânicos na formação de mudas de tomateiro

A reciclagem e a caracterização de resíduos urbanos e rurais, na forma de substratos, podem ser uma alternativa viável para o processo de formação de mudas. No caso do processo produtivo de tomaticultura, a produção de mudas com qualidade é uma das etapas de maior importância (CAMPANHARO et al., 2006).

Mudas de tomateiro do grupo cereja apresentaram resultados satisfatórios para altura de parte aérea e fitomassa, quando cultivadas em palhada de gramíneas (JÚNIOR et al., 2011). A mistura de 66% de Crotalaria Júncea e 33% de Napier mostrou-se uma formulação orgânica adequada na produção de mudas de tomateiro (LEAL et al., 2007). Componentes orgânicos como fibra de coco verde e resíduo compostado de algodoeiro constituem um material orgânico favorável como substrato na produção de mudas de tomateiro (COSTA et al., 2007). Mudas de tomateiro cultivadas em substratos à base de compostos orgânicos + pó de basalto tiveram resultados razoáveis, indicando a eficiência dos materiais para este fim (KLEIN et al., 2009). Constituintes de húmus, acrescidos de 40% de Plantmax[®] e vermiculita, além de serem bons substratos para a produção de mudas de tomateiro, contribuem para reduzir os custos de produção (DINIZ et al., 2006).

Fibra de coco verde também é um substrato promissor para o cultivo de tomateiro sob ambiente protegido, permitindo a obtenção de alto rendimento com qualidade (CARRIJO et al., 2004). Misturada à casca de café carbonizada, a fibra de coco contribuiu para a melhoria da produtividade em tomateiro (LIMA et al., 2011). Outros materiais, como casca de avelã, são recomendados para a produção de mudas de tomateiro (ÖZENÇ, 2006). Chá preto bruto e não decomposto causou efeito fitotóxico na germinação de alface, tomateiro e pepino. No entanto, o emprego do mesmo material, após sua decomposição, tornou-se viável como substrato para produção de mudas dessas hortaliças (LIMA et al., 2007).

A utilização de resíduos sólidos urbanos misturados a materiais turfosos na proporção 65:35, mostrou-se com resultados equivalentes aos da utilização de turfa madura e imatura

(nas mesmas proporções) para o desenvolvimento e avaliação de parâmetros de crescimento de mudas de tomateiro (HERRERA et al., 2008). É possível ainda substituir o substrato comercial por vermicompostos (produzidos pelo sistema de pilha de resíduos e algodão em presença de vermes *Eisenia fetida* Sav.), sem comprometer o crescimento e a emergência de mudas de tomateiro (ZALLER, 2007). Combinados de compostos orgânicos a partir de poda de árvores e resíduos de abate de frangos, acrescidos de pó de rocha, podem ser usados como substratos em mudas de tomateiro (MONTEIRO et al., 2009). Substratos preparados à base de vermiculita, húmus e Plantmax[®] demonstraram respostas positivas para as características de mudas de tomateiro cultivar IPA-6 (CARVALHO et al., 2010).

Assim como o substrato, os recipientes são outra condição indispensável na formação de mudas de tomateiro. Como demonstraram Rodrigues et al. (2010), a interação de bandejas de poliestireno com 72 células e o substrato com 7% de constituinte orgânico apresentou resultados significativos para produção de mudas de tomateiro em todas as variáveis pesquisadas. Em outro trabalho, mudas de cultivares do grupo cereja tiveram melhor desempenho em bandejas com 72 células em substrato constituído de solo e composto orgânico na proporção 1:1 (LIMA et al., 2009).

4. HIPÓTESES

1. O resíduo de café *in natura* oferece a possibilidade de melhoria das propriedades físico-químicas do solo, constituindo-se em um material orgânico promissor para uso nos cultivos agrícolas;

2. O resíduo de café *in natura* estabelece uma interação aceitável com outros substratos no processo de formação de mudas.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo geral

Conhecer os atributos químicos do resíduo de café (borra) e avaliar os efeitos deste material em cafeeiro orgânico adensado e em plântulas de cafeeiro e tomateiro.

5.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar as propriedades químicas do resíduo de café;

2. Avaliar a influência do resíduo de café no estado *in natura* em sistema de cafeeiro orgânico adensado, bem como a sua utilização como fertilizante suplementar e condicionador do solo;

3. Analisar a viabilidade do resíduo de café como um constituinte de substrato e sua eficácia no processo de germinação e formação de plântulas de cafeeiro e tomateiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADI, A. J.; NOOR, Z. M. Waste recycling: utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 2, p. 1027-1030, 2009.

ANDRADE, A. P. S. **Análise química e avaliação do potencial alelopático da casca do café (*Coffea arabica*)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2009.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411–418, 2009.

ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P.; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.

ARAUJO, L. C.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, E. M.; CUNHA, O. F. R. Fontes de matéria orgânica como alternativa na melhoria das características químicas do solo e produtividade do capim-mombaça. **Revista Acadêmica Ciências Agrária e Ambiental**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 65-72, 2008.

ASSIS, A. M.; UNEMOTO, L. K.; YAMAMOTO, L. Y.; LONE, A. B.; SOUZA, G. R. B.; FARIA, R. T.; ROBERTO, S. R.; TAKAHASHI, L. S. A. Cultivo de orquídea em substratos à base de casca de café. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 544-549, 2011.

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011.

BRITO, A. D.; JUAN, S.; NASCIMENTO, L. M.; FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G. Influência do pó de café coado na respiração microbiana do solo e sua utilização como substrato. **Acta Tecnológica**, São Luís, v. 5, n. 2, p. 69-83, 2010.

CABRAL, M. Z.; MORIS, V. A. S. Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 23., 2010, São Carlos, p. 2-9.

CAMPANHARO, M.; RODRIGUES, J. J. V.; JUNIOR, M. A. L.; ESPINDULA, M. C.; COSTA, J. V. T. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 140-145, 2006.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 05-09, 2004.

CARVALHO, T. G.; PIRES, M. M. M. L.; BARROS, J. P.; PIMENTA, R. M. B.; SANTOS, J. P.; ARAGÃO, C. A. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 2071-2075, 2010.

COGO, F. D.; LOPES, F. A. B.; VIEIRA, R. J.; ALMEIDA, S. L. S.; CAMPOS, K. A. Resposta de mudas de cafeeiro à aplicação de resíduos orgânicos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 5, n. 2, p. 29-33, 2011.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; MAUAD, M.; TECCHIO, M. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Caracterização química em substratos de resíduos industriais e urbanos para a obtenção de mudas de café. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 238-248, 2006.

COSTA, C. A.; RAMOS, S. J.; SAMPAIO, R. A.; GUILHERME, D. O.; FERNANDES, L. A. Fibra de coco e resíduo de algodão para substrato de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 387-391, 2007.

DANTAS, E. M.; AQUINO, L. C. L. Fermentação em estado sólido de diferentes resíduos para a obtenção de lipase microbiana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 81-87, 2010.

DIAS, R.; MELO, B. Proporção de material orgânico, no substrato artificial, na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 33, n.1, p. 144-152, 2009.

DIAS, R.; MELO, B.; RUFINO, M. A.; SILVEIRA, D. L.; MORAIS, T. P.; SANTAN, D. G. Fontes e proporção de material orgânico para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 758-764, 2009.

DINIZ, K. A.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; LUZ, J. M. Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 63-70, 2006.

EFFGEN, T. A. M.; PASSOS, R. R.; LIMA, J. S. S.; BORGES, E. N.; DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. Atributos químicos do solo e produtividade de lavouras de cafeeiro conilon submetidas a diferentes tratos culturais no sul do estado do Espírito Santo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 7- 18, 2008.

ESPÍNDOLA, J. Z. E.; ANDRADE, E. T.; HALL, J. Aplicação da metodologia produção mais limpa (p+l) como sugestão de redução de resíduos sólidos em agroindústrias de café. In. Congresso nacional de excelência em gestão, 7., 2011, Rio de Janeiro, Universidade Federal Fluminense – UFF. **Resumos...** p. 1-21.

FAVARIN, J. L.; JUNIOR, J. L. F.; REIS, A. R.; CAMARGO, F. T. Metodologia para estimar a estabilidade do conjunto muda x substrato de cafeeiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 34-38, 2008.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 669–677, 2010.

FERNANDES, A. A.; SCHMILDT, E. R.; OLIVEIRA, G. S.; REZENDE, M. A. S. Avaliação da produção de mudas de tomateiro italiano em sistema orgânico utilizando métodos multivariados. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 4473-4480, 2011.

FERREIRA, A. D. **Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2011.

HERRERA, F.; CASTILLO, J. E.; CHICA, A. F., BELLIDO, L. L. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. **Bioresource Technology**, Córdoba-Spain, v. 99, p. 287-296, 2008.

JUNIOR, C. H. A; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 4, p. 391-470, 2005.

JUNIOR, R. A.; ANDREANI, D. I. K.; LUISON, E. A.; SILVA, E. G.; GIMENEZ, J. I. Diferentes compostos orgânicos como substratos para produção de mudas de tomate. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 19, n. 1, p. 42-52, 2011.

JUNIOR, S. L.; JUNIOR, L. J. B.; SANTOS, N. F. A.; GOÇALVES, G. F. D.; NAHUM, B. S.; MONTEIRO, E. M. M.; ARAUJO, C. V.; FATURI, C. Avaliação do valor nutritivo da torta de coco (*Cocos nucifera* L.) para suplementação alimentar de ruminantes na Amazônia Oriental. **Revista Amazônia Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 8, 2009.

KEFALE, A.; REDI, M.; ASFAW, A. Potential of Bioethanol Production and Optimization Test from Agricultural Waste: The Case of Wet Coffee Processing Waste (Pulp). **International Journal of Renewable Energy Research**, Madrid, v. 2, n. 3, 2012.

KLEIN, M. R.; PEREIRA, D. C.; SOUZA, H. W. C.; MONTEIRO, V. H.; BERNARDI, F. H.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M. Substratos Alternativos para Produção de Mudas de Tomate Tipo Cereja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 3339-3342, 2009.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. de. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 392-395, 2007.

LIMA, A. A.; ALVARENGA, M. A. R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J. G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro sob diferentes substratos e doses de ácido húmico. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 63-69, 2011.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. C. T.; GALVÃO, D. C. Avaliação de diferentes bandejas e substratos orgânicos na produção de mudas de tomate cereja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 123-128, 2009.

LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; MENDONÇA, J. C.; NOMURA, E. S. Resíduos da agroindústria de chá preto como substrato para produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1-8, 2007.

MACEDO, C. F.; TAVARES, L. H. S. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Botânica Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p.149-163, 2010.

MAY, D.; OLIVEIRA, C. M.; ROCHA, L. D.; MARANHO, L. T. Efeito de extratos de casca de café (*Coffea arabica* L.) na germinação e crescimento de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 180-186, 2011.

MELO, B.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Tipos de fertilizantes e diferentes substratos na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2003.

MONTEIRO, V. R. H.; PEREIRA, D. C.; SOUZA, C. H. W.; MOREIRA, S.; SOARES L. R.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M. Utilização de Composto Orgânico como Substrato na Produção de Mudas de Tomate. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4 n. 2, p. 1900-1904, 2009.

MORIKAWA, C. K.; SAIGUSA, M. Recycling coffee and tea wastes to increase plant available Fe in alkaline soils. **Plant Soil**, v. 304, p. 249-255, 2008.

NASSER, M. D.; SOUZA, T. A. L. A.; SILVA, L. C.; ZONTA, A.; CAVICHIOLI, J. C. Avaliação de mudas de *Coffea arábica* L. sob diferentes doses de composto orgânico. In. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 7, 2011, Araxá. **Resumos...** p. 5.

NETO, R. M. R.; RAMOS, C. B. Avaliação das características físicas de substratos formulados com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais em tubetes. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 117-127, 2010.

OLIVEIRA, C. R. **Avaliação da qualidade de compostos de borras de café na produção de plantas aromáticas**. 2011. 54f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

OLIVEIRA, D. P. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora* em substrato contendo casca de café carbonizado**. 2010. 34f. Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, UFES, Jerônimo Monteiro, 2010.

OLIVEIRA, M. A.; DONEGA, M. A.; PERALTA, R. M.; SOUZA, C. G. M. Produção de inóculo do cogumelo comestível *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quélet - CCB19 a partir de resíduos da agroindústria. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(supl.), p. 84-87, 2007.

ÖZENÇ, D. B. Effects of composted hazelnut husk on growth of tomato plants. **Compost Science & Utilization**, v. 14, n. 4, p. 271-275, 2006.

PIGATIN, L. B. F. **Compostos orgânicos de origem agroindustrial e urbana aplicados à produção vegetal e fertilidade do solo**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – USP, São Carlos, 2011.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. M. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008, p. 1-9, (**Circular Técnica, 19**).

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M. S. R. F. Efeito do tipo de substrato e da presença de adubação suplementar sobre o crescimento vegetativo, nutrição mineral, custo de produção e intensidade de cercosporiose em mudas de cafeeiro formadas em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 685-692, 2007.

RAMOS, S. J.; ALVES, D. S.; FERNANDES, L. A.; COSTA, C. A. Rendimento de feijão e alterações no pH e na matéria orgânica do solo em função de doses de composto de resíduo de algodão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1572-1576, 2009.

RAPHAEL, K. & VELMOUROUGANE K. Chemical and microbiological changes during vermicomposting of coffee pulp using exotic (*Eudrilus eugeniae*) and native earthworm (*Perionyx ceylanesis*) species. **Biodegradation**, v. 22, n. 3, p. 497–507, 2011.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, 2009.

RODRIGUES, E. T.; LEAL, P. A. M.; COSTA, E.; PAULA, T. S.; GOMES, V. A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4 p. 483-488, 2010.

RODRIGUES, R. F.; LACERDA, P. M.; ARAÚJO, F. G.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Densidade populacional de *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) em processo de vermicompostagem de substratos a base de borra de café e de esterco bovino. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 294-301, 2012.

SÁ, J. R.; OLIVEIRA, A. E. S.; MEDEIRO, J. F.; NOGUEIRA, N. W. N.; SILVA, C. B. Interação da adubação organo-mineral nos atributos químicos do solo na cultura do melão em Mossoró. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 89–100, 2010.

SANTOS, D. M. **Desenvolvimento de método para a obtenção de energia a partir da produção do biodiesel via extração de óleo de borra de pó de café em escala laboratorial.**

2010. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Economia e Administração, USP, São Paulo, 2010.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; SALGADO, L. T.; PUIATTI, M.; VIDIGAL, S. M. Produtividade e exportação de nutrientes por rizomas de taro cultivado com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 421-425, 2009.

SILVA, C. J. **Mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) desenvolvidas sob fontes de material orgânico no substrato comercial**. 2010, 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2010.

SILVA, E. A.; COGO, F. D.; ALMEIDA, S. L. S.; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A. R. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L sob diferentes composições de substratos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.14, p. 337-349, 2012.

SILVA, J. I.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 38-48, 2010.

SOUZA, L. H.; MANTOVANI, J. R.; SOUZA, A. J. J.; RIBEIRO, B. B.; MIRANDA, J. M. Formação de mudas de café utilizando composto de lixo orgânico. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 7., 2011, Araxá. **Resumos...** p. 6.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, J. R.; MENDES, A. N. G.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, G. R.; DIAS, F. P. Efeito de recipientes e substratos utilizados na produção de mudas de cafeeiro no desenvolvimento inicial em casa de vegetação, sob estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 320-328, 2010.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S.; DIAS, F. P.; CARVALHO A. M. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1327-1335, 2009.

VILANOVA, C.; SILVA JUNIOR, C. D. A teoria da trofobiose sob a abordagem sistêmica da agricultura: eficácia de práticas em agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Cruz Alta, v. 4, n.1, p. 39-50, 2009.

ZALLER, J. G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. **Scientia Horticulturae**, Bonn-Germany, v. 112, p. 191-199, 2007.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO USO DO RESÍDUO DE CAFÉ EM PLANTAS DE CAFEIEIRO ORGÂNICO ADENSADO

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO USO DO RESÍDUO DE CAFÉ EM PLANTAS DE CAFEIEIRO ORGÂNICO ADENSADO

RESUMO

A utilização do resíduo de café (borra) *in natura* como complemento de fertilizante e condicionador do solo em sistemas agrícolas tem sido pouco explorada nas condições tropicais do Brasil. Neste estudo objetivou-se: caracterizar as propriedades químicas do RC, após a produção da bebida; determinar a dinâmica de mineralização do RC quando aplicado ao solo; e avaliar sua influência como fertilizante suplementar e condicionador do solo no rendimento e nas características de cafeeiro produzido organicamente. Este trabalho foi dividido em três etapas: 1) caracterização do RC procedente de estabelecimentos comerciais do Distrito Federal quanto à composição elementar e espectroscópica; 2) incubação em mistura com solo de café de cultivo orgânico, em temperatura controlada, para análise da dinâmica de mineralização dos constituintes orgânicos; e 3) utilização direta em cafeeiro orgânico em campo. Os tratamentos foram constituídos por 0,0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 kg de RC planta⁻¹, adicionados ao solo na projeção da copa da planta do cafeeiro, em três aplicações: novembro de 2010, junho de 2011 e dezembro de 2011. O modelo estatístico foi de blocos ao acaso, com seis repetições. A cultivar utilizada foi Obatã vermelho IAC 1669-20. Avaliou-se o efeito da aplicação do RC no número de botões florais, no índice de área foliar e na dinâmica do carbono orgânico entre o material aplicado ao solo e sua respectiva mineralização. A caracterização química e por ressonância magnética nuclear (RMN) demonstraram tratar-se de um material orgânico com potencial para uso na cultura do café, impactando positivamente a ciclagem de nutrientes. O RC apresenta elevada taxa de mineralização quando aplicado ao solo, com potencial liberação de nutrientes. Seu emprego direto produz impacto positivo no rendimento do cafeeiro, conforme se verificou pelo aumento proporcional em área foliar e na formação de botões florais.

Palavras-Chave: *Coffea arabica* L., resíduo orgânico, produção sustentável, plantio orgânico adensado

COFFEE POWDER RESIDUE CHARACTERIZATION AND EFFECTS OF ITS USE ON HIGH DENSITY ORGANIC COFFEE ORCHARD

ABSTRACT

The use of coffee powder residue (CPR) *in natura* as fertilizer supplemental source and soil conditioner in agricultural systems has been little studied in Brazilian agriculture. This study aimed at characterizing the chemical properties of coffee residue; analyzing the dynamics of organic compounds mineralization when incubating in mixture with soil from organic coffee cultivation; evaluating its influence as a fertilizer source and soil conditioner on yield and plant characters of coffee produced organically. In the latter, treatments were made by 2.0, 1.5, 1.0, 0.5 and 0.0 kg plant⁻¹ coffee residue (control), applied around the tree canopy projection, on November 2010, June 2011 and December 2011. The experimental design was a completely randomized block, with five plots (residue levels) and six replications. The cultivar used in the experiment was Red Obatã IAC 1669-20. The effect of CPR application on coffee trees was assessed by floral bud formation and leaf area index, while the dynamics of organic carbon by its respective mineralization. Chemical and nuclear magnetic resonance (NMR) analyses and the field and incubation experiments demonstrate the potentiality of coffee residue as fertilizer source, by cycling nutrients. Additionally, its direct use contribute to impact positively on yield, as verified by proportional increase in leaf area and floral buds.

Keywords: *Coffea arabica* L., organic waste, sustainable production, high density organic planting.

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem tem se tornado uma prática importante, tanto para a sociedade, como para a sustentabilidade da produção agrícola. Em se tratando da reciclagem dos resíduos gerados pelos processamentos industriais e domiciliares, destaca-se o reaproveitamento dos materiais provenientes do café, como por exemplo, casca, palhada e borra. Estes materiais orgânicos apresentam altos níveis de descarte, o que gera a oportunidade para se estudar os efeitos destes materiais como fertilizantes complementares ou condicionadores do solo, além da possibilidade de minimização dos impactos ambientais a eles relacionados.

Vários trabalhos têm mostrado resultados sobre a aplicação de resíduos de café em sistemas agrícolas. Por exemplo, como fertilizante em forma de composto e *in natura*, demonstrou influência significativa no desenvolvimento da cultura da alface, que respondeu positivamente tanto em altura como em produção de biomassa (FERREIRA, 2011). Resíduos oriundos do beneficiamento do café, contendo altas taxas de potássio, independente da constituição ou do tipo de processamento, podem ser empregados em lavouras cafeeiras em substituição aos fertilizantes minerais (ZOCA, 2012). Fertilização de cafeeiro à base de esterco de galinha, esterco de gado, dejetos de suíno, húmus de minhoca, cascas de fruto de café e adubação verde com *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* se destacam por manter atributos químicos e por contribuir para sustentabilidade da produção (JÚNIOR et al., 2008). Quando se utilizou irrigação por gotejamento, calagem, adubação química, roçadas e uso de resíduo de café pós-colheita, houve melhoria dos atributos químicos do solo, com aumento no teor de carbono orgânico total (COT), da capacidade de troca de cátions (CTC) e da produtividade de cafeeiro (EFFGEN et al., 2008). A produtividade aumentou quando se adicionou, ao solo, adubo orgânico (esterco bovino, cama de frango e farelo de mamona) associado à casca de café (MALTA et al., 2007). A reutilização de materiais, por meio do retorno de resíduo de colheita em cafeeiros, tem se mostrado importante para a manutenção dos níveis nutricionais da planta. Como consequência, observa-se o aumento nos teores de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (RODRIGUES et al., 2010).

Para reutilizar os resíduos orgânicos é necessário uma prévia avaliação e o respectivo monitoramento da qualidade do material resultante (CASTILHOS et al., 2008). Mais ainda, requer que os efeitos na conservação e na melhoria dos atributos do solo, etapas decisivas para a estabilidade, sustentabilidade e produtividade de agroecossistemas, sejam também avaliados (SILVA et al., 2008). A necessidade de se caracterizar a matriz orgânica antes da

adição desses materiais ao solo é explicada por Moral et al. (2005), que por considerarem a ampla variação nos atributos ligados à matéria orgânica, concluíram não ser possível generalizar sobre frações predominantes em um determinado material, tampouco sobre a velocidade de liberação de nutrientes de cada resíduo. A própria variação da composição química dos resíduos orgânicos exige a caracterização físico-química antes de seu uso agrícola (HIGASHIKAWA et al., 2010).

O uso direto do resíduo de café *in natura* na atividade agropecuária é uma técnica simples, no entanto pouco explorada agronomicamente e com escassos resultados de pesquisas científicas.

Este trabalho objetivou caracterizar as propriedades químicas do resíduo de café (borra), sua dinâmica de mineralização e sua influência sobre o número de botões florais e índice de área foliarem cafeeiro orgânico adensado, quando aplicado *in natura*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de execução

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa – FAL, Universidade de Brasília – UnB, localizada próximo ao núcleo Rural Vargem Bonita, ao sul da BR 251, que liga Brasília-DF a Unaí-MG, com coordenadas geográficas de 15° 56' latitude Sul e 47° 56' longitude Oeste, a 1080 m de altitude. Segundo classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw tropical com verão chuvoso e inverno seco. O solo do local é um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, com boa drenagem.

2.2 Obtenção e processamento do resíduo de café

A matéria prima utilizada na pesquisa foi o resíduo de café (RC) por infusão, comumente denominada de borra. O material foi coletado em diversos estabelecimentos públicos e privados do Distrito Federal. Como coletores, foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 50 litros; posteriormente o material foi transportado em sacos plásticos. O RC apresentou 75% de umidade em média, sendo posto para secar ao ar livre sobre lonas plásticas, por um período de 72 horas (Figura 1). Em seguida, passou por pré-limpeza, peneiramento em malha de 2 mm, sendo então submetido a nova secagem, reduzindo-se a umidade para cerca de 3 a 5%. Após seco, o material foi acondicionado em sacos de tecido de algodão e armazenado em local arejado para a preservação de seus atributos físico-químicos.



Figura 1. Secagem do resíduo de café ao ar livre sobre lona plástica.

Tabela 1. Atributos químicos do solo com cafeeiro orgânico, antes da aplicação do resíduo de café. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Atributos	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
M.O. (dag kg ⁻¹)	3,9	3,8	3,0
pH (H ₂ O)	6,0	5,5	5,3
pH (CaCl ₂)	5,2	4,8	4,8
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	0	0
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,9	6,6	4,9
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	9,2	9,2	6,3
V (%)	47,0	28,0	22,0
P (mg dm ⁻³)	21,1	6,3	1,3
K (mg dm ⁻³)	176,0	157,0	115,0
S (mg dm ⁻³)	8,4	21,8	39,4
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,2	1,9	1,0
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,6	0,3	0,1
B (mg dm ⁻³)	0,6	0,5	0,4
Zn (mg dm ⁻³)	15,8	8,2	2,1
Fe (mg dm ⁻³)	40,0	42,0	49,0
Mn (mg dm ⁻³)	13,1	11,3	5,8
Cu (mg dm ⁻³)	1,8	0,8	0,6

Fonte: Laboratório Soloquímica, Brasília-DF/2010.

