



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

**ATRIBUTOS DO SOLO E RESPOSTA DO CAFEIRO A REGIMES
HÍDRICOS COM E SEM BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

OMAR CRUZ ROCHA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2014



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

**ATRIBUTOS DO SOLO E RESPOSTA DO CAFEIEIRO A REGIMES
HÍDRICOS COM E SEM BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

OMAR CRUZ ROCHA

ORIENTADORA: MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS
CO-ORIENTADOR: ANTONIO FERNANDO GUERRA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 023D/2014

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2014



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

**ATRIBUTOS DO SOLO E RESPOSTA DO CAFEEIRO A REGIMES
HÍDRICOS COM E SEM BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

OMAR CRUZ ROCHA

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AGRONOMIA DA FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
AGRONOMIA, LINHA DE PESQUISA ÁGUA SOLO E QUALIDADE AMBIENTAL.**

APROVADA POR:

Maria Lucrécia Gerosa Ramos, Ph. D., Universidade de Brasília, CPF: 002.094.438-12,
lucreciai@unb.br (Orientadora)

Gabriel Ferreira Bartholo, D.Sc., Embrapa Café, CPF: 281.449.296-91,
gabriel.bartholo@embrapa.br (Examinador externo)

Marcos Aurélio Carolino de Sá, D.Sc., Embrapa Cerrados, CPF: 157.404.258-08,
marcos.sa@embrapa.br (Examinador externo)

Eiyti Kato, D.Sc., Universidade de Brasília, CPF: 143.483.571-53,
kato@unb.br (Examinador interno)

Walter Quadros Ribeiro Júnior, Ph. D., Embrapa Cerrados, CPF: 906.075.388-72,
walter.quadros@embrapa.br (Examinador externo)

BRASÍLIA/DF, 07 de março de 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

R672a Rocha, Omar Cruz.
Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas / Omar Cruz Rocha. – 2014.
128 f. : il.

Orientadora: Maria Lucrecia Gerosa Ramos;
Coorientador: Antonio Fernando Guerra.

Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, 2014.

1. *Coffea arabica* L. 2. Irrigação. 3. Matéria orgânica. 4. *Urochloa decumbens*. 5. Déficit hídrico I. Ramos, Maria Lucrecia Gerosa, orient. II. Guerra, Antonio Fernando, coorient. III. Título.

633.73 CDD 21

Catálogo na fonte: Fábio Lima Cordeiro (CRB 1/2045)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OMAR, C. R. **Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas**. 2014. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Omar Cruz Rocha

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas.

GRAU: Doutor ANO: 2014

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. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Omar Cruz Rocha

CPF: 579.134.475-91

Condomínio Recanto Real, Qd 02, Conj 3, Cs 4

Região dos Lagos (Sobradinho). Brasília/DF - Brasil

CEP: 73.251-903

Tel: (61) 8155-5668

omar.rocha@embrapa.br

A Deus,

DEDICO.

Ao professor Carlos Alberto da Silva Oliveira,

MINHA HOMENAGEM.

A sociedade brasileira

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas. Obrigado Pai pela oportunidade, sobretudo pela saúde e inspiração para concluir este projeto.

A minha amada esposa Maria Izabel e aos meus filhos Samuel e Vida pela compreensão, incentivo, carinho e apoio incondicional.

Aos meus queridos pais, irmãos e amigos pela presença constante através de palavras consoladoras de encorajamento.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e, em especial, a Embrapa Cerrados pela oportunidade para realização deste treinamento.

À Universidade de Brasília por sua infraestrutura e pela qualidade do treinamento ofertado pela Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

Ao Consórcio Pesquisa Café pelo suporte e apoio concedidos para realização deste trabalho.

A Orientadora e amiga Maria Lucrecia Gerosa Ramos pela acolhida, pelo convívio, ensinamentos e pela confiança depositada em mim.

Ao Co-orientador e colega Antonio Fernando Guerra pela amizade sincera, pela grande parceria científica e pelo permanente incentivo.

Ao professor Carlos Alberto da Silva Oliveira pela orientação inicial e pelas importantes contribuições na construção do projeto de pesquisa.

Ao amigo Amilton da Silva Pires pelo comprometimento e profissionalismo no apoio técnico na condução do ensaio.

Ao amigo Renato Fernando Amabile pela disposição, apoio sincero e, sobretudo, pelo permanente bom humor.

As equipes dos laboratórios de Microbiologia do Solo e Física do solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB.

Ao Engenheiro Agrônomo Juliano Escobar da Silva pela importante contribuição nas análises laboratoriais.

A generosa e prestativa equipe de campo da EMBRAPA CERRADOS, formada por Levi Botelho, Antônio Oliveira, Walduir Siqueira e Pedro Cruz. Obrigado pelo valioso apoio na condução dos ensaios de campo.

As equipes dos Laboratórios de Biofísica Ambiental e Física do Solo da EMBRAPA CERRADOS, em especial a Nelson Camargo Moreira, Lúcio Feitoza e Edim Borges.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação das Faculdades de Agronomia e Medicina Veterinária e de Estatística da UnB pelos conhecimentos compartilhados.

Aos membros da banca examinadora Bartholo, Marcos, Eiyti e Walter, pelas sugestões e tempo que dispuseram para melhorá-la.

A todos os bolsistas que em algum momento, pela EMBRAPA Cerrados ou pelo Consórcio Pesquisa Café, passaram e deixaram sua contribuição neste trabalho, em especial para: Amanda Halum Elias, Anderson Cordeiro, Andrea Cristina Oliveira da Silva, Camila Lemes de Oliveira Almeida, Clotildes Neves da Silva, Diogo Bandeira Chagas, Gabriel Vinicius Lavagnini, Gabriel Lobo de Mendonça, Hermelany Muniz Lima Borges, Ivoneide Vieira Pereira, Juliene Brito Martins Barbosa, Marcos Ferreira da Silva, Mateus Saad Machado e Mérilym Santos Silva.

Aos colegas de curso e aos demais que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.



“Nada é mais difícil de executar, mais duvidoso de ter êxito ou mais perigoso de manejar do que dar início a uma nova ordem de coisas. O reformador tem inimigos em todos os que lucram com a velha ordem e apenas defensores tépidos nos que lucrariam com a nova ordem.”

Nicolau Maquiavel

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1. Distribuição relativa das classes de poros do solo entre os tratamentos irrigados com braquiária (IB) e em sequeiro no sistema de manejo tradicional (ST), no perfil de 0-0,20 m **62**

Figura 2. Curvas médias de retenção de água para os solos dos tratamentos irrigados com braquiária (IB) e sequeiro tradicional (ST), para o perfil de 0-0,20 m **63**

CAPÍTULO II

Figura 1. Influência média da braquiária no número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado (NRP.kg⁻¹) para cada regime hídrico em relação ao sistema de manejo. EMBRAPA CERRADOS, Planaltina, DF **112**

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,0 - 0,05 m)..... **58**
- Tabela 2.** Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,05 - 0,10 m)..... **60**
- Tabela 3.** Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,10 - 0,20 m)..... **61**

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Efeito do regime hídrico (RH), do sistema de manejo (SM) e da camada de solo (CAM) na densidade do solo (DS), no estoque de carbono (EstC), no nitrogênio total (NT), no estoque de nitrogênio (EstN) e na relação carbono nitrogênio (C:N) de um Latossolo cultivado com café em Planaltina, DF..... **83**
- Tabela 2.** Efeito interativo entre o regime hídrico e a camada de solo em relação a carbono orgânico total (COT), em g kg^{-1} , em Planaltina, DF **84**
- Tabela 3.** Efeito interativo entre o regime hídrico e a camada de solo em relação a estoque de carbono (EstC), em Mg ha^{-1} , em Planaltina, DF **84**
- Tabela 4.** Valores médios e erro padrão para diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total do solo (NT), relação carbono nitrogênio (C:N), estoque de carbono (EstC) e estoque de nitrogênio (EstN) de um Latossolo vermelho distrófico típico sem interferência antrópica (Cerrado virgem), em Planaltina, DF **86**
- Tabela 5.** Efeito interativo triplo entre o regime hídrico (RH), o sistema de manejo (SM) e o camada de solo (CAM) em relação ao diâmetro médio ponderado (DMP), em μm , em Planaltina, DF **87**

CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) no crescimento do cafeeiro, médias dos anos 2011 e 2012. **110**

Tabela 2. Efeito interativo do RH e do SM sobre a produtividade dos cafeeiros em sacas de café beneficiado por hectare (PD), médias dos biênios 2010/2011 e 2012/2013..... **112**

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DC), número de ramos plagiotrópicos por planta (NRP), número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado (NRPK) e produtividade de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos e dois sistemas de manejo.. **113**

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

Símbolo	Descrição	Unidade
θ	Teor volumétrico de água do solo	$m^3 m^{-3}$
ϕ	Ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo (BOUMA, 1991)	-
ψ_m	potencial mátrico da água no solo	kPa
θ_t	Teor de água residual	$m^3 m^{-3}$
θ_s	Teor de água na condição de solo saturado	$m^3 m^{-3}$
*	Significância estatística a 5% de probabilidade	-
**	Significância estatística a 1% de probabilidade	-
***	Significância estatística a 0,1% de probabilidade	-
A	Camada de solo de 0,00 a 0,05 kg	m
ADT	Água disponível total	$m^3 m^{-3}$
AP	Altura de plantas	m
APD	Água prontamente disponível	$m^3 m^{-3}$
B	Manejo das entrelinhas do cafeeiro com braquiária	-
B	Camada de solo de 0,05 a 0,10	m
C	Camada de solo de 0,10 a 0,20	m
C:N	Relação carbono nitrogênio	-
CAM	Camadas do solo	-
Crip	Porcentagem de criptoporos	%
COT	Carbono orgânico total do solo	$g kg^{-1}$
CV	Coefficiente de variação	%
D	Diâmetro do poro da equação de Bouma (BOUMA, 1991)	mm
d	Média dos diâmetros de cada classe de agregados	mm
DC	Diâmetro do caule	mm
DCO	Diâmetro da copa	m
DMP	Diâmetro médio ponderado	mm
Ds	Densidade do solo	$Mg m^{-3}$
EstC	Estoque de carbono	$Mg ha^{-1}$
EstN	Estoque de nitrogênio	$Mg ha^{-1}$
Eto	Evapotranspiração de referência	mm
FTE	Fritted trace elements	-

I	Regime irrigado	-
L	Lâmina de irrigação	mm
LVd	Latossolo Vermelho distrófico	-
m, n e α	Parâmetros empíricos (GENUCHTEN, 1980)	-
MIC	Volume de microporos	$m^3 m^{-3}$
NRP	Número de ramos plagiotrópicos	-
NRPK	Número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado	-
NT	Nitrogênio total do solo	$g kg^{-1}$
P	Precipitação pluviométrica	mm
<i>p</i>	Proporção do peso de cada fração em relação ao peso total da amostra	g
PC	Projeção da copa do cafeeiro	-
PD	Produtividade	sc ha ⁻¹
Mac	Percentagem de macroporos	%
Mib	Percentagem de microporos de baixa retenção	%
Mir	Percentagem de microporos remanescentes	%
PT	Porosidade total do solo	%
QFHS	Qualidade físico-hídrica do solo	-
RH	Regime hídrico	-
S	Regime em sequeiro	-
<i>s</i>	Tensão Superficial da água (BOUMA, 1991)	kPa mm
SM	Sistema de Manejo	-
T	Manejo das entrelinhas cafeeiro tradicional	-
RP. kg^{-1}	Ramos plagiotrópicos por kg de café beneficiado	-
sc ha ⁻¹	Saca de 60 kg de café beneficiado por hectare	-

SUMÁRIO

1. RESUMO.....	18
2. ABSTRACT	19
3. INTRODUÇÃO	20
3.1 Objetivo geral.....	22
3.2 Objetivos específicos	22
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4.1 O Cerrado	23
4.2 A Cafeicultura no Brasil e no Cerrado brasileiro.....	26
4.3 Plantas de cobertura	27
4.4 Armazenamento de água no solo	30
4.5 Matéria orgânica e atributos do solo	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPÍTULO I - QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO SOB IRRIGAÇÃO E BRAQUIÁRIA EM LAVOURA DE CAFÉ NO CERRADO	45
1.1. RESUMO	46
1.2. ABSTRACT	47
1.3. INTRODUÇÃO.....	48
1.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
1.6. CONCLUSÕES	64
1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CAPÍTULO II - AGREGAÇÃO, CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO, CONDICIONADOS PELO REGIME HÍDRICO E PELA BRAQUIÁRIA EM CAFEZAL	71
2.1. RESUMO	72

2.2. ABSTRACT	73
2.3. INTRODUÇÃO.....	74
2.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	77
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
2.6. CONCLUSÕES	91
2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
CAPÍTULO III - DESEMPENHO DE CAFFEEIROS EM FUNÇÃO DO REGIME HÍDRICO E DA COBERTURA COM BRAQUIÁRIA NO CERRADO	100
3.1. RESUMO	101
3.2. ABSTRACT	102
3.3. INTRODUÇÃO.....	103
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	106
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
3.6. CONCLUSÕES	114
3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
ANEXOS.....	124
ANEXO A	
Totais mensais (mm) para evapotranspiração de referência (Eto), precipitação (P), água de irrigação (L) de janeiro de 2011 a dezembro de 2012. EMBRAPA CERRADOS, Planaltina, DF.....	125
ANEXO B	
Valor F e significância das análises de variância dos fatores de efeito, regime hídrico (RH) e sistema de manejo da entrelinhas dos cafeeiros (SM), e suas interações sobre densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), microporosidade (MIC), água disponível total (ADT), água prontamente disponível (APD), porcentagem de macroporos (Mac), porcentagem de criptoporos (Crip), microporos de baixa retenção (Mib) e microporos remanescente (Mir), nas camadas A, B e C.	125

ANEXO C

Valor F e significância(1) das análises de variância dos fatores de efeito(2), e suas interações sobre densidade do solo (Ds), diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstC), nitrogênio total (NT), estoque de nitrogênio (EstN) e relação carbono nitrogênio (C:N)..... 126

ANEXO D

Valor F e significância das análises de variância dos fatores de efeito, regime hídrico (RH) e sistema de manejo (SM), e suas interações sobre altura da planta (AP), diâmetro da copa (DCO), diâmetro do caule (DC), número de ramos plagiotrópicos por planta (NRP), Número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado (NRPK) e produtividade média (PD) 127

ANEXO E

Foto aérea com descrição da área experimental de *Coffea arabica* L. e da área de mata nativa da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF – Brasil..... 127

ANEXO F

Croqui experimental adotado nos diferentes regimes hídricos: Irrigado e sequeiro, relacionando *Coffea arabica* L., cultivar catuaí IAC 144, com sistemas de manejo das entrelinhas: Com *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) e tradicional, na Embrapa Cerrados em Planaltina, DF – Brasil 128

1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o potencial de uso da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) como planta de cobertura em lavouras de café no Cerrado central brasileiro. O ensaio foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados (15°35'42"S, 47°43'51"W e 1009 m) em um experimento com café (*Coffea arabica* L.), instalado em dezembro de 2007. A pesquisa fundamentou-se na investigação dos atributos físico-hídricos, químicos e estruturais do solo, bem como no desempenho produtivo dos cafeeiros nos diferentes tratamentos. Em relação aos atributos físico-hídricos, o regime de irrigação aumentou a densidade do solo na camada superficial sem, no entanto, prejudicar sua capacidade de armazenamento de água. Em relação à braquiária houve efeito positivo de suas raízes sobre o armazenamento de água do solo, promovendo incremento na percentagem de microporos relacionados à água prontamente disponível, que foi acrescida em 18% ao longo do perfil. Quanto aos atributos químicos, os maiores teores de carbono orgânico e nitrogênio total do solo foram encontrados na camada de 0,00 a 0,10 m, onde também se concentrou 50% do carbono orgânico total no perfil estudado. A braquiária associada à irrigação teve efeito positivo altamente significativo sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados indicando melhor agregação do solo. Em relação aos cafeeiros, o sistema de manejo com braquiária, em condição irrigada, não alterou significativamente o desempenho produtivo. Contudo, a braquiária conduzida em regime de sequeiro reduziu o potencial produtivo das plantas e aumentou em 18% o número de ramos plagiotrópicos para compor um kg de café beneficiado, resultando em uma queda de 42% na produtividade. Por fim, a ausência da irrigação, independentemente do sistema de manejo adotado, limitou o crescimento vegetativo dos cafeeiros.