2.3 Aplicação do resíduo de café

As doses de resíduo de café adicionadas ao solo, por planta, foram: 2,0, 1,5, 1,0, 0,5 e 0,0 kg planta⁻¹ (controle) (Figura 2). Para facilitar a distribuição e permitir maior uniformidade e eficiência do resíduo em cada planta utilizou-se, como medidas de controle, formas de madeira nas dimensões 0,50m x 0,50m. O resíduo de café foi aplicado ao solo na projeção da copa da planta, no sistema de coroamento, sendo as doses ajustadas mediante resultados de análises químicas e disponibilizadas à cultura a cada seis meses. Foram realizadas três aplicações, obedecendo-se às mesmas doses. A primeira ocorreu em novembro de 2010, a segunda em junho de 2011 e a terceira em dezembro de 2011, sendo duas durante o período de chuva e uma durante o período de seca. Antes da aplicação do resíduo e de fertilizantes, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, que foram submetidas a análises, e cujos resultados estão representados na Tabela 1.



Figura 2. Aplicação de resíduo de café em plantas de cafeeiro.

2.4 Caracterização e manejo do cafeeiro

Foi utilizada a cultivar Obatã vermelho IAC 1669-20 de *Coffea arabica* L. A cultivar apresenta baixa estatura, resistência à ferrugem, maturação tardia, frutos grandes e vermelhos, é exigente em nutrição e água, apresentando boa qualidade da bebida. O plantio adensado foi realizado em espaçamento duplo (3,6 m entre linhas duplas x 2,0 m entre linhas simples e 0,50 m entre plantas) com densidade de 7.142 plantas por hectare. A área experimental ocupou 0,6 ha com 4.320 plantas. Cada parcela foi constituída por 24 plantas, onde a área útil foi de seis plantas, correspondendo a 16,25 m². Antes do experimento, no período compreendido entre 28/12/2009 e 04/01/2010, foi realizada uma poda de recepa para renovação dos cafeeiros. Nas adubações de plantio e de cobertura, adotou-se as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - quinta aproximação (RIBEIRO et al., 1999).

O controle das plantas invasoras na linha de plantio foi realizado por meio de capina manual com uso de roçadeira costal, enxada, rastelo e nas entrelinhas com roçadeira tratorizada. Em abril de 2009 foi realizada adubação nas linhas de plantio obedecendo às seguintes doses em g m⁻¹: 972,16, 111,11, 104,02, 68,00 e 5,00 de torta de mamona, termofosfato magnésiano (yoorin master), sulfato de potássio, sulfato de zinco e boro, respectivamente. O RC foi utilizado como fonte de nitrogênio.

2.5 Modelo estatístico

No experimento de campo adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com seis repetições e cinco parcelas cada (Figura 3). Os resultados referentes ao número de botões florais e ao índice de área foliar foram submetidos à análise de regressão, ajustando-se as equações aos dados obtidos em função das doses de resíduo de café aplicadas. As análises foram realizadas utilizando-se o software XLSTAT 2011 (ADINSOFT, 2011).



Figura 3. Distribuição das parcelas experimentais com cafeeiro orgânico.

2.6 Análises químicas realizadas no resíduo de café

Para compreender as propriedades químicas do RC por infusão foram realizadas caracterização química elementar, espectroscópica e de determinação da mineralização de carbono do material.

a) Caracterização química elementar do RC: amostras de borra de café obtidas em diferentes estabelecimentos foram misturadas, e alíquotas de cerca de 300 g dessas amostras foram enviadas para laboratórios particulares para análise da composição química dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico, da relação C/N, pH, e dos teores de macro e micronutrientes (Tabela 2).

b) As mesmas amostras de borra de café utilizadas na caracterização elementar foram usadas nas análises espectroscópicas. Na caracterização espectroscópica para obtenção de informações complementares sobre componentes presentes no resíduo de café, realizaram-se análises de ressonância magnética nuclear (RMN) de hidrogênio (RMN de ^1H) e de carbono

(RMN de ^{13}C) com o intuito de identificar os principais grupos orgânicos presentes. No procedimento padrão fez-se extração simples de 0,75g do resíduo de café com água, com hexano e com clorofórmio, em proporções iguais de 5 mL de cada solvente. Depois, 15 – 35 mg da solução sobrenadante foram coletadas e dissolvidas em 0,45 mL de CDCl_3 (clorofórmio deuterado), para amostras extraídas com clorofórmio e hexano, e dissolvidas em

Tabela 2. Resultados de análises químicas do resíduo de café utilizado no experimento, antes da sua aplicação ao solo. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Propriedades	Resíduo de Café (RC)	
	$^1\text{RC}_i$	$^2\text{RC}_i$
C (g kg^{-1})	456,0	475,0
N (g kg^{-1})	25,6	24,9
P (g kg^{-1})	1,0	1,1
K (g kg^{-1})	4,0	3,8
Ca (g kg^{-1})	1,4	1,3
Mg (g kg^{-1})	1,4	1,4
S (g kg^{-1})	1,6	1,5
B (mg kg^{-1})	8,0	8,0
Zn (mg kg^{-1})	12,0	14,0
Fe (mg kg^{-1})	140,0	147,0
Mn (mg kg^{-1})	33,0	29,0
Cu (mg kg^{-1})	24,0	24,0

¹Material coletado na Universidade de Brasília - UnB, ²Material coletado no Instituto Federal de Brasília - IFB, abril/2010, RC_i: Resíduo de café por infusão. Fonte: Laboratório Campo, Paracatu-MG/2010.

0,45 mL de D_2O (água deuterada) para as amostras extraídas com água. As análises de RMN foram realizadas em duplicata no laboratório de RMN do Instituto de Química – IQ/UnB. Os espectros foram obtidos a 25 °C em um espectrômetro de RMN Varian Mercury Plus 300, operando a 300 MHz para RMN de ^1H e 75 MHz para RMN de ^{13}C . Os deslocamentos químicos (δ) estão representados em ppm (partes por milhão), e foram medidos utilizando-se o tetrametilsilano (TMS) como padrão interno.

c) Determinação da mineralização do RC: 5,0 g de RC foram adicionados e misturados à 50,0 g de solo coletado na camada de 0-20 cm da área experimental do cafeeiro, antes da aplicação do RC. As amostras (mistura RC + solo) foram transferidas para recipientes plásticos com capacidade para 500 mL, hermeticamente fechados, e armazenados em local escuro, com

temperatura de $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4$. Dentro dos recipientes, também foram colocados dois copos plásticos com capacidade para 20 mL, contendo 10 mL de solução de NaOH 1 mol L^{-1} e 5 mL de água, respectivamente. As amostras permaneceram incubadas por 77 dias e foram realizadas oito medições. Foram determinadas as taxas de mineralização de carbono (TMC) dos diferentes materiais orgânicos, medidas pela respiração basal do solo ($\text{mg de C-CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{ solo}^{-1}\text{ dia}^{-1}$) em diferentes épocas de incubação e a liberação acumulada de carbono (LAC) ao final do período de incubação ($\text{mg de C-CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{ solo}^{-1}$).

2.7 Conferência de botões florais e medição do IAF

a) Avaliação de botões florais (15/9/2012): foram selecionadas e identificadas quatro plantas dentro das parcelas que apresentavam o mesmo padrão e vigor vegetativo. De cada planta escolhida, foram selecionados quatro ramos, dois voltados ao lado norte e outros dois ao lado sul. Cada ramo foi identificado para permitir maior segurança da coleta dos dados;

b) Índice de área foliar (25/8/2012): utilizou-se o equipamento eletrônico LI-COR 2000 Plant canopy analyzer, modelo LAI-2000, sensor óptico LAI-COR, INC. LAI-2050, PCH-1007. As leituras nas parcelas foram realizadas com o uso do sensor óptico, que foi mantido sempre a uma altura próxima à superfície do solo, repetindo-se três leituras por parcela, uma acima, seguida de cinco leituras abaixo do dossel. Para maior segurança na obtenção dos dados, as leituras foram feitas sempre numa área representativa da parcela com o dia nublado. Porém, sempre que a luz do sol aparecia, o operador posicionava-se sombreando o sensor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização química do resíduo de café após infusão para obtenção da bebida

Na tabela 3 são apresentados os valores de atributos químicos do RC. Para comparação com resultados de outros trabalhos, foi incluída a composição química de outros materiais orgânicos normalmente utilizados em sistemas de produção orgânica do cafeeiro.

Tabela 3. Resultados analíticos e caracterização química de resíduo de café por infusão em relação a outros materiais orgânicos, FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Propriedade	Concentração								
	¹ RC	² BC	³ BC	⁴ CC _v	⁵ CC	⁶ EB	⁷ EB	⁸ TF	⁹ TF
M.O. (g kg ⁻¹)	960	905	905	930	-	840	-	572	-
C. O. (g kg ⁻¹)	533	457	-	-	-	-	322	-	-
C/N	26,7	-	-	36,0	-	10,6	-	-	-
pH (CaCl ₂)	5,2	5,4	-	5,4	-	-	6,1	5,4	-
N (g kg ⁻¹)	20,0	23,0	23,0	15,0	17,9	4,6	10,0	9,5	7,9
P (g kg ⁻¹)	1,2	4,2	1,5	1,4	1,3	1,6	2,1	3,3	15,0
K (g kg ⁻¹)	1,8	-	3,5	2,7	19,9	4,5	6,8	4,6	1,2
Ca (g kg ⁻¹)	2,0	-	-	0,6	4,4	12,7	2,0	9,1	99,0
Mg (g kg ⁻¹)	1,0	-	1,3	1,4	1,3	5,1	1,4	2,5	15,0
S (g kg ⁻¹)	0,7	-	-	0,9	1,4	0,05	0,9	7,2	7,2
B (mg kg ⁻¹)	12,6	-	-	16,0	-	10,0	-	-	8,8
Zn (mg kg ⁻¹)	13,4	-	-	16,0	5,2	68,0	65,0	282,0	393
Fe (mg kg ⁻¹)	926,0	-	-	281,0	436,3	12560	-	23808	17042
Mn (mg kg ⁻¹)	37,6	-	-	37,0	41,5	216,0	136,0	758,0	755,0
Cu (mg kg ⁻¹)	21,6	-	-	31,0	16,0	11,0	26,0	124,0	29,0
CTC (cmol _c dm ⁻³)	62,0	-	-	-	-	23,8	-	-	-

¹Análises realizadas no Laboratório Soloquímica, Brasília/DF, 2010. ²Kiehl (2010). ³Mussatto et al. (2011) ⁴Silva et al. (2011). ⁵Assis et al. (2011). ⁶Trazzi et al. (2012). ⁷Artur et al. (2007). ⁸Santos et al. (2011). ⁹Pires et al. (2008). RC – Resíduo de café; BC – Borra de café; CC – Casca de café; CC_v – Casca de café verde; EB – Esterco bovino; TF – Torta de filtro.

O RC obtido no Distrito Federal apresenta similaridade nas concentrações de macro e micronutrientes encontradas por outros autores, entretanto, sendo superior em algumas das propriedades analisadas. O RC apresentou teor de matéria orgânica igual a 960 g kg⁻¹, valor cerca de 5% maior que os obtidos por Kiehl (2010) e Mussatto et al. (2011), que utilizaram

em suas respectivas análises o mesmo tipo de material, borra de café. Este atributo sugere que o RC possa ser utilizado como fertilizante orgânico, sendo isto um indicativo preliminar de que o material pode ser aplicado em sistema cafeeiro. Em sistemas de cultivos onde houve maior aporte de matéria orgânica sobre o solo, observou-se efeitos positivos diretos sobre as culturas e maior estabilidade de agregados (WOHLENBERG et al., 2004).

Neste trabalho o teor de carbono orgânico (CO) também foi maior do que o obtido por Kiehl (2010) e maior que o obtido por Artur et al. (2007) em esterco bovino. O material orgânico, além de exercer influências sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, constitui-se importante fonte desses minerais (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

O material apresentou relação carbono/nitrogênio (C/N) igual a 26,7. Este valor é 34% menor que os obtidos para casca de café (SILVA et al., 2011) e 150% maior do que aquele apresentado para esterco bovino (TRAZZI et al., 2012). Um composto em estado adequado para uso e comercialização deve apresentar uma relação C/N de no máximo 20 (SILVA et al., 2011). Ainda que os valores obtidos tenham sido superiores, o RC mostrou-se como um substrato aceitável em sua forma *in natura*, uma vez que, aplicado ao solo em um curto período de tempo, poderia atingir seu estado de maturação. O RC apresentou valor de pH (CaCl₂) próximo àqueles derivados do café (BC, CC e CCv).

Com relação aos macronutrientes presentes no RC, a concentração de nitrogênio (20 g kg⁻¹) foi próxima à dos resíduos derivados de café e superiores à dos demais materiais com os quais foi comparado. Através desta constatação, o RC foi utilizado como fonte de N no experimento de campo. O fósforo apresentou valores próximos aos encontrados em resíduos como casca de café verde (SILVA et al., 2011). Na comparação com esterco de bovino a concentração foi semelhante, exceto o encontrado em torta de filtro, cujo teor de P foi 10 vezes superior (PIRES et al., 2008). O teor de K atingiu 1,8 g kg⁻¹, concentração inferior ao encontrado em outros trabalhos. Em casca de café, os valores encontrados atingiram 19,9 g kg⁻¹ (ASSIS et al., 2011). Outros resíduos provenientes do processamento de café demonstram resultados distintos quanto aos seus componentes, principalmente com relação ao potássio (ZOCA, 2012). O magnésio apresentou-se com teores abaixo da média encontrada em casca de café, esterco bovino e em torta de filtro. Nesta última, a concentração de íons Mg²⁺ encontrada neste trabalho foi cerca de quinze vezes menor que o reportado por Pires et al. (2008). Por outro lado, os níveis de enxofre encontraram-se dentro da média.

Para os micronutrientes, a concentração de boro foi de 12,6 g kg⁻¹, valor superior ao que se encontrou em esterco de bovino e em torta de filtro (TRAZZI et al., 2012; PIRES et al.,

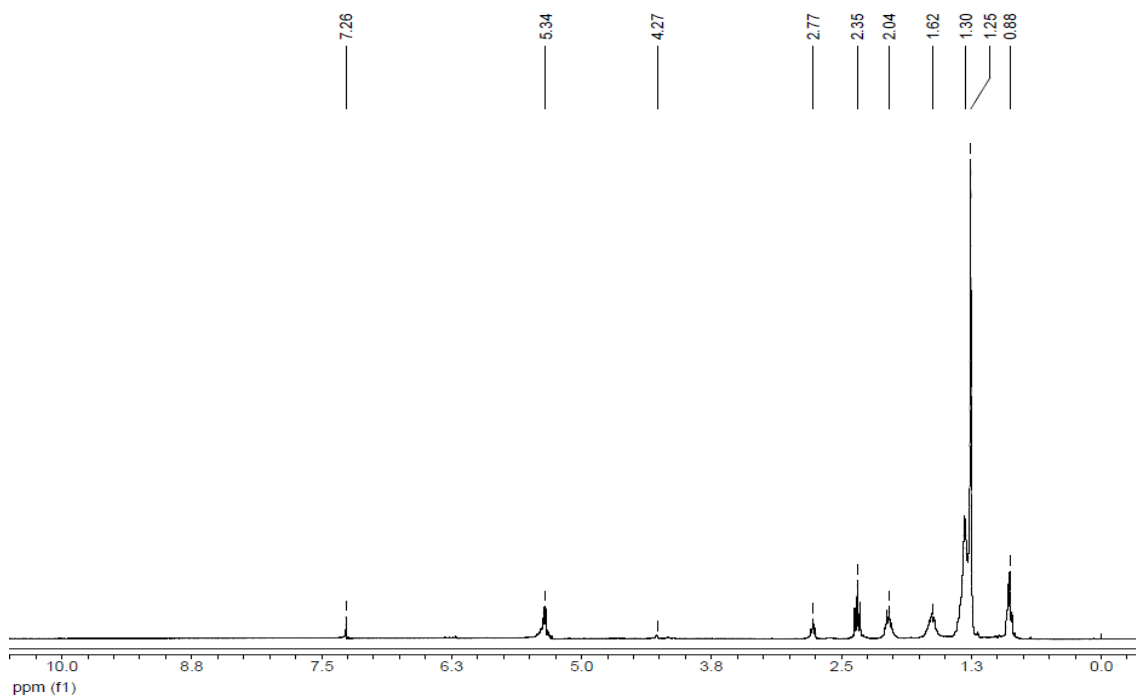
2008). Na torta, os teores de zinco foram muito maiores do que no RC (SANTOS et al., 2011; PIRES et al., 2008). Teores de ferro foram encontrados em maiores proporções RC do que na casca do café. No entanto, foram bem menores quando comparados com esterco de bovino e com torta de filtro. A concentração de manganês permaneceu dentro da média para outras partes do café, no entanto os teores observados ficaram bem abaixo do que foi observado em esterco e torta de filtro. A concentração de cobre ($21,6 \text{ g kg}^{-1}$) foi superior à encontrada em esterco bovino, enquanto a CTC, $62,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi cerca de três vezes maior do que em esterco bovino (TRAZZI et al., 2012). Deve-se ressaltar a importância da CTC em substrato, pois quanto maior é este atributo, permite-se explicar em parte, o melhor desempenho de um resíduo quando comparado a outros com menores valores (TRANI et al., 2007). Considerando os baixos valores de CTC encontrados em latossolos do Cerrado, esta característica do RC reforça o seu potencial de uso em solos de baixa fertilidade natural.

Tendo em vista as características químicas apresentadas e suas comparações com o reportado nas referências, constata-se a potencialidade deste resíduo como material de uso alternativo e fertilizante suplementar em sistemas agrícolas.

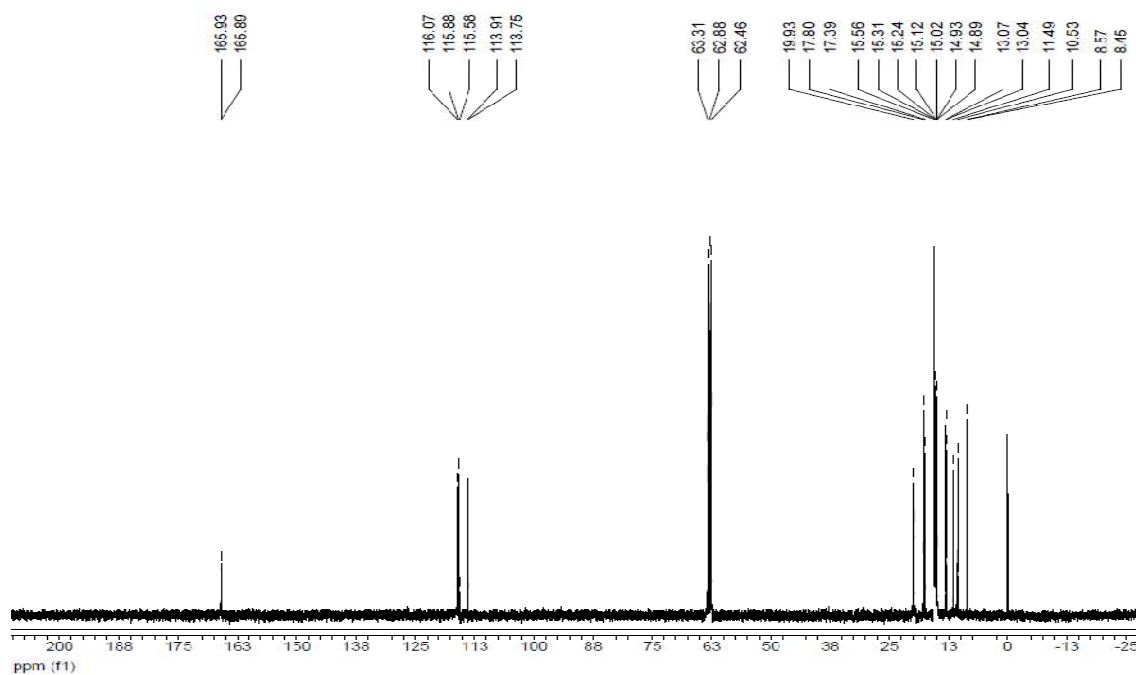
3.1.1 Caracterização espectroscópica

O RC é um material essencialmente hidrofóbico, uma vez que a maior parte das substâncias polares presentes no café já foram extraídas durante o processo de infusão. Portanto, as extrações com solventes de polaridade intermediária (clorofórmio e hexano) permitiram que se obtivessem informações relativas aos compostos que podem estar presentes nesse material.

Em todos os espectros de hidrogênio (RMN de ^1H) observou-se predominância de picos na região alifática (1,0 – 5,0 ppm), ainda que picos em níveis mais altos tenham sido encontrados. Estes resultados correspondem ao encontrado em extratos de *Coffea arabica*, verificando-se a presença de catecóis e ácidos clorogênicos (CAGLIANI et al., 2013). Estas substâncias são conhecidas devido à suas propriedades antioxidantes e aparecem na faixa espectral de RMN de ^1H em aproximadamente 6,0 ppm - 7,8 ppm. A extração do RC com hexano e clorofórmio mostrou a presença de tais substâncias, possivelmente segundo os picos observados nas regiões próximas de 7,25 ppm (Figuras 4a e 5a). Contudo, os ácidos clorogênicos também aparecem entre 1,8 e 2,2 ppm. Os picos fracos nessas regiões espectrais podem ser um indicativo de que o resíduo apresenta baixos teores destes compostos.



(a)



(b)

Figura 4. Espectro de RMN de ^1H (a) e de ^{13}C (b) do extrato de borra de café em hexano (solvente: CDCl_3). Os deslocamentos químicos (δ) estão em ppm, e o padrão interno utilizado foi TMS.

A faixa de deslocamento entre 0,70 e 2,4 ppm, observada nas frações apolares, revela a presença de ácidos graxos, de ácido láctico, quínico, e de lipídios. Os picos mencionados foram igualmente observados em *Coffea arabica* (TAVARES; FERREIRA, 2006; CONSONNI et al., 2012). Os picos em 0,88, 1,25, 1,62, 2,04 2,35 ppm (Figura 4a), provavelmente devem corresponder aos prótons dos grupo metil e metileno das cadeias de ácidos graxos presentes no material analisado. Nos espectros dos extratos de baixa polaridade observa-se ainda um pico agudo em aproximadamente 1,30 ppm, possivelmente revelando a presença de ácido láctico (CONSONNI et al., 2012), enquanto que os picos em 5,30 ppm e 5,36 ppm provavelmente devam corresponder à substâncias como sacarose e melanoidinas, que são originadas durante o processo de infusão e de torrefação do café.

O espectro de ^{13}C do extrato com hexano (Figura 4b) também mostra picos que possam estar relacionados à presença da cafeína e catecóis. O pico em 165,0 ppm foi definido como o C5 da cafeína (Figura 6) por Tavares e Ferreira (2006) em *Coffea arabica*. Estes autores também observaram picos por volta de 116,0 ppm correspondendo aos carbonos C3 e C6 do catecol. Na Figura 5b observam-se picos na faixa de 113,0 ppm até 117,0 ppm, que também podem corresponder aos ácidos quínico, caféico e ferúlico. Houve, portanto, correlação com o observado nos espectros de RMH de ^1H , sugerindo a presença de todas estas substâncias. Por volta de 63,0 ppm observam-se alguns picos, que possivelmente sejam relativos a grupos metóxidos, segundo sugerido por Tavares e Ferreira (2006).

A extração com clorofórmio revela virtualmente os mesmos picos de ^{13}C (Figura 5b) observados no extrato feito com hexano. Nos espectros de ^{13}C ficou evidente a presença de picos na região alifática, corroborando com o que foi observado por Romeiro et al. (2012). Trigonelina, ácido fórmico e N-metilpiridina são outras substâncias originadas durante o processo de torra do café. Reações como a pirólise e outros tipos de degradações químicas originam estas substâncias (TAVARES; FERREIRA, 2006). A trigonelina foi detectada nos espectros de RMN de ^1H na faixa entre 8,5 a 9,5 ppm, ainda que prótons do seu anel aromático também apareçam na região próxima a 4,5 ppm. A ausência destes picos em todos os espectros, possivelmente indica a ausência e/ou baixa presença deste composto no resíduo de café. A trigonelina é um alcalóide de importância na germinação de sementes de café, e está relacionada com efeitos antibacterianos (DAGLIA et al., 1994). Portanto, sua presença no RC, material com potencial para ser utilizado como substrato, pode apresentar efeito positivo sobre os processos de germinação e desenvolvimento das culturas.

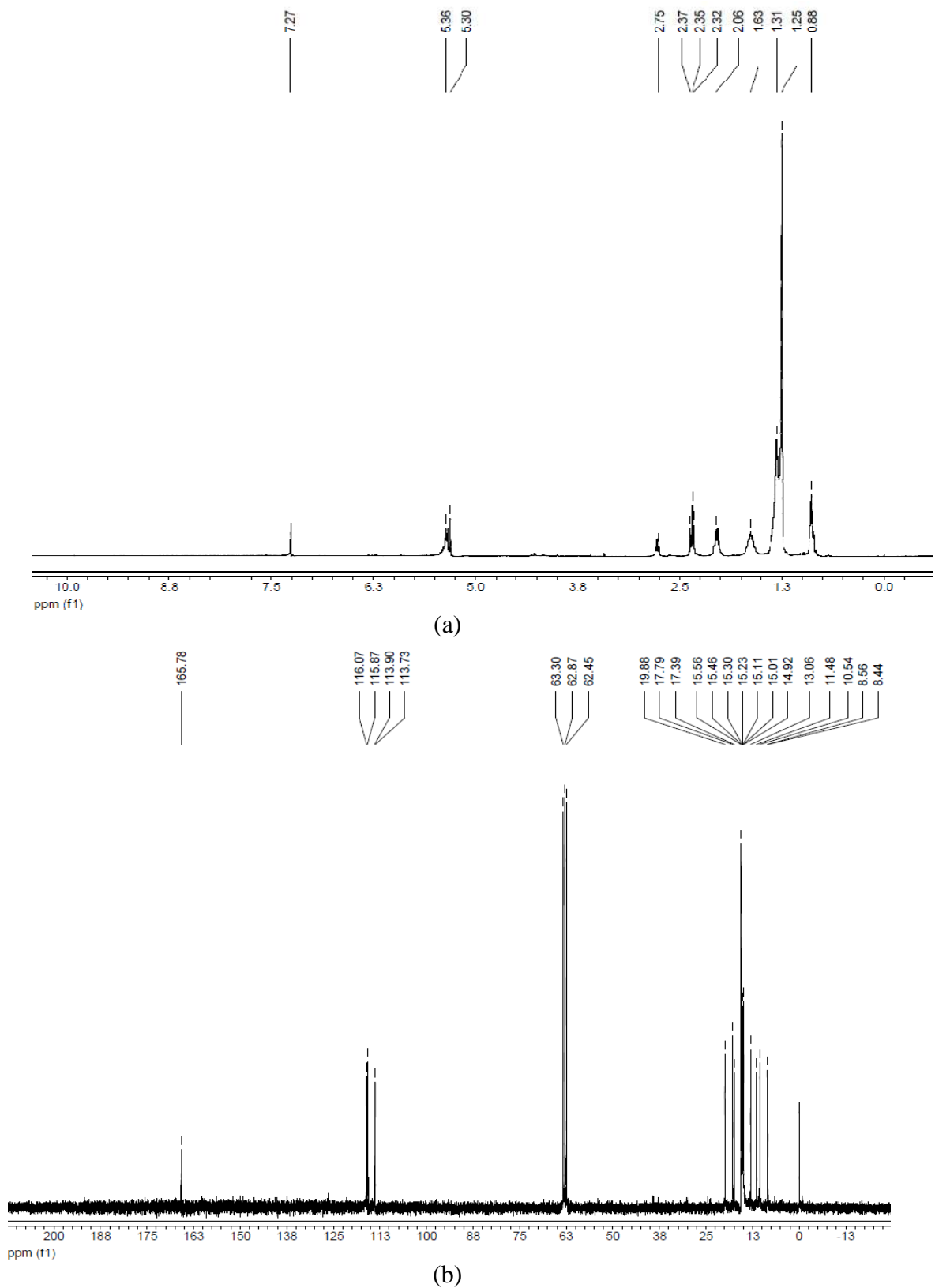


Figura 5. Espectro de RMN de ^1H (a) e de ^{13}C (b) do extrato de borra de café em clorofórmio (solvente: CDCl_3). Os deslocamentos químicos (δ) estão em ppm, e o padrão interno utilizado foi TMS.

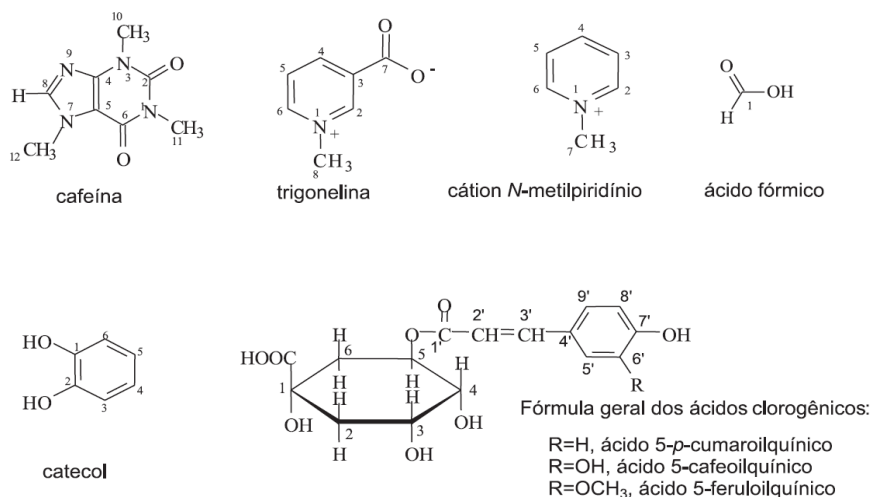


Figura 6. Algumas substâncias presentes na borra de café (TAVARES; FERREIRA, 2006).

Trigonelina, ácido fórmico e N-metilpiridina são outras substâncias originadas durante o processo de torra do café. Reações como a pirólise e outros tipos de degradações químicas originam estas substâncias (TAVARES; FERREIRA, 2006). A trigonelina foi detectada nos espectros de RMN de ¹H na faixa entre 8,5 a 9,5 ppm, ainda que prótons do seu anel aromático também apareçam na região próxima a 4,5 ppm. A ausência destes picos em todos os espectros, possivelmente indica a ausência e/ou baixa presença deste composto no resíduo de café. A trigonelina é um alcalóide de importância na germinação de sementes de café e está relacionada com efeitos antibacterianos (DAGLIA et al., 1994). Portanto, sua presença no RC, material com potencial para ser utilizado como substrato, pode apresentar efeito positivo sobre os processos de germinação e desenvolvimento das culturas.

A cafeína foi revelada no material através dos picos entre 3 – 4 ppm no espectro de RMN de ¹H do material extraído com água (Figura 7a). O mesmo foi detectado por Del Campo et al. (2010), que sugeriram sinais em 3,28, 3,45 e 3,88 ppm. Estes autores alertam para o fato de que o pH pode alterar a posição dos picos. Sendo assim, as posições relativas não aparecerão necessariamente nas mesmas regiões. Na extração com água, revelaram-se alguns picos que confirmam a possível presença das substâncias já mencionadas como, por exemplo, o pico em 65,28 ppm no espectro de ¹³C (Figura 7b), e alguns picos na região alifática.

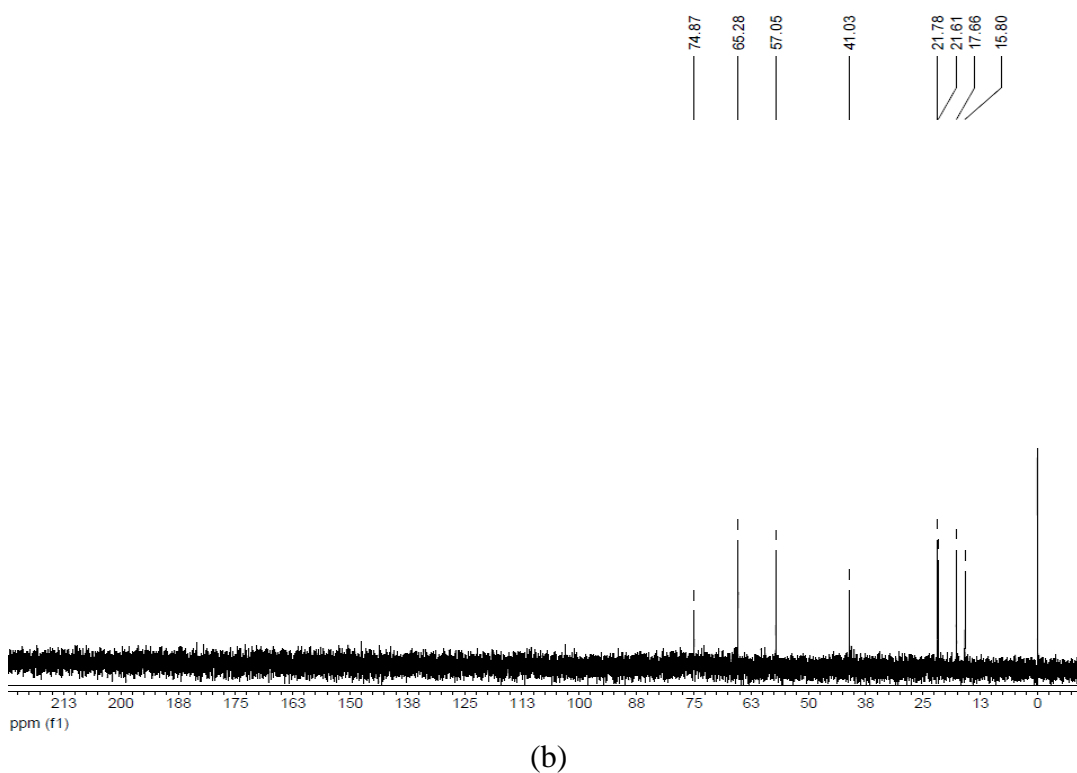
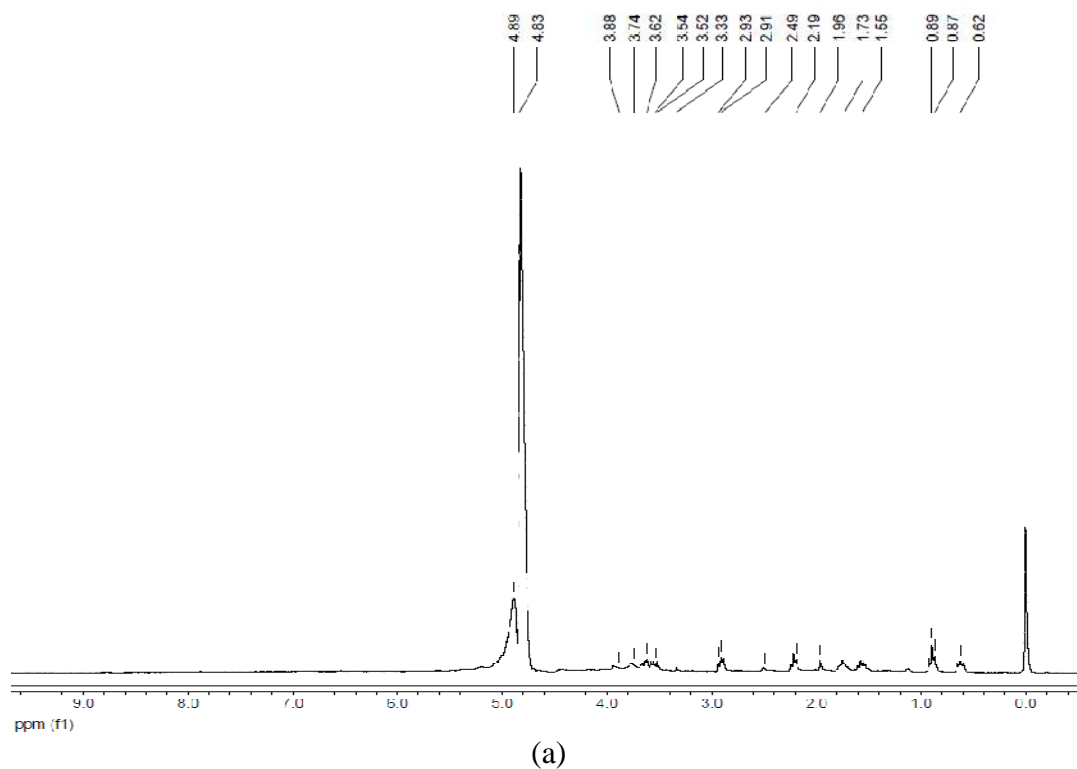


Figura 7. Espectro de RMN de ^1H (a) e de ^{13}C (b) do extrato de borra de café em água (solvente: D_2O). Os deslocamentos químicos (δ) estão em ppm e o padrão interno utilizado foi TMS.

Os espectros de RMN de ^1H e de ^{13}C demonstraram que o RC apresenta, em sua composição, diversas substâncias orgânicas complexas, como os ácidos aromáticos (catecóis e ácidos clorogênicos, trigonelina, cafeína, entre outras), além da presença de ácidos de cadeias alifáticas (ácidos graxos, ácido láctico, ácido quínico e lipídios). Na maioria são metabólitos secundários com ação antioxidante, sendo que alguns exercem influências aleloquímicas de caráter benéfico como, por exemplo, a trigonelina. Segundo Daglia et al. (1994) esta substância é considerada um alcalóide de importância no processo de emergência de sementes de café. Tem-se ainda substâncias de caráter inibitório. A cafeína é capaz de promover o retardamento na emergência de sementes, bem como o lento desenvolvimento de plântulas de cafeeiro (ROSA et al.; 2007).

O material utilizado neste trabalho possui potencial para utilização como substrato orgânico e fertilizante suplementar, principalmente como fonte de N, tendo-se identificado a presença de melanoidinas (polímeros nitrogenados) que, somadas a outras substâncias, podem disponibilizar nitrogênio e outras fontes de nutrientes para as plantas no processo de mineralização. Vale ressaltar que se faz necessário desenvolver mais pesquisas sobre o resíduo de café (borra) como substrato e fertilizante suplementar, de modo a incrementar sua utilização para diversos fins agrícolas e evitar o seu grande desperdício.

3.2 Mineralização do carbono do resíduo de café

Na Figura 8 é apresentada a dinâmica de mineralização do carbono orgânico constituinte do RC em função do tempo de incubação, tendo-se o solo sem aplicação de RC como controle. O RC apresentou maior taxa de mineralização de carbono (TMC) na etapa inicial do processo de decomposição até os 27 dias de incubação, com subsequente declínio nas demais avaliações. Deve-se considerar que, na fase inicial da degradação aeróbia dos resíduos orgânicos, as bactérias atuam sobre materiais de mais fácil e rápida decomposição. Com o esgotamento dessas fontes, passam a atuar sobre materiais orgânicos mais complexos e de mais difícil e lenta decomposição.

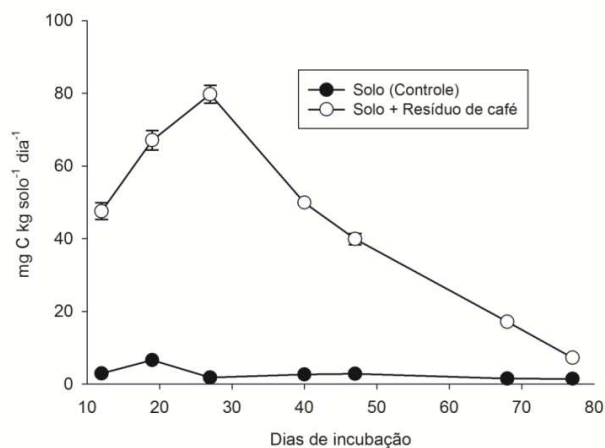


Figura 8. Mineralização do carbono do resíduo de café aplicado ao solo cultivado com cafeeiro orgânico, Fazenda água Limpa – FAL/UnB/2013.

A liberação acumulada de carbono (LAC) do RC, ao final dos 77 dias, foi de 308 mg de C-CO₂ kg⁻¹ solo⁻¹, enquanto que o mesmo solo sem adição do resíduo apresentou valor de LAC igual a 19,8 mg de C-CO₂ kg⁻¹ solo⁻¹. Esses resultados demonstram que o RC é um substrato de fácil mineralização, com elevado potencial de liberação de nutrientes após a sua aplicação ao solo. Valores elevados de mineralização podem ser atribuídos principalmente à baixa relação C/N e à constituição da fração orgânica (MARTINES et al., 2006).

3.3 Efeitos do resíduo de café em plantas de cafeeiro sob cultivo orgânico adensado

Na Figura 9 está apresentada a relação entre índice de área foliar (IAF) e doses de resíduo de café aplicadas por planta de cafeeiro orgânico de cultivo adensado. Com relação à dose controle, aplicações de 0,5, 1,0 e 1,5 kg planta⁻¹ mostraram tendência de aumento no índice de área foliar em plantas de cafeeiro. As doses de RC sobre o IAF evidenciaram uma relação não linear ($R^2 = 0,89$), pois houve resposta somente a partir de 2,0 kg planta⁻¹. Portanto, se poderia esperar que efeitos significativos no aumento do IAF ocorressem com doses mais elevadas do que 2,0 kg planta⁻¹. Além de estar relacionado diretamente ao processo fotossintético das plantas, o IAF pode ser utilizado como referência no rendimento da cultura (SILVA et al., 2011), ainda que não se tenha verificado neste experimento.

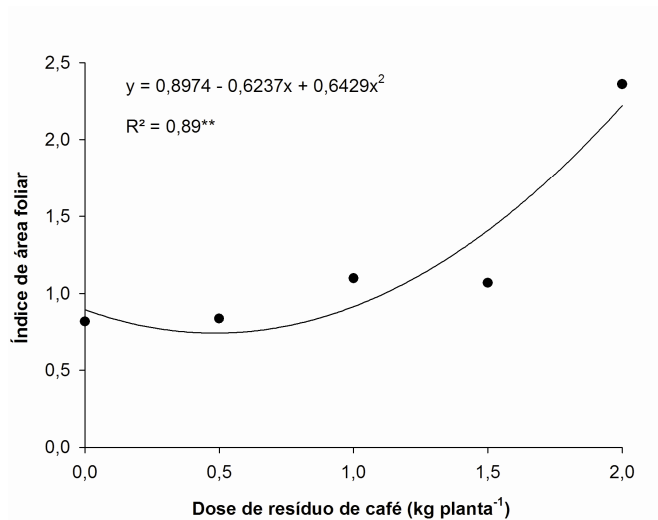


Figura 9. Índice de área foliar de plantas de cafeeiro, sob produção orgânica, em função da dose de resíduo de café aplicada. ** significativo a 5% de probabilidade ($P = 0,05$).

Os resultados referentes a números de botões florais em cafeeiro adensado em função dos níveis de RC, adicionados ao solo por planta, estão representados na Figura 10. Verificou-se aumento do número de botões florais em cerca de 10 unidades quando se aumentou a dose de resíduo de café do nível controle até $0,5 \text{ kg planta}^{-1}$. Considerou-se que os acréscimos representaram muito pouco em termos de disponibilidade nutritiva, para as plantas de cafeeiro, portanto, distante do ponto ideal que venha a favorecer o ciclo reprodutivo e vegetativo da cultura. Além disso, o RC é um material orgânico de demanda lenta no seu processo de decomposição.

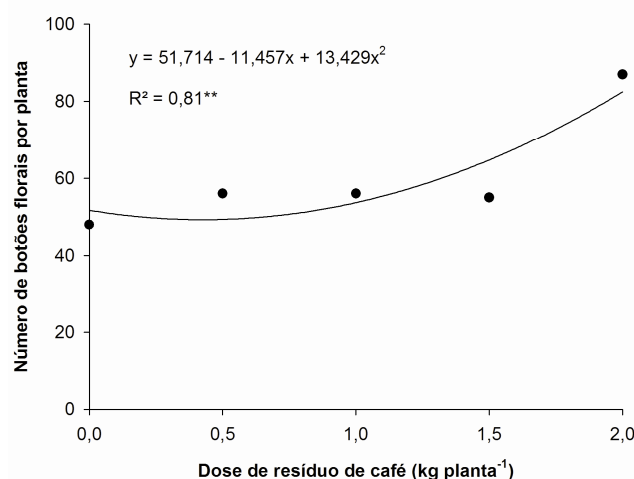


Figura 10. Número de botões florais de plantas de cafeeiro sob produção orgânica em função da dose de resíduo de café aplicada. ** significativo ($P = 0,05$).

Aumento no intervalo de 0,5 kg de resíduo não ocasionou efeito considerável na produção de botões florais até a dose de 1,5 kg planta⁻¹. Entretanto, este trabalho mostrou resposta positiva no nível mais elevado analisado (2,0 kg planta⁻¹), com maior ajuste do efeito quadrático, dentre os vários modelos de resposta testados. Doses de 2,0 kg planta⁻¹ foram as mais adequadas para o desenvolvimento de botões florais. Nessa dose de RC foram obtidos 85 botões florais por planta, representando um aumento de cerca de 30 unidades em relação à média onde se utilizou dose de 1,5 kg planta⁻¹. As flores de cafeeiro, segundo Malavolta et al. (2002), constituem um forte dreno nutricional, isto em função da época e da cultivar. O mesmo foi observado em *Musa* spp. (MOREIRA e FAGERIA, 2009). Cafeeiros adensados apresentaram grande atividade da giberelina, fitormônio associado com a inibição de formação dos botões florais e menor produtividade (MORAIS et al., 2008). No entanto, a aplicação de RC contribuiu para contornar esse possível fator inibitório, promovendo o aumento no número de botões florais. Assim esperar-se-ia que doses superiores a 2,0 kg planta⁻¹ contribuam positivamente a este fator de produção.

Um aspecto relevante que pode ter contribuído para diminuir a magnitude de resposta refere-se à idade da planta. Recuperadas depois de poda, apresentaram menor absorção de nutrientes, traduzido em baixa resposta aos fatores vegetativos e reprodutivos. Aumentos na quantidade de RC resultariam em maior formação de botões florais em condições de cafezais mais novos. Santos et al. (2008) demonstraram que palhada de café em combinação com torta de mamona ou com chorume suíno favoreceram a produtividade do cafeeiro, apresentando resultados compatíveis com os obtidos com outras quatro fontes orgânicas nutricionais (composto orgânico + torta de mamona + chorume suíno ou farinha de ossos e carne + crotalária). Assim, o RC, mesmo no seu estado *in natura*, apresentou grande potencial para ser utilizado como um fertilizante orgânico suplementar, impactando positivamente a produção de botões florais e o aumento do índice de área foliar, características associadas ao maior rendimento em cafeeiro.

Ressalta-se que outras variáveis foram avaliadas, tais como: altura de plantas, comprimento de ramos plagiotrópicos, número de frutos de cafeeiro, temperatura do solo (nas épocas frias e secas) e nitrogênio total do solo. Entretanto, devido ao fato de a cultura cafeeira utilizada no experimento já ter sido trabalhada com outras fontes de nitrogênio (torta de mamona) em pesquisas anteriores, os dados relativos àquelas variáveis não mostraram correlação positiva entre si, ou não apresentaram resposta à adição do resíduo de café.

4. CONCLUSÕES

1. A composição do resíduo de café coletado no Distrito Federal demonstra sua eficácia como um provável fertilizante de uso alternativo;

2. A espectrometria do resíduo de café identifica uma diversidade de compostos orgânicos, passíveis de decomposição, com potencial para liberar nutrientes às plantas;

3. O resíduo de café apresenta elevada taxa de mineralização nos primeiros 27 dias após sua aplicação ao solo, disponibilizando nutrientes encontrados em sua composição.

4. O resíduo de café *in natura*, aplicado na dose de 2,0 kg planta⁻¹, mostra efeito positivo no aumento de botões florais e índice de área foliar em cafeeiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDINSOFT (2011) **XLSTAT 2011**: statistical software to MS Excel. (Addinsoft: New York).

ARTUR, G. A.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

ASSIS, A. M.; UNEMOTO, L. K.; YAMAMOTO, L. Y.; LONE, A. B.; SOUZA, G. R. B.; FARIA, R. T.; ROBERTO, S. R.; TAKANASHI, L. S. A. Cultivo de orquídea em substituição à base de casca de café. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 544-549, 2011.

CAGLIANI, L. R.; PELLEGRINO, G.; GIUGNO, G.; CONSONNI, R. Quantification of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* var. *robusta* in roasted and ground coffee blends. **Talanta**, v. 106, p. 169–173, 2013.

CASTILHOS, R. M. V.; DICK, D. P.; CASTILHOS, D. D.; MORSELLI, T. B. A. G.; COSTA, P. F. P.; CASAGRANDE, W. B.; ROSA, C. M. Distribuição e caracterização de substâncias húmicas em vermicompostos de origem animal e vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Pelotas, v. 32, p. 2669-2675, 2008.

CONSONNI, R.; CAGLIANI, L. R.; COGLIATI, C. NMR based geographical characterization of roasted coffee. **Talanta**, v. 88, p. 420– 426, 2012.

DAGLIA, M.; CUZZONI, M. T.; DECANO, C. Antibacterial activity of coffee relationships between biological activity and chemical markers. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 42, p. 2273-2277, 1994.

DEL CAMPO, G.; BERREGI, I.; CARACENA, R.; ZURIARRAIN, J. Quantitative determination of caffeine, formic acid, trigonelline and 5-(hydroxymethyl)furfural in soluble coffees by ¹H NMR spectrometry. **Talanta**, v. 81, p. 367–371, 2010.

EFFGEN, T. A. M.; PASSOS, R. R.; LIMA, J. S. S.; BORGES, E. N.; DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. Atributos químicos do solo e produtividade de lavouras de cafeeiro conilon submetidas a diferentes tratos culturais no sul do Estado do Espírito Santo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 7-18, 2008.

FERREIRA, A. D. **Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2011.

GUIMARÃES, R. M. Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2000. 180f. Tese (Doutorado em fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W. Propriedades químicas e físicas dos resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1743-1752, 2010.

JÚNIOR, A. C. O.; SILVA, C. A.; CURI, NILTON.; E GUILHERME, L. R. RANGEL, O. J. P. Indicadores químicos de qualidade da matéria orgânica de solo da sub-bacia do Rio das Mortes sob manejos diferenciais de cafeeiro. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1733-1737, 2008.

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Degaspari, 2010. 248p.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHS R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002.

MALTA, R. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R.; GUIMARÃES, R. J. Produtividade de lavouras cafeeiras (*Coffea arabica* L.) em conversão para o sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 183-191, 2007.

MARTINES, A. M.; ANDRADE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 41, n. 7, p. 1149-1155, 2006.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; KOGUSHI, M. S.; GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. M. A. Desenvolvimento de gemas florais, florada, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 465-472, 2008.

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZ-MURCIA, M. D.; PEREZ- ESPINOSA, A.; RUFETE, B.; PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 153-158, 2005.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 574-581, 2009.

MUSSATTO, I. S.; MACHADO, E. M. S; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, composition and application of coffee and its industrial residues, **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661-672, 2011.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-930, 2008.