Termos para indexação: *Coffea arábica*, Irrigação, Plantas de cobertura, Matéria orgânica, Déficit hídrico.

2. ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential use of *Urochloa decumbens* (synonym *B. decumbens*) as cover crop in irrigated coffee plantations in the Brazilian central region. The experiment was conducted at EMBRAPA Cerrados (15 ° 35'42 " S, 47 ° 43'51 " W and 1009 m) with coffee trees *Coffea arabica* L.), installed in December, 2007. The research was based on the investigation of water-physical, chemical and structural soil properties and on growth performance of coffee trees in different treatments. Regarding physical attributes, water irrigation increased soil density in the surface layer without, however, disrupting their ability to store water. Regarding brachiaria, there was a positive effect of roots on soil water storage, promoting an increase in the percentage of micropores related to water readily available, which was increased by 18% along soil profile. As for chemical attributes, the higher content of organic carbon and total nitrogen were found in the soil layer of 0.00 to 0.10 m, which also accumulated 50% total organic carbon in the soil profile studied. Brachiaria associated with irrigation had highly significant positive effect on the weighted average diameter of the soil aggregates indicating better soil aggregation. Regarding the coffee trees, the management system and brachiaria in irrigated condition, did not significantly altered the productive performance. However, brachiaria conducted under rainfed reduced the productive potential of plants, increasing by 18% the number of primary branches to make one kg of processed coffee, resulting in a decrease of 42% in productivity. Finally, the absence of irrigation, regardless of management systems, limited vegetative growth of coffee trees .

Index terms: *Coffea arabica*, Irrigation, Cover crops, Soil organic matter, Water deficit.

3. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro ocupa 204 milhões de hectares e representa 30% da biodiversidade do país. Nele, originam-se três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Tocantins-Araguaia, Prata e São Francisco, e os demais biomas (Pampas, Pantanal, Floresta Amazônica, Caatinga e Mata Atlântica) recebem alguma fração de água proveniente do Cerrado (RESCK et al., 2008; SANO, 2008). Nesse contexto, apenas 48% das áreas do Cerrado permanecem inalteradas, sendo que as pastagens cultivadas (26,5%) e as culturas agrícolas (10,6%) são as classes predominantes de uso da terra (SANO, 2008). Entre as culturas agrícolas perenes cultivadas no Cerrado o café vem se consolidando, nas últimas três décadas, como responsável por importantes transformações socioeconômicas relacionadas ao agronegócio da região (ORTEGA; JESUS, 2011).

O estabelecimento do cultivo de café (*Coffea arabica* L.) no Cerrado foi favorecido pelas características ambientais e por tecnologias de cultivo já desenvolvidas para a cafeicultura de sequeiro de outras regiões do país. No entanto, a distribuição pluviométrica sazonal da região e as propriedades físico-hídricas dos solos, condicionaram o sucesso dessa atividade ao uso obrigatório da irrigação, devido aos aumentos de produtividade da cultura (BONOMO et al., 2008; COELHO; SILVA, 2005; COSTA et al., 2013; FARIA; SIQUEIRA, 2005; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008) e da qualidade do café produzido (MARTINS et al., 2007).

Na cafeicultura, a espécie *Coffea arabica* L. é a mais difundida no Brasil, que é líder de produção mundial. Sua área, atualmente, é de 1,56 milhões de hectares, responsáveis por 38,3 milhões de sacas beneficiadas colhidas em 2013, ano em que participou com 5,3% das exportações do agronegócio brasileiro. O Cerrado, neste cenário, contribuiu com 15,4% desta produção e é responsável por 5,9 milhões de sacas, resultantes de uma produtividade média de

31,3 sc.ha⁻¹, 28,3% maior do que a produtividade média nacional de 24,4 sc.ha⁻¹ (MAPA, 2014; CONAB, 2014). Mesmo diante desta realidade, condicionada principalmente pela irrigação, a produtividade de café no Cerrado é considerada baixa diante de estudos recentes que demonstram potenciais de produção significativamente maiores (BONOMO et al., 2008; GUERRA et al, 2007).

O manejo inadequado da cultura e a degradação contínua da fertilidade dos solos são os principais fatores do baixo rendimento da cultura (GUIMARÃES; REIS, 2010; GUERRA et al., 2008). O uso de tecnologias que aperfeiçoem os aspectos relativos ao manejo da cultura, a partir de técnicas conservacionistas, pode ser uma alternativa viável para uma solução em médio prazo. A *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*), de origem africana, adaptou-se muito bem no Brasil, principalmente nas áreas de Cerrado onde sua participação na área total de pastagem cultivada é da ordem de 55% (BUENO; VILELA, 2002). Por outro lado, mesmo diante do fato de ser considerada como planta invasora para maioria das culturas perenes cultivadas, a braquiária tem demonstrado alto potencial como planta de cobertura (GUEDES et al., 1996). Nos sistemas de manejo que utilizam gramíneas perenes como plantas de cobertura, essas apresentam ação agregante mais prolongada do que as leguminosas, devido à presença de um sistema radicular fasciculado mais denso e com maior contato com as partículas do solo (CARPENEDO; MIELNICZUK; 1990; PALADINI; MIELNICZUK, 1991 e SILVA E RESCK; 1997).

A adoção da braquiária como planta de cobertura na cultura do café no Cerrado pode trazer importantes contribuições para a sustentabilidade econômica da cultura, com impactos positivos diretos sobre os aspectos socioambientais. Dentre as contribuições econômicas, destaca-se a possibilidade de redução de custos favorecida, principalmente, pela redução no número de horas máquina e de defensivos necessários para o controle do mato. Por outro lado,

do ponto de vista socioambiental, a braquiária pode ser considerada uma produtora de água, pois aumenta a capacidade de armazenamento de água do solo a partir de sua ação agregante, justificada pela ação de suas raízes e por um maior armazenamento de carbono no solo.

Todas essas contribuições podem influenciar o crescimento da cultura com reflexos na melhoria das condições de vida de todos os trabalhadores envolvidos na cadeia produtiva do café e na alteração da estrutura produtiva, no sentido de se fornecer um produto final não só de melhor qualidade, mas principalmente de maior responsabilidade socioambiental.

3.2. Objetivo geral

- Avaliar o potencial de uso da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) como planta de cobertura em lavouras de café (*Coffea arábica* L.) no Cerrado central do Brasil.

3.3. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) em cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros sobre a qualidade físico-hídrica de um Latossolo Vermelho do Planalto Central Brasileiro.

- Avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*), em cobertura nas entrelinhas do café, sobre os teores e estoques de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, bem como sobre a agregação de um Latossolo Vermelho na região de Cerrado.

- Avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) em cobertura nas entrelinhas sobre o crescimento e a produtividade dos cafeeiros no Cerrado.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O Cerrado

O Cerrado brasileiro distribui-se de forma descontínua e heterogênea pelas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, estendendo-se por uma área de 2.036.448 km², representando 23,92% do território brasileiro. É a Savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade e é a segunda maior formação vegetal brasileira, depois da Amazônia (EITEN, 1993; RIBEIRO; WALTER, 1998; IBGE, 2004).

A área nuclear do Cerrado distribui-se, principalmente, pelo Planalto Central Brasileiro, abrangendo os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Ceará, Piauí, Pará, Rondônia, Roraima, Amapá e São Paulo e, ainda, o Distrito Federal. Nele, originam-se três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Tocantins-Araguaia, Prata e São Francisco. Os demais biomas brasileiros (os Pampas, o Pantanal, a Floresta Amazônica, a Caatinga e a Mata Atlântica) recebem alguma fração da água proveniente do Cerrado (EMBRAPA, 2011).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante do bioma é do tipo Aw (tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso), apesar de ocorrerem os tipos climáticos Cwa (tropical de altitude, com semestre de inverno seco e verões quentes) e Cwb (tropical de altitude, com semestre de inverno seco e verões brandos) (BRASIL; ALVARENGA, 1989). Os tipos Cwa e Cwb ocorrem em zonas de altitude mais elevadas, possibilitando a adaptação e a introdução de diversas espécies vegetais. Em decorrência das diferentes altitudes e latitudes, há grande diversidade térmica no Cerrado. As temperaturas médias do ar variam, em média, de 22 °C a 27 °C. Estas são mais baixas devido à latitude e

também pela influência das massas de ar provenientes do sul do Brasil (ADÂMOLI et al., 1987; NIMER, 1989).

Entre as diversas classes de solo existentes no Cerrado, os Latossolos são as unidades dominantes (46%) sendo os solos mais encontrados nas áreas utilizadas com sistemas agrícolas irrigados, ocupando amplos chapadões e áreas de relevo suave. No Cerrado, ainda ocorrem os Cambissolos, os Neossolos Quartzarênicos, os Neossolos Flúvicos e os Hidromórficos (MACEDO, 1996; RESENDE et. al., 2002). Portanto, são solos com elevado grau de intemperismo, baixa capacidade de troca catiônica, acidez elevada, alta capacidade de adsorção de fósforo e, conseqüentemente, baixa fertilidade natural e o teor de matéria orgânica nesses solos sob condição natural situa-se entre 2,0% e 3,0% (LOPES, 1983; MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985; SOUSA; RITCHEY, 1988; KER et al., 1992; HARIDASAN, 1993).

Em áreas sob vegetação natural e bem manejadas, observam-se, para os Latossolos, características físicas favoráveis como profundidade, friabilidade, elevada porosidade, boa aeração e drenagem, média susceptibilidade à erosão e, como característica principal, uma agregação forte e estável (KER et al., 1992). Esses atributos físicos, associados aos relevos plano e suave-ondulado da região, conferem elevada potencialidade para os sistemas irrigados, desde que devidamente corrigidas as limitações químicas e levada em consideração a baixa capacidade de retenção de água desses solos.

Nas últimas décadas, ocorreram mudanças na aptidão agrícola dos solos de Cerrado, devido às tecnologias para eliminar restrições ao cultivo como baixa fertilidade natural e elevada acidez, utilizando-se técnicas que têm proporcionado a manutenção ou a melhoria do potencial produtivo dos sistemas agrícolas, intensificando o dinamismo da agricultura no

Cerrado (SOUSA, 2009). Dentre as tecnologias incorporadas ao processo produtivo que contribuíram para essas mudanças, destacam-se aquelas relacionadas à irrigação.

Pela facilidade de operacionalização, racionalidade de uso, adaptabilidade do sistema às condições de relevo e solos sob Cerrado e por estabelecer aporte financeiro e alternativas de cultivos agrícolas, a irrigação é intensivamente empregada na região. O uso da irrigação via pivô-central, cuja área estimada é de cerca de 478 mil hectares (0,235% da área total do bioma) (LIMA et al., 2009), limita-se às culturas com maior retorno econômico, por causa, principalmente, do alto custo de instalação inicial do equipamento. Não obstante, essa restrição não é desejável para a sustentabilidade e a competitividade do sistema, pois cultivos sucessivos da mesma espécie podem inviabilizá-lo.

Sabe-se que a ocupação intensiva e racional do Cerrado pode fornecer ao País cerca de 150 milhões de toneladas de grãos ao ano. O tempo necessário para que essa previsão se torne realidade, depende, além de fatores econômicos e políticos, de tecnologias e de processos que garantam ganhos representativos de eficiência nos sistemas de produção (AMABILE; BARCELLOS, 2009). Para Amabile (2013), o agronegócio do Cerrado deve considerar desde a produção de matéria-prima até a transformação e a distribuição do produto para o consumidor final. Os mercados e os segmentos devem ser priorizados e atingidos tanto para a demanda interna como à exportação. Para isso devem-se considerar as novas oportunidades de produtos agrícolas utilizando-se aqueles que tenham penetração no mercado, possibilidade de transformação e agregação de valor, oportunidade de conquista de novos mercados e diversificação do próprio agronegócio.

4.2 A Cafeicultura no Brasil e no Cerrado brasileiro

Como maior produtor e o segundo maior mercado consumidor de café do mundo, o Brasil tem a cafeicultura como atividade de grande importância socioeconômica. A espécie *Coffea arabica* L. é a mais difundida e atualmente sua área é de, aproximadamente, 1,56 milhões de hectares produtivos, responsáveis por 38,29 milhões de sacas beneficiadas colhidas em 2013, ano em que participou com 5,3% das exportações do agronegócio brasileiro (CONAB, 2014). No Cerrado brasileiro, dentre as culturas agrícolas perenes, o café se destaca com uma produção de 5,9 milhões de sacas, participando com 15,4% na produção nacional (MAPA, 2014; CONAB, 2014).

Atualmente, a produtividade média nacional é de 24,4 sc.ha⁻¹, 28,3% menor que a média do Cerrado brasileiro que produz 31,3 sc.ha⁻¹, correspondente às médias do Cerrado de Minas Gerais, do Oeste da Bahia e do Estado de Goiás (CONAB, 2014). No entanto, mesmo diante do ganho de produtividade observado no país nos últimos dois anos, pesquisas recentes apontam potenciais de produtividade superiores a 50 sc.ha⁻¹ (GUERRA et al., 2007; BONOMO et al., 2008). Neste sentido, o manejo inadequado da fertilidade do solo é considerado um dos principais motivos do baixo rendimento da cultura no país (GUIMARÃES; REIS, 2010). Porém, os erros relacionados à fertilidade são ampliados devido à adoção de técnicas inadequadas de manejo cultural que comprometem a relação solo-água-plantas, como por exemplo, os manejos equivocados do solo e da água de irrigação.

O estabelecimento do cultivo de café (*Coffea arabica* L.) no Cerrado foi favorecido pelas características ambientais e por tecnologias de cultivo já desenvolvidas para a cafeicultura de sequeiro de outras regiões do país. No entanto, a distribuição pluviométrica sazonal da região e as propriedades físico-hídricas dos solos, condicionaram o sucesso dessa atividade ao uso obrigatório da irrigação, devido aos aumentos de produtividade da cultura (BONOMO et al.,

2008; COELHO; SILVA, 2005; COSTA et al., 2013; FARIA; SIQUEIRA, 2005; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008) e da qualidade do café produzido (MARTINS et al., 2007).

Contudo, a adoção de tecnologias pouco estudadas ou a falta de tecnologias específicas para o cultivo irrigado levou muitos produtores a adotarem práticas inapropriadas de manejo que culminaram em perdas de produtividade e qualidade de grãos, colocando em risco a sustentabilidade dessa atividade de cultivo.

Nos últimos anos, os resultados de pesquisa com café no Cerrado apontam para a necessidade de estudos que busquem aperfeiçoar o uso dos insumos agrícolas e da água de irrigação (GUERRA et al., 2007 e 2008). Os mesmos autores recomendaram ajustes no sistema produtivo de café do Cerrado, sugerindo mudanças nos manejos relacionados à nutrição e à irrigação. Porém, para se reduzir a quantidade de água utilizada na irrigação, a maioria dos trabalhos de pesquisa é direcionada para o aumento da eficiência de aplicação da irrigação com base em ferramentas operacionais de manejo e na melhoria dos equipamentos. Contudo, uma das formas de reduzir essa água é aumentar a capacidade do solo em armazená-la e isso pode ser viabilizado pela adoção de sistemas de manejo que promovam o incremento da matéria orgânica no solo, favorecendo a agregação e a formação de complexos organo-minerais (RESCK et al., 2008).

4.3 Plantas de cobertura

Em sistemas conservacionistas de manejo do solo, o uso de plantas de cobertura apresenta-se como uma prática importante, pois protege a superfície contra os agentes erosivos (SCHICK et al., 2000), adiciona ao solo C fotossintetizado e N fixado biologicamente (AMADO; MIELNICZUK, 2000), recicla nutrientes e melhora a estabilidade da estrutura (ALVARENGA et al., 1986), além de promover a formação e manutenção de

agregados, pelas raízes (TISDALL & OADES, 1982; MUNNER & OADES, 1989; SILVA & MIELNICZUK, 1997; SILVA et al., 1998; SILVA & RESCK, 1997; RESCK et al., 2008).

No processo de seleção de espécies protetoras do solo, Bulisani et al. (1993) recomendam que sejam observados os seguintes aspectos: a) adaptabilidade de espécies às condições edafoclimáticas locais; b) competição por água e nutrientes ou plantas com maior produção vegetativa que reprodutiva e baixo índice de colheita (IC); c) arquitetura, porte e hábito de crescimento adequados ao sistema de consórcio. Firth e Wilson (1995) levantaram, dentre outras, as seguintes características desejáveis das espécies: perenidade ou com persistência por ressemeadura natural; porte baixo (< 0,20 m); baixa competitividade por água e nutrientes; facilidade de estabelecimento; tolerância à mecanização; resistência à invasão por plantas daninhas; facilidade de ser erradicada e resistência às pragas e doenças do pomar.

A maioria dos trabalhos relacionados às plantas de cobertura para manejo do solo entre fileiras de plantas perenes tem sido conduzida em regiões com características edafoclimáticas bastante distintas das do Cerrado. Nessa região, a informação existente baseia-se em sistemas que envolvem sucessão a cultivos com plantas anuais (CARVALHO et al., 1996) e também no uso de leguminosas nas entrelinhas de culturas (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000; ANDRADE et al., 2002). Esses autores concluíram que o emprego de leguminosas como *Crotalaria spectabilis*, amendoim forrageiro, feijão de porco e guandu contribuíram para a ciclagem de nutrientes, aumento da densidade de microrganismos simbiotes e para a proteção do solo.

Para Carpenedo e Mielniczuk (1990), Paladini e Mielniczuk (1991) e Silva e Resck (1997), nos sistemas de manejo que utilizam gramíneas perenes como plantas de cobertura, essas apresentam ação agregante mais prolongada do que as leguminosas, graças à presença de um sistema radicular fasciculado, mais denso, com maior contato com as partículas do solo. Condição também constatada por Guedes et al. (1996) que observaram efeito positivo

de raízes de gramíneas, sobretudo de braquiária, na estruturação do solo, indicando que o manejo dessa gramínea como planta de cobertura pode melhorar os atributos físicos do solo. O papel das raízes dessa espécie vegetal na formação de agregados tem se mostrado muito importante, conforme demonstrado em vários trabalhos, como o de Silva e Mielniczuk (1997), que avaliaram a distribuição de tamanho dos agregados estáveis em água em dois solos do Rio Grande do Sul e verificaram maior diâmetro de agregados do solo sob o sistema com capim pangola em comparação a aveia/milho, siratro e solo descoberto.

Na cafeicultura irrigada, pouco se tem estudado sobre o uso da braquiária como planta de cobertura. Entretanto, tem sido relatado a necessidade de se incrementar a matéria orgânica no solo (MALAVOLTA, 1981; RENA et al., 1986).

No cultivo do cafeeiro, limitações operacionais relacionadas ao estabelecimento e à condução das espécies de leguminosas, até então estudadas, tem inviabilizado o uso dessas plantas nas entrelinhas das lavouras, as quais têm sido conduzidas sem cobertura vegetal e em casos restritos com o manejo de plantas invasoras. A *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*), devido aos aspectos já descritos, apresenta potencial para este propósito.

Estima-se que em regiões tropicais e subtropicais dos continentes americano, asiático, na Oceania e, especialmente no continente africano existam aproximadamente com espécies de braquiária (KELLER-GREIN et al., 1996). No Brasil, o acesso de *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) BRA-000191 foi a primeira introdução oficial de braquiária no país em 1952, pelo Instituto Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN), em Belém, PA. (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006).

A *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) é originária da Região dos grandes lagos em Uganda (África), adaptou-se muito bem no Brasil, principalmente nas áreas do Cerrado onde sua participação na área total de pastagem cultivada é da ordem de 55% (BUENO; VILELA, 2002). Por outro lado, mesmo diante do fato de ser considerada planta

invasora, para maioria das culturas perenes cultivadas no Cerrado, a braquiária demonstra alto potencial para cobertura das entrelinhas dos cafeeiros, devido a aspectos como: adaptabilidade às condições locais; arquitetura com porte e hábito de crescimento adequados ao sistema produtivo de café; perenidade e facilidade de ressemeadura natural; rusticidade e à sua facilidade de manutenção associada à sua resistência à rotina de mecanização necessária nas lavouras de café.

4.4 Armazenamento de água no solo

Em função do manejo a que está submetido, o solo pode ter sua capacidade produtiva potencializada ou atenuada. Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, tem-se como efeito imediato o aumento da sua densidade, diminuição da macroporosidade e do armazenamento de água ao longo do perfil, caracterizando a compactação desse solo (STONE; MOREIRA, 2000; ALVES, 2001).

No solo, a água ocupa os espaços porosos formados pelo arranjo físico das partículas da fase sólida e, frequentemente, concorrendo com a fase gasosa do solo. Da água que chega ao solo, uma parte é armazenada. Contudo, a água do solo é altamente dinâmica e exhibe variação no tempo e no espaço, sobretudo perto da superfície devido à evaporação e à atividade das raízes das plantas. Mudanças no conteúdo de água do solo e no seu estado de energia afetam muito as suas propriedades mecânicas, incluindo a resistência, compactabilidade e penetrabilidade, podendo causar mudanças na densidade de solos expansivos (OR; WRAITH, 2000).

A retenção de água é primariamente dependente da distribuição do tamanho de partículas do solo, estrutura, mineralogia e matéria orgânica e o uso e manejo do solo, portanto, afetarão a retenção e o seu conteúdo de água. Em geral, a granulometria e a constituição do solo influenciam a retenção de água, pois as forças de adsorção dependem,

basicamente, da espessura do filme de água que recobre as partículas, a qual varia de acordo com sua superfície específica. Assim, a retenção de água é maior em solos argilosos e com alto teor de matéria orgânica (SILVA et al., 2005). Dessa forma, tem-se observado que, em sistemas de manejo que prezam a conservação do solo e o incremento da matéria orgânica, os efeitos positivos sobre a utilização da água de chuva ou irrigação são maximizados, já que a matéria orgânica pode reter até 20 vezes a sua massa em água e, quando associada a minerais, forma os chamados complexos organo-minerais que proporcionam benefícios diretos e indiretos na capacidade do solo em reter água (SILVA; RESCK, 1997, RESCK et al., 2008).

4.5 Matéria orgânica e atributos do solo

A MOS representa o maior reservatório de C da superfície terrestre, com um estoque de C no solo, na profundidade de um metro, estimado em 1.500 Pg (Pg, Petagrama= 10^{15} g) (IPCC, 2000), superando o estoque de C presente na biota (620 Pg) e na atmosfera (720 Pg). Mudanças no ambiente solo, decorrentes de práticas de manejo inadequadas, podem levar a um rápido declínio desses estoques, colaborando, assim, para o aumento das emissões de CO₂ na atmosfera.

Os estudos da matéria orgânica do solo (MOS) tiveram seus primeiros impulsos há cerca de 150 anos. Nos trabalhos iniciais foi constatado o papel da matéria orgânica sobre as propriedades do solo, com destaque para o suprimento de nutrientes para as plantas (RANGEL, 2006). A importância da MOS está relacionada à influência que suas frações exercem sobre as diversas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Um aspecto relevante nos estudos da qualidade do solo é a escolha de determinados atributos indicadores que se relacionam com propriedades importantes do solo e que, ainda, são sensíveis às alterações decorrentes das mudanças nos sistemas de manejo, sendo exemplos os teores de carbono orgânico total, de nitrogênio total do solo e outras frações associadas à

matéria orgânica do solo (MOS). Para Rangel (2006), o consenso em relação à MOS como indicador de qualidade do solo emana de dois aspectos principais: i) o teor de matéria orgânica no solo é sensível e varia em relação às práticas de manejo do solo adotadas, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde, nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da MOS originalmente presente no solo, é perdida por diversos processos, entre esses, a decomposição microbiana, a erosão e a lixiviação (GREENLAND et al., 1992) e ii) a maioria dos atributos associados às funções básicas do solo tem estreita relação com a MOS, com destaque para a estabilidade dos agregados, a estrutura do solo, a infiltração e a retenção de água, a resistência à erosão, a atividade biológica, a capacidade de troca de cátions, a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a lixiviação de nutrientes e a liberação de gases para a atmosfera (MIELNICZUK, 1999). Por esses motivos, diversos autores têm apontado a MOS como componente-chave nos estudos de sustentabilidade de diferentes agroecossistemas (D'ANDRÉA et al., 2002; HAYNES, 2000; PARFITT et al., 1997; SHANG; TIESSEN, 2001).

Nos cafezais com espaçamentos tradicionais, as populações variam de 1.000 a 2.000 plantas ha⁻¹, de modo que as plantas cobrem menos de 50% da superfície do solo (Rena et al., 1996), o que pode gerar perda de solo por erosão e, conseqüentemente, redução no estoque de matéria orgânica. Com a renovação das lavouras, promovida nas décadas de 1970 e 80, os espaçamentos evoluíram para uma maior densidade de plantio (BARTHOLO et al., 1998). Assim, dos tradicionais espaçamentos de 1,5 a 2,0 m entre plantas, avançou-se para espaçamentos de 0,5 a 1,0 m (MATIELLO, 1995). Por outro lado, os espaçamentos entre linhas de plantas, variam entre 3,0 e 4,0 m e são conduzidos praticamente sem cobertura vegetal, o que tem provocado perdas consideráveis na MOS, particularmente no Cerrado brasileiro onde a irrigação sobre o solo exposto é mais um agravante.

Rangel; Silva (2007) após avaliarem, no Cerrado de Minas Gerais, os efeitos de diferentes espaçamentos de plantio do cafeeiro sobre os estoques de C e N e os teores e a distribuição de C associado a diferentes frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distrófico, concluíram que os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, dentre outras frações da matéria orgânica, não foram afetados pelo espaçamento entre plantas e entre linhas, pela área de planta e pela população de cafeeiro. Por outro lado, Nunes et al. (2010), avaliando o efeito do monocultivo do cafeeiro sobre a qualidade do solo na zona da mata de Minas Gerais, concluíram que o sistema de cultivo em que se mantêm as entrelinhas livres de resíduos orgânicos reduz a estabilidade de agregados, contribuindo para a diminuição da porosidade e o aumento da densidade do solo; os autores obtiveram ainda, alta correlação do carbono orgânico com os índices de estabilidade de agregados. Já Souza et al. (2004) e Bicalho (2011) concluíram que a irrigação do cafeeiro no Cerrado favorece a agregação e o teor de carbono orgânico total na superfície do solo quando associada a uma planta de cobertura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA - CPAC; São Paulo: NOBEL, 1987. p. 33-98.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A. & RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada de milho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 10:273-277, 1986.

ALVES, M.C. Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira, SP. 2001. Ilha Solteira: UNESP, 83p.

Tese Livre Docente

AMABILE, R. F. **Caracterização molecular, morfoagronômica e de qualidade de grãos de genótipos elite de cevada irrigada no Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 220 p. Tese de Doutorado.

AMABILE, R. F.; BARCELLOS, A. de O. Produção Agropecuária e Florestal: demandas para a pesquisa. In: FALEIRO, F. G.; NETO, A. L. F. (Ed.). **Savanas: demandas para pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. p. 53-67.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35: 47-54, 2000., 2000.

AMADO, T.J.C. e MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho

em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 24:553-560, 2000.

ANDRADE, L. R. M.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CARVALHO, A. M. de M.; VIVALDI, L. J. **Cobertura de Solos em Pomares de Maracujazeiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

BARTHOLO, G. F.; MELO, B. de; MENDES, A. N. G. Evolução na adoção de espaçamentos na cultura do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 49-60, 1998.

BICALHO, I. M. . Alteração na agregação e carbono orgânico total em solo cultivado com café sob diferentes sistemas de manejo. *Enciclopédia biosfera*, v. 7, p. 1-14, 2011

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVEIRA NETO, A.N. & BONOMO, P. produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, 38:233-240, 2008.

BRASIL, A. E.; ALVARENGA, S. M. Relevo. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**: região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, 1989. v. 1, p. 53-72.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura. **Informe estatístico do café 2012-2013**. Brasília: Governo Federal, 2013. Disponível em: <
<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>, acessado em 27 de fevereiro de 2014.

BUENO, G. B. M JR.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (**Embrapa**

Cerrados. Documentos, 50).

BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; CALEGARI, A.; WILDENER, L. do P.; AMADO, T. J. C; MONDARDO, A. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: BALTASAR, B. da Costa (Coord.). **Adubação verde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 58-195.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 14:99-105, 1990.

CARVALHO, A. de M.; CORREIA, J. R.; BLANCANEAUX, P.; FREITAS, L. R. das S.; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para o cultivo de milho em latossolo vermelho-escuro originalmente sob cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 384-388.

COELHO, G.; SILVA, A.M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Revista. Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, 29:400-408, 2005.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. (2013) **Séries Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2013/14 de Área Plantada, Produtividade e Produção**. Brasília, DF: Disponível em: <

<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>, acessado em 27 de fevereiro de 2014.

COSTA, A. R. da; SATO, J. H.; RAMOS, M. L. G.; FIGUIREDO, C. C. de.; SOUZA, G. P. de.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 55-65, 2013.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 913-923, 2002.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. **Cerrado**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1993. p. 17-73.

EMBRAPA, Agência de Informação. **Bioma Cerrado**. 2011. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/Abertura.html>>. Acesso em: 11 dez. 2011.

FARIA, R. T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.583-590, 2005

FIGUEIREDO, C.; C. Compartimentos da matéria orgânica do solo sob sistemas de manejo e vegetação natural de cerrado. 100 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2009.

FIRTH, D. J.; WILSON, G. P. M. Preliminary evaluation of species for use as permanent ground cover in orchards on the north coast of New South Wales. **Tropical Grasslands**,

Brisbane, v. 29, p. 18-27, 1995.

GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics: from myth to complex reality. In: LAL, R.; SANCHES, P. A. (Ed.). **Myths and science of soils of the tropics**. Madison: SSSA/ASA, 1992. p.17-33

GUEDES, H. M.; RESCK, D. V. S.; PEREIRA, I. da S.; SILVA, J. E. da; RODRIGUEZ CASTRO, L. H. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em latossolo vermelho-escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: **Anais...** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 329-333.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. Irrigação & Tecnologia Moderna – **ITEM**, n.73, p. 52-61, 2007.

GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p-62-66.

GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T. H. P.. Nutrição e Adubação do Cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Org.). **Café Arábica do plantio à colheita**. Lavras: UR Epamig SM, 2010. p. 343-414.