PIRES, A. A.; MONERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Reaproveitamento de folhas de café após a colheita na reciclagem de nutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-10, 2010.

ROMEIRO, G. A.; SALGADO, E. C.; SILVA, R. V. S.; FIGUEIREDO, M. K. -K.; PINTO, P. A.; DAMASCENO, R. N. A study of pyrolysis oil from soluble coffee ground using low temperature conversion (LTC) process. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 93, p. 47-51, 2012.

ROSA, S. D. V. F.; MAZZAFERA, P.; GUIMARÃES, M. R.; VEIGA, D. A.; VEIGA, A. D. Pré-embebição: efeitos na germinação; crescimento de plântulas e teor de cafeína em sementes de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 69-78, 2007.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SILVA, R. F.; BORGES, C. D.; GARIB, D. M. MERCANTE, F. M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2435-2441, 2008.

SILVA, V. M.; RIBEIRO, P. H.; TEIXEIRA, A. R. Caracterização de compostos de resíduos orgânicos em propriedades de base familiar: aspectos qualitativos, quantitativos e econômicos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 34, p. 405-409, 2011.

SILVA, W. Z.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; RODRIGUES, W. N., MARTINS, L. D. Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 746-159, 2011.

TAVARES, L. A.; FERREIRA, A. G. Análises quali- e quantitativa de cafés comerciais via ressonância magnética nuclear. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 911-915, 2006.

TRANI, P. E.; FELTRIN, M. D.; POTT, C. A.; SCHWINGEL, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 256-260, 2007.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 455-462, 2012.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.5, p. 891-900, 2004.

ZOCA, S. M. **Avaliação de liberação de potássio por resíduos do beneficiamento do café**. 2012. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 2012.

CAPÍTULO II

USO DO RESÍDUO DE CAFÉ NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS E SUA INFLUÊNCIA EM PLÂNTULAS DE CAFEIEIRO

USO DO RESÍDUO DE CAFÉ NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS E SUA INFLUÊNCIA EM PLÂNTULAS DE CAFEIEIRO

RESUMO

Os atributos físico-químicos de substratos são essenciais para a obtenção de mudas com qualidade na formação do cafeeiro. Neste trabalho foi avaliada a reutilização do resíduo de café (RC) em mistura com outros componentes na germinação e no crescimento de plântulas *Coffea arabica* L. Realizaram-se cinco ensaios, combinando resíduo de café em níveis crescentes com os seguintes componentes: solo de cerrado (Latosolo Vermelho-Amarelo), areia, termofosfato de magnésio, fertilizante de liberação controlada (Osmocote[®]), esterco bovino, substrato comercial Bioplant[®] e Vivatto *slim plus*[®]. As misturas foram colocadas em tubetes de polietileno de forma cônica, com 5,5cm de diâmetro, 13,0cm de altura e volume de 220 mL, perfurados nas extremidades e dispostos em bandejas com 54 unidades. Cada parcela foi composta por seis tubetes com 12 plântulas, das quais duas foram retiradas aleatoriamente para avaliações. Biomassa fresca e seca da parte aérea e da raiz, velocidade e porcentagem de germinação, altura de plântula, diâmetro do caule ao nível do solo e comprimento de raiz foram avaliados, 192 dias após a semeadura. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Doses crescentes de RC promoveram efeito inibitório para germinação e crescimento de plântulas de cafeeiro. Substratos com elevadas doses do RC causaram redução na produção de biomassa e, quando combinado com solo e esterco de bovino, reduziram a emergência de plântulas. De modo geral, o uso de resíduo de café em doses superiores a 20 % causou inibição da germinação e do crescimento das plântulas de cafeeiro, ainda que contenha nutrientes em sua composição. É provável que esse resultado esteja atribuído à presença de metabólitos secundários, dentre eles a cafeína.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., resíduo orgânico, alelopatia, componentes de substrato.

THE USE OF COFFEE POWDER RESIDUE IN THE COMPOSITION OF SUBSTRATES AND THEIR INFLUENCE IN COFFEE SEEDLINGS

ABSTRACT

The physico-chemical attributes of substrates are essential in the acquisition of coffee seedlings with high quality. The reuse of coffee powder residue (CR) mixed with other components was evaluated in germination and seedling of *Coffea arabica* L. Five essays were conducted, combining CR at increasing levels with the following components: savannah soil (red-yellow latosol), sand, magnesium thermo-phosphate, slow release fertilizer (Osmocote[®]), cow's manure, Bioplant[®] and Vivatto *slim plus*[®], substrates. Mixtures were placed in polyethylene conic-shaped tubettes, 5.5 cm diameter and 13 cm height, with 220 mL capacity, drilled at the bottom and disposed in trays with 54 units. Each plot had six tubettes and twelve seedlings, from which two were randomly removed for evaluations. Fresh and dry biomass of aerial and root parts, speed and percentage of germination, seedling height, stem diameter and root length were evaluated, 192 days after sowing (DAS). Entirely random plot experimental design was used. Increasing amounts of CR have promoted inhibitory effect for most of growth characteristics of coffee seedlings. Substrates with CR were inefficient for biomass production. In general, the presence of coffee residue in substrate inhibited germination and seedling growth, even though it contained nutrients. These results are ascribed to the presence of secondary metabolites, among them caffeine.

Keywords: *Coffea arabica* L., organic material, allelopathy, component substrate.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da lavoura cafeeira depende, entre outros fatores, da boa qualidade das mudas. Ainda que apresentem boa aparência exterior, podem causar problemas que serão manifestados no futuro, tais como doenças, nematóides etc, comprometendo todo o investimento (REVISTA CAFEICULTURA, 2005). As condições favoráveis à cafeicultura no Brasil, atingindo elevado rendimento e qualidade, têm estimulado a expansão, aumentando a demanda por mudas, intensificada no cultivo moderno com adensamento populacional. A preocupação com a qualidade das mudas de cafeeiro surge em função do elevado custo na implantação da lavoura. O objetivo é reduzir os prejuízos com replantio, além da produção de mudas padronizadas para formar estandes homogêneos no campo (COGO et al., 2011).

O emprego de constituintes orgânicos pode contribuir para redução dos custos durante o processo produtivo e manter o crescimento vegetativo e a qualidade das mudas de cafeeiro. Nesse sentido, diversas combinações têm sido testadas. Formulações contendo lixo urbano, como componentes de substratos para o cultivo de plantas em recipientes, contribuíram expressivamente para a nutrição mineral das plantas (LIMA et al., 2011). Da mesma forma, a utilização de materiais orgânicos como bagaço de cana, torta de filtro, esterco de bovino (VALLONE et al., 2010), estercos de aviário e de bovinos e húmus (COGO et al., 2011) em diferentes combinações com solo contribuíram para elevar a qualidade de mudas de cafeeiro. O uso de solo e esterco de bovino em misturas, além de produzirem efeitos satisfatórios na formação de mudas de cafeeiro, propiciou melhor desenvolvimento das mudas no campo, 20 dias após o transplante (VALLONE et al., 2009).

O uso de substratos comerciais em misturas com resíduos orgânicos acrescidos de fertilizantes de eficiência aumentada tem sido estudado com boas perspectivas de aplicação. O substrato comercial Plantmax[®] em mistura com esterco de curral e casca de arroz carbonizada vermicompostado, acrescido de fertilizante de liberação gradual Osmocote[®] mostrou-se satisfatório para produção de mudas de cafeeiro (MARANA et al., 2008). Assim como o uso de casca de arroz carbonizada, terra de subsolo, esterco de curral e vermiculita com a adição de (Osmocote[®]) demonstraram ser uma combinação adequada para produção e redução de custos de mudas de cafeeiro (POZZA et al., 2007). Combinados de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro mostraram-se efetivos para a formação de mudas de cafeeiro da espécie *Coffea canephora*. Porém, quando produzidas em compostos a base de fertilizantes de liberação controlada, como solo e esterco, o efeito foi superior (SILVA et al., 2010). Compostos

orgânicos a base de esterco de galinha, palha de café e palha de feijão, associados com fertilizações foliares contribuíram para o desenvolvimento de mudas de cafeeiro (ARAÚJO et al., 2008). Materiais orgânicos, como casca de arroz carbonizada, esterco de bovino, casca de pinus moída, terra de subsolo, em misturas com substratos comerciais do tipo, vermiculita, Plantmax[®], complementados com fertilizantes de liberação gradual (Osmocote[®]), foram empregados com sucesso na formação de mudas de cafeeiros em tubetes (MELO et al., 2003). Misturas de esterco de peru e substrato comercial Bioplant[®] fertilizados com adubo de liberação controlada (Osmocote[®]) resultaram no desenvolvimento de mudas de cafeeiro para a produção comercial (DIAS;MELO et al., 2009). Húmus de minhoca em mistura com substrato artificial Bioplant[®] ou em uso exclusivo (100%), acrescido de Osmocote[®], mostrou-se igualmente adequado para o crescimento de mudas de cafeeiro (DIAS et al., 2009). Dentre os substratos convencionais, Plantmax[®] acrescido de Osmocote[®] foi o que melhor se destacou na produção de mudas de cafeeiro, seguidos do substrato alternativo preparado a base de esterco + terra de subsolo + combinação de vermiculita, areia grossa e casca de arroz carbonizada nas proporções em massa de 50, 30 e 20 (CUNHA et al., 2002). Os resíduos de lixo urbano, terra diatomácea, torta de filtro e torta de filtro + vinhaça, são compostos aptos para usos na composição de substratos para mudas de cafeeiro (CORRÊA et al., 2009). O emprego do substrato comercial Plantmax[®] em combinação com solo na proporção (proporção 1:1 v/v) influenciou positivamente o crescimento inicial de mudas de *Coffea canephora* (BRAUN et al., 2009).

Outros materiais têm se destacado pela composição mineral e orgânica e poderiam ser utilizados na produção de mudas, como o resíduo de café (RC). A sua utilização como constituinte de substrato é pouco estudada, com escassez de informação no Brasil. Por outro lado, trata-se de um resíduo volumoso nos meios urbanos. O emprego do resíduo de café reduziria custos, contribuindo para minimizar impactos negativos ao ambiente. Este trabalho teve por objetivo avaliar o uso do resíduo de café em combinação com diferentes materiais como constituinte de substrato para produção de mudas de cafeeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de execução

O experimento foi conduzido em viveiro, localizado na Fazenda Água Limpa – FAL, Universidade de Brasília – UnB, com coordenadas geográficas aproximadas de 15° 56' de latitude Sul e 47° 56' de longitude Oeste e a 1080 m de altitude. Segundo classificação de Köppen, o clima é do tipo AW tropical chuvoso e de inverno seco.

2.2 Composição dos substratos

Nos estudos de germinação e formação das plântulas de cafeeiro foram instalados cinco ensaios, com os respectivos tratamentos (T) como segue: 1) Composto por resíduo de café (RC), solo de cerrado, termofosfato magnesiano (TM) (yoorin master®) e areia nas respectivas proporções em massa de 0, 100, 1 e 0 (T1), 20, 80, 1 e 0 (T2), 40, 60, 1 e 0 (T3), 60, 40, 1 e 0 (T4), 80, 20, 1 e 0 (T5), 100, 0, 1 e 0 (T6) e 0, 0, 1 e 100 (T7); 2) Com os mesmos substratos e proporções em massa, incluindo-se um fertilizante mineral de liberação lenta (osmocote®), na formulação 15–9–12 e dosagem de 10 g kg⁻¹ de substrato; 3) Composto por RC, solo de cerrado, esterco de bovino (EB) e areia nas respectivas proporções de 0, 90 e 10 (T1), 20, 70 e 10 (T2), 40, 50 e 10 (T3), 60, 30 e 10 (T4), 80, 10 e 10 (T5), 100, 0 e 0 (T6) e 0, 0 e 100 (T7); 4 e 5) Compostos por RC em combinação com os substratos comerciais Bioplant® e Vivatto *slim plus*®, nas respectivas proporções em massa de 50 e 50 (T1), 60 e 40 (T2), 70 e 30 (T3), 80 e 20 (T4), 90 e 10 (T5) e 0 e 100 (T6).

A identificação dos materiais orgânicos e artificiais e suas respectivas concentrações encontram-se disponíveis no Anexo 11 desta tese.

2.3 Procedimentos para avaliação dos dados e modelo estatístico

Para avaliar germinação e crescimento das plântulas de cafeeiro utilizou-se como recipientes tubetes de plástico rígido de polietileno, com forma cônica, perfurados nas extremidades com 5,5 cm de diâmetro e 13 cm de altura, capacidade de 220 mL, em bandejas com 54 unidades. Cada parcela foi composta por seis tubetes, sendo semeadas duas sementes em cada tubete. Foram coletadas duas plântulas por parcela de forma aleatória para as

avaliações. Para todos os ensaios adotou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado.

2.4 Componentes dos substratos

2.4.1 Resíduo de café

O resíduo de café (borra), obtido após sua utilização como bebida, foi coletado em estabelecimentos públicos e privados do Distrito Federal. Devido ao alto teor de umidade, o material foi submetido à secagem ao ar sobre lonas plásticas, por um período de 72 horas. Em seguida, passou por pré-limpeza e peneira de 2 mm, sendo submetido a nova secagem, com umidade final em torno de 3 a 5%.

2.4.2 Solo de cerrado, areia e esterco bovino

Tabela 4. Caracterização química do solo utilizado como substrato nos ensaios experimentais. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Propriedades	Valores
C. O. (g kg^{-1})	8,4
M. O. (g kg^{-1})	14,4
pH (H_2O)	5,6
Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,1
H + Al ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	4,0
SB ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,53
CTC ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	5,0
V (%)	12
Sat./Al (%)	16
Sat./Na (%)	0,2
P (mg dm^{-3})	0,2
K ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,02
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,4
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,1
Na ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,01

O solo utilizado como substrato (Latosolo Vermelho-Amarelo), foi coletado numa trincheira a 0,5 m abaixo da superfície, seco ao ar e esterilizado por solarização, sendo

exposto à luz solar por um período de cinco dias, envelopado entre duas lonas plásticas transparentes e passado por peneira fina. O procedimento foi descrito por Miranda et al. (2007). As propriedades químicas do solo estão apresentadas na Tabela 4.

Conforme o cálculo da necessidade de calagem aplicou-se 2 g de calcário dolomítico por kg de solo e incubado por um período de 30 dias, mantendo-se o teor de água próximo à capacidade de campo. A areia e o esterco bovino foram procedentes do mercado local (Brasília/DF). Estes materiais foram passados em peneira de 2 mm. O esterco bovino foi obtido já curtido, sendo submetido à moagem para melhor uniformidade do substrato dentro do recipiente, bem como por favorecer a retenção da água de irrigação, facilitar a emergência da semente e o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas.

2.4.3 Substratos comerciais e termofosfato magnésiano

Tabela 5. Caracterização química do resíduo de café (RC), esterco de bovino (EB) e substratos comerciais nos ensaios experimentais. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Propriedade		RC	EB	Bioplant [®]	Vivatto [®]
N		2,0	2,1	1,20	1,0
P		0,12	0,44	0,38	0,35
K	dag kg ⁻¹	0,81	1,15	0,71	0,46
Ca		0,20	0,40	1,0	2,20
Mg		0,10	0,30	0,90	0,70
S		0,07	0,19	0,07	0,52
B		2,0	8,18	24,7	21,4
Cu		0,12	210	48,3	17,9
Fe	mg dm ⁻³	0,81	3781	4708	4777
Mn		0,20	127	191	286
Zn		0,10	101	83,9	47,2
M.O.		96	79,0	68,8	44,0
C. org.	dag kg ⁻¹	53,3	43,9	38,2	24,4
U ₆₅		7,50	10,3	44,0	39,8
U ₁₁₀		1,60	4,60	0,4	6,6
CE	dS/m	1,0	1,0	68,8	1,0
CTC	cmol _c dm ⁻³	62,0	38,0	38,2	59,5
CTC/C	-	1,2	0,9	44,0	2,4
C/N	-	26,7	20,9	0,4	24,4
DQO	-	1422	1170	68,8	652
pH (CaCl ₂)	-	5,2	7,6	38,2	5,2

M.O. – Matéria orgânica, C.org. – Carbono orgânico, CE – Condutividade elétrica, CTC – Capacidade de Troca Catiônica, DQO – Demanda química de oxigênio, U₆₅ – Umidade a 65°C, U₁₁₀ – Umidade a 110°C. Fonte: Laboratório Soloquímica, Brasília-DF/2010.

O substrato comercial Bioplant[®], produto comercial utilizado em produção de mudas, é composto por material orgânico de origem vegetal e vermiculita expandida. O substrato comercial Vivatto[®] *slim plus*, produto de uso agrícola, é constituído por casca de pinus bio-estabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica. Antes da instalação dos experimentos foi realizada análise química destes substratos comerciais, cujos resultados estão representados na Tabela 5.

O termofosfato magnésiano utilizado no experimento apresenta as seguintes propriedades físico-químicas: P₂O₅ total = 17,5%, P₂O₅ sol., ácido cítrico 2% (1/100) = 16,0%, Ca = 18,0%, Mg = 7,0%, B = 0,10%, Cu 0,05%, Mg 0,30%, Si = 10% e Zn = 0,5%.

2.5 Metodologia de semeadura e disposição de tubetes

Antes de receber os substratos, os tubetes foram embebidos com água em sabão por 72 horas, escovados, lavados e passados em solução com hipoclorito de sódio a 4% por um período de três horas, conforme procedimento utilizado por Marana et al. (2008). Depois de transferir os substratos, estes foram umedecidos durante dez dias para melhor uniformidade dentro dos recipientes. As sementes foram postas sobre o substrato e receberam uma fina camada do mesmo material e, sobre este, foi colocada uma leve cobertura com casca de arroz utilizando-se 4 g do produto por tubete, de modo a evitar a incidência direta dos raios solares sobre as sementes e incidência de plantas daninhas, bem como preservar a umidade e permitir maior eficiência de germinação. Os tubetes foram ergonomicamente expostos em casa de vegetação sob sombrite a 50%, coberta com um filme plástico transparente permitindo 80% de penetração de luz solar.

2.6 Cultivar utilizada no experimento

As sementes de café, cultivar Catuaí Amarelo IAC-62, utilizadas no experimento foram provenientes de Machado (MG). A cultivar originou-se do cruzamento de Caturra amarelo, IAC 476-1, com Mundo Novo, IAC 379-19, combinando baixa estatura das plantas e frutos amarelos de Catuaí com vigor o de Mundo Novo.

Antes da semeadura, as sementes foram embebidas em água à temperatura ambiente por 24 horas para facilitar a germinação, conforme demonstrado por Rosa et al., 2007. O local do experimento recebeu iluminação solar e as parcelas foram mantidas à temperatura de

22±28°C, propiciando condições favoráveis para germinação e emergência. Durante a condução, as regas foram realizadas manualmente por pulverizador costal de alta pressão com capacidade de 5L e uso de bico tipo cone. A lâmina de água foi de 2,7mm, aplicada duas vezes ao dia, manhã e tarde.

2.7 Variáveis avaliadas

As seguintes características foram avaliadas: Altura do coleto (AC), comprimento de raiz (CR), diâmetro de coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE), porcentagem de emergência final (EF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), e massa seca total (MST). O acompanhamento da germinação foi feito diariamente, enquanto IVE foi obtido por contagem a cada 48 dias, a contar da data da semeadura. Emergência final (EF %) e as demais características foram medidas aos 192 dias coincidentes com a última contagem.

2.7.1 Obtenção dos parâmetros de emergência e crescimento

A porcentagem de emergência foi calculada de acordo com Labourial e Valadares (1976), através da equação 1:

$$\%E = \left(\frac{N}{A} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

%E – porcentagem de emergência;

N – número total de sementes emergidas;

A – número total de sementes semeadas.

No cálculo do índice de velocidade de emergência utilizou-se a equação proposta por Maguire (1962). Considerou-se como emergida a plântula que apresentavam os cotilédones totalmente livres (Equação 2).

$$\text{IVE} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \frac{E_3}{N_3} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (2)$$

Onde:

IVE = índice de velocidade de emergência;

$E_1, E_2 \dots E_n$ = número de plântulas normais emergidas na primeira, segunda e última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias da semeadura à primeira, segunda até a última contagem.

Altura do coleto e comprimento de raiz foram obtidos com o auxílio de uma régua graduada em milímetros. No primeiro caso, medindo-se a plântula do colo até a inserção do primeiro par de folhas verdadeiras. O diâmetro do coleto foi medido com um paquímetro digital, tomando como base o local de inserção das raízes, ou seja, no colo da plântula. O número de folhas foi obtido por contagem, desconsiderando-se as cotiledonares.

2.7.2 Obtenção dos parâmetros de biomassa

A determinação de massa fresca foi realizada por pesagem direta do material colhido, enquanto que para se obter os dados de massa seca, o material foi submetido à secagem em estufa de circulação forçada com temperatura de $65 \pm 1^\circ\text{C}$ até que se atingisse peso estável. As pesagens foram realizadas em balança analítica com cinco dígitos.

2.8 Análises dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e verificados o grau de significância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$), utilizando-se o software ASSISTAT 7.6 (SILVA, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio 1 (RC, solo, TM e AU)

Os resultados dos ensaios com os diferentes substratos contendo resíduo de café (RC) estão apresentados nas tabelas 6 a 17. Com base nesses ensaios, tornou-se possível comparar os efeitos de substratos inertes (areia) com os que fornecem nutrientes combinados com RC. Este por sua composição apresenta potencial de nutrir as plantas, alvo deste estudo, ainda que tenha interferido na germinação e no crescimento das plântulas de café. As possíveis causas foram discutidas.

Com o aumento na proporção de RC nas combinações de substratos houve diminuição na altura do coleto (AC), inferior aos valores proporcionados pelos tratamentos com solo + TM (T1) e areia (T7) (Tabela 6, Figura 11). A areia, na fase inicial das mudas, apresentou condições para germinação e emergência, como foi demonstrado em melão de caroá (LIMA et al., 2010). Provavelmente, nas fases posteriores das mudas, haveria limitação por falta de nutrientes minerais.

Tabela 6. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro de coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substrato com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia, 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AC (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
T1	3,99 ab ²	13,70 a	1,71 a	18,62 ab	72,92 a
T2	3,54 abc	11,76 a	1,76 a	17,01 abc	79,17 a
T3	3,27 abc	9,32 ab	1,72 a	11,52 bcd	54,68 ab
T4	3,35 abc	10,32 ab	1,73 a	8,90 cd	54,69 ab
T5	3,07 bc	6,12 b	1,56 a	5,16 d	53,83 bc
T6	2,85 c	5,37 b	1,61 a	3,34 d	22,92 c
T7	4,12 a	11,72 a	1,64 a	24,96 a	72,92 a
DMS	0,95	4,96	0,42	9,67	31,11
CV (%)	11,97	22,13	10,97	32,89	24,23

¹Composição dos substratos (RC:solo:TM): T1 – 0, 100,1 e 0; T2 – 20, 80, 1 e 0; T3 – 40, 60, 1 e 0; T4 – 60, 40, 1 e 0; T5 – 80, 20, 1 e 0; T6 – 100, 0, 1 e 0; T7 – 0, 0, 0 e 100. ²Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0.05).

Quando se observa comprimento de raízes (CR), não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 7. A presença de RC na proporção de 20%

(Tratamento 2) mostrou-se comparável a areia para o desenvolvimento das raízes de plântulas de cafeeiro (Tabela 6). Doses crescentes do resíduo de café ocasionaram diminuição do comprimento, com reflexo no menor crescimento da parte aérea. Substratos contendo resíduos orgânicos combinados com Bioplant[®] apresentaram redução em diâmetro de coleto e altura de plântulas de cafeeiro por provável desequilíbrio nutricional (DIAS et al., 2009).



Figura 11. Plântulas de cafeeiro 192 DAS, cultivadas em substratos compostos por resíduo de café (RC), solo, termofosfato magnésiano (TM) e areia (AU).

O aumento na proporção do RC causou diminuição no índice de velocidade de emergência (IVE). Os tratamentos 3, 4, 5 e 6 apresentaram IVE inferiores àquele contendo apenas com areia (T7), indicando que o RC ocasionou retardamento na germinação. No entanto, ainda que lentamente, ocorreu germinação, conforme mostrado na emergência final (EF). O composto orgânico em mistura com solo confirmou ser um bom indicativo para crescimento de mudas de cafeeiro (ALMEIDA et al., 2011), contrastando com a presença do resíduo.

Apesar de a combinação empregada no T2 ter demonstrado valor médio superior aos demais tratamentos para diâmetro do coleto e emergência final, não houve diferença estatística entre eles. Entretanto, cabe destacar que diâmetro do coleto (DC) e EF decrescem entre os tratamentos 2 a 5. Este efeito pode ser explicado com base no acréscimo das concentrações de resíduo de café. É provável que tal fato tenha decorrido da influência do retardamento transitório que alguns componentes do resíduo de café, como cafeína, causa no processo fisiológico das plântulas. Na própria semente de café, o espermoderma contribui

para lenta emergência das sementes de cafeeiro e retardamento na formação da muda, estando associado à presença de cafeína (PEREIRA et al., 2002).

Extratos da casca e da borra de café demonstraram consideráveis efeitos inibitórios nas características, crescimento da raiz e parte aérea de *Panicum maximum* (ANDRADE, 2009). Resíduo de café nas doses de 2,5% e 5% v/v, foi tolerável em alface, enquanto proporções superiores a 20% causaram efeitos negativos no sistema radicular, comprometendo a absorção de nutrientes do substrato (FERREIRA, 2011). É provável que a adição de TM (yoorin máster) aos substratos não tenha causado efeito positivo devido à reduzida quantidade.