HAYNES, R. J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable

and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 32, n. 2, p. 211-219, Feb. 2000.

HARIDASAN, H. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado**. 2. ed. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1993. p. 321-44.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1: 5.000.000. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 02 fev. 2009.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Land Use, **Land-Use Change, and Forestry**. A Special Report of the IPCC [WATSON, R.T.; et al.] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, 2000. 377p.

KARIA, T. C.; DUARTE, B. J.; ARAÚJO, A. C. G. de. Desenvolvimento de Cultivares do Gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brail. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 58 p. (**Embrapa Cerrados. Documentos, 163**).

KELLER-GREIN G, MAASS BL; HANSON J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collection. In: Miles JW, Maass BL and Valle CB (eds) *Brachiaria: Biology, Agronomy and Improvement*. CIAT/Embrapa. pp 17-42, 1996.

KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; CARVALHO FILHO, A. de. Cerrado: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1992. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31. Coord. por C. V. Costa e L. C. V. Borges.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; SILVA, E. M. da; LOPES, T. S. S. Irrigação por pivô-central no Cerrado: levantamento da área irrigada elaborado com base na análise de imagens de satélite. **Revista ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 83/84, p. 38-44, 2009.

LIMA, L. A.; PAIVA, A. A. de; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162 p.

MACEDO, J. Os solos da região dos Cerrados. In: ALVARES V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, 1996. p. 135-155.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola**: Adubos e Adubação. 3ed., Ed. Ceres, 1981, 596p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136 p.

MARTINS, C.; C.; SOARES, A.; A.; BUSATO, C.; REIS, E.; F.; dos.. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

MATIELLO, J. B. **Sistemas de produção na cafeicultura moderna**. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1995. 99 p.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre: Genesis, 1999.** p. 1-8.

MUNNER, M. & OADES, J.M. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. III. Mechanics and models. **Aus. J. Soil Res.**, 27:411-423, 1989.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.

NUNES, L. A. P. L. ; DIAS, L. E. ; BARROS, N.F. ; JUCKSCH, I . Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de minas gerais. **Bioscience Journal (UFU)**, v. 26, p. 71-78, 2010.

OR, D.; WRAITH, J.M. Soil water content and water potential relationships. In: Sumner, M. E. (ed.) **Handbook of Soil Science.** Boca Raton, Washington. p. A-53-A-85, 2000.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M.. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília , v. 49, n. 3, Sept. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032011000300010&lng=en&nrm=iso>. access on 02 Mar. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032011000300010>.

PALADINI, F.L.S. & MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho dos agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 15:135-140, 1991.

PARFITT, R. L.; THENG, B. K. G.; WHITTON, J. S.; SHEPHERD, T. G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. **Geoderma**, Amsterdam, v. 75, n. 1/2, p. 1-12, Jan. 1997.

RANGEL, O. J. P. **Estoque e frações da matéria orgânica e suas relações com o histórico de uso e manejo de Latossolos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006, 171 p. Tese de Doutorado.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p. 87-166.

RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; UAMADA, J. **Cultura do Cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Potafos, 1986, 447p.: il.

RESCK, D. V. S. ; FERREIRA, E. A. B. ; SANTOS JUNIOR, J. D. G. ; SÁ, M. A. C. ; FIGUEIREDO, C. C. . Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.. (Org.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2008, v. , p. 417-473.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. 338 p.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA JR., L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Viçosa-MG, v. 43, p. 153-156, 2008.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JUNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I- Perdas de solo e água. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 24:427-436, 2000.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Sequential versus parallel density fractionation of silt-sized organomineral complexes of tropical soils using metatungstate. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 2, p. 259-262, Feb. 2001.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 21:313-319, 1997.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.) *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: **Embrapa-CPAC**, 1997. p. 467-524.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Respostas fisiológicas da soja ao déficit hídrico em dois solos de Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, 16:669-675, 1981.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYE, R. C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 544-552, 2005.

SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S. M.; CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Revista Brasileira da Ciência do Solo.**, 33:97-103, 1998.

SOUZA, M. S. A.; LIMA, L. M. de.; CUNHA, D. G.; SILVA JUNIOR, A. M. da.; BORGES, E. N. **Avaliação dos teores de cot (carbono orgânico total) em diferentes regiões do**

cafeeiro sob dois sistemas de condução na cafeicultura tecnificada do cerrado. VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

SOUSA, T. C. R. de. Commodities Agrícolas e Valoração Socioambiental: demandas para a pesquisa. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.). **Savanas: demandas para pesquisa.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. p. 79-88.

SOUSA, D. M. G. de; RITCHEY, K. D. Acidez do solo e sua correção. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., Savanas, 1982. **Alimento e energia.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 15-32.

STEFFENS, M.; KÖLBL A.; ELFRIEDE, S.; GSCHREY, B.; KNABNER, I.K. Distribution of soil organic matter between fractions and aggregate size classes in grazed semiarid steppe soil profiles. **Plant and Soil**, 338:63–81, 2011.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos do sistema de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.835-841, 2000.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **J. Soil Sci.**, 33:141-163, 1982.

CAPÍTULO I



QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB IRRIGAÇÃO E BRAQUIÁRIA EM LAVOURA DE CAFÉ NO CERRADO

PHYSICAL-HYDRIC QUALITY OF RED OXISOL UNDER IRRIGATION AND BRACHIARIA IN FARMING OF COFFEE IN THE CERRADO REGION

QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB IRRIGAÇÃO E BRAQUIÁRIA EM LAVOURA DE CAFÉ NO CERRADO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) em cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros sobre a qualidade físico-hídrica de um Latossolo Vermelho do Planalto Central brasileiro. O ensaio foi delineado em cinco blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2 sendo dois regimes hídricos, irrigado e sequeiro, e dois sistemas de manejo das entrelinhas, com e sem braquiária. A estratégia de pesquisa fundamentou-se na investigação do armazenamento de água do solo com base na distribuição da porosidade em função do comportamento dos atributos físico-hídricos nos diferentes tratamentos. Foram coletadas amostras de solo em duplicada em cada parcela experimental nas profundidades de 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20 m. O regime de irrigação aumentou a densidade do solo na camada superficial do solo sem prejudicar sua capacidade de armazenamento de água. Em relação à braquiária, houve efeito positivo de suas raízes sobre os atributos físico-hídricos do solo, promovendo incremento na microporosidade de baixa retenção (Mib) caracterizada pelo aumentando na amplitude da curva de retenção na faixa de tensão correspondente à água prontamente disponível APD, que foi acrescida em 18% ao longo do perfil.

Termos para indexação: Armazenamento de água no solo, plantas de cobertura, manejo do solo.

PHYSICAL-HYDRIC QUALITY OF RED OXISOL UNDER IRRIGATION AND BRACHIARIA IN FARMING OF COFFEE IN THE CERRADO REGION

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of irrigation and cultivation of *Urochloa decumbens* (synonym *B. decumbens*) among coffee trees lines on physical-hydric Oxisol quality at Brazilian Central plateau. The experiment was carried out in five randomized blocks in a factorial design 2 x 2, with two water treatments, irrigated and rainfed systems, and two management systems, with and without brachiaria between coffee trees lines. The research strategy was based on studying soil water storage based on porosity distribution due to the behavior of physical parameters in different water and management treatments. Soil samples were collected in duplicate in each plot at depths from 0.0 to 0.05, 0.05 to 0.10 and 0.10 to 0.20 m. The irrigation regime increased soil bulk density in the surface layer without reducing its readily available water that, due to presence of brachiaria was increased by 18%. In general, irrigated brachiaria had a positive effect on the physical-hydric soil characteristics of the soil and promoted an increase in readily available soil microporosity from the redistribution of pore diameter characterized by increasing retention curve amplitude in the soil water tension range corresponding to the readily-available water.

Index terms: Soil water storage, cover crops, soil management.

1.1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a sustentabilidade dos solos do Cerrado esteve vinculada à existência de gramíneas adaptadas ao Bioma que eram consideradas como importantes fornecedoras de carbono para solo. Essa contribuição cíclica favorecia a atividade biológica, a estruturação do solo e, por conseguinte, a disponibilização e ciclagem de nutrientes para as demais espécies vegetais. Atualmente, as gramíneas vêm sendo empregadas em pastagens muitas vezes degradadas no Cerrado brasileiro e as braquiárias, em particular, tem predominância de uso em atividades pecuárias e são classificadas com plantas invasoras em lavouras perenes.

Em levantamento recente, foi identificado na região do Cerrado que 80 milhões de hectares estão sob diferentes usos da terra, o que corresponde a 39,5% da área total do bioma. Duas são as classes de uso mais representativas, as pastagens cultivadas e as culturas agrícolas, ocupando, respectivamente, 26,5% e 10,5% do Cerrado (SANO et al., 2008). Dentre as culturas agrícolas perenes, o café se destaca com uma produção de 5,9 milhões de sacas, representando 15,4% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014). Nesse caso, o Cerrado mineiro lidera a produção, com 5,2 milhões de sacas, e contribui com mais de 90 mil empregos diretos e 270 mil indiretos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ – ABIC, 2013).

A expansão da cafeicultura em áreas marginais onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, como na região do Cerrado, tornou a irrigação uma prática indispensável para viabilizar a atividade, devido aos aumentos de produtividade da cultura (BONOMO et al., 2008; COELHO; SILVA, 2005; COSTA et al., 2013; FARIA; SIQUEIRA, 2005; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008) e da qualidade do café produzido (MARTINS et al., 2007). Por outro lado, essa expansão se deu predominantemente sobre a classe dos Latossolos (EBERHARDT et al., 2008), que ocupa cerca de 50% da área de

Cerrado do Brasil. Estes solos caracterizam-se por seu elevado grau de intemperismo, baixa fertilidade natural, contrastando com a elevada estabilidade dos agregados, baixa densidade do solo, alto volume de macroporos e alta friabilidade, características que favorecem sobremaneira o seu manejo (OLIVEIRA et al., 2004), mas que, no entanto, desfavorecem a sua capacidade em reter água.

A maioria dos trabalhos científicos tem priorizado o aumento da eficiência de aplicação e uso da água de irrigação com base em ferramentas operacionais e na modernização dos equipamentos. Não obstante, outra forma seria favorecer a capacidade do solo em armazenar água a partir da adoção de sistemas de manejo que promovam o incremento da matéria orgânica no solo. Os complexos organo-minerais, resultantes da associação da matéria orgânica com os minerais do solo, proporcionam benefícios diretos e indiretos na capacidade do solo em reter água (RESCK et al., 2008) e isso ocorre devido a importantes contribuições dessa associação para a melhoria na qualidade física dos solos (QFS), condição fundamental para a sustentabilidade global dos agroecossistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005) e, além disso, esta associação está intimamente relacionada à qualidade físico-hídrica do solo (QFHS).

A QFHS pode ser entendida como o resultado da interdependência dos atributos estruturais do solo no sentido de equilibrar sua capacidade de armazenar água e ar de forma a contribuir para o desenvolvimento vegetal sem limitar a atividade microbológica no solo.

Em sistemas conservacionistas, o uso de plantas de cobertura é uma importante prática, pois protege a superfície dos solos contra os agentes erosivos, adiciona C e N; recicla nutrientes e melhora a estabilidade da estrutura do solo, além de promover a formação e manutenção de agregados, pelas raízes (RESCK et al., 2008), propriedades indispensáveis para manutenção e melhoria na QFHS.

O efeito de sistemas de uso e manejo sobre as propriedades físicas do solo e culturas tem sido temas de várias pesquisas (BEUTLER; CENTURION; ROQUE, 2004; NUNES et al., 2010; SILVA; SILVA; FERREIRA, 2005; SPERA et al., 2009). Contudo, os trabalhos relacionados a plantas de cobertura entre fileiras de plantas perenes têm sido conduzidos em regiões com características distintas do Cerrado. Nesta região, a informação existente baseia-se em sistemas que envolvem a sucessão de cultivos com plantas anuais, no uso de leguminosas nas entrelinhas de culturas (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000; ANDRADE et al., 2002) e no crescimento inicial de mudas de café quando submetidos a diferentes densidades de plantio de braquiária (DIAS; ALVES; DIAS, 2004).

O uso de leguminosas poderia ser adequado ao sistema produtivo de café não fossem as limitações operacionais relacionadas ao estabelecimento e à condução destas espécies nas entrelinhas. Para Guedes et al. (1996), no entanto, gramíneas, particularmente a braquiária, podem melhorar a QFHS a partir da ação direta de suas raízes na estruturação do solo. Nos sistemas de manejo que utilizam gramíneas perenes como plantas de cobertura, essas apresentam ação agregante mais prolongada do que as leguminosas, devido à presença de um sistema radicular fasciculado, mais denso e com maior contato com as partículas do solo (PALADINI; MIELNICZUK, 1991).

A adaptabilidade às condições locais, arquitetura adequada ao sistema produtivo da cultura, perenidade, facilidade de ressemeadura natural, rusticidade, facilidade de manutenção e resistência à mecanização são características desejáveis na seleção de uma planta de cobertura. Nesse sentido, partindo-se destas premissas, a braquiária apresenta alto potencial como planta de cobertura para lavouras de café. Contudo, a carência de informações sobre os impactos desta gramínea no sistema produtivo demanda estudos mais detalhados que fundamentem, cientificamente, o emprego ou não desta prática pelos produtores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) em cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros sobre a qualidade físico-hídrica de um Latossolo Vermelho do Planalto Central Brasileiro.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Cerrados, localizada na região administrativa de Planaltina, Distrito Federal, Brasil (15°35'30"S, 47°42'30"W e 1007 m). A Região encontra-se inserida no bioma Cerrado e apresenta, segundo a classificação Köppen, clima do tipo CWh1 com precipitação média anual de 1.460 mm e temperatura média de 21,3 °C. A área experimental está sob um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa.

Antes do experimento, a análise química do solo (camada de 0-20 cm) apresentou: pH em água 5,2, Al^{3+} (4,3 mmol_c dm⁻³), Ca^{2+} (22,9 mmol_c dm⁻³), Mg^{2+} (8,3 mmol_c dm⁻³), H+Al (76,0 mmol_c dm⁻³), P (1,4 mg dm⁻³); K (61,2 mg dm⁻³), com a saturação de alumínio (12%). Para a análise granulométrica, os níveis médios de argila, silte, areia fina e grossa foram 601, 116, 47 e 236 g kg⁻¹, respectivamente, na camada de 0-20 cm.

De janeiro de 2000 a dezembro de 2007 a área foi conduzida com *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) sem pastejo. Os cafeeiros (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí vermelho IAC 144, foram plantados em dezembro de 2007 no espaçamento de 3,50 por 0,70m, em dois regimes hídricos (RH): Irrigado (I), com aplicação de estresse hídrico para uniformização da florada (GUERRA et al., 2007) e sequeiro (S). Foram também adotados dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM) dos cafeeiros: Com braquiária (B) e tradicional, com ruas descobertas (T). O ensaio foi delineado em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois regimes hídricos (RH) e dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM), em cinco repetições, sendo a parcela experimental constituída por nove plantas, das quais cinco centrais foram consideradas úteis e as demais bordadura (ANEXO F).