A aplicação do resíduo de café *in natura*, em geral, não apresentou resultados satisfatórios com relação aos dados de biomassa (Tabela 7). A inclusão do RC na composição de substratos apresentou plântulas com MFPA, MFR, MFT, MSPA, MSR e MST inferiores ao tratamento apenas com solo (T1). Extrato bruto obtido da casca de café proporcionou tanto estímulo quanto inibição, dependendo da dose, no desenvolvimento de plantas de pepino (MAY et al., 2011). Em plântulas de café, os efeitos inibitórios podem estar relacionados com o alcalóide exógeno suprido pelo resíduo (ROSA et al., 2007). Este teria promovido diminuição ou retardamento transitório na atividade fisiológica das plântulas.

Tabela 7. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia úmida, 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(g)					
T1	1,02 a ²	0,28 a	1,30 a	0,43 a	0,23 a	0,66 a
T2	0,56 b	0,13 c	0,69 bc	0,23 bc	0,11 b	0,34 c
T3	0,53 b	0,11 cd	0,63 bc	0,21 bc	0,08 bc	0,29 cd
T4	0,64 b	0,13 c	0,77 bc	0,22 bc	0,11 b	0,35 c
T5	0,50 b	0,04 e	0,55 c	0,16 c	0,04 c	0,2 d
T6	0,50 b	0,07 d	0,56 c	0,20 c	0,04 c	0,22 cd
T7	0,62 b	0,21 b	0,84 b	0,30 b	0,18 a	0,48 d
DMS	0,24	0,06	0,26	0,09	0,06	0,13
CV (%)	16,82	17,88	14,89	16,11	21,89	15,46

¹Composição dos substratos (RC:solo:TM): T1 – 0, 100,1 e 0; T2 – 20, 80,1 e 0; T3 – 40, 60, 1 e 0; T4 – 60, 40, 1 e 0; T5 – 80,20,1 e 0; T6 – 100, 0,1 e 0; T7 – 0, 0, 0 e 100. ²Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0.05).

Os tratamentos com RC não diferenciaram na parte aérea (MFPA), ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos contendo resíduo de café. É importante mencionar que o tratamento 1, composto por solo e TM (1%), mostrou-se como o substrato com melhor desempenho para a emergência e desenvolvimento das plântulas de cafeeiro. Tornou-se evidente que RC em níveis elevados inibe a emergência e o crescimento, ainda o efeito tende a diminuir com o tempo.

3.2 Ensaio 2 (RC, solo, TM e AU, acrescido de Osmocote®)

Com a adição do fertilizante de liberação lenta (Osmocote®) não se observaram diferenças significativas entre tratamentos contendo RC. Como esperado, o T6 (100% RC) mostrou menor altura do coleto, enquanto T2, T3, T4, T5 e T7 não apresentaram diferenças entre si (Tabela 8). No contraste de T1 (solo e TM) com T6, ficou evidente o efeito inibitório de RC. Mudanças de cafeeiro cultivadas em Plantmax-café® e Osmocote® mostraram crescimento comparável ao obtido neste trabalho (MARANA et al., 2008). O substrato contendo RC 20% em massa (T2) levou à velocidade de emergência similar ao solo puro, embora com porcentagem de germinação superior.

Tabela 8. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR) e diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia, acrescidos de Osmocote®, 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AC (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
T1	3,52 a ²	13,17 a	3,22 a	0,14 a	41,67 ab
T2	3,22 ab	9,93 ab	2,27 bc	0,14 a	54,17 a
T3	2,97 ab	8,35 b	2,04 bc	0,05 b	25,00 ab
T4	2,70 ab	3,25 c	1,77 c	0,04 b	22,22 ab
T5	2,88 ab	2,63 c	1,81 c	0,09 ab	25,00 ab
T6	2,53 b	1,66 c	1,92 bc	0,07 ab	13,89 b
T7	3,47 ab	10,77 ab	2,66 ab	0,15 a	55,57 a
DMS	0,95	4,63	0,75	0,09	34,30
CV (%)	11,27	23,37	11,96	34,09	36,25

¹Composição dos substratos (RC:solo:TM): Tratamento 1 – 00:100:1; Tratamento 2 – 20:80:1; Tratamento 3 – 40:60:1; Tratamento 4 – 60:40:1; Tratamento 5 – 80:20:1; Tratamento 6 – 100:0:1; Tratamento 7 – 100% AU.

²Médias representadas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apenas o tratamento com 100% de RC (acrescido de Osmocote®) diferiu estatisticamente dos demais para a variável emergência final (EF) de plântulas de cafeeiro. A adição do fertilizante levou a dados menos expressivos para as variáveis de emergência de plântulas de cafeeiro, quando comparadas aos tratamentos sem este material. Enquanto que o mínimo de germinação de plântulas ficou por volta de 54% para os tratamentos contendo RC (Tabela 6), a adição de Osmocote® aos substratos reduziu quase pela metade a EF (Tabela 8). O Tratamento 2 (20% de RC) foi o que melhor interagiu com o solo, sobressaindo-se inclusive com média bem superior ao T1, constituído de 100% solo, TM e Osmocote® (Figura 12).



Figura 12. Raízes nuas de plântulas de cafeeiro após 192 DAS, cultivadas em substratos à base de resíduo de café, solo e termofosfato magnésiano, acrescidos com fertilizante de liberação lenta (Osmocote®).

Um dos pontos positivos observado com os substratos onde se usou doses do resíduo de café foi a compactação deste material. Isto indica um mecanismo facilitador do manuseio da muda no momento do transplante. O fertilizante de liberação lenta, ainda que contribua com nutrientes, não foi suficiente para contornar o efeito inibitório de RC nas doses maiores. Contudo, em menor quantidade, contribuiu para a manutenção da muda, cujas raízes mostraram-se pouco lignificadas e menos suscetíveis a rupturas (FAVARIN et al., 2008).

Os tratamentos isentos de RC (1 e 7) mostraram as melhores respostas para os índices de biomassa de plântulas, embora não tenham apresentado diferenças entre si. O tratamento formulado com solo e TM (T1) apresentou valores médios de biomassa superiores ao tratamento 7 (Tabela 9). Nos tratamentos onde se empregou o resíduo de café, a concentração

de 20% foi aquela que levou aos melhores resultados para as variáveis de desenvolvimento de biomassa avaliadas.

Comparando-se a presença ou ausência do Osmocote[®], o maior efeito exercido foi o aumento da biomassa das plântulas de cafeeiro (Figura 13a). O contrário foi observado para as variáveis de crescimento (Figura 13b). A presença do Osmocote nos substratos reduziu bastante o comprimento de raízes, onde se observa um mínimo em CR para 60% de RC. Para AC, os tratamentos sem o Osmocote mostraram-se superiores.

Tabela 9. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substrato com resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia, acrescidos de Osmocote[®], 192 dias após a semeadura (DAS). FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(g)					
T1	7,26 a ²	1,62 a	8,88 a	2,21 a	0,58 a	2,79 a
T2	2,36 b	0,32 c	2,59 b	0,60 b	0,15 b	0,75 b
T3	1,83 bc	0,20 c	2,02 bc	0,48 b	0,14 b	0,62 b
T4	0,45 c	0,04 c	0,49 c	0,11 c	0,04 b	0,15 c
T5	0,52 bc	0,05 c	0,57 c	0,16 c	0,04 b	0,20 c
T6	0,51 bc	0,03 c	0,54 c	0,14 c	0,02 b	0,16 c
T7	6,78 a	0,85 b	7,63 a	2,02 a	0,46 a	2,48 a
DMS	1,86	0,35	1,98	0,24	0,18	0,35
CV (%)	23,68	29,03	21,89	10,45	32,42	12,36

¹Composição dos substratos (RC:solo:TM): T1 – 00, 100 e 1; T2 – 20, 80 e 1; T3 – 40, 60 e 1; T4 – 60, 40 e 1; T5 – 80, 20 e 1; T6 – 100, 0,1 e 0; T7 – 0, 0, 0 e 100. ²Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0.05).

3.3 Ensaio 3 (RC + SC + EB e AU)

No uso de esterco bovino, mesmo não havendo diferença estatística entre os tratamentos 2 a 5 contendo RC, houve um decréscimo proporcional na taxa de emergência (Tabela 10). Ficou confirmada a presença de inibidores, como cafeína, como a possível causa (ROSA et al., 2007). Sua presença na semente contribuiu para a lenta emergência das sementes de cafeeiro e o retardamento na formação da muda (PEREIRA et al., 2002). Como as plântulas apresentaram mecanismos para contornar o problema (ROSA et al., 2007), a inibição, neste caso, foi atribuída à fonte exógena do alcalóide. Torres et al. (2012) comprovaram que sementes de cafeeiro, semeadas em meio a substrato padrão (70% solo, 30% esterco bovino e

18% de P₂O₅) em mistura com borra de café na proporção 1:1, apresentaram lenta emergência e um menor número de plântulas em relação ao substrato padrão puro.

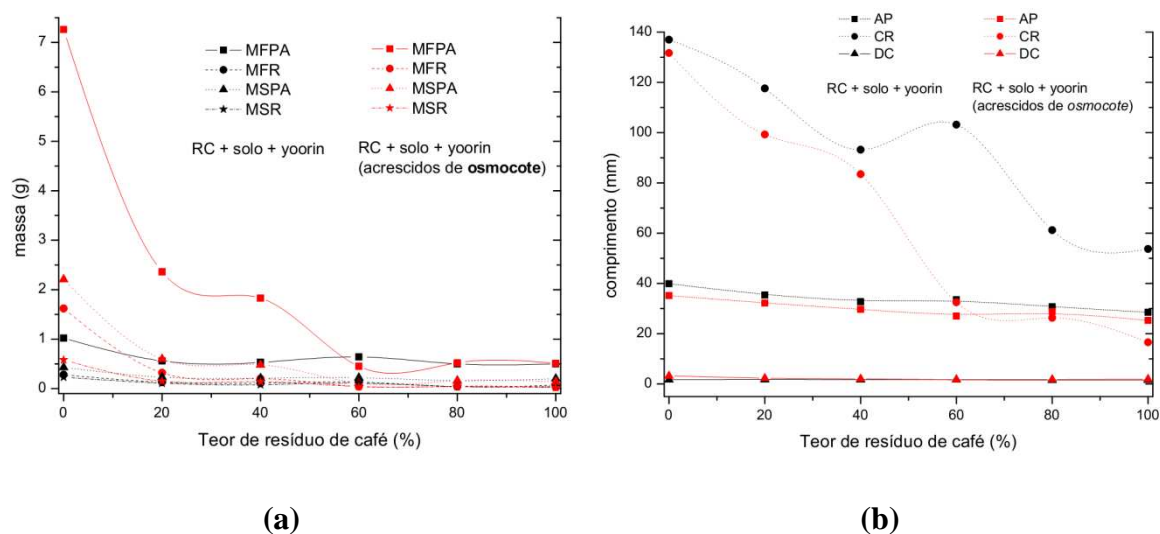


Figura 13. Crescimento (a) e biomassa (b) em plântulas de cafeeiro cultivadas em substratos contendo resíduo de café, solo, termofosfato magnésiano e fertilizante de liberação lenta (osmocote).

Tabela 10. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e Emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, esterco bovino e areia, 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2012.

Tratamento ¹	AC (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
T1	4,11 a ²	11,77 a	2,15 a	20,35 a	72,92 a
T2	3,95 ab	8,76 ab	2,48 a	11,55 abc	50,00 ab
T3	3,67 ab	9,27 ab	2,00 a	11,24 abc	41,67 ab
T4	3,03 bc	4,49 cd	1,51 a	7,42 bc	35,42 ab
T5	3,92 ab	6,74 bc	2,22 a	5,47 c	29,17 ab
T6	2,31 c	2,83 d	1,66 a	2,00 c	25,00 b
T7	3,45 ab	12,22 a	2,57 a	16,49 ab	70,83 a
DMS	1,02	3,84	1,61	10,29	44,53
CV (%)	42,65	20,87	33,64	42,62	41,73

¹Composição dos substratos (RC:solo:EB:A): T1 – 0, 90, 10 e 0; T2 – 20, 70, 10 e 0; T3 – 40, 50, 10 e 0; T4 – 60, 30, 10 e 0; T5 – 80, 10, 10 e 0; T6 – 100, 0, 0 e 0; T7 – 0, 0, 0 e 100. ²Médias representadas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey(p>0.05).

O tratamento 1 (90% solo e 10% EB), como esperado, contrastou com T6 (Tabela 10). Os reflexos negativos de altas concentrações de RC se verificaram no campo onde plantas

provenientes de mudas produzidas à base de solo + esterco bovino apresentaram desenvolvimento aceitável (VALLONE et al., 2009).

Em T1 com 90% de solo e com 10% de EB as plântulas apresentaram a maior altura do coleto, enquanto a presença de RC em mistura com solo e EB na proporção de 20% apresentou os melhores resultados comparativos para AC, DC, IVE e EF (T2).

Doses crescentes de água residual de café procedente do processo pós-colheita, aplicadas em mudas de cafeeiro, diminuíram as características vegetativas das plantas (MELO et al., 2011). Da mesma forma, a ação inibitória do resíduo de café afetou o processo fisiológico temporário das plântulas de cafeeiro. Para AC, 20% e 40% de RC mesmo não diferindo estatisticamente do tratamento com apenas areia, apresentaram maiores valores médios, indicando o aproveitamento de nutrientes provenientes do resíduo de café, ainda que tenha se refletido no menor crescimento de raiz (Tabela 10).

Tabela 11. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café, solo de cerrado, esterco bovino e areia, 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(g)					
T1	1,87 a ²	0,37 ab	2,25 a	0,57 a	0,20 a	0,78 a
T2	1,79 a	0,23 cd	2,02 b	0,44 a	0,12 a	0,57 a
T3	1,49 ab	0,27 abc	1,76 b	0,40 ab	0,14 a	0,55 a
T4	0,69 bc	0,08 de	0,60 d	0,17 bc	0,05 a	0,22 b
T5	0,82 bc	0,11 cde	0,93 d	0,18 bc	0,05 a	0,24 b
T6	0,34 c	0,03 e	0,38 d	0,09 c	0,24 a	0,33 b
T7	1,08 abc	0,44 a	1,53 c	0,40 ab	0,23 a	0,63 a
DMS	0,92	0,17	1,09	0,24	0,30	0,42
CV (%)	34,52	34,17	35,16	32,57	85,78	38,96

¹Composição dos substratos (RC:solo:EB:A): T1 – 0, 90, 10 e 0; T2 – 20, 70, 10 e 0; T3 – 40, 50, 10 e 0; T4 – 60, 30, 10 e 0; T5 – 80, 10, 10 e 0; T6 – 100, 0, 0 e 0; T7 – 0, 0, 0 e 100. ²Médias representadas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0.05).

No geral, o tratamento 1 com 90% de solo e 10% de EB, e o tratamento 2 com 20% de RC, 70% de solo e 10% de EB, apresentaram os melhores índices de MFPA, MFT, MSPA e MST. O tratamento 2 (20% RC, 70% solo e 10% EB) não apresentou diferença estatística para as variáveis MFPA, MSPA e MST em relação ao T1 com (90% solo e 10% EB). Houve uma tendência de decréscimo em MFPA, MFT e MSPA, na medida em que se aumento a dose de RC. No geral, acréscimo de resíduo aos substratos mostrou redução da biomassa de plântulas de cafeeiro (Tabelas 10 e 11).

3.4 Ensaio 4 (RC + Bioplant[®])

O uso de Bioplant[®] mostrou os melhores resultados para AP, CR e IVE (Tabela 12), diferindo estatisticamente dos demais para CR e IVE. Não houve diferença estatística entre os tratamentos para DC e na presença de 80% de RC e 20% de Bioplant[®] apresentou maior valor médio (Tabela 12). Santos et al. (2012) demonstrou que o enraizamento inicial de mudas de *Passiflora cincinnata* Mast. não foi afetado pelos substratos Bioplant[®] e Vivatto[®], porém as mudas plantadas em volumes menores obtiveram maior percentual de enraizamento e brotações com o substrato Bioplant[®]. Silva et al. (2012) demonstraram que tratamentos constituídos com substrato comercial Bioplant[®] puro promoveu os piores resultados para as características de desenvolvimento de mudas de cafeeiro. Segundo os autores, para se produzir mudas com qualidade, o substrato necessita de complemento com nutrientes.

Tabela 12. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Bioplant[®], 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AC (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
1	3,67 abc ²	9,52 b	2,03 a	6,47 b	39,06 ab
2	3,40 bc	7,87 b	2,26 a	5,29 b	37,50 ab
3	3,95 ab	9,92 b	2,29 a	5,73 b	25,00 b
4	3,26 bc	7,32 b	2,37 a	5,12 b	29,17 ab
5	3,09 c	5,91 b	2,21 a	8,46 b	56,25 a
6	4,24 a	18,00 a	2,06 a	19,57 a	56,25 a
DMS	0,78	4,58	0,42	7,98	30,76
CV (%)	9,69	20,92	18,44	42,09	33,80

¹Composição dos substratos (RC: Bioplant[®]): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias representadas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O resíduo poderia causar estresse inicial, medido pelo crescimento radicular e altura do coleto, que, dependendo da concentração, seria contornado quando usado na produção de mudas de café. Isto se confirma na emergência final, verificando-se retardamento na emergência.

Em outras espécies, concentrações de extratos originados de casca de café promoveram efeito redutor irreversível, como em *Calopogonium muconoides*, *Stylosanthes capitata* e *Lactuca sativa* (PIRES et al., 2010). De forma semelhante, o uso de RC em combinação com

Bioplant[®] não reduziu o efeito inibidor de RC sobre a raiz e parte aérea em doses elevadas (Tabela 12). O substrato comercial mostrou maior crescimento radicular, aumentando a magnitude das diferenças (Figura 14).

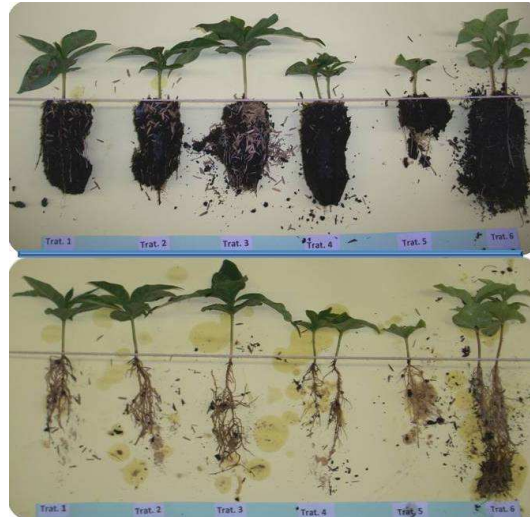


Figura 14. Plântulas de cafeeiro após 192 DAS, cultivadas em substratos compostos por resíduo de café e Bioplant[®].

Quanto aos valores de biomassa, constatou-se o baixo desempenho dos tratamentos 2 a 6 para a maioria das variáveis e redução dos valores médios para todas as características, na medida em que foram acrescentadas as concentrações deste resíduo aos demais substratos (Tabela 13). Apesar disso ter ocorrido para todos os tratamentos, o T1 demonstrou melhor performance em relação aos demais para a maioria das variáveis, com exceção da MSR. Dias e Melo (2009) constataram redução linear em características de mudas de cafeeiro com o aumento da concentração de materiais orgânicos (esterco bovino e resíduo de fumo) combinados com Bioplant[®]. Silva et al. (2012) demonstraram que Bioplant[®] puro não foi satisfatório para o desenvolvimento de mudas de cafeeiro, ressaltando-se os sintomas de deficiência nutricional, especialmente de N e de Fe.

Tabela 13. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Bioplant[®], 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(g)					
T1	2,64 a ²	0,62 ab	3,26 a	0,88 a	0,18 b	1,06 a
T2	1,88 b	0,39 bc	2,27 b	0,48 c	0,10 bc	0,58 b
T3	2,65 a	0,58 b	3,23 a	0,66 b	0,14 bc	0,81 b
T4	0,87 cd	0,21 c	1,09 cd	0,21 d	0,05 c	0,26 c
T5	0,68 d	0,18 c	0,85 c	0,19 d	0,05 c	0,24 c
T6	1,54 bc	0,91 a	2,46 ab	0,45 c	0,29 a	0,74 b
DMS	0,69	0,30	0,91	0,16	0,09	0,23
CV (%)	17,95	28,02	18,62	14,69	29,36	16,68

¹ Composição dos substratos (RC: Bioplant[®]): T1 – 50 e 50; T2 – 60 e 40; T3 – 70 e 30; T4 – 80, 20; T5 – 90 e 10; T6 – 0 e 100. ² Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p > 0.05).

3.5 Ensaio 5 (RC + Vivatto[®])

O tratamento 6 com 100% de Vivatto[®] apresentou os melhores desempenhos (Tabelas 14 e 15). RC combinado com Vivatto[®] mostrou resultado comparável ao do substrato comercial Bioplant[®]. O efeito de RC foi atenuado, onde os melhores resultados foram obtidos com 50% para AC, CR, DC, IVE e EF. Ao contrário, Júnior et al. (2011) demonstraram baixo potencial de regeneração de raízes em mudas de *Eucalyptus urophylla* ao utilizar 100% do substrato Vivatto[®] slim plus. Houve decréscimo dos valores médios em AC, CR, DC, IVE e EF entre os tratamentos 1 a 4, com acréscimo nas quantidades do RC ao substrato Vivatto[®] slim plus.

Mesmo assim, a massa fresca da raiz, massa seca da raiz e a massa seca total mostraram-se reduzidas pela presença do resíduo em comparação com o uso de Vivatto[®]. Contudo, resíduo de café compostado proporcionou maior aumento de biomassa em plantas de alface quando estas receberam concentrações mais elevadas, entre 15% e 20% (FERREIRA, 2011). Tal fato demonstra a necessidade de mais estudos envolvendo o uso do resíduo de café (borra) compostado ou vermicompostado. Ressalta-se que não se obteve respostas para parâmetros de crescimento e de biomassa no tratamento 3, quando se utilizou a proporção 70:30 de resíduo de café e substrato comercial Vivatto[®], respectivamente (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14. Valores médios de altura do coleto (AC), comprimento de raízes (CR) e diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Vivatto[®], 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AC (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
1	3,56 ab ²	10,15 ab	2,32 a	10,85 b	45,83 b
2	3,32 b	8,43 b	2,25 a	3,47 c	26,04 bc
3	-	-	-	-	-
4	2,99 b	7,01 b	2,28 a	0,91 c	22,92 c
5	3,36 b	6,28 b	2,00 a	4,64 c	22,91 c
6	4,04 a	15,37 a	2,28 a	23,57 a	72,91 a
DMS	0,62	5,25	0,46	4,54	22,26
CV (%)	8,22	25,43	9,49	25,22	29,76

¹Composição dos substratos (RC: Vivatto[®]): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias representadas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos índices de biomassa, o tratamento 6 com 100% Vivatto[®] diferiu dos demais para MFR, MSR e MST. Maiores índices de enraizamento e de brotações, assim como maior acúmulo de massa fresca e seca da raiz em mudas de estacas herbáceas de *Passiflora cincinnata* Mast. foi verificado por Santos et al. (2012), quando se utilizou o substrato Vivatto[®] em recipientes com maior volume.



Figura 15. Plântulas de cafeeiro após 192 DAS, cultivadas em substratos compostos por resíduo de café e Vivatto[®].

Tabela 15. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de cafeeiro, cultivar Catuaí amarelo IAC 62, em substratos com resíduo de café e Vivatto[®], 192 dias após a semeadura. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFA	MFR	MFT	MSA	MSR	MST
1	2,58 a ²	0,59 b	3,17 a	0,68 a	0,01 b	0,85 b
2	1,31 b	0,29 b	1,61 b	0,32 b	0,01 bc	0,42 c
3	-	-	-	-	-	-
4	0,70 b	0,11 b	0,67 b	0,17 b	0,01 c	0,21 c
5	0,57 b	0,11 b	0,68 b	0,16 b	0,01 bc	0,21 c
6	2,81 a	1,37 a	4,18 a	0,89 a	0,05 a	1,34 a
DMS	0,89	0,60	1,12	0,22	0,01	0,28
CV (%)	25,55	55,31	24,87	23,46	12,98	21,44

¹Composição dos substratos (RC: Vivatto[®]): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias representadas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação às variáveis MFPA, MFT e MST, não houve diferença estatística entre os demais tratamentos em relação ao T6, no entanto, este último proporcionou plântulas com valores médios superiores (Tabela 15, Figura 15). Na comparação dos dois substratos comerciais em combinações de RC, fica evidente a relativa semelhança de resposta para as variáveis AC, CR e DC (Figura 8). Com relação aos dados de biomassa fresca e seca, o Bioplant[®] para as proporções 60% a 80% demonstrou melhor desempenho quando comparado com a utilização de Vivatto[®] (Figura 16).