Na implantação do experimento foram adicionados 120 g de superfosfato triplo, 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin®) e 24,5 g de fritted trace elements (FTE) por cova. A

calagem foi de duas toneladas por hectare de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases para 50%, sendo metade aplicada antes da aração e o restante antes da gradagem. No ano posterior ao plantio, os cafeeiros receberam 61,25 g de N por cova, na forma de uréia, correspondendo a 136 g do fertilizante. De modo semelhante foram aplicados 61,25 g de K₂O, na forma de cloreto de potássio (KCl), correspondendo a 102 g do fertilizante por cova. Em ambos os casos, as doses foram parceladas em quatro vezes no período de setembro a fevereiro. Nos demais anos, seguindo a mesma forma de parcelamento, foram aplicadas doses anuais de 272 g de uréia e no máximo 204 g de KCl por cova, sendo que a dose de KCl variou em função da reserva de K do solo, obtida a partir da análise química. A adubação com micronutrientes foi realizada, quando necessária, com o fertilizante FTE. Todas as adubações foram realizadas manualmente e na projeção da copa dos cafeeiros. A adubação fosfatada anual foi de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, correspondendo à aplicação de 117 g de superfosfato triplo por cova, sendo 78 g (2/3), aplicado no mês de setembro, e 39 g (1/3), no mês de dezembro (GUERRA et al., 2008).

O manejo da braquiária resumiu-se a roçadas ocorridas quando a planta atingia uma altura média de 0,60 m, permanecendo os restos culturais na área. No tratamento tradicional o solo foi mantido livre de plantas invasoras com o auxílio de capinas manuais, permanecendo também os restos culturais nas respectivas parcelas.

No regime hídrico irrigado os cafeeiros foram plantados sob um sistema mecanizado de aspersão do tipo pivô central. O critério de manejo de irrigação fundamentou-se no monitoramento do conteúdo de água do solo, sendo que o momento de irrigação ocorria sempre que a umidade na profundidade de 0,10 m correspondia ao consumo de 50% da água disponível (ROCHA et al., 2008). O monitoramento do conteúdo de água foi realizado com auxílio de sondas de umidade ML1 (Delta-T® Devices). No regime hídrico de sequeiro

somente no primeiro ano após o plantio os cafeeiros receberam irrigação suplementar, visando garantir o estabelecimento da cultura.

As amostragens de solo foram realizadas no mês de março em 2011 e 2012, no período de granação dos frutos. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em duplicada em cada parcela experimental, na projeção da copa e equidistantes ao longo da parcela nas profundidades de 0 a 0,05; 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. As amostras indeformadas foram coletadas em anéis de 50 mm de diâmetro e 51 mm de altura para a determinação da densidade do solo (D_s) e da retenção de água determinada pelo método da centrífuga (FREITAS JR; SILVA, 1984). Foram utilizadas as tensões de água correspondentes a 1, 3, 6, 10, 33, 60, 100 e 1.500 kPa. Para isso as amostras foram previamente saturadas por 24 h e submetidas a rotações variadas da centrífuga por um período de 30 min (FREITAS JR; SILVA, 1984). Com as amostras deformadas, avaliou-se a distribuição granulométrica do solo pelo método da pipeta (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1997).

Os pontos experimentais das curvas de retenção foram ajustados a partir da equação de Genuchten (1980) (equação 1), empregando-se a restrição proposta por Mualem (1986), $m = [1-(1/n)]$. Para o ajuste utilizou-se o programa SAS® 9.2 (NLIN Procedure) obtendo-se os parâmetros empíricos de ajuste, α , m e n .

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \psi_m)^n]^m} \quad (1)$$

em que, θ = conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$), θ_s = conteúdo de água na condição de solo saturado ($m^3 m^{-3}$), θ_r = conteúdo de água residual ($m^3 m^{-3}$), ψ_m = potencial mátrico da água no solo (kPa) e α , m , n = parâmetros empíricos da equação.

Para a obtenção das curvas características de água do solo, os valores da umidade volumétrica foram ajustados de acordo com a tensão da água no solo ($\theta = f(\psi_m)$) utilizando-se planilhas de cálculo. A avaliação da disponibilidade de água do solo foi obtida pela determinação da água disponível total (ADT) e da água prontamente disponível (APD), a partir das seguintes expressões: $ADT = \theta_6 - \theta_{1.500}$ e $APD = \theta_6 - \theta_{100}$, onde θ_6 , θ_{100} e $\theta_{1.500}$ correspondem às umidades volumétricas equivalentes às tensões matriciais de 6, 100 e 1.500 kPa.

Para quantificar os poros por tamanho, baseou-se na expressão matemática proposta por Bouma (1991): $D = 4 s \cos \phi / \psi_m$, sendo D o diâmetro do poro (μm); s a tensão superficial da água (73,43 kPa μm a 20 °C); ϕ o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (considerado como 0) e ψ_m a tensão de água no solo (kPa). Por sugestão de Santos (1997), o diâmetro do poro foi relacionado com a tensão aplicada à amostra, correspondente a um número de rotação utilizada na centrífuga, diferente, portanto, da metodologia original que se baseia na ascensão da água em um tubo capilar (BOUMA, 1991).

Para o entendimento da dinâmica das variações do volume do espaço poroso do solo em função do RH e do SM, determinou-se a porosidade total (PT), considerando-a igual a θ_s , e os volumes de microporos (MIC) para as diferentes camadas. Paralelamente, para determinar a distribuição relativa dos poros estratificou-se a porosidade de acordo com o diâmetro em porcentagens de macroporos (Mac) e de criptoporos (Crip). Nessa classificação, considerou-se: Mac, aqueles com diâmetro maior que 48 μm (que perdem a água em tensões menores que 6 kPa) e Crip, poros com diâmetro menor que 0,2 μm (que perdem a água apenas para tensões maiores que 1.500 kPa). Para o entendimento mais abrangente do impacto das raízes da braquiária no diâmetro e distribuição dos microporos esta classe foi dividida em dois grupos: porcentagem de microporos associados à água prontamente disponível, aqui

denominados microporos de baixa retenção (Mib), e porcentagem de microporos remanescentes, aqui denominados microporos remanescentes (Mir). Nessa subclassificação, foram considerados: Mib, aqueles com diâmetro entre 3 e 48 μ_m (que são esvaziados a tensões entre 6 e 100 kPa), correspondentes à APD, e Mir, aqueles com diâmetro entre 0,2 e 3 μ_m (que são esvaziados a tensões entre 100 e 1.500 kPa).

A análise estatística envolveu inicialmente uma abordagem descritiva visando entender a distribuição dos dados, os quais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, que comprovou a normalidade dos mesmos e em seguida à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ANEXO A são apresentados os valores estimados da evapotranspiração referência (Eto), os valores de precipitação (P) e os valores de água aplicada via irrigação, no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2012. Como era esperado para a região de Cerrado houve concentração das precipitações entre os meses de novembro e março em que os valores, em geral, superaram aos da Eto. Também pode ser visto que, de forma geral, durante os meses de abril a outubro que a precipitação foi inferior à Eto, podendo ter ocorrido déficit hídrico climatológico no período nos tratamentos não irrigados.

Mesmo sendo verificada uma pluviosidade considerável durante o período em que o experimento foi conduzido, com média anual de 1.400,6 mm, o mesmo apresentou-se com má distribuição de chuvas durante os meses do ano, justificando o uso da irrigação para suprir a deficiência hídrica. Observou-se que, de julho a agosto, não houve irrigação devido ao período de estresse hídrico para uniformização da florada, no entanto, a partir de setembro até junho aplicou-se em média 917,5 mm de água.

Os valores F e a significância das análises de variância dos fatores de efeito, bem como suas interações, em relação aos atributos físico-hídricos do solo são apresentados no ANEXO B, para as camadas A (0,0-0,05 m), B (0,05-0,10 m) e C (0,10-0,20 m).

Para a camada A, houve diferença significativa do regime hídrico (RH) em relação à densidade do solo (Ds), microporosidade (MIC), porosidade total (PT) ($p < 0,05$), percentagem de macroporos (Mac) e percentagem de criptoporos (Crip) ($p < 0,01$) (ANEXO B). Na Tabela 1 observou-se que a Ds foi maior nos tratamentos irrigados ($0,99 \text{ Mg m}^{-3}$) do que nos conduzidos em sequeiro ($0,91 \text{ Mg m}^{-3}$), diferindo significativamente entre si e indicando que uma pequena redução no espaço poroso em função da irrigação. Observou-se ainda que nos tratamentos irrigados houve aumento na MIC ($+0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e na Crip ($+4,8\%$) com redução na Mac ($-4,3\%$), delimitando a redução do espaço poroso a classe dos macroporos.

Tabela 1. Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,0 - 0,05 m).

FV		RH		SM		CV%
		Irrigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional	
Ds	Mg.m ⁻³	0,99a	0,91b	0,95a	0,95a	7,2
MIC		0,43a	0,39b	0,40a	0,42a	6,5
PT	↑	0,59b	0,63 ^a	0,62a	0,61a	5,0
ADT	m ³ .m ⁻³	0,17a	0,16 ^a	0,17a	0,16a	19,2
APD	↓	0,12a	0,12 ^a	0,13a	0,11a	9,6
Mac	↑	32,2b	36,5 ^a	33,4	35,3	5,5
Mib	%	18,6a	18,7 ^a	19,7a	17,7b	6,3
Mir	↓	6,1a	6,5 ^a	6,2a	6,3a	14,8
Crip		43,0a	38,2b	40,6a	40,8a	5,7

* Médias de parâmetro físico-hídrico do solo seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds (Densidade do solo); Mic (Microporosidade); PT (Porosidade total); ADT (Água disponível total); APD (Água prontamente disponível); Mac (Macroporos); Mib (Microporos de baixa retenção); Mir (Microporos remanescentes) e Crip (criptoporos).

Nessa linha de estudo, são poucos os trabalhos científicos na região de Cerrado. No entanto, Jorge et al. (2012), avaliando atributos físicos do solo em função da época de amostragem e tipos de usos do solo, observaram que os valores de densidade do solo (Ds) foram maiores no período chuvoso e os autores atribuíram estes resultados ao fato de que nesta época o solo recebe diversas cargas de pressão junto com operações mecanizadas para a condução da cultura, situação semelhante à ocorrida em lavouras cafeeiras irrigadas. Araújo Junior et al. (2011), ao avaliar diferentes sistemas de manejo da entrelinha de cafeeiros, sob um Latossolo Vermelho-Amarelo na região de Patrocínio-MG, concluíram que a camada 0 - 0,03 m apresentou maior capacidade de suporte de carga para umidades superiores a 0,20 kg kg⁻¹. Da mesma forma, Marchão et al. (2007), estudando a qualidade física de um Latossolo, também constataram maiores Ds na camada de 0-0,05 m em área de braquiária associada com soja sob plantio direto, indicando que quanto mais próximo da superfície, maior o efeito das pressões proporcionadas pelo manejo.

Por outro lado, houve diferença significativa ($p < 0,01$) do sistema de manejo (SM) em relação à microporosidade de baixa retenção (Mib) (ANEXO B), que foi acrescida em 11% na presença da braquiária, haja vista que variou de 17,7% nos tratamentos conduzidos de forma tradicional até 19,7% naqueles com braquiária, diferindo-os significativamente, mas, sobretudo, indicando a conversão dos macroporos em microporos associados à água prontamente disponível (APD) que, por consequência, também foi influenciada significativamente pela presença da braquiária ($p < 0,05$), haja vista que proporcionou um acréscimo de $0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na APD, passando de $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, nos tratamentos em sistema tradicional, para $0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ naqueles com braquiária, o que equivale a 1,0 mm de água a mais nos primeiros 0,05 m do solo. Contudo, devido a uma pequena redução na Mir (- 0,2%), condicionada pelos fatores regime hídrico (RH) e sistema manejo (SM), a água disponível total (ADT) não foi influenciada significativamente, muito embora também tenha tido um acréscimo de $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (ANEXO B e Tabela 1).

Nas camadas B e C o SM proporcionou efeito significativo sobre os atributos do solo, causando variações na Mib ($p < 0,01$) e conseqüentemente no armazenamento de água (ADT e APD) ($p < 0,05$) (ANEXO B). Observou-se nas Tabelas 2 e 3 que o manejo com braquiária foi responsável pelo aumento de 15% e 17% na Mib nas camadas C e B, respectivamente, que promoveram um acréscimo de $0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na APD e, por conseguinte, na ADT. Esse comportamento demonstra que, livre das pressões do manejo ocorridas normalmente na camada superficial, a braquiária tende a funcionar como condicionadora física da estrutura do solo, com reflexos diretos no armazenamento de água, confirmando as afirmações de Guedes et al. (1996) que as gramíneas, particularmente a braquiária, podem melhorar a qualidade físico-hídrica do solo (QFHS) a partir da ação direta de suas raízes na estruturação do solo.

Contudo, na camada C, de forma análoga à camada A, houve ainda diferença significativa do regime hídrico (RH) em relação à percentagem de macroporos (Mac)

($p < 0,05$) e percentagem de criptoporos (Crip) ($p < 0,01$) (ANEXO B), com redução de 15% na Mac e um acréscimo de 13% de Crip, demonstrando uma leve compactação padronizada ao longo do perfil, muito embora na camada intermediária essas variáveis não tenham se modificado de forma significativa (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,05 - 0,10 m).

FV		RH		SM		CV%
		Irrigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional	
DS	kg.m ⁻³	0,96a	0,98 ^a	1,01a	0,92a	10,6
MIC		0,41a	0,41 ^a	0,41a	0,40a	7,0
PT	↑	0,62a	0,62 ^a	0,61a	0,63a	6,3
ADT	m ³ .m ⁻³	0,15a	0,14 ^a	0,16a	0,14a	12,5
APD	↓	0,12a	0,11 ^a	0,13a	0,11a	10,6
Mac	↑	35,8a	36,8 ^a	36,7a	35,9a	16,6
Mib	%	19,0a	17,7 ^a	19,6a	17,1b	8,5
Mir	↓	5,1a	5,7 ^a	5,6a	5,2a	20,7
Crip		40,0a	39,8 ^a	38,0b	41,8a	8,0

* Médias de parâmetro físico-hídrico do solo seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds (Densidade do solo); Mic (Microporosidade); PT (Porosidade total); ADT (Água disponível total); APD (Água prontamente disponível); Mac (Macroporos); Mib (Microporos de baixa retenção); Mir (Microporos remanescentes) e Crip (criptoporos).

É patente afirmar que a irrigação, com uma logística de tráfego e manejo inadequados, pode contribuir para um ligeira compactação do solo, principalmente nas camadas superficiais. A sustentabilidade de um sistema de produção irrigado depende, portanto, do manejo adotado. Entretanto, solos ligeiramente compactados podem ter alta atividade radicular, visto que as raízes podem utilizar os macroporos ainda existentes no interior dos agregados para o seu crescimento e desenvolvimento (AKKER; SOANE, 2005). Não obstante, em geral, considera-se que o volume de macroporos de 0,25 cm³ cm⁻³ representa boa aeração; entre 0,10 e 0,25 cm³ cm⁻³, uma limitada troca gasosa; e abaixo de 0,10 cm³ cm⁻³, aeração deficiente (STEPNIEWSKI; HORN; MARTYNIUK, 1994) ou solo compactado (PAGLIAI; VIGNOZZI; PELLEGRINI, 2004). Deste modo, o solo em estudo pode ser

considerado com boa aeração, uma vez que na presença da braquiária o volume médio de macroporos foi de $0,21 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$.

Por consequência de um maior grau de estruturação do solo proporcionado pelo sistema radicular da braquiária observou-se, em todas as camadas de solo estudadas, incrementos significativos na microporosidade de baixa retenção (Mib), indicando que a ação agregante atribuída por Guedes et al., (1996) ao sistema radicular da braquiária, é possivelmente o recurso para aumentar o armazenamento de água no solo, o qual foi obtido a partir da produção de microporos com diâmetro entre 3 e $48 \mu\text{m}$, ou seja, aqueles correspondentes à água prontamente disponível (APD), uma vez que a microporosidade remanescente (Mir), correspondente à proporção de microporos remanescentes necessários para complementar a água disponível total (ADT) e esta não foi influenciada por nenhum dos fatores.

Tabela 3. Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,10 - 0,20 m).

FV		RH		SM		CV%
		Irrigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional	
DS	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	0,95a	0,85 ^a	0,96a	0,84a	26,4
MIC		0,40a	0,39 ^a	0,41a	0,39a	6,9
PT	↑	0,63a	0,62 ^a	0,62a	0,63a	5,6
ADT	$\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$	0,15a	0,14 ^a	0,16a	0,14b	12,8
APD	↓	0,12a	0,12 ^a	0,13a	0,11b	11,5
Mac		33,0b	37,7 ^a	33,4a	37,3a	11,0
Mib	↑	19,7a	19,3 ^a	21,0a	18,0b	6,3
Mir	%	4,4a	4,9 ^a	4,7a	4,6a	26,6
Crip	↓	42,9a	38,1b	40,9a	40,0a	8,7

* Médias de parâmetro físico-hídrico do solo seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds (Densidade do solo); Mic (Microporosidade); PT (Porosidade total); ADT (Água disponível total); APD (Água prontamente disponível); Mac (Macroporos); Mib (Microporos de baixa retenção); Mir (Microporos remanescentes) e Crip (criptoporos).

Nesse sentido, a distribuição relativa média das classes de poros é apresentada na Figura 1, onde se comparam os tratamentos com braquiária com aqueles conduzidos no

sistema tradicional de manejo, na qual se comprova que a braquiária promoveu a redistribuição de poros com ganhos significativos na Mib. De outra forma, na Figura 2, constata-se alteração no traçado da curva de retenção de água no solo em função da presença da braquiária irrigada permitindo afirmar, com base no acréscimo ocorrido para Mib, que houve redistribuição no diâmetro dos poros, similar ao obtido por Klein; Libardi (2002).

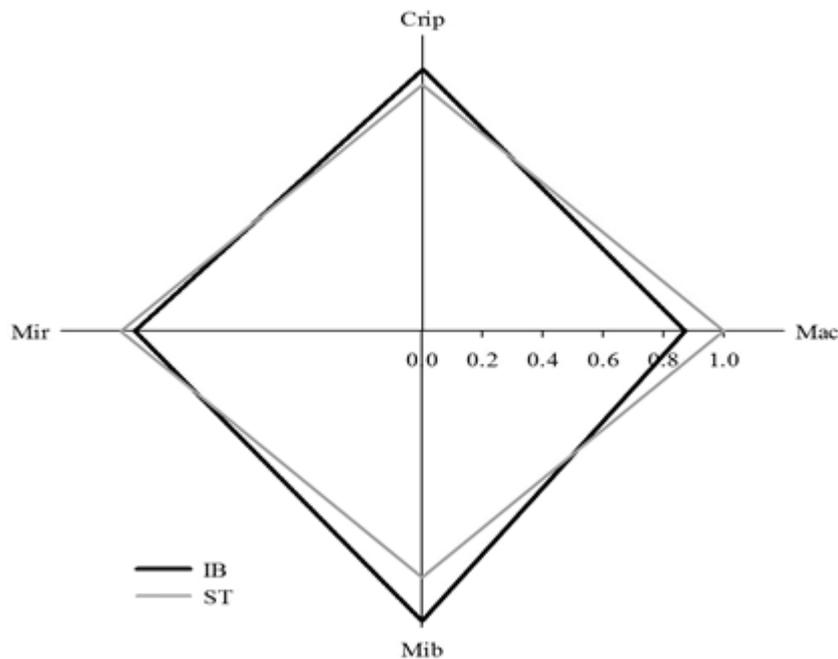


Figura 1. Distribuição relativa das classes de poros do solo entre os tratamentos irrigados com braquiária (IB) e em sequeiro no sistema de manejo tradicional (ST), no perfil de 0-0,20 m.

A soma da microporosidade de baixa retenção (Mib) com a microporosidade remanescente (Mir) corresponde ao espaço poroso responsável pela água disponível total (ADT) do solo. Dessa forma, observou-se que nos tratamentos em sistema tradicional a Mib média, considerando-se todas as camadas, representou 77% dos microporos responsáveis pela ADT, e que a mesma relação considerando a presença da braquiária representou 79%, correspondendo a um incremento de 2,6% em função do manejo com braquiária nas entrelinhas. Esse aumento embora sutil corresponde ao deslocamento de 6,5 m³ de água por hectare para uma faixa de tensão de maior facilidade de absorção pelas culturas, levando-se

em conta a camada de 0,20 m e considerando-se a ADT média de $1,63 \text{ mm.cm}^{-1}$ do solo em estudo.

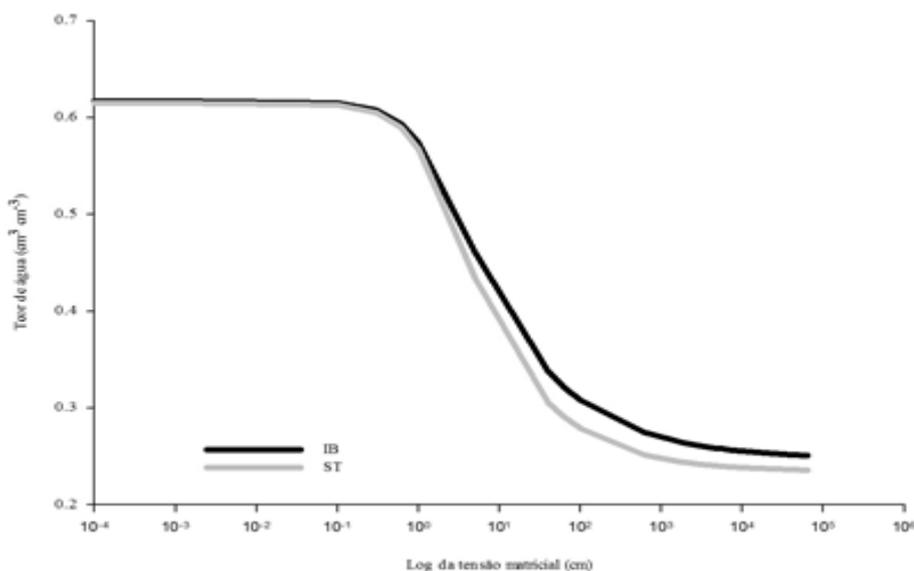


Figura 2. Curvas médias de retenção de água para os solos dos tratamentos irrigados com braquiária (IB) e sequeiro tradicional (ST), para o perfil de 0 - 0,20 m.

Historicamente, houve consenso entre os pesquisadores de que a matéria orgânica tinha pouco ou nenhum efeito sobre a capacidade de água disponível do solo. No entanto, Hudson (1994) encontrou correlações positivas altamente significativas entre a quantidade de matéria orgânica e a ADT em todos os grupos de solo por ele estudados. Mais recentemente, constatou-se que compostos orgânicos podem melhorar as relações solo-água-planta modificando a densidade do solo, a porosidade total e a relação água no solo (SULTANI et al., 2007), especialmente em baixas sucções, uma vez que a umidade na capacidade de campo do solo aumenta linearmente com o aumento no teor de matéria orgânica do solo (BRAIDA et al., 2010). De forma similar, considerando-se as três camadas de solo em estudo, houve um aumento médio de 18% na APD em função da presença da braquiária nas entrelinhas dos cafeeiros, haja vista que a média de APD variou de 1,1 a $1,3 \text{ mm.cm}^{-1}$ na ausência e na presença da braquiária, respectivamente. Esse resultado equivale à adição, nos primeiros 20 centímetros do perfil do solo, de 40 m^3 de água por hectare ou de uma lâmina de 4,0 mm.

1.4 CONCLUSÕES

O regime hídrico irrigado alterou a densidade do solo na camada superficial, sem comprometer o armazenamento de água. Por outro lado, o sistema de manejo das entrelinhas do cafeeiro com a braquiária como planta de cobertura promoveu, na camada de 0,0 a 0,20 m, alterações nos atributos físico-hídricos do solo, resultando no aumento de 18% no conteúdo de água prontamente disponível do solo e esse aumento pode ser atribuído à conversão de macroporos em microporos de baixa retenção (Mib) devido à ação agregante do sistema radicular da braquiária que, quando associada à irrigação, proporcionou aumento na amplitude da curva de retenção na faixa de tensão água correspondente à água prontamente disponível (APD). Neste contexto, a Mib demonstrou potencial para ser usada como indicadora da qualidade físico-hídrica do solo, uma vez que se mostrou eficientemente sensível às variações na capacidade de armazenamento de água do solo em função do manejo.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKER, J. J. H. van de; SOANE, B. Compaction. In: HILLEL, D. et al. (Ed.). **Encyclopedia of soils in the environment**. New York: Academic, 2005. v. 1, p. 285-293.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.

ANDRADE, L. R. M. et al. **Cobertura de solos em pomares de maracujazeiro**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 24 p. (EMBRAPA Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

ARAÚJO JUNIOR, C. F. et al. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 115-131, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Notícias do café**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=59&infolid=1451>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G. Relação entre alguns atributos físicos e a produção de grãos de soja e arroz de sequeiro em Latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 365-371, 2004.

BONOMO, R. et al. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, p. 233-240, 2008.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 46, p. 1-37, 1991.

BRAIDA, J. A. et al. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 131-139, 2010.

COELHO, G.; SILVA, A. M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 400-408, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café 2013**: quarta estimativa. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

COSTA, A. R. da; SATO, J. H.; RAMOS, M. L. G.; FIGUIREDO, C. C. de.; SOUZA, G. P. de.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 55-65, 2013.

DIAS, G. F. da S.; ALVES, P. L. da C. A.; DIAS, T. C. de S. Brachiaria decumbens supresses the initial growth of Coffea arabica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 579-583, 2004.

EBERHARDT, D. N. et al. Influência da granulometria e da mineralogia a retenção de fósforo em latossolos sob pastagem no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1009-1016, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FARIA, R. T.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, 583-590, 2005.

FREITAS JÚNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para a determinação da curva de retenção de água no solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 1423-1428, 1984.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v. 44, p. 892-898, 1980.

GUEDES, H. M. et al. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em Latossolo vermelho-escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 329-333,1996.

GUERRA, A. F. et al. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: EMBRAPA Café, 62-66, 2008.

GUERRA, A. F. et al. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna - ITEM**, Brasília, n. 73, p. 52-61, 2007.

HUDSON, B. D. Soil organic matter and available water capacity. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 49, n. 2, p. 189-194, 1994.

JORGE, R. F. et al. Distribuição de poros e densidade de latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 159-169, 2012.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 857-867, 2002.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. de; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeirassafas irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 2560-2568, nov./dez. 2008.

MARCHÃO, R. L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, jun. 2007.

MARTINS, C. C. et al. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington, 2005.

MUALEM, Y. **A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils, technical report**. Haifa: Israel Institute of Technology, 1974.

NUNES, L. A. P. L. et al. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, p. 71-78, 2010.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa-MG, 28:327-336, 2004

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p. 131-143, 2004.

PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho dos agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 135-140, 1991.

RESCK, D. V. S. et al. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Org.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 417-473, 2008.

ROCHA, O. C. et al. Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the cerrado region. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Anais...** Paris: ASIC, 2008. p. 1157-1160.

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 153-156, 2008.

SANTOS, M.N. **Influência de diferentes sistemas de manejo nos teores de carbono orgânico e nutrientes e no tamanho e distribuição de poros em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso na Região dos Cerrados**. 1997. 133p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 719-730, 2005.

SPERA, S. T. et al. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 1079-1093, 2009.

STEPNIEWSKI, W.; HORN, R.; MARTYNIUK, S. Managing soil biophysical properties for environmental protection. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, San Francisco, v. 88, n. 2, p. 175-181, 2002.

SULTANI, M. I. et al. Evaluation of soil physical properties as influenced by various green manuring legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. **International Journal of Environmental Sciences Technology**, New York, v. 4, n. 1, p. 109-118, 2007.

CAPÍTULO II



**AGREGAÇÃO, CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO, CONDICIONADOS PELO
REGIME HÍDRICO E PELA BRAQUIÁRIA EM CAFEZAL**

**AGGREGATION, CARBON AND NITROGEN SOIL, CONDITIONED BY THE
BRACHIARIA AND BY THE WATER REGIME IN THE CAFEZAL**

AGREGAÇÃO, CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO, CONDICIONADOS PELO REGIME HÍDRICO E PELA BRAQUIÁRIA EM CAFEZAL

2.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* em cobertura nas entrelinhas do café, sobre os teores e estoques de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, bem como sobre a agregação de um Latossolo distrófico típico na região de Cerrado. O ensaio foi delineado em quatro blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas, no qual a parcela principal foi constituída pelos regimes hídricos, irrigado e sequeiro, as subparcelas pelos sistemas de manejo das entrelinhas, com e sem braquiária, e as sub-subparcelas pelas camadas de solo. Coletaram-se amostras de solo em cada parcela experimental nas profundidades de 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Na camada de 0,0 a 0,10 m foram encontrados os maiores teores de carbono orgânico e nitrogênio total do solo. Consequentemente, 50% do carbono orgânico encontrado no perfil estudado concentrou-se também nos primeiros 0,10 m. A braquiária associada à irrigação teve efeito positivo sobre a estabilidade de agregados do solo.

Termos para indexação: Matéria orgânica, irrigação, plantas de cobertura, manejo do solo.

AGGREGATION, CARBON AND NITROGEN SOIL, CONDITIONED BY THE BRACHIARIA AND BY THE WATER REGIME IN THE CAFEZAL

2.2 ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effect of irrigation and *Urochloa decumbens* in coverage in the canopy projection of coffee trees on the concentration of organic carbon and total nitrogen in the soil as well as on soil aggregation of a Latosol in Cerrado region. The assay was designed in four blocks, in parcels split-split plot, in which the main plot consisted of water regime, the subplots were management systems, with and without brachiaria, and sub-subplots were soil layers. Soil samples were collected in each plot at depths of 0.0 to 0.05, 0.05 to 0.10 and 0.10 to 0.20 m. In the layer of 0.00 to 0.10 m higher content of total organic carbon and total nitrogen were obtained. Consequently, 50% of carbon found in the soil profile also were concentrated on the first 0.10 m. The treatments with irrigation and *U. decumbens* had a positive effect on soil aggregate stability.

Index terms: Organic matter, irrigation, cover crops, soil management.

2.3 INTRODUÇÃO

Dentre as culturas agrícolas perenes presentes no Cerrado brasileiro, o café se destaca com uma produção de 5,9 milhões de sacas, representando 15,4% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014). O Cerrado mineiro lidera a produção do Cerrado, com 5,2 milhões de sacas, e contribui com mais de 90 mil empregos diretos e 270 mil indiretos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ – ABIC, 2013).

No Cerrado, as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, razão pela qual a irrigação se tornou uma prática indispensável para viabilizar a atividade, devido aos aumentos de produtividade da cultura (BONOMO et al., 2008; COELHO; SILVA, 2005; COSTA et al., 2013; FARIA; SIQUEIRA, 2005; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008) e da qualidade do café produzido (MARTINS et al., 2007).

Na cafeicultura convencional do Cerrado, a fim de garantir um nível de produção economicamente sustentável, a demanda por fertilizantes minerais passou a ser cada vez maior, elevando os custos de produção. Essa realidade pode ser atribuída ao empobrecimento gradativo do solo, principalmente no que se refere aos teores de matéria orgânica, que tem sido considerados como uma das razões para a queda de produtividade (RICCI et al., 2010).