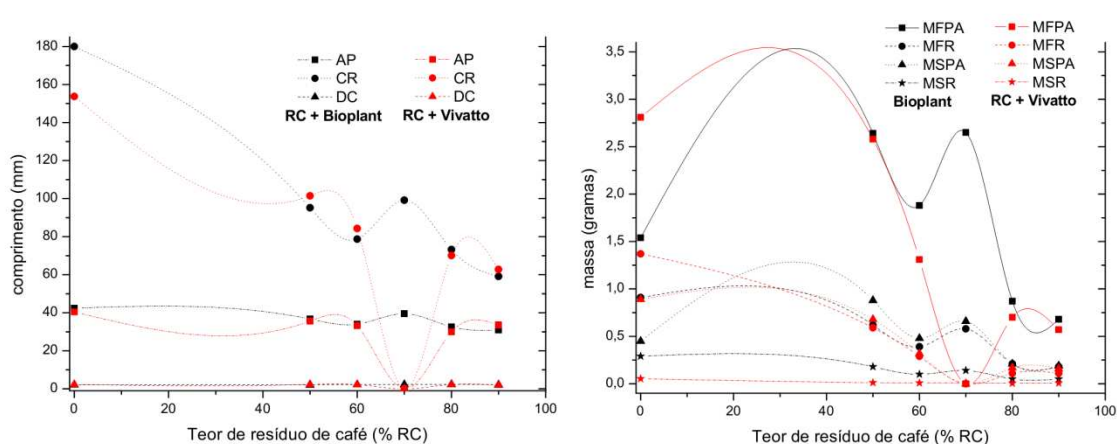


Figura 16. Atributos de crescimento e de biomassa de plântulas de biomassa cultivadas com substratos à base de resíduo de café e substratos comerciais.

4. CONCLUSÕES

1. O resíduo de café interfere na emergência e produção de biomassa de mudas de cafeeiro;
2. A presença de resíduo na proporção de 20% em substrato se compara à areia na fase inicial do desenvolvimento das raízes de plântulas de cafeeiro;
3. O resíduo de café apresenta efeito inibitório sobre o crescimento das raízes que, por sua vez causa menor produção da parte aérea das plântulas de cafeeiro;
4. O aumento no suprimento de nutrientes minerais não altera significativamente o efeito inibitório inicial nas plântulas de café quando em presença de resíduo em doses elevadas;
5. O efeito do resíduo de café *in natura*, com inibição no metabolismo fisiológico inicial, pode ser atenuado por mecanismos próprios da planta de cafeeiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. L. S.; COGO, F. D.; GONÇALVES, B. O.; RIBEIRO, B. T.; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A. R. Adição de resíduos orgânicos ao substrato para produção de mudas de café em tubete. **Revista Agroambiental**, Barreiras, p. 9-13, 2011.

ANDRADE, A. P. S. **Análise química e avaliação do potencial alelopático da casca do café (*Coffea arábica* L.)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2009.

ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; MORAIS, A. R.; CUNHA, R. L. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 115-123, 2008.

BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. S.; REIS, E. F.; SILVA, D. P. Desenvolvimento inicial do café conillon (*Coffea canephora* Pierre) em solos de diferentes texturas com mudas produzidas em diferentes substratos. **Idesia** (Chile), v. 27, n. 3, p. 35-40, 2009.

COGO, F. D.; ALMEIDA, L. S. A.; VIEIRA, J.; LOPES, F. A. B.; CAMPOS, K. A.; RAMALHO, A. Crescimento de mudas de diferentes cultivares de cafeeiro em função da fertilização orgânica do substrato. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-9, 2011.

COGO, F. D.; LOPES, F. A. B.; VIEIRA, R. J.; LMEIDA, S. L. S. A.; CAMPOS, K. A. Resposta de mudas de cafeeiro à aplicação de resíduos orgânicos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 5, n. 2, p. 29-33, 2011.

CORRÊA, J. C., BÜLL, L. T.; MAUAD, M. Nutrição, crescimento e pegamento a campo em mudas de cafeeiro formadas em diferentes tipos de substratos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 4, p. 49-62, 2009.

CUNHA, R. L.; SOUZA, C. A. S.; NETO, A. A.; MELO, B.; CORRÊA, J. F. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 7-12, 2002.

DIAS, R.; MELO B.; RUFINO, M. A.; SILVEIRA, D. L.; MORAIS, T. P.; SANTANA, D. G. Fontes e proporção de material orgânico para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 758-764, 2009.

DIAS, R.; MELO, B. Proporção de material orgânico no substrato artificial para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 144-152, 2009.

FAVARIN, J. L.; JUNIOR, J. L. F.; REIS, A. R.; CAMARGO, F. T. Metodologia para estimar a estabilidade do conjunto muda x substrato de cafeeiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 34-38, 2008.

FERREIRA, A. B. **Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) – ESAB, Bragança, 2011.

JÚNIOR, O. O. A.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, n. 25, n. 6, p. 1173-1180, 2011.

LABOURIAL, L. G; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, n. 48, p. 174-186, 1976.

LIMA, J. F; SILVA, M. P. L; TELES, S; SILVA, F; MARTINS, G. N. Avaliação de diferentes substratos na qualidade fisiológica de sementes de melão de caroá [*Sicana odorifera* (Vell.) Naudim]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 163-167, 2010.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SOFIATTI, V.; GHEYI, H. R.; ARRIEL, N. R. H. C. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 185–192, 2011.

MAGUIRE, JD. Speed of germination AID in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAIMUNA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.1, p. 39-45, 2008.

MAY, D.; OLIVEIRA, C. M. R.; ROCHA, L. D.; MARANHO, L. T. Efeito de extratos de casca de café (*Coffea arabica* L.) na germinação e crescimento de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 180-186, 2011.

MELO, A. C. P.; SOUSA, A. P.; CARVALHO, J. J.; SALOMÃO, L. C. Utilização de água residuária do processo pós-colheita do café na produção de mudas de cafeeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 413-423, 2011.

MELO, B.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G.; DIAS, F. P. Substratos, fontes de doses de P₂O₅ na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 35-44, 2003.

PEREIRA, C. E.; PINHO, É. V. R. V.; OLIVEIRA, D. F.; KIKUTI, A. L. P. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 306-311, 2002.

PIRES, R. M. O.; FRANÇA, A. C.; NERY, M. C.; SILVA, L. H. M. C.; SANTOS, S. R.; REIS, R. R. F.; REIS, L. A. C. Potencial alelopático de cascas de café no crescimento de plantas. In: **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 27, 2010, Ribeirão Preto, p. 1082-1086.

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; S. R. F. Efeito do tipo de substrato e da presença de adubação suplementar sobre o crescimento vegetativo, nutrição mineral, custo de produção e intensidade de cercosporiose em mudas de cafeeiro formadas em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 685-692, 2007.

REVISTA CAFEICULTURA. Como preparar mudas de cafeeiro. 2005. Disponível em: <[http:// www.revistacafeicultura.com.br](http://www.revistacafeicultura.com.br)>. Acesso em: 16 ago. 2012.

ROSA, S. D. V. F.; MAZZAFERA, P.; GUIMARÃES, R. M.; VEIGA, A. D.; VEIGA, A. D. Pré-embebição: efeitos na germinação; crescimento de plântulas e teor de cafeína em sementes de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 69-78, 2007.

SANTOS, L. J.; MATSUMOTO, S. N.; D`ARÊDE, L. O.; LUZ, I. S.; VIANA, A. E. S. Propagação vegetativa de estacas *Passiflora cincinnata* Mast. em diferentes recipientes e substratos comerciais. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 581-588, 2012.

SILVA, C. J. **Mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) desenvolvidas sob fontes de material orgânico no substrato comercial**. 2010. 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2010.

SILVA, C. J.; SILVA, C. A.; MELO, B.; FREITAS, C. A. Produção de mudas de cafeeiro com adição de material orgânico em substrato comercial. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 137-148, 2012.

SILVA, F. A. S. 2012. DEAG-CTRN-UFMG - Atualiz. 05/03/2012. The ASSISTAT 7.6 software: statistical assistance, 2012.

SILVA, J. I.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 38-48, 2010.

TORRES, A. J.; BREGAGNOLI, M.; MONTEIRO J. M. C.; CARVALHO, C. A. M. Emergência de plântulas de cafeeiro em substratos de borra de café. **Revista Agroambiental**, Barreiras, v.4, n. 3, p. 1-7, 2012.

VALLONE, A. S.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S.; DIAS, F. P.; CARVALHO A. M. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após plantio. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1327-1335, 2009.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S.; CUNHA, R. L., DIAS, F. P. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010.

CAPÍTULO III

USO DO RESÍDUO DE CAFÉ NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS E SUA INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATEIRO

USO DO RESÍDUO DE CAFÉ NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS E SUA INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATEIRO

RESUMO

O resíduo de café é um material orgânico que pode ser aproveitado como fonte de nutrientes, melhorando a condição de substratos. Entretanto, pouco se sabe sobre seu emprego na produção de mudas. Neste trabalho objetivou-se avaliar a influência do resíduo de café (RC) em mistura com solo de cerrado (SC), esterco bovino (EB), termofosfato magnésiano (TM) e substratos comerciais na germinação e formação de plântulas de tomateiro, híbrido F₁ Giovanna. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Água Limpa/UnB, composto por três ensaios: 1 – RC, SC e EB nas respectivas proporções, em massa, de 0, 90 e 10 (T₁), 20,70 e 10 (T₂), 40, 50 e 10 (T₃), 60, 30 e 10 (T₄), 80, 10 e 10 (T₅), 100, 0 e 0 (T₆) e 100% de areia (T₇); 2 – RC, SC e TM nas proporções em massa de 0,100 e 1 (T₁), 20, 80 e 1 (T₂), 40, 60 e 1 (T₃), 60, 40 e 1 (T₄), 80, 20 e 1 (T₅), 100, 0 e 1 (T₆) e 100% areia + 1% de TM (T₇); 3 – RC e substrato comercial (Vivatto *slim plus*[®]/Bioplant[®]), nas proporções em massa de 50 e 50 (T₁), 60 e 40 (T₂), 70 e 30 (T₃), 80 e 20 (T₄), 90 e 10 (T₅) e 0 e 100 (T₆). Nos três ensaios utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram utilizadas bandejas plásticas de polipropileno com 162 células e capacidade de 20,4 cm³ cada, onde cada parcela foi composta por nove células e duas sementes por unidade. Em todos os ensaios, a adição de RC na composição de substrato promoveu diminuição da germinação de sementes e da produção de biomassa de plântulas de tomateiro. À medida que se aumentaram as doses de RC, houve efeito inibitório para o desenvolvimento radicular e de biomassa das plântulas. Estes resultados mostram a presença de metabólitos secundários, dentre eles provavelmente a cafeína, causando efeito alelopático. A simples adição de nutrientes minerais não foi suficiente para se atingir a neutralização dos mesmos.

Palavras-Chave: *Lycopersicon sculentum* Mill., adubo orgânico, componentes de substratos.

USING COFFEE POWDER RESIDUE IN THE COMPOSITION OF SUBSTRATES AND ITS INFLUENCE ON GERMINATION AND DEVELOPMENT OF TOMATO SEEDLING

ABSTRACT

Coffee residue is an organic material that could be used as source of nutrients, improving the substrate quality. Little is known, however, about its utilization in seedling production. This work aimed at evaluating the influence of coffee residue (CR) in mixtures with savannah soil (SS), cow's manure (CM), magnesium thermophosphate (MT) and commercial substrates for the seed germination and seedling growth of F₁ hybrid Giovanna tomato. The experiment was conducted in greenhouse conditions at Fazenda Agua Limpa/UnB, composed by three essays, as follows: 1 – CR, SS and CM in the respective weight ratios of 0, 90 and 10 (T₁), 20, 70 and 10 (T₂), 40, 50 and 10 (T₃), 60, 30 and 10 (T₄), 80, 10 and 10 (T₅), 100, 0 and 0 (T₆), and 100% sand (T₇); 2 – CR, SS and MT with weight ratios of 0, 100 and 1 (T₁), 20, 80 and 1 (T₂), 40, 60 and 1 (T₃), 60, 40 and 1 (T₄), 80, 20 and 1 (T₅), 100, 0 and 1 (T₆) and 100% sand + 1% MT (T₇); 3 – CR : commercial substrate (Vivatto *slim plus*[®]/Bioplant[®]) in the weight ratios of 50 and 50 (T₁), 60 and 40 (T₂), 70 and 30 (T₃), 80 and 20 (T₄), 90 and 10 (T₅) and 00 and 100 (T₆). In the three essays an entirely randomized design was used, with four replications. Polypropylene trays with 162 cells and 20.4 cm³ capacity each were used containing nine cell plots, with two seeds per unit. In all essays, addition of coffee residue caused reduction in germination, emergence biomass production of seedlings. With increasing levels the inhibitory effect were extended to root growth and above ground plant parts. These results show the presence of secondary metabolites, among them possibly caffeine, causing allelopathic effect. The simple addition of mineral nutrients was not sufficient to neutralize these compounds.

Keywords: *Lycopersicon sculentum* Mil., organic fertilizer, component substrates.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de tomate de mesa e indústria totalizou em 2010, 145,6 10^6 t em área cultivada de 4,3 10^6 ha, com produtividade média de 33,5 t ha⁻¹. O maior produtor mundial foi a China, com 41,8 10^6 t em 0,87 10^6 ha. O Brasil produziu 3,69 10^6 t, em 61 10^3 ha (MATOS et al., 2012). Com o destaque do país na produção mundial, o tomateiro é uma das mais importantes hortaliças, para a qual produção de mudas é uma das etapas mais importantes e estratégicas. Estas devem ser trabalhadas com eficiência tecnológica, minimizando custos e elevando a qualidade dos substratos (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

A escolha de substrato para uso na atividade hortícola deve ser baseada em dois critérios essenciais: o custo de aquisição e a disponibilidade do material componente. No entanto, a decisão de escolha depende, além das necessidades da cultura de interesse, do custo e da disponibilidade do material (STEFFEN et al., 2010). Ainda, deve propiciar umidade, macroporosidade, disponibilidade de nutrientes e de água. Dificilmente atende uma fonte a todas as características desejadas, sendo necessário, portanto, adicionar outros nutrientes ao meio, como por exemplo, fontes de nutrientes minerais de liberação lenta (PEREIRA et al., 2009). No geral, formulações de misturas para serem utilizadas como substratos representam avanços na medida em que oferecem melhorias das propriedades físico-químicas e ganhos econômicos. Espera-se que o componente orgânico ofereça a possibilidade de reciclagem e emprego de subprodutos da agroindústria. Para produção de mudas de tomateiro, deve ser uma opção viável tanto do ponto de vista econômico, por reduzir custos, como pela reciclagem de subprodutos oriundos da agroindústria (CAMPANHARO et al., 2006).

Componentes orgânicos, como fibras de coco e resíduos compostados de algodoeiro podem ser utilizados como substrato para produção de mudas de tomateiro e promovem aumento do percentual de germinação e do índice de germinação, além do diâmetro do caule (COSTA et al., 2007). Bagaço de cana-de-açúcar combinado com casca de amendoim pode ser empregado na constituição de substratos para o cultivo do tomateiro grupo cereja (FERNANDES et al., 2006). Substratos constituídos por vermiculita, húmus e Plantmax[®] evidenciaram características de qualidade para o desenvolvimento de mudas de tomateiro (CARVALHO et al., 2010). Resíduos sólidos urbanos misturados a materiais turfosos tiveram resultados equivalentes aos utilizados com turfa nas mesmas proporções para crescimento de mudas de tomateiro (HERRERA et al., 2008). Comparação entre substratos formados por

solo, areia lavada, esterco bovino e Plantmax® comprovaram eficácia na produção de mudas de tomateiro com qualidade (BRAUN et al., 2010). Por outro lado, a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro cereja não sofreram alterações mesmo com a reutilização de substratos compostos por areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim (FERNANDES et al., 2007). Com o aumento na produção de resíduos urbanos têm sido concentrados esforços para encontrar alternativas de uso agrícola desses resíduos como fontes de matéria orgânica. A produção constante e inesgotável desses materiais, aliada ao seu baixo custo de obtenção, os tornam atrativos para uso na agricultura. Dentro do princípio do desenvolvimento sustentável, é importante buscar a reciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos através da reincorporação dos mesmos nos agrossistemas produtivos (BRITO, 2008).

O uso do resíduo de (borra) compostado e não compostado (fresco), bem como as suas concentrações, indicaram resultados significativos para desenvolvimento de plantas de alface tanto em altura, quanto em produção de biomassa. No entanto, altas concentrações de borra fresca possivelmente provocam *stress*, ocasionado pela presença de substâncias antioxidantes (FERREIRA, 2011).

A utilização do resíduo de café (borra) como substrato para germinação e produção de mudas de tomateiro tem sido pouco explorada agronomicamente no Brasil, apesar de seu potencial como fonte de nutrientes e matéria orgânica. Portanto, seu reuso em mistura com outros componentes orgânicos, e sua posterior aplicação como substrato hortícola, apresenta-se como uma alternativa para a redução deste resíduo nos lares e aterros sanitários.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial de utilização do resíduo de café em diferentes misturas com outros substratos orgânicos e artificiais na emergência e formação de plântulas de tomateiro, para permitir o emprego de produtos originários da agroindústria.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de execução

O experimento foi conduzido em viveiro, localizado na Fazenda Água Limpa – FAL, Universidade de Brasília – UnB, localizada próximo ao núcleo Rural Vargem Bonita, ao sul da BR 251, que liga Brasília-DF a Unaí-MG, com coordenadas geográficas aproximadas de 15° 56' de latitude Sul e 47° 56' de longitude Oeste e a 1080 m de altitude. Segundo classificação de Köppen, o clima é do tipo AW tropical chuvoso e de inverno seco.

2.2 Composição dos substratos

Nos estudos de germinação e formação das plântulas de tomateiro híbrido F₁ Giovanna foram empregados três ensaios experimentais, com os respectivos tratamentos (T) como segue:

1) Ensaio 1– substrato constituído por resíduo de café, solo de cerrado, esterco bovino (RC, SC e EB) nas respectivas proporções em massa de 0, 90 e 10 (T₁), 20, 70 e 10 (T₂), 40, 50 e 10 (T₃), 60, 30 e 10 (T₄), 80,10 e 10 (T₅), 100, 0 e 0 (T₆) e areia 100% (A) (T₇).

2) Ensaio 2– substrato constituído por resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnesiano (RC, SC e TM) nas proporções em massa de 0, 100 e 1 (T₁), 20, 80 e 1 (T₂), 40, 60 e 1 (T₃), 60, 40 e 1 (T₄), 80, 20 e 1 (T₅), 100, 0 e 1 (T₆) e areia (A) e TM na proporção 100:1.

3) Ensaio 3– substrato constituído por resíduo de café e substrato comercial (Vivatto *slim plus*[®]/Bioplant[®]) nas proporções de 50 e 50 (T₁), 60 e 40 (T₂), 70 e 30 (T₃), 80 e 20 (T₄), 90 e 10 (T₅) e 0 e 100 (T₆).

A identificação dos materiais orgânicos e artificiais e suas respectivas concentrações, encontram-se disponíveis no formato tabela do Anexo 12 desta tese.

2.3 Componentes dos substratos

Tabela 16. Composição mineral e características físico-químicas dos materiais utilizados nos ensaios. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Propriedades		RC	EB
N		2,0	2,1
P		0,12	0,44
K	dag kg ⁻¹	0,81	1,15
Ca		0,20	0,40
Mg		0,10	0,30
S		0,07	0,19
B		12,6	8,18
Cu	mg dm ⁻³	21,6	210
Fe		926	3781
Mn		37,3	127
Zn		13,4	101
M.O.		96	79,0
C. org.	dag kg ⁻¹	53,3	43,9
U ₆₅		7,50	10,3
U ₁₁₀		1,60	4,60
CE	dS/m	1,0	1,0
CTC	cmol _c dm ⁻³	62,0	38,0
CTC/C	-	1,2	0,9
C/N	-	26,7	20,9
DQO	-	1422	1170
pH (CaCl ₂)	-	5,2	7,6

M.O. – Matéria orgânica, C.org. – Carbono orgânico, CE – Condutividade elétrica, CTC – Capacidade de Troca Catiônica, DQO – Demanda química de oxigênio, U₆₅ – Umidade a 65°C, U₁₁₀ – Umidade a 110°C. Fonte: Laboratório Soloquímica, Brasília-DF, 2010.

2.3.1 Resíduo de café e esterco bovino

O resíduo de café e o solo, utilizados nos ensaios, foram submetidos a 144 horas de exposição à luz solar e, antes da mistura com outros compostos, foram esparramados, deixando uma fina camada sobre uma lona plástica de polietileno cor preta, sobre esta foi posta outra lona semelhante durante um período de cinco dias, em condições de luminosidade natural. Objetivou-se com este procedimento a esterilização dos substratos. Como características físico-químicas, o resíduo de café (borra) apresenta: teor de água igual a 16,10, determinado por método padrão de estufa a 65°C por 48h e igual a 12,37, determinado a 60°C por 48h; a porosidade total é de 64,85% (Determinado pela equação: $P_t(\%) = 100 \times \{1 - [D_{RC}/D_{PA}]\}$), densidade = 0,389 mg dm⁻³ (seco em estufa a 65° C por 48h e determinado pelo método da proveta para solos arenosos, adaptado), densidade de partículas = 1,108 mg dm⁻³

(seco em estufa a 65°C por 48h e determinado pelo método do balão volumétrico e álcool etílico) e outras propriedades conforme especificadas na Tabela 16. O esterco de bovino foi obtido no mercado local (entorno do DF) já curtido. Este material foi passado numa peneira de 2 mm e em seguida moído para melhor uniformidade do material dentro dos recipientes, assim como para facilitar o processo de germinação das sementes.

2.3.2 Solo de cerrado e areia

O solo utilizado como substrato é classificado como Latossolo Vermelho- Amarelo coletado numa trincheira a 0,5 m abaixo da superfície, livre de sementes de plantas daninhas. Depois de seco ao ar e esterilizado por solarização, foi exposto à luz solar por um período de cinco dias, envelopado entre duas lonas plásticas transparentes e passado por peneira de 2 mm, conforme procedimento descrito por Miranda et al. (2007). Para calagem, aplicaram-se 2 g de calcário dolomítico por kg de solo, incubando por um período de 30 dias, com teor de água próximo à capacidade de campo. Como atributos químicos o solo apresentou: pH igual a 5,6 (em água), 8,4 dag kg⁻¹ de carbono orgânico, 14,4 dag kg⁻¹ de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica igual a 5,0 cmol_c dm⁻³, saturação por alumínio igual a 16, e por sódio igual a 0,2; A soma de bases é 0,53, saturação de bases (V) igual a 12%, Al = 0,1 cmol_c dm⁻³, (H + Al) = 4,0 cmol_c dm⁻³, e como nutrientes o solo apresenta P (0,2 mg dm⁻³), K (0,02 mg dm⁻³), Ca (0,4 cmol_c dm⁻³), Mg (0,1 cmol_c dm⁻³), Na (0,01 cmol_c dm⁻³).

A areia empregada nos experimentos foi adquirida no comércio de Brasília-DF, sendo mantida úmida para a condução do experimento. O material foi passado em peneira de 2 mm para melhor acondicionamento dentro dos recipientes e facilitar a emergência da semente.

2.3.3 Substratos comerciais e termofosfato magnésiano

O substrato comercial Bioplant[®] é um produto comercial bastante utilizado na produção de mudas, tendo na sua composição, material orgânico de origem vegetal, vermiculita expandida, isento de pragas e patógenos. O produto apresenta reatividade estável e inerte, não tóxico, não inflamável, em cujo estado físico apresenta-se como farelo grosso. O substrato comercial Vivatto *slim plus*[®] é um produto para uso agrícola, em especial para produção de mudas, e é composto dos seguintes materiais: casca de pinus bio-estabilizada, vermiculita,

moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica. As principais propriedades físico-químicas dos dois substratos estão listados na Tabela 17.

O termofosfato magnésiano (yoorin master®) utilizado no experimento apresenta as seguintes propriedades físico-químicas: P₂O₅ total = 17,5%; P₂O₅ sol., ácido cítrico 2% = 16,0%; Ca = 18,0%; Mg = 7,0%; B = 0,10%; Cu 0,05%; Mg 0,30%; Si = 10% e Zn = 0,5%.

Tabela 17. Atributos físico-químicos dos substratos comerciais Bioplant® e Vivatto® *slim plus* utilizados na germinação e formação de mudas de tomateiro. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Propriedades		Bioplant®	Vivatto®
N		1,20	1,0
P		0,38	0,35
K	dag kg ⁻¹	0,71	0,46
Ca		1,0	2,20
Mg		0,90	0,70
S		0,07	0,52
B		24,7	21,4
Cu		48,3	17,9
Fe	mg dm ⁻³	4708	4777
Mn		191	286
Zn		83,9	47,2
M.O.		68,8	44,0
C. org.		38,2	24,4
U ₆₅	dag kg ⁻¹	44,0	39,8
U ₁₁₀		0,4	6,6
CE	dS/m	1,0	1,0
CTC	cmol _c dm ⁻³	72,0	59,5
CTC/C	-	1,9	2,4
C/N	-	31,9	24,4
DQO	-	1019	652
pH (CaCl ₂)	-	5,0	5,2

M.O. – Matéria orgânica, C.org. – Carbono orgânico, CE – Condutividade elétrica, CTC – Capacidade de Troca Catiônica, DQO – Demanda química de oxigênio, U₆₅ – Umidade a 65°C, U₁₁₀ – Umidade a 110°C. Fonte: Laboratório Soloquímica, Brasília-DF, 2010.

2.4 Metodologia de semeadura e disposição de bandejas

Utilizaram-se, como recipientes, bandejas de plástico rígido (polipropileno) com 162 células de 3,5 cm x 3,5 cm x 5,0 cm, volume de 20,4 cm³ cada. Cada parcela foi composta por uma linha de nove células. Duas sementes por célula foram semeadas e para avaliação dos

dados foram coletadas seis plântulas por parcela. Em todos os ensaios experimentais foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente casualizado com quatro repetições.

Depois de preenchidas as bandejas com os substratos, estes foram mantidos úmidos à capacidade de campo, durante dez dias, para uniformidade do material dentro das células. Em seguida à semeadura, todos os tratamentos receberam casca de arroz, 1,10 g por célula correspondendo a 1 cm de espessura, para evitar incidência direta dos raios solares e germinação de plantas daninhas, permitindo eficiência de germinação e preservando a umidade.

As bandejas foram expostas ergonomicamente em casa de vegetação sob tela de sombrite a 50% coberta com filme plástico, com penetração de 80% de luz solar. O sistema de rega foi conduzido manualmente com uso de pulverizador costal de 5 L sendo a água aspergida via bico tipo cone. A lâmina de água da irrigação foi de 2,17 mm, aplicada duas vezes ao dia, manhã e tarde.

2.5 Cultivar utilizada no experimento

As sementes utilizadas nas pesquisas foram adquiridas no comércio local (Brasília-DF), procedentes do laboratório Zeraim Gedera pertencentes ao híbrido Giovanna F₁, apresentando 98% de germinação e 99,9% de pureza.

2.6 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas as mesmas variáveis dependentes conforme o capítulo anterior, seguindo a mesma metodologia e equações aplicadas naquele capítulo: altura de plântulas (AP), comprimento de raiz (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE), porcentagem de emergência final (EF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST).

2.6.1 Obtenção dos parâmetros de emergência e crescimento

O acompanhamento da germinação foi feito diariamente e a variável IVE foi avaliada durante o desenvolvimento dos experimentos, por contagem aos 10, 20 e 30 dias, a contar da

data do semeio, sendo a EF (%) e as demais variáveis medidas aos 30 dias coincidentes com a última contagem.

O diâmetro do coleto foi medido com o auxílio de um paquímetro digital com duas casas decimais. A altura de plântulas (AP) e o comprimento das raízes (CR) foram obtidos com o auxílio de régua graduada em milímetros. Para a AP mediu-se a plântula do colo até o ápice da última folha.

2.6.2 Obtenção dos parâmetros de biomassa

Para a determinação de massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz utilizou-se uma balança analítica com precisão de duas casas decimais. Para obtenção da matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz as plântulas foram secas em estufa de circulação forçada com temperatura de 65 °C (± 1) até atingir peso estável.

2.7 Análises dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e verificados o grau de significância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0.05$), utilizando-se o software ASSISTAT 7.6 (SILVA, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio 1 (RC, solo, EB e AU)

Os substratos constituídos por RC, SC e EB na proporção de 0, 90 e 10 (T₁) e areia (T₇) apresentaram os melhores resultados para todas as características avaliadas (Tabela 18). O aumento da participação de RC na composição do substrato promoveu diminuição de emergência e do crescimento de plântulas de tomateiro. O desempenho do esterco bovino é atribuído à maior capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes. Por exemplo, na combinação com palha de feijão na proporção 1:1, teve impacto positivo no desempenho de mudas de alface (CABRAL et al., 2011). Isto explica a germinação mais rápida no tratamento contendo solo de cerrado e esterco bovino (T₁). Por outro lado, o uso de areia como substrato apresentou maior índice de velocidade de emergência (IVE), verificado também em plântulas de alface (SILVA et al., 2008).

Tabela 18. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido F₁ Giovanna produzidas com substrato contendo resíduo de café, solo de cerrado, esterco de bovino e areia. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
1	10,08 a ²	11,78 a	1,95 a	2,91 a	94,44 a
2	4,94 bc	4,84 c	1,24 bc	2,48 a	81,94 ab
3	4,73 c	3,99 cd	1,19 bc	2,34 a	77,78 abc
4	4,57 c	2,45 d	1,08 c	1,26 b	50,00 c
5	4,38 c	2,42 d	0,98 cd	1,07 b	53,70 bc
6	3,77 c	1,99 d	0,75 d	0,77 b	55,55 bc
7	7,13 b	8,10 b	1,49 b	3,14 a	95,83 a
DMS	2,22	2,06	0,29	0,82	31,30
CV (%)	17,00	17,60	10,50	18,00	18,71

¹Composição dos substratos (RC:SC:EB): Tratamento 1 – 00:90:10; Tratamento 2 – 20:70:10; Tratamento 3 – 40:50:10; Tratamento 4 – 60:30:10; Tratamento 5 – 80:10:10; Tratamento 6 – 100:00:00; Tratamento 7 – 100% AU. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quando considerados apenas os tratamentos contendo resíduo de café, as respostas foram, em geral, menores, independente da quantidade adicionada (Tabela 18). A exposição das mudas ao resíduo de café puro (T₆) ocasionou drástica redução na germinação. Em

proporções menores, observa-se que 20% de RC são suficientes para inibir o crescimento das plântulas de tomateiro e de suas raízes (Figura 17). Apesar de não haver diferenças significativas entre os tratamentos contendo proporções com RC, ainda assim observa-se redução das médias de AP à medida que se aumenta o teor deste no substrato. É importante mencionar que, dentre todos os substratos avaliados, o T₇ (100% areia) mostrou-se como bom substrato, apesar de menos eficaz que o T₁ em relação a algumas variáveis (IVE e EF). Quando se compara esterco EB + SC com areia, torna-se evidente a necessidade de nutrientes e disponibilidade de água, fornecidas pelo solo e esterco de bovino nos estágios iniciais de desenvolvimento das plântulas de tomateiro, especialmente para o IVE e EF. Observa-se que resíduo de café, nas proporções de 60%, 80% e 100% respectivamente, resultou nos menores percentuais de plântulas germinadas.



Figura 17. Plântulas de tomateiro com torrão e raízes nuas, produzidas com resíduo de café, solo de cerrado e esterco de bovino (aos 30 DAS).

Mudas de tomateiro se desenvolvem por um período relativamente maior do que outras espécies de hortaliças, necessitando, dessa maneira, de mais nutrientes durante esse período (SILVA et al., 2009). Ao comparar os materiais dos substratos, a disponibilidade nutricional do resíduo de café é suficiente para suprir a demanda das plântulas neste estágio de crescimento (Tabelas 18 e 19). Assim, seria esperado que os tratamentos contendo RC tivessem um desempenho superior ao de areia pura. Entretanto, há indícios de que o resíduo de café contenha substâncias inibitórias, metabólitos secundários, como por exemplo, cafeína

(PENEVA, 2007). Nesse contexto, é necessário que se faça um estudo mais detalhado, pois estes compostos podem causar alelopatia, limitando a utilização direta do resíduo. Evidência desse efeito foi registrada quando se utilizou palha de café e esterco bovino na produção de mudas de quiabeiro (SANTOS et al., 2010).

Como consequência da presença de resíduo de café, houve considerável diminuição de massa tanto da parte aérea quanto da parte radicular (Tabela 19). O menor crescimento radicular influenciou negativamente a absorção de nutrientes, interferindo no porte das plântulas. As substâncias inibitórias provavelmente ocasionaram um retardo no desenvolvimento ativo das raízes. A perda de água nas mudas com menor sistema radicular interfere diretamente na biomassa seca. Substratos semelhantes, sem fatores limitantes para o crescimento de plântulas, mantiveram relação da raiz com parte aérea, o que não foi encontrado para o RC (BRAUN et al., 2010).

Tabela 19. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato contendo resíduo de café, solo de cerrado, esterco de bovino e areia. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFA	MFR	MFT	MSA	MSR	MST
	(g)					
1	1,28 a ²	0,12 a	1,40 a	0,39 a	0,12 a	0,51 a
2	0,15 bc	0,01 c	0,17 bc	0,05 bc	0,01 c	0,07 bc
3	0,17 bc	0,01 c	0,18 bc	0,03 c	0,01 c	0,04 c
4	0,17 bc	0,01 c	0,18 bc	0,02 c	0,01 c	0,03 c
5	0,10 bc	0,01 c	0,11 c	0,03 c	0,01 c	0,04 c
6	0,08 c	0,01 c	0,09 c	0,02 c	0,01 c	0,03 c
7	0,43 b	0,05 b	0,49 b	0,13 b	0,04 b	0,17 b
DMS	0,34	0,02	0,36	0,10	0,02	0,12
CV (%)	43,50	34,30	42,10	43,60	28,12	39,53

¹Composição dos substratos (RC:SC:EB): Tratamento 1 – 00:90:10; Tratamento 2 – 20:70:10; Tratamento 3 – 40:50:10; Tratamento 4 – 60:30:10; Tratamento 5 – 80:10:10; Tratamento 6 – 100:00:00; Tratamento 7 – 100% AU. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quando observada a composição química do esterco bovino e do resíduo de café percebe-se que as quantidades totais de macros e micro nutrientes de ambos os materiais são satisfatórias para o crescimento inicial das plântulas. Assim, supõe-se ainda que a redução do crescimento possa ter ocorrido pela indisponibilidade de nutrientes no resíduo de café. O material foi utilizado na forma *in natura* e as plântulas sobreviveram com a reserva contida na

semente. Considerando que substratos para produção de mudas devem propiciar além da manutenção da umidade e macroporosidade, disponibilidade de nutrientes, nem sempre estes fatores estão disponíveis para a planta, o que em alguns casos exige a adição de fertilizante, como os de liberação lenta (PEREIRA et al., 2009).

Os fatores inibitórios presentes no resíduo de café podem ser encontrados em outras partes do fruto como demonstrado pelo efeito da casca e do resíduo em plantas daninhas, sustentando estes resultados para plântulas de tomateiro (ANDRADE, 2009). Portanto, é plausível associar as baixas performances observadas à presença de metabólitos secundários inibitórios, uma vez que os teores de resíduo de café aplicados foram suficientes para o crescimento das plântulas (Tabela 19).

3.2 Ensaio 2 (RC, solo, TM e AU)

De um modo geral, confirma-se o efeito inibitório de resíduo de café (RC) para o desenvolvimento e germinação de plântulas de tomateiro, quando utilizado como constituinte de substrato em combinação com o termofosfato magnésiano (Tabela 20). Outros trabalhos reportam a utilização de compostos orgânicos e areia na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. Em tomateiro cereja, a proporção 33% areia + 33% bagaço de cana + 33% casca de amendoim, com predominância de material orgânico mostrou ser a ideal (FERNANDES et al., 2007). Neste ensaio, quando se comparam T₁ (100% SC + 1% TM) com T₂ (20% de RC) nota-se uma diminuição significativa nos valores de AP e CR. Ressalta-se que a utilização de 1% do TM em todos os tratamentos não apresentou alterações significativas nos resultados, isto pode ter acontecido devido à baixa quantidade, bem como a possível lixiviação com as primeiras regas. Os resultados para altura de plantas e diâmetro do caule foram inferiores aos obtidos por Campanharo et al. (2006), com esterco e casca de café. Entre os tratamentos formulados com RC (T₂ a T₆) houve diferenças estatísticas para AP, CR e diâmetro de coleto, ainda que, de modo geral, o efeito inibitório se fez evidente para DC, AP e CR.

Os resultados obtidos neste ensaio confirmam o efeito do RC como inibidor de crescimento, mesmo quando se compara o desempenho de substratos compostos por capim e crotalária para as variáveis altura de plântulas, massa fresca e seca da parte aérea (LEAL et al., 2007). Pode-se encontrar ainda, sinergia entre o tipo de bandeja e o conteúdo de substrato utilizado no processo de produção de mudas de tomateiro. A formulação de solo e composto

orgânico comercial (Organosuper[®]) na proporção 93% e 7%, respectivamente, em bandejas de 72 células levaram a plântulas com desempenho semelhante ao encontrado no presente trabalho na proporção de 20% de RC (T₂) (RODRIGUES et al. 2010).

Tabela 20. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido Giovanna F1 produzidas com substrato composto por resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
1	4,69 a ²	5,57 b	0,70 ab	2,92 a	88,9 a
2	3,86 bc	3,31 bc	0,70 ab	2,48 a	90,3 a
3	3,37 bcd	2,39 bc	0,58 b	2,34 a	75,0 b
4	2,96 d	1,95 c	0,64 ab	1,26 b	62,9 c
5	3,20 cd	2,63 bc	0,78 a	1,07 b	72,0 bc
6	3,43 bcd	2,81 bc	0,68 ab	0,77 b	77,0 b
7	4,15 ab	10,96 a	0,55 b	3,14 a	100,0 a
DMS	0,78	3,27	0,20	0,83	11,1
CV (%)	9,3	33,6	13,2	17,99	6,0

¹Composição dos substratos (RC:SC): Tratamento 1 – 00:100; Tratamento 2 – 20:80; Tratamento 3 – 40:60; Tratamento 4 – 60:40; Tratamento 5 – 80:20; Tratamento 6 – 100:00; Tratamento 7 – 100% AU (Em todos estes tratamentos foi adicionado 1% do TM). ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

O índice de velocidade de emergência (IVE) diminuiu com o aumento gradual das doses de RC (Tabela 20). Quando bagaço de cana foi utilizado como substrato (CARVALHO et al., 2010), a porcentagem de emergência final (EF) foi cerca de 9% maior que a encontrada neste trabalho, embora o IVE aqui encontrado tenha sido muito inferior que o do referido trabalho. Enquanto que neste trabalho a altura das plântulas girou em torno de 3,43 cm utilizando-se 100% de RC (T₆), no trabalho de Carvalho et al. (2010) a altura de plantas ficou em 3,38 cm utilizando bagaço de cana como substrato.

Constatou-se que o RC tem caráter inibitório para a cultura do tomateiro. O maior efeito inibitório de crescimento foi verificado no desenvolvimento das raízes, que mostrou relação direta com o crescimento de caule. Os níveis mais elevados de RC influenciaram diretamente na supressão do crescimento radicular. O resíduo de café pode, além de conter substâncias inibidoras do crescimento, apresentar-se como um material compactador do substrato. Devido à sua alta capacidade de absorção de água verificou-se, em todos os tratamentos envolvendo

este material, a formação de mudas com torrão (Figura 18). Isto pode ter comprometido a aeração, o que teve como consequência a diminuição do sistema radicular.



Figura 18. Plântulas de tomateiro com torrão e raízes nuas, produzidas com resíduo de café, solo de cerrado e termofosfato magnésiano (aos 30 DAS).

O tratamento contendo areia (T₇) favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular de plântulas. Mesmo assim, ressalta-se como ponto construtivo do resíduo de café – em níveis mais baixos – o impacto positivo no vigor de caule. Para T₃, T₅ e T₆ as médias de emergência final não foram significativas, com destaque para T₂ (20% de RC), apresentando-se mais eficiente que 100% de SC (T₁). Este resultado confirma o encontrado por Lima et al. (2009), quando foram utilizados 20% de RC.

O RC é um material que, embora não apresente todos os atributos desejáveis para o desenvolvimento de plântulas, pode fornecer nutrientes para que as mesmas germinem e se desenvolvam. Isto pode ser confirmado pelos dados apresentados na Tabela 20, referentes ao tratamento contendo 100% de RC (T₆). Observa que, nesta proporção, os indicadores AP, CR, DC e EF foram todos superiores aos tratamentos contendo 40% (T₃), 60% (T₄) e 80% (T₅) de RC, com exceção do DC no T₅, que se mostrou levemente superior. A variação de resposta a níveis crescentes de resíduo de café mostra que, mesmo diante da possibilidade de suprir nutrientes, aumentam os níveis de substâncias inibidoras de crescimento.

Com o aumento na proporção do resíduo de café nos substratos diminuiu o crescimento e a produção de biomassa das plântulas de tomateiro, quando comparadas a substratos livres desse material (Tabela 21). Novamente, mantém-se o pressuposto da presença de substâncias

inibidoras de crescimento radicular no resíduo de café, com interferência direta na parte aérea das plântulas. A produção de massa fresca e seca das partes aérea e radicular mostra que o incremento de RC em mistura com outros componentes exerce influência negativa no ganho de massa. Tratamentos formulados com RC produziram plântulas com MFPA e MSPA superior à mudas de tomateiro cultivadas com 100% de Napier inoculado com fertilizante comercial (Agrobio) (LEAL et al., 2007).

Tabela 21. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato composto por resíduo de café, solo de cerrado, termofosfato magnésiano e areia. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(mg)					
1	130 ^{ns}	200 ^{ns}	160 ^{ns}	70 a ²	200 a	90 a
2	110 ^{ns}	200 ^{ns}	130 ^{ns}	40 bc	100 b	50 b
3	100 ^{ns}	100 ^{ns}	110 ^{ns}	30 c	100 b	30 b
4	80 ^{ns}	100 ^{ns}	90 ^{ns}	30 c	100 b	30 b
5	100 ^{ns}	100 ^{ns}	120 ^{ns}	30 c	100 b	40 b
6	100 ^{ns}	100 ^{ns}	110 ^{ns}	30 c	100 b	40 b
7	100 ^{ns}	100 ^{ns}	120 ^{ns}	50 b	200 a	70 a
DMS	0,72	0,02	0,08	0,02	0,01	0,02
CV (%)	29,3	56,8	28,9	19,5	31,97	19,71

¹Composição dos substratos (RC:SC): Tratamento 1 – 00:100; Tratamento 2 – 20:80; Tratamento 3 – 40:60; Tratamento 4 – 60:40; Tratamento 5 – 80:20; Tratamento 6 – 100:00; Tratamento 7 – 100% AU (Em todos estes tratamentos foi adicionado 1% do TM). ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05). ns – não significativo.

Comparando-se os Ensaios 1 e 2, observa-se que o resíduo de café ocasionou maiores variações das características de crescimento de plântulas de tomateiro, as quais foram menos consistentes no Ensaio 2. A adição de 20% de RC diminuiu em mais de 50% o comprimento das variáveis CR e AP, variação que no Ensaio 2 foi observada numa extensão bem menor (Figura 19). Para as demais concentrações de RC (40-100%), os ensaios mostraram-se relativamente indiferentes com relação ao teor de RC adicionado. O parâmetro AP variou minimamente nestas concentrações para ambos os ensaios, enquanto que a variável CR do Ensaio 1 sofreu moderada diminuição na faixa de concentração de RC de 40% a 100%.

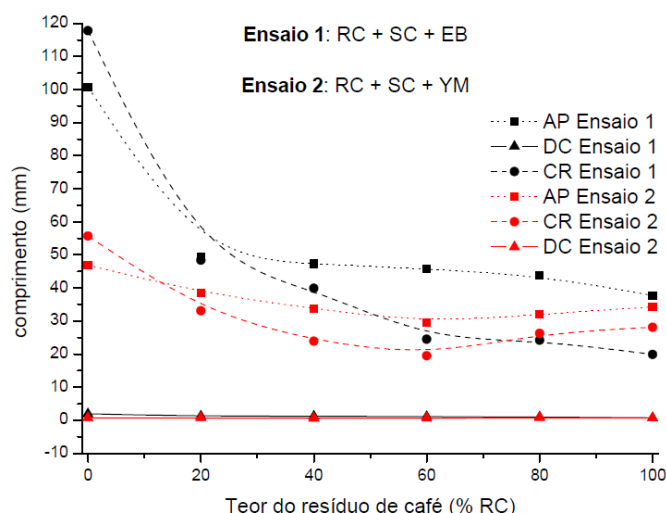


Figura 19. Fatores de crescimento de plântulas de tomateiro cultivadas com resíduo de café, solo de cerrado e esterco de bovino (Ensaio 1) e com resíduo de café, solo de cerrado e termofosfato magnésiano (yoorin máster) (Ensaio 2).

3.3 Ensaio 3 (RC + substrato comercial)

De um modo geral, o aumento gradativo da dose de RC parece exercer efeito inibitório para o desenvolvimento de plântulas de tomateiro. Verifica-se uma diminuição dos valores de AP, CR e DC com o aumento da proporção de RC em mistura com Vivatto[®] (Tabela 22). Ficam legitimadas as relações entre os resultados dos Ensaios 1 e 2 e os resultados da literatura, que mostram efeitos citotóxicos nas características biológicas de plantas de alface em concentrações iguais ou superiores a 20% de borra de café fresca (FERREIRA, 2011). Em teor de 50% do resíduo (T₁), contudo, obtiveram-se os melhores resultados para a maioria das variáveis avaliadas, exceto DC e MFPA. Os valores médios de DC foram inferiores aos obtidos com substratos formulados com fibra de coco e resíduo de algodão para a produção de tomateiro Costa et al. (2007). Pode-se supor que o resíduo de café combinado com substrato comercial parece ser uma melhor combinação para o desenvolvimento do parâmetro altura de plântulas. Analogamente, os tratamentos T₁ a T₄, formulados com RC e Vivatto[®], mostraram-se levemente superiores ao que foi encontrado por Leal et al. (2007) para esta variável. Esta mesma superioridade foi demonstrada por Ramos et al. (2008), que encontraram valores médios de DC cerca de 40% e 44% maiores do que os valores médios nos tratamentos contendo Vivatto[®] e Bioplant[®], respectivamente, quando utilizaram fibra de coco e resíduos de cultivo de cogumelo como substrato para mudas de tomateiro.

Tabela 22. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato contendo resíduo de café e Vivatto® *slim plus*. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
1	3,38 b ²	5,16 b	0,58 b	1,23 b	72,2 b
2	3,34 b	3,54 bc	0,61 b	0,90 bc	70,8 b
3	3,21 b	3,96 bc	0,53 b	0,31 cd	33,2 c
4	3,15 b	3,08 bc	0,49 b	0,54 cd	34,4 c
5	2,86 b	2,49 c	0,37 b	0,11 d	11,1 d
6	7,87 a	12,21 a	1,03 a	2,79 a	90,7 a
DMS	1,50	2,50	0,26	0,63	14,6
CV (%)	16,9	21,97	19,2	28,77	12,48

¹Composição dos substratos (RC:Vivatto): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 23. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro produzidas com substrato composto por resíduo de café e Vivatto® *slim plus*. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(g)					
1	0,09 b ²	0,01 ^{ns}	0,10 b	0,05 b	0,02 b	0,07 b
2	0,10 b	0,01 ^{ns}	0,11 b	0,04 b	0,01 b	0,06 b
3	0,04 b	0,01 ^{ns}	0,05 c	0,02 b	0,01 b	0,03 b
4	0,09 b	0,01 ^{ns}	0,10 b	0,04 b	0,01 b	0,04 b
5	0,03 b	0,01 ^{ns}	0,04 c	0,01 b	0,01 b	0,02 b
6	1,32 a	0,30 ^{ns}	1,62 a	0,46 a	0,12 a	0,59 a
DMS	0,58	0,13	0,04	0,22	0,04	0,25
CV (%)	46,0	49,0	5,48	43,74	45,00	47,00

¹Composição dos substratos (RC:Vivatto): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observa-se que os tratamentos T₁ a T₅ não se diferenciaram quanto para AP, DC, MFPA, MFR, MSPA e MSR (Tabelas 22 e 23). Entretanto, todas as variáveis diferiram estatisticamente do T₆. Por outro lado, os tratamentos T₁ e T₅ apresentaram dados significativos entre si para as variáveis CR, IVE e EF de plântulas. Comparando-se o tratamento controle (T₆) com os demais, verifica-se que o primeiro apresentou efeitos altamente significativos estatisticamente, com expressiva superioridade em relação aos

demais para todas as variáveis avaliadas. Ressalta-se que o tratamento controle foi superior aos demais em todos os parâmetros estudados.

Quanto a IVE e EF não se observou a mesma tendência de redução, já que o tratamento T₄ apresentou resultados ligeiramente maiores que T₃ para estas variáveis. Ainda assim, pode-se insistir na suposição de que o possível efeito inibitório do RC como constituinte orgânico, retarda a germinação. Um ponto relevante a ser observado é que a redução de Vivatto pela metade (adição de 50% de RC) ocasionou diminuição brusca em todas as características.

Quanto à biomassa, constata-se que os tratamentos T₃ e T₅ apresentaram resultados inferiores aos demais para as variáveis MFPA, MFT, MSPA e MST, significando que as concentrações de 70% e 90% de RC como constituinte orgânico de substrato possivelmente tenham reduzido o ganho de massa em plântulas de tomateiro (Tabela 23). No geral, o Vivatto[®] apresentou superioridade em relação aos demais componentes na produção de biomassa. Os tratamentos 1 a 5 não se diferenciaram estatisticamente em MFPA, MFR, MSPA e MSR e mostraram-se consideravelmente inferiores aos obtidos na ausência de resíduo de café (DINIZ et al., 2006; LUZ et al. 2004). Na proporção de 60% e 40% de húmus e vermiculita, respectivamente os resultados se compararam ao que foi observado com Vivatto[®] (Diniz et al., 2006).

Para os tratamentos contendo Bioplant[®] o efeito de redução de raiz foi bem maior que o observado utilizando-se Vivatto[®] como substrato comercial (Figura 20, Tabelas 23 e 24). As plântulas de tomateiro também sofreram acentuada redução em suas alturas, embora esta característica tenha estabilizado na concentração 50-90% de RC, em ambas as combinações de substratos.