Em sistemas conservacionistas, o uso de plantas de cobertura é uma importante prática, pois estas protegem a superfície dos solos contra os agentes erosivos, adicionam C e N, reciclam nutrientes e melhoram a estabilidade da estrutura, além de promoverem a formação e manutenção de agregados dos solos pelas raízes das plantas (RESCK et al., 2008). Contudo, os trabalhos relacionados a plantas de cobertura entre fileiras de plantas perenes têm sido conduzidos em regiões com características distintas do Cerrado. Nesta região, a informação existente baseia-se em sistemas que envolvem a sucessão de cultivos com plantas anuais, no uso de leguminosas nas entrelinhas de culturas (AMABILE; FANCELLI;

CARVALHO, 2000; ANDRADE et al., 2002) e no crescimento inicial de mudas de café quando submetidos a diferentes densidades de plantio de braquiária (DIAS; ALVES; DIAS, 2004).

O uso de leguminosas poderia ser adequado ao sistema produtivo de café, se não fossem as limitações operacionais relacionadas ao estabelecimento e à condução destas espécies nas entrelinhas. Por outro lado, ao longo do tempo, a sustentabilidade dos solos do Cerrado esteve vinculada à existência de gramíneas adaptadas ao Bioma que eram consideradas como importantes fornecedoras de carbono para solo. As gramíneas apresentam efeito rizosférico intenso em virtude do seu abundante sistema radicular que, ao ser decomposto, libera nutrientes e ainda contribui para a formação da matéria orgânica do solo, favorecendo intensamente seu estado de agregação (MIELNICZUK et al., 2003) e quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, maior será a organização das partículas em estruturas mais complexas, ou seja, melhor será a sua estruturação.

Guedes et al. (1996) relatam que gramíneas, particularmente a braquiária, podem melhorar a qualidade do solo a partir da ação direta de suas raízes na estruturação. Nos sistemas de manejo que utilizam gramíneas perenes como plantas de cobertura, essas apresentam ação agregante mais prolongada do que as leguminosas, devido à presença de um sistema radicular fasciculado, mais denso e com maior contato com as partículas do solo (PALADINI; MIELNICZUK, 1991).

A *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) é originária da África e foi introduzida no Brasil em 1960 com fins forrageiros pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN) (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006). Atualmente, é empregada em larga escala em atividades relacionadas à pecuária, muitas vezes em pastagens degradadas, e esta espécie é classificada como planta invasora em lavouras de café. Contudo, a adaptabilidade às condições locais, arquitetura adequada ao sistema produtivo do café, perenidade, facilidade de

ressemeadura natural, rusticidade, facilidade de manutenção e resistência à mecanização (BULISANI et al., 1993; FIRTH; WILSON, 1995) são características apresentadas pela *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) que a qualifica como uma potencial planta de cobertura para as entrelinhas dos cafeeiros. Contudo, a carência de informações sobre os impactos desta gramínea no sistema produtivo demanda estudos mais detalhados que fundamentem, cientificamente, o emprego ou não desta prática pelos produtores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da *B. decumbens*, em cobertura nas entrelinhas do café, sobre os teores e estoques de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, bem como sobre a agregação de um Latossolo distrófico típico na região do Cerrado.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os atributos do solo dos cafeeiros foram obtidos no campo experimental da Embrapa Cerrados (15°35'42"S, 47°43'51"W e 1009 m) em um experimento instalado em dezembro de 2007 sob um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), textura muito argilosa, localizado na região administrativa de Planaltina, DF. O clima do município é tropical Aw chuvoso, de inverno seco, com temperatura média anual de 23°C. O período seco varia de 5 a 6 meses (abril a setembro) e a precipitação média anual é de 1.400mm, concentrada no período de outubro a março.

Antes da instalação do experimento, a análise química do solo (camada de 0-20 cm) apresentou: pH em água 5,2, Al^{3+} (4,3 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Ca^{2+} (22,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Mg^{2+} (8,3 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), H+Al (76,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), P (1,4 mg dm^{-3}); K (61,2 mg dm^{-3}), com a saturação de alumínio (12%). Para análise granulométrica, os níveis médios de argila, silte e areia fina e grossa foram 601, 116, 47 e 236 g kg^{-1} , respectivamente, na camada de 0-20 cm.

De janeiro de 2000 a dezembro de 2007 a área foi conduzida com *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) sem pastejo e na implantação do experimento foram adicionados 120 g de superfosfato triplo, 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin®) e 24,5 g de fritted trace elements (FTE) por cova. A calagem foi de dois Mg ha^{-1} de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases para 50%, sendo metade aplicada antes da aração e o restante antes da gradagem. No ano posterior ao plantio os cafeeiros receberam 61,25 g de N por cova, na forma de uréia, correspondendo a 136 g do fertilizante. De modo semelhante foram aplicados 61,25 g de K_2O , na forma de cloreto de potássio (KCl), correspondendo a 102 g do fertilizante por cova. Em ambos os casos, as doses foram parceladas em quatro vezes no período de setembro a fevereiro. Nos demais anos, seguindo a mesma forma de parcelamento, foram aplicadas doses anuais de 272 g de uréia e no máximo

204 g de KCl por cova, sendo que a dose de KCl variou em função da reserva de K do solo, obtida a partir da análise química. A adubação com micronutrientes foi realizada, quando necessária, com o fertilizante FTE. Todas as adubações foram realizadas manualmente e na projeção da copa dos cafeeiros. A adubação fosfatada anual foi de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, correspondendo à aplicação de 117 g de superfosfato triplo por cova, sendo 78 g (2/3), aplicado no mês de setembro e 39 g (1/3) no mês de dezembro (GUERRA et al., 2008).

Os cafeeiros (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí vermelho IAC 144, foram plantados no espaçamento de 3,50 por 0,70m, em dois regimes hídricos (RH): Irrigado (I), com aplicação de estresse hídrico para uniformização da florada (GUERRA et al., 2007) e sequeiro (S). Foram também adotados dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM) dos cafeeiros: com braquiária (B) e tradicional, com ruas descobertas (T) (ANEXO F).

O efeito dos fatores RH e SM foi avaliado nas camadas de solo: A (0,00 a 0,05 m), B (0,05 a 0,10 m) e C (0,10 a 0,15 m). O ensaio foi delineado em quatro blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas, no qual a parcela principal foi constituída pelos regimes hídricos (I, S), as subparcelas pelos sistemas de manejo (B, T) e as sub-subparcelas pelas camadas de solo (A, B e C). Considerou-se como parcela experimental a área de abrangência de nove cafeeiros, dos quais cinco centrais foram considerados as parcelas úteis e os demais a bordadura.

O manejo da braquiária foi feito com roçagens e estas ocorreram quando a planta atingia uma altura média de 0,60 m e os restos culturais permaneceram na área. No tratamento tradicional o solo foi mantido livre de plantas invasoras com o auxílio de capinas manuais e os restos culturais também permaneceram nas respectivas parcelas.

No regime hídrico irrigado, os cafeeiros foram plantados sob um sistema mecanizado de aspersão do tipo pivô central. O critério de manejo de irrigação fundamentou-se no

monitoramento do conteúdo de água do solo, sendo que o momento de irrigação ocorria sempre que a umidade na profundidade de 0,10 m correspondia ao consumo de 50% da água disponível (ROCHA et al., 2008). O monitoramento do conteúdo de água foi realizado com o auxílio de sondas de umidade ML1 (Delta-T® Devices). No regime hídrico de sequeiro somente no primeiro ano após o plantio os cafeeiros receberam irrigação suplementar visando garantir o estabelecimento da cultura.

Para as análises das propriedades químicas do solo, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), as amostragens foram realizadas no mês de abril de 2012 nas profundidades de 0,00 a 0,05; 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Em cada parcela experimental, na projeção da copa (PC), foram coletadas cinco amostras simples para formar uma composta. O COT foi determinado por oxidação via úmida com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 1 N e ácido sulfúrico (H_2SO_4) e titulado com sulfato ferroso amoniacal hexahidratado ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) a 0,5 N na presença do indicador difenilamina (0,16%), de acordo com o método de Walkey-Black (EMBRAPA, 1997).

A determinação do nitrogênio total (NT) foi feita de acordo com Bremner & Mulvaney (1982), por meio da digestão úmida semimicro Kjeldahl, seguida por destilação a vapor e titulação para a quantificação de NH_3 . O NT foi estimado através da determinação de uma curva padrão de sulfato de amônio nas doses de 0,0; 20,0; 40,0; 60,0 $mg.L^{-1}$, estimado por uma equação de regressão linear.

Os estoques de carbono (EstC) e nitrogênio total do solo (EstN) foram calculados em função da camada e da massa equivalente de solo (ELLERT & BETTANY, 1995; DE BONA, 2005), considerando o Cerrado nativo como o sistema de referência. Para isso, em uma área de mata nativa (ANEXO E) adjacente ao experimento e sem histórico de

intervenção humana, foram coletadas amostras de solo, em área total, em ziguezague, nas mesmas profundidades das obtidas na área de cultivo de cafeeiro.

Para a análise da estabilidade de agregados as amostras também foram colhidas, no mês de abril de 2012, na projeção das copa dos cafeeiros, nas profundidades de 0,00 a 0,05; 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Coletaram-se seis amostras por parcela, duas por camada, as quais foram submetidas a uma sequência de peneiras de 8,0 e 4,0 mm de malha, sendo o solo retido na peneira de 4 mm e utilizado para análise. De cada amostra deformada foram pesadas, três subamostras de 50 g cada, sendo uma utilizada para a determinação de umidade e as outras submetidas ao aparelho de oscilação vertical, conforme descrito por Yoder (1936). A análise da estabilidade de agregados em água foi feita conforme a determinação de Kemper; Chepil (1965), sendo as amostras colocadas na peneira superior de um conjunto de peneiras com abertura de malha de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,106 mm, sendo estas amostras pré-umedecidas por umedecimento lento (KEMPER; CHEPIL, 1965).

O aparelho de oscilação vertical, calibrado para 30 oscilações por minuto, foi ligado durante 20 minutos (EMBRAPA, 1997) e o nível da água ajustado na posição mais alta das peneiras, de forma a cobrir apenas o fundo da peneira de 4,0 mm. O solo retido em cada peneira foi transferido para cápsulas metálicas, de peso conhecido, e encaminhadas para estufa a 105 °C. Após a estabilização do peso, as amostras foram retiradas e o peso foi corrigido em relação à massa de solo seco previamente colocado na estufa, para determinação a umidade do solo.

A estabilidade de agregados foi expressa com base no diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados estáveis, o qual foi calculado a partir do somatório dos produtos entre o diâmetro de cada classe de agregado, e a proporção de massa amostra que foi obtida por meio da divisão da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa corrigida em termos de

umidade (CORRÊA, 2002). Para o cálculo do DMP utilizou-se da equação proposta por Youker; McGuinness (1956):

$$DMP = \sum dp$$

Em que:

d = média dos diâmetros de cada classe;

p = proporção do peso de cada classe em relação ao peso total da amostra.

A análise estatística inicial envolveu um estudo descritivo visando definir a distribuição dos dados, os quais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk que comprovou a distribuição normal dos mesmos e corroborou para a aplicação da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey ($p < 0,05$) para a comparação das médias.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores F e a significância das análises de variância dos fatores de efeito, bem como suas interações, em relação aos atributos do solo são apresentados no ANEXO C.

Não foram encontradas diferenças significativas dos fatores para densidade do solo (Ds) e relação carbono nitrogênio (C:N). Todavia, houve diferença significativa para o diâmetro médio ponderado (DMP) em relação ao sistema de manejo (SM) e para todos os atributos, com exceção da Ds e da relação C:N, para a camada de solo (CAM). Foram ainda observadas interações significativas entre SM e CAM em relação ao DMP, entre regime hídrico (RH) e CAM em relação carbono orgânico total (COT) e ainda entre RH, SM e CAM em relação ao DMP.

Para avaliar o armazenamento de carbono e nitrogênio no solo decorrente de um ambiente, de um sistema de manejo ou de uma cultura específica a metodologia padrão sugerida pressupõe avaliar o estoque destes elementos no primeiro metro de profundidade do solo (IPCC, 2005). Nesse estudo porém, onde o alvo de observação são as modificações no perfil do solo até a profundidade de 0,20 m, a análise se concentrou na comparação dos regimes hídricos, sistemas de manejo e camadas de solo em relação aos estoques carbono e nitrogênio.

Nesse contexto, observou-se diferença significativa entre a camada C e as demais em relação ao nitrogênio total (NT) e ao estoque de nitrogênio (EstN) (Tabela 1). Em relação ao NT, houve um decréscimo progressivo da concentração de nitrogênio a partir da camada A (1,88), passando pela B (1,80) até a C (1,63). Todavia, contrariando esse decréscimo ao longo das camadas, o teste de comparação de média indicou maior EstN na camada C, resultado justificado pela maior espessura desta camada. Sendo assim, a diferença significativa encontrada para EstN indica a diferença física entre as camadas e não a diferença de estoque. Nesse sentido, para inferir sobre a diferença relacionada ao estoque deve-se considerar a soma

do EstN das camadas A e B (1,74 Mg.ha⁻¹) em comparação com a camada C (1,54 Mg.ha⁻¹), o que permitiu concluir que nos primeiros 0,10 m do perfil do solo houve um EstN 13% maior do que nos 0,10 m posteriores.

Tabela 1 – Efeito do regime hídrico (RH), do sistema de manejo (SM) e da camada de solo (CAM) na densidade do solo (DS), no estoque de carbono (EstC), no nitrogênio total (NT), no estoque de nitrogênio (EstN) e na relação carbono nitrogênio (C:N) de um Latossolo cultivado com café em Planaltina, DF.

Fator	Tratamento	Ds	COT	EstC	NT	EstN	C:N
		Mg m ⁻³	g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹	-
RH	Irrigado	0,93a	27,23	15,84	1,76a	1,08a	15,54a
	Sequeiro	0,95a	26,23	15,70	1,78a	1,09a	14,80a
SM	Braquiária	0,94a	26,41a	15,65a	1,78a	1,10a	14,92a
	Tradicional	0,94a	27,05a	15,89a	1,76a	1,08a	15,43a
CAM	0,00 - 0,05 m (A)	0,94a	28,40	11,83	1,88a	0,87b	15,25a
	0,05 - 0,10 m (B)	0,93a	27,45	11,51	1,80a	0,87b	15,27a
	0,10 - 0,20 m (C)	0,95a	24,36	23,77	1,63b	1,54a	15,00a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, * letras ausentes observar interação.

Para Rangel e Silva (2007), os estoques de nitrogênio do solo são controlados especialmente pelas condições climáticas e pela vegetação e a implantação de espécies com maior produção de biomassa, portanto, causam maior armazenamento de NT no solo (MIELNICZUK et al., 2003), principalmente nas camadas superficiais que se encontram mais expostas às variações de manejo e clima.

O desdobramento da interação entre os regimes hídricos (RH) e as camadas de solo (CAM) no carbono orgânico total (COT) está apresentado na Tabela 2. Observou-se uma tendência de maiores quantidades de COT no regime irrigado até os 0,10 m de solo. Contudo, só houve diferença significativa na camada B, onde o COT passou de 25,58 g kg⁻¹ no sequeiro para 29,32 g kg⁻¹ no irrigado, correspondendo a um aumento de 15% ocorrido em função da ação da irrigação sobre a distribuição do carbono no solo condicionada, provavelmente, pela distribuição dos sistemas radiculares.

Tabela 2 – Efeito interativo entre o regime hídrico e a camada de solo em relação a carbono orgânico total (COT), em g kg^{-1} , em Planaltina, DF.