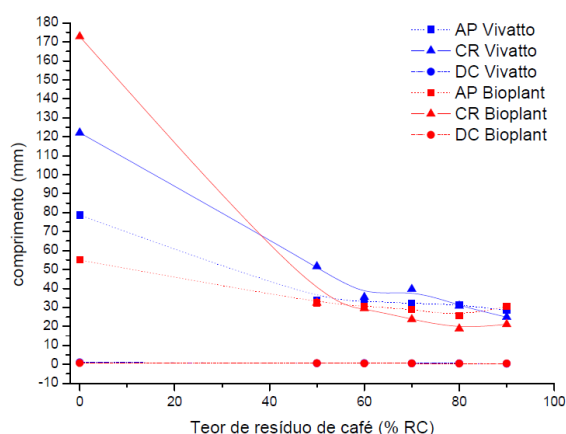


Figura 20. Fatores de crescimento de plântulas de tomateiro cultivadas com resíduo de café e substratos comerciais.

Tabela 24. Valores médios de altura de plantas (AP), comprimento de raízes (CR), diâmetro do coleto (DC), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência final (EF) de plântulas de tomateiro híbrido F1 Giovanna produzidas com substrato composto por resíduo de café e Bioplant[®]. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)	IVE	EF (%)
1	3,24 b ²	3,24 b	0,60 ab	0,80 b	69,5 b
2	3,06 b	2,95 b	0,47 bc	0,49 b	51,3 c
3	2,90 b	2,37 b	0,49 bc	0,52 b	45,8 c
4	2,55 b	1,88 b	0,38 c	0,34 b	27,4 d
5	3,05 b	2,11 b	0,48 bc	0,51 b	41,3 c
6	5,50 a	17,28 a	0,69 a	3,05 a	95,8 a
DMS	1,05	4,22	0,19	0,78	12,17
CV (%)	13,8	37,79	16,6	36,35	9,81

¹Composição dos substratos (RC:Bioplant): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 25. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), de raízes (MFR), total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de tomateiro produzidas com substrato composto por resíduo de café e Bioplant[®]. FAV/UnB, Brasília-DF, 2013.

Tratamento ¹	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
	(g)					
1	0,07 b ²	0,01 b	0,08 b	0,04 ^{ns}	0,01 b	0,046 b
2	0,04 bc	0,01 b	0,05 bc	0,03 ^{ns}	0,01 bc	0,035 b
3	0,05 bc	0,01 b	0,06 bc	0,02 ^{ns}	0,01 bc	0,032 b
4	0,02 c	0,01 b	0,03 c	0,01 ^{ns}	0,01 c	0,023 b
5	0,05 bc	0,01 b	0,06 bc	0,02 ^{ns}	0,01 bc	0,030 b
6	0,25 a	0,04 a	0,29 a	0,08 ^{ns}	0,05 a	0,134 a
DMS	0,04	0,01	0,05	0,08	0,01	0,081
CV (%)	21,13	12,89	18,52	49,78	12,98	50,64

¹Composição dos substratos (RC:Bioplant): Tratamento 1 – 50:50; Tratamento 2 – 60:40; Tratamento 3 – 70:30; Tratamento 4 – 80:20; Tratamento 5 – 90:10; Tratamento 6 – 00:100. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey (P<0,05). ns – não significativo.

Com relação aos dados de MSPA e MSR, verifica-se que para os tratamentos T₁ a T₄ houve redução no desenvolvimento de biomassa quando se utilizou Bioplant[®] (Tabela 25), não havendo diferença estatística entre os tratamentos T₁ a T₅ para MFR e MSPA. Para as características MFPA e MFT evidenciam-se diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos T₁ e T₄, tendo os demais (T₂, T₃ e T₄) não apresentado resultados significativos entre si. Deduziu-se que o RC reutilizado de forma *in natura* não produziu efeitos

satisfatórios para as variáveis massa seca e fresca de plântulas de tomateiro. O emprego de apenas Bioplant foi estatisticamente superior aos demais (Tabelas 24 e 25).

O RC ocasionou redução do IVE em todos os ensaios realizados, principalmente nos Ensaios 1 e 2. Os valores de IVE foram, em geral, bem menores quando se utilizou os substratos comerciais. Quando se observa a emergência de plântulas de tomateiro, as formulações empregadas nos Ensaios 1 e 2 mostraram-se bons substratos, tendo a combinação RC + SC + TM desempenho cerca de 30% melhor que o tratamento contendo 100% de RC. As concentrações de 70%, 80% e 90% de RC em combinação com Vivatto[®] não se mostraram adequadas para a EF de plântulas de tomateiro.

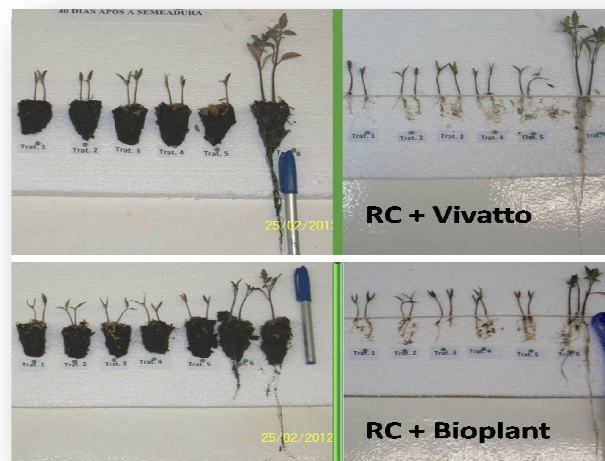


Figura 21. Plântulas de tomateiro com torrão e raízes nuas, produzidas com resíduo de café e substratos comerciais (aos 30 DAS).

4. CONCLUSÕES

1. O emprego de resíduo de café *in natura* como componente de substratos influencia supressivamente o crescimento de plântulas de tomateiro, mesmo quando presente em pequenas quantidades;

2. O aumento das doses de resíduo de café intensifica o retardamento da emergência e crescimento das plântulas de tomateiro, mesmo diante do elevado teor de elementos minerais;

3. O efeito inibitório pode estar associado com metabólitos secundários causadores de alelopatia, como a cafeína, tornando-se necessário identificar tais substâncias e suas concentrações relativas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a comprovação dos resultados alcançados com o resíduo de café, onde se concretiza a veracidade dos seus atributos como um material orgânico eficaz para uso agrícola, sugere-se a realização de trabalhos similares, com outras espécies, para determinar se os efeitos inibitórios exercidos pelo resíduo de café persistem. Além disso, a transformação do resíduo de café em substâncias humificadas, através da utilização de microorganismos e anelídeos, pode levar a melhorias da qualidade do material como substrato. Sua incorporação como substrato para a moderna produção de mudas e/ou crescimento de plantas pode transformar este produto de descarte em uma oportunidade para sistemas agrícolas sustentáveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. P. S. **Análise química e avaliação do potencial alelopático da casca do café (*Coffea arabica*)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, 2009.

BRAUN, H.; CAVATTE, P. C.; AMARAL, J. A. T.; AMARAL, J. F. T.; REIS, E. F. Produção de mudas de tomateiro por estaquia: efeito do substrato e comprimento de estacas. **Idesia**, v. 28, p. 9-15, 2010.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processo) – Universidade Tiradentes - UNIT, Aracaju, 2008.

CABRAL, M. B. G.; SANTOS, G. A.; SANCHEZ, S. B.; LIMA, W. L.; RODRIGUES, W. N. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface utilizados no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 43–48, 2011.

CAMPANHARO, M.; RODRIGUES, J. J. V.; JUNIOR, M. A. L.; ESPINDULA, M. C.; COSTA, J. V. T. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n. 2, p. 140-145, 2006.

CARVALHO, J. L.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não pára de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 6, n. 58, p. 6-14, 2007.

CARVALHO, T. G.; PIRES, M. M. M. L.; BARROS, J. P.; PIMENTA, R. M. B.; SANTOS, J. P.; ARAGÃO, C. A. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 2071-2076, 2010.

COSTA, C. A.; RAMOS, S. J.; SAMPAIO, R. A.; GUILHERME, D. O.; FERNANDES, L. A. Fibra de coco e resíduo de algodão para substrato de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 387-391, 2007.

DINIZ, K. A.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; LUZ, J. M. Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 63-70, 2006.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 42-46, 2006.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Reuse of sand, crushed sugarcane and peanut hull-based substrates for cherry tomato cultivation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 6, p. 630-635, 2007.

FERREIRA, A. B. **Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) – Escola Superior Agrária de Bragança - ESAB, Bragança, 2011.

HERRERA, F.; CASTILLO, J. E.; CHICA, A. F., BELLIDO, L. L. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. **Bioresource Technology**, Córdoba, v. 99, p. 287-296, 2008.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, n. 48, p. 174-186, 1976.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Seropédica, v. 25, n. 3, p. 392-395, 2007.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. C. T.; GALVÃO, D. C. Avaliação de diferentes bandejas e substratos orgânicos na produção de mudas de tomate cereja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 123-128, 2009.

LUZ, J. M. Q.; BELLODI, A. L.; MARTINS, S. T.; DINIZ, K. A.; LANA, R. M. Q. Composto orgânico de lixo urbano e vermiculita como substrato para a produção de mudas de alface, tomate e couve-flor. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 67-74, 2004.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination AID selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MATOS, E. S.; SHIRAHIGE, F. H.; MELO, P. C. T. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, p. 240-245, 2012.

MIRANDA, G. R. B.; GUIMARÃES, R. J.; CAMPOS, V. P.; BOTREL, É. P.; ALMEIDA, G. R. R.; R. G. G. Métodos alternativos de desinfestação de plantas invasoras em substratos para formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 168-174, 2007.

PENEVA, A. Allelopathic Effect of Seed Extracts and Powder of Coffee (*Coffea arabica* L.) on Common Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.). **Journal of Agricultural Science. Bulgarian**, v, 13, p. 205-211, 2007.

PEREIRA, D. C.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; MACCARI, S.; BERNARDI, F. H.; SANTOS, R. A. LUZ, P. R. A. Substratos para produção de mudas de tomateiro. **VI Congresso Brasileiro de Agroecologia, II Congresso Latino Americano de Agroecologia**. 2009, Curitiba, p. 180-184.

RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; JÚNIOR, C. C. F.; SAMPAIO, R. A.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. Tomato seedling production in substrate containing coconut fiber and mushroom culture waste. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 3, p. 237-241, 2008.

RODRIGUES, E. T.; LEAL, P. A. M.; COSTA, E.; PAULA, T. S.; GOMES, V. A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4 p. 483-488, 2010.

SANTOS, M. R.; SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M. Development of okra seedlings in function of the quality of the substrate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 2787-2795, 2010.

SILVA, E. A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; OLIVEIRA, A. C.; REIS, L. L. BARDIVIESSO, D. M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008.

SILVA, E. C.; COSTA, C. A. C.; SANTANA, J. B. L.; MONTEIRO, R. F.; FERREIRA, E. F.; SILVA, A. S. Avaliação de diferentes tipos de substratos na produção de mudas de melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 3142-3146, 2009.

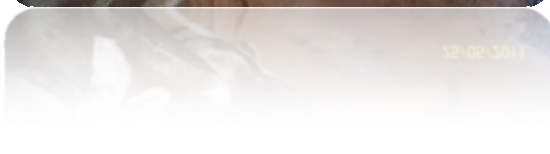
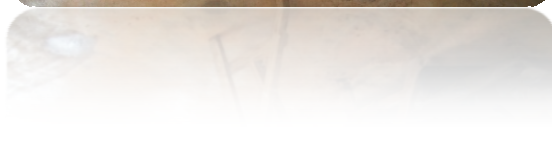
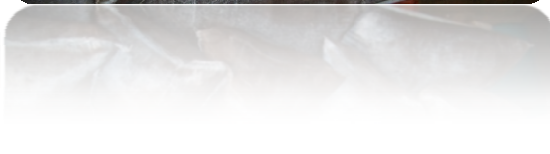
SILVA, F. A. S. 2012. DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz. 05/03/2012. The ASSISTAT 7.6 software: statistical assistance, 2012.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; MACHADO, R. G. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta Zoológica Mexicana**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 333-343, 2010.

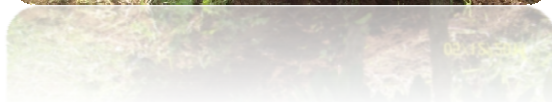
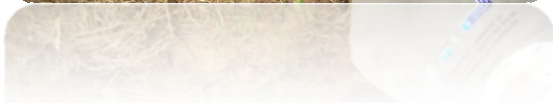
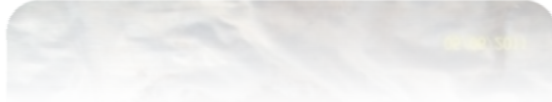
ANEXOS



Anexo 1. Coleta, secagem e peneiramento do resíduo de café.



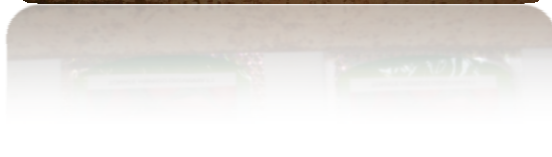
Anexo 2. Pesagem, armazenamento e embalagem do resíduo de café.



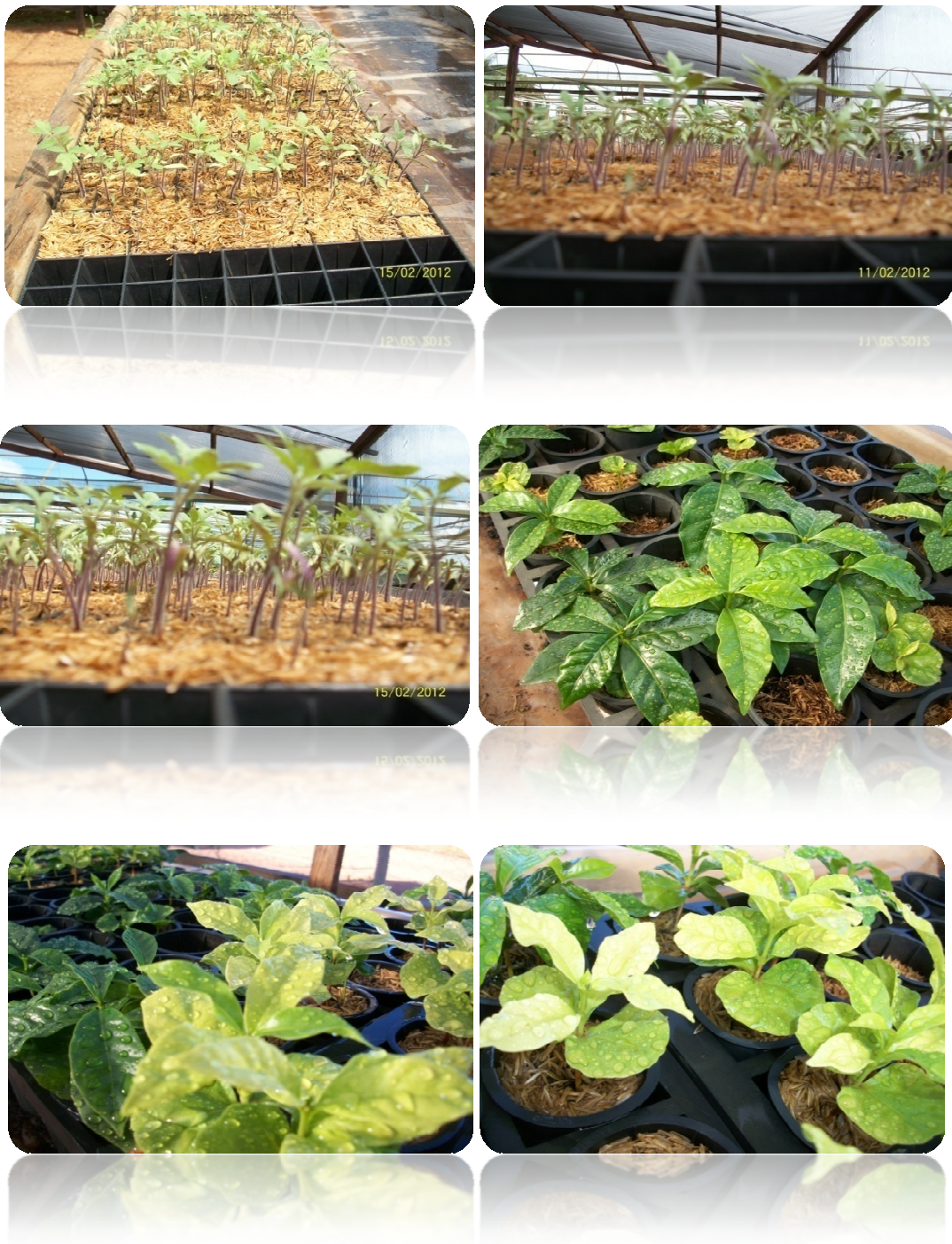
Anexo 3. Aplicação de resíduo de café em plantas de cafeeiros.



Anexo 4. Substratos comerciais e orgânicos utilizados nas pesquisas.



Anexo 5. Fertilizantes, sementes, recipientes e semeio utilizados nas pesquisas.



Anexo 6. Plântulas de tomateiro e cafeeiro originárias das pesquisas.

Anexo 7. Caracterização química do solo com cafeeiro orgânico, seis meses após a primeira aplicação das doses de resíduo de café, FAL/UnB/2010.

Propriedades	Repetição/Profundidade (cm)/Tratamento (kg)											
	Bloco I			Bloco II			Bloco III			Bloco IV		
	0-10			0-10			0-10			0-10		
	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0
C.O. (g kg ⁻¹)	28,3	27,9	35,9	31	26,5	29,4	29,3	26,9	31	27,3	26,7	34,7
M.O. (g kg ⁻¹)	48,7	48	61,7	53,3	45,6	50,6	50,4	46,3	53,3	47	45,9	59,7
pH (H ₂ O)	6,5	7	6	6,8	6,5	5,4	6	6,7	6,2	6,4	6,4	6,7
pH (KCl)	6,1	6,6	5,7	6,6	6,1	5,5	5,8	6,2	5,9	5,7	6	6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4	2,5	6,2	2,7	4,3	5,4	5,4	3,4	5,4	4	4,3	2,7
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	14	21	13	11	12	7	12	13	12	10	14	17
V (%)	70	88	52	75	64	24	55	74	56	60	70	84
P (mg dm ⁻³)	17,2	95	16	85,2	5,5	5,2	67,6	38	6,3	100	18,7	100
K (cmol _c dm ⁻³)	0,5	0,66	0,75	0,69	0,54	0,55	0,42	0,63	0,61	0,55	0,63	0,6
Ca (cmol _c dm ⁻³)	6,8	16,5	4,4	5,1	5,5	0,6	5,2	7,5	4,9	4,5	8,3	12,2
Mg (cmol _c dm ⁻³)	2,1	1,5	1,5	2,3	1,5	0,5	1	1,7	1,4	0,9	0,9	1,6

Anexo 8. Caracterização química do solo com cafeeiro orgânico, seis meses após a primeira aplicação das doses de resíduo de café, FAL/UnB/2010.

Propriedades	10-20			10-20			10-20			10-20		
	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0
C.O. (g kg ⁻¹)	25,9	25,8	25,8	27,2	22,6	26,2	23,6	26	25,8	23,8	24,4	23,8
M.O. (g kg ⁻¹)	44,5	44,4	44,4	46,8	38,9	45,1	40,6	44,7	44,4	40,9	42	40,9
pH (H ₂ O)	5,8	7	5,3	5,6	6,1	5,2	5,6	6,5	5,3	5,8	6,1	6
pH (KCl)	5,9	6,7	5,4	6,3	6	5,5	5,8	6,3	5,6	5	6	6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0	0,4	0,2	0	0,6	0,1	0	0,4	0,1	0	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,4	2,5	7,8	3,4	5	7,8	6,2	3,4	6,7	5,4	5,4	5,4
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	7	14	9	5	11	9	8	11	8	7	15	11
V (%)	23	82	17	33	53	16	19	68	17	22	63	49
P (mg dm ⁻³)	16,7	7,8	14,4	20,6	3,5	4,1	26	5,6	3,9	12,4	54,3	4,2
K (cmol _c dm ⁻³)	0,31	0,61	0,47	0,37	0,34	0,34	0,27	0,49	0,28	0,26	0,4	0,4
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,9	9,3	0,6	0,8	4,4	0,6	0,7	5,8	0,6	0,9	7,9	4
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,4	1,3	0,5	0,4	0,9	0,5	0,5	0,9	0,5	0,3	0,8	0,8

Anexo 9. Caracterização química do solo com cafeeiro orgânico, seis meses após a terceira aplicação das doses de resíduo de café, FAL/UnB/2011.

Propriedades	Repetição/Profundidade (cm)/Tratamento (kg)											
	Bloco I			Bloco II			Bloco III			Bloco IV		
	0-10			0-10			0-10			0-10		
	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0
C.O. (g kg ⁻¹)	3	2,8	3,7	2,9	3	3	3,1	3,8	2,4	2,3	3,2	3,1
M.O. (g kg ⁻¹)	5,2	4,8	6,4	5,6	5,2	5,2	5,4	6,6	4,1	4	5,6	5,4
pH (H ₂ O)	6,6	6,3	6,5	7	6,6	6,2	7,4	6,8	5,5	6,4	7,2	6,5
pH (KCl)	6,2	5,8	6,0	6,4	5,8	5,7	6,6	6,2	5,2	5,9	6,7	5,8
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,3	2,5	2,8	1	2,3	3	2,5	2,5	4,8	2,5	1	3,5
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	12,5	10,6	10,7	10,2	10,7	10,5	12,2	13	9,4	8,4	10,6	10,8
V (%)	82	76	74	90	79	71	80	81	49	70	91	68
P (mg dm ⁻³)	41,9	8,3	11,3	41,1	26,6	8,4	64,9	27,2	3,1	24	55,6	23,3
K (cmol _c dm ⁻³)	428	656	243	464	516	400	384	629	320	183	391	319
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,2	3,8	4,3	5,3	4,1	3,6	5,1	5,5	2,4	3,6	6	4
Mg (cmol _c dm ⁻³)	3,9	2,6	3	2,7	3	2,9	3,6	3,4	1,4	1,8	2,6	2,5

Anexo 10. Caracterização química do solo com cafeeiro orgânico, seis meses após a terceira aplicação das doses de resíduo de café, FAL/UnB/2011.

Propriedades	Repetição/Profundidade (cm)/Tratamento (kg)											
	Bloco I			Bloco II			Bloco III			Bloco IV		
	10-20			10-20			10-20			10-20		
	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	2,0
C.O. (g kg ⁻¹)	2,4	2,4	2,7	2,3	2,4	2,4	2,2	2,7	2,1	2,1	2	2,5
M.O. (g kg ⁻¹)	4,1	4,1	4,7	4	4,1	4,1	3,8	4,7	3,6	3,6	3,5	4,3
pH (H ₂ O)	6,3	5	6,2	6	6,8	7,2	6,2	6,5	6,5	7	6,9	6,1
pH (KCl)	5,8	5,4	5,7	5,1	6,2	6,7	5,6	5,9	5,4	6,8	6,3	5,4
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,3	4,3	4,3	4,3	2,5	0,8	3,6	3	5,4	1	0,8	4,3
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	9,2	8,3	8,5	8,2	8,7	10,5	8,5	8,2	7,3	9,8	7,3	8,3
V (%)	63	48	49	46	71	92	58	63	26	90	89	48
P (mg dm ⁻³)	9,7	5,7	3,5	5	10,9	121	14,1	3,2	1,2	235	9,4	5,8
K (cmol _c dm ⁻³)	333	390	384	372	268	405	232	360	313	166	266	328
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,1	1,8	2,2	1,8	3,9	7,2	3,3	2,9	0,7	7,6	4,6	2,1
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9	1,2	1	1,1	1,6	1,5	1	1,5	0,4	0,8	1,2	1,1

Anexo11. Composição dos materiais constituintes dos ensaios experimentais com plântulas de cafeeiro e suas respectivas concentrações em massa, FAV/UnB, 2013.

Tratamento	Ensaio 1				*Ensaio 2				Ensaio 3				Ensaio 4		Ensaio 5	
	RC	SC	TM	AU	RC	SC	TM	AU	RC	SC	EB	AU	RC	BIO	RC	VIV
1	0	100	1	0	0	100	1	0	0	90	10	0	50	50	50	50
2	20	80	1	0	20	80	1	0	20	70	10	0	60	40	60	40
3	40	60	1	0	40	60	1	0	40	50	10	0	70	30	70	30
4	60	40	1	0	60	40	1	0	60	30	10	0	80	20	80	20
5	80	20	1	0	80	20	1	0	80	10	10	0	90	10	90	10
6	100	0	1	0	100	0	1	0	100	0	0	0	0	100	0	100
7	0	0	1	100	0	0	1	100	0	0	0	100	-	-	-	-

*Acrescido de fertilizante de liberação lenta (Osmocot®) na formulação 15-09-12 à base de 10g por kg.

Anexo 12. Composição dos materiais constituintes dos ensaios experimentais com plântulas de tomateiro e suas respectivas concentrações em massa, FAV/UnB, 2013.

Tratamento	Ensaio 1				Ensaio 2				Ensaio 3		Ensaio 4	
	RC	SC	TM	AU	RC	SC	EB	AU	RC	BIO	RC	VIV
1	0	100	1	0	0	90	10	0	50	50	50	50
2	20	80	1	0	20	70	10	0	60	40	60	40
3	40	60	1	0	40	50	10	0	70	30	70	30
4	60	40	1	0	60	30	10	0	80	20	80	20
5	80	20	1	0	80	10	10	0	90	10	90	10
6	100	0	1	0	100	0	0	0	0	100	0	100
7	0	0	1	100	0	0	0	100	-	-	-	-