Camada de solo	Regime hídrico	
	Irrigado	Sequeiro
0,00 - 0,05 m (A)	28,93aA	27,83aA
0,05 - 0,10 m (B)	29,32aA	25,58bA
0,10 - 0,20 m (C)	23,44aB	25,28aA

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Dentro de cada RH em relação à CAM, constatou-se diferença significativa no regime hídrico irrigado entre a camada C e as demais. Nesse caso, as camadas A e B, que não diferiram entre si, tiveram maiores quantidades de COT do que na camada C, indicando novamente um efeito positivo da irrigação sobre a distribuição das raízes, responsável pelo aumento do COT na camada superficial do solo. Informação condizente com os resultados da Tabela 3 referentes ao estoque de carbono (EstC), já que ao considerar o COT médio presente nas camadas A e B (0,00 a 0,10 m) observou-se que enquanto na condição irrigada houve um aumento de 24%, em comparação com a camada C, na condição de sequeiro não houve diferença significativa para COT entre as camadas.

Tabela 3 – Efeito interativo entre o regime hídrico e a camada de solo em relação a estoque de carbono (EstC), em Mg ha^{-1} , em Planaltina, DF.

Camada de solo	Regime hídrico	
	Irrigado	Sequeiro
0,00 - 0,05 m (A)	12,29aB	11,83aB
0,05 - 0,10 m (B)	13,19aB	11,51bB
0,10 - 0,20 m (C)	22,03aA	27,77aA

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

No que se refere ao COT, o tipo de solo, a intensidade do déficit hídrico e os sistemas de manejo adotados podem alterar as quantidades totais e as localizações dos estoques de carbono orgânico do solo (DE BONA et al., 2006). Enquanto os sistemas de culturas determinam o potencial de aporte anual de biomassa ao solo, é possível que a utilização de

diferentes manejos favoreça a ocorrência de elevadas taxas de decomposição da matéria orgânica do solo (BAYER et al., 2000). No entanto, em lavouras perenes como as de café, em que o solo permanece com pouco revolvimento, a matéria orgânica tende a ser mais preservada, particularmente nas camadas superficiais onde se concentram os sistemas radiculares dos cafeeiros, fato que, associado ao histórico da área, pode justificar a inexistência de diferenças significativas do SM em relação à maioria dos atributos avaliados. Contudo, essa condição de menor revolvimento poderia favorecer o aumento da densidade do solo e dos demais atributos físicos da camada superficial, quando comparado ao sistema convencional, como ocorre em sistemas de produção de grãos sob plantio direto (BERTOL et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004), situação não observada nesse estudo, uma vez que a densidade do solo não foi alterada. Esse resultado se assemelha aos observados por outros autores em estudos comparativos entre sistemas conservacionistas e convencionais (COSTA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2003).

Em concordância com as análises referentes ao COT também houve interação significativa dos fatores RH e CAM em relação ao estoque de carbono do solo (EstC) (Anexo C). Na Tabela 3, analisando-se o RH dentro de cada CAM constatou-se, seguindo a mesma lógica observada no COT, que só houve diferença significativa na camada B que, quando irrigada e pelas mesmas razões discutidas para o COT, apresentou cerca de 15% a mais de carbono armazenado em comparação com a condição de sequeiro. Entretanto, analisando-se o fator CAM dentro do RH as mesmas considerações abordadas para o EstN foram consideradas em alusão à diferença de espessura entre as camadas. Dessa forma, embora tanto no regime hídrico irrigado quanto no sequeiro tenha ocorrido diferença significativa entre a camada C e as demais, a comparação levou em conta a soma dos estoques das camadas A e B, em condição de sequeiro ($23,34 \text{ Mg ha}^{-1}$) e irrigada ($25,48 \text{ Mg ha}^{-1}$), em relação a camada C nos respectivos regimes hídricos. Essa comparação permitiu constatar que nos primeiros 0,10

m do perfil do solo foram armazenados 46% e 54% do carbono orgânico total encontrado no perfil para as condições de sequeiro e irrigada, respectivamente.

Em geral, verificou-se que até nos 0,10 m iniciais de solo foram armazenados em média 50% do COT encontrados, resultados semelhantes aos obtidos por Rangel et al. (2008) que, estudando o carbono orgânico do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro até a profundidade de 0,40 m, verificaram até 0,10 m do solo armazenamentos médios de 57% do COT. Em comparação com o Cerrado virgem (Tabela 4), os valores de COT, EstC, NT e EstN observados nos diferentes tratamentos e camadas foram inferiores. Esses resultados se assemelham ao observado por Silva et al., (2013) para COT.

Tabela 4 – Valores médios e erro padrão para diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total do solo (NT), relação carbono nitrogênio (C:N), estoque de carbono (EstC) e estoque de nitrogênio (EstN) de um Latossolo vermelho distrófico típico sem interferência antrópica (Cerrado virgem), em Planaltina, DF.

Camada de solo	DMP (mm)	COT (g kg ⁻¹)	NT (g kg ⁻¹)	C:N -	EstC (Mg ha ⁻¹)	EstN (Mg ha ⁻¹)
0,00 - 0,05 m (A)	4,73 ± 0,27	34,75 ± 2,09	2,66 ± 0,20	13,06 ± 1,08	13,59	1,24
0,05 - 0,10 m (B)	4,74 ± 0,24	29,34 ± 1,73	2,22 ± 0,31	13,35 ± 2,01	14,17	1,06
0,10 - 0,20 m (C)	4,48 ± 0,19	31,29 ± 4,29	2,01 ± 0,18	15,50 ± 1,28	28,29	1,89
Média	4,65	31,79	2,30	13,97	56,05 ^(*)	4,19 ^(*)

^(*) Estoque total do solo até 0,20 m de profundidade.

Em relação ao diâmetro médio ponderado (DMP) houve interação tripla significativa dos fatores regime hídrico (RH), sistema de manejo (SM) e camadas de solo (CAM) ($p < 0,001$) (ANEXO C). Na Tabela 5 está apresentado o desdobramento da interação. Em cada RH em relação ao SM por CAM, observou-se na camada A um aumento de 33% no DMP no tratamento irrigado com presença da braquiária em relação ao de sequeiro conduzido no mesmo sistema de manejo, diferindo-os significativamente entre si. Na mesma camada,

porém, no sistema tradicional de manejo, a presença da braquiária teve efeito negativo sobre o DMP, reduzindo-o em 28% e diferindo significativamente os RH entre si.

O DMP permite a comparação de diferentes solos e horizontes de um mesmo solo em relação à agregação (KATO et al., 2010) e a influência do manejo do solo sobre a estabilidade de seus agregados é condicionada pelo tamanho dos agregados (OADES; WATERS, 1991). Dessa forma, quando a estabilidade é diminuída, indica efeitos deletérios do sistema de manejo na estrutura do solo (SOUZA; MARQUES JÚNIOR; PEREIRA, 2004).

Tabela 5 – Efeito interativo triplo entre o regime hídrico (RH), o sistema de manejo (SM) e o camada de solo (CAM) em relação ao diâmetro médio ponderado (DMP), em μm , em Planaltina, DF.

Camada de solo	Regime Hídrico			
	Irrigado		Sequeiro	
	Braquiária	Tradicional	Braquiária	Tradicional
0,00 - 0,05 m (A)	4,91a α A	3,67b β B	3,69b β B	4,70a α A
0,05 - 0,10 m (B)	4,42a α A	4,67a α A	4,92a α A	4,37a α A
0,10 - 0,20 m (C)	4,59a α A	4,13a α AB	4,79a α A	3,52a β B

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha entre RH, mesma letra grega na linha dentro de cada RH e mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando cada SM em relação ao RH por CAM, observa-se na Tabela 5 que houve diferença significativa na camada A entre os sistemas de manejo, tanto na condição irrigada quanto na conduzida em sequeiro. Entretanto, notou-se que enquanto no regime irrigado a braquiária incrementou o DMP em 34%, indicando efeito positivo da sua presença na estabilidade de agregados, no sequeiro agiu de forma inversa reduzindo em 27% o DMP. Analogamente, quando se considerou cada CAM em relação ao RH por SM observou-se que no regime hídrico irrigado houve diferença significativa entre as camadas somente no sistema tradicional de manejo. Nesse caso, a camada B diferiu significativamente da camada A que teve seu DMP 27% menor do que a camada B, indicando perda de estabilidade de agregados até os 0,05 m de solo. Esse resultado pode ser atribuído à exposição direta do solo ao manejo, uma vez que na presença da braquiária não houve diferença significativa entre as camadas.

Nesse sentido, as gramíneas apresentam efeito rizosférico intenso em virtude do seu abundante sistema radicular que ao ser decomposto libera nutrientes e contribui para a formação da matéria orgânica do solo, favorecendo intensamente seu estado de agregação (MIELNICZUK et al., 2003).

No regime de sequeiro houve diferença significativa entre as camadas, tanto no sistema de manejo com braquiária quanto no conduzido de forma tradicional. Nessa condição, a braquiária teve efeito positivo sobre o DMP a partir dos 0,05m, indicando um possível aprofundamento do sistema radicular da braquiária em função do déficit hídrico, contribuindo para um maior aporte de matéria orgânica e, conseqüentemente, maior agregação nas camadas mais profundas. Por outro lado, no sistema tradicional, na última camada estudada (C) houve redução de 33 e 24% no DMP, em relação às camadas A e B, respectivamente, diferindo-as significativamente da camada C. Resultado condicionado, provavelmente, pela ação direta do sistema radicular do cafeeiro. O aumento na densidade e profundidade de raízes é um mecanismo de adaptação à seca das espécies vegetais. Taiz; Zeiger, (2004) relatam que, quando todas as camadas dos solos estão umedecidas, as plantas exibem um sistema de raízes predominantemente superficial e que o crescimento de raízes mais profundas em direção ao solo úmido pode ser considerado uma segunda linha de defesa contra a seca.

No que se refere ao DMP, considerando a média das três camadas, a presença da braquiária associada à irrigação teve efeito positivo sobre a estabilidade de agregados. Uma vez que o DMP encontrado, nesta condição de manejo (4,64 mm), foi praticamente igual ao encontrado no Cerrado virgem (4,65 mm), evidenciando a ação agregante das raízes da braquiária sobre a reestruturação do solo (Tabelas 4 e 5). Deve-se ainda salientar que, levando-se em conta somente as camadas A e C, na presença da braquiária irrigada os valores de DMP foram superiores aos observados no Cerrado virgem (Tabelas 4 e 5).

Silva et al., (2013), avaliando os compartimentos que compõem o cafeeiro arábica com quatro anos de idade, verificaram que são estocados 9,2 Mg ha⁻¹ de carbono arbóreo, com média de armazenamento de 2,3 Mg ano⁻¹, sendo a maior parte distribuída na parte aérea (78,4%) e o restante (1,99 Mg) no sistema radicular. Considerando-se a conversão de carbono em CO₂ equivalente, sugerida pelo IPCC (2006), evidenciou-se, nesse caso, um estoque arbóreo de 33,77 Mg CO₂.ha⁻¹. Esses mesmos autores, comparando os estoques de carbono orgânico no solo da área ocupada por cafeeiro e nas plantas verificaram que os valor acumulado na camada de 0,0 a 0,20 m foi 4,5 vezes maior do que o encontrado nas plantas de cafeeiro. Nesse sentido, Belizário (2013), determinando o estoque de carbono até um metro no solo em lavouras cafeeiras, em condições de Cerrado do estado de Minas Gerais, observou que o maior valor de estoque de carbono encontrado, na camada de 0,0 a 0,30 m, foi na lavoura com 37 anos (91,34 Mg ha⁻¹), seguido do café com 8 e 15 anos (85 Mg ha⁻¹) e menor estoque para área nativa (66,8 Mg ha⁻¹). A área implantada há mais tempo apresentou o menor ganho de carbono ao ano, mostrando haver um equilíbrio entre perda e entrada de resíduos da planta no sistema ao longo dos anos.

A área experimental foi conduzida com braquiária sem pastejo de janeiro de 2000 a dezembro de 2007, momento em que foram plantados os cafeeiros e implantados os tratamentos. Esse histórico contribuiu para que fossem estocados, em média no solo da projeção da copa dos cafeeiros, com seis anos de idade, 49,3 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico nos primeiros 0,20 m, resultado decorrente das contribuições do cafeeiro e da braquiária. Esse resultado é 28% maior do que o observado por SILVA et al. (2013), que trabalhando com cafeeiros catuaí com quatro anos de idade, plantados também sobre Latossolo vermelho distrófico na região de Alfenas, MG, observaram um estoque de 38,6 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico, na projeção da copa dos cafeeiros e também nos primeiros 0,20 m. Esse resultado sugere que a diferença, de 10,7 Mg ha⁻¹, pode ser atribuída à presença da braquiária, visto que,

Segnini et al., (2007) avaliando o potencial de sequestro de carbono em área de pastagem de braquiária (*Urochloa decumbens*), concluíram que o uso durante 27 anos do sistema de manejo de pastagens de braquiária promoveu estoques maiores em comparação ao solo sob área de cerrado, os quais variaram de 1,7 a 3,5 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹, correspondendo a sequestros de 6,1 a 12,8 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente.

O sequestro de carbono por meio do crescimento de plantas é uma das linhas de pesquisas elegíveis pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) dentro do Protocolo de Quioto, sendo uma alternativa de compensação das emissões dos gases. Neste contexto, considerando-se a área de café arábica do Cerrado, de aproximadamente 189.000 ha (CONAB, 2014) e o estoque de carbono encontrado nesse estudo (49,3 Mg ha⁻¹) é possível estimar que o cultivo de café associado à braquiária como planta de cobertura tem potencial para armazenar, somente nos 0,20 m iniciais do solo, em torno de 9,3 milhões de Mg de carbono orgânico no cerrado. Portanto, o cafeeiro, devido à sua longevidade, pode armazenar carbono por muitos anos e quando associado a uma planta de cobertura com alta eficiência em estocar carbono, como é o caso da braquiária, além de atender à principal premissa dos projetos de MDL, de reduzir o CO₂ da atmosfera, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável por apresentar manejo de solo conservacionista.

2.6 CONCLUSÕES

Ao longo do perfil, a densidade do solo não foi afetada pelo manejo. Os maiores teores de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo foram encontrados nas camadas superficiais do solo de 0,0 a 0,10 m. O regime hídrico irrigado teve efeito positivo sobre o armazenamento de carbono no solo, aumentando o estoque nos primeiros 0,10 m em 2,94 g kg⁻¹. Do estoque presente nos 0,20 m iniciais do solo, 50% do carbono orgânico total no solo se concentraram na camada de 0,00 a 0,10m.

A irrigação associada à braquiária teve efeito positivo sobre a estabilidade de agregados, com maior impacto nos 0,10 m iniciais do solo. A braquiária em condição de sequeiro teve efeito positivo sobre a estabilidade de agregados a partir dos 0,10 m de solo.

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC – Associação Brasileira da Indústria do Café. **Notícias do café**. Brasília; 2014 [acesso em 22 janeiro 2014]. Disponível em: <http://abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=59&inford=1451>.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35: 47-54, 2000, 2000.

ANDRADE, L. R. M.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CARVALHO, A. M. de M.; VIVALDI, L. J. Cobertura de Solos em Pomares de Maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (**Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 55).

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. A. Organic matter storage in a sandy loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 101-109, 2000.

BELIZARIO, M.H. **Estoque de carbono e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo do café**. 2013. 144p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.S.; LEITE, D.; AMARAL, A. & ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:155-163, 2004.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVEIRA NETO, A.N. & BONOMO, P. produtividade de cafeeiros arábica irrigados no Cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, 38:233-240, 2008.

BREMNER, J.M. AND MULVANEY, C.S. Total nitrogen, In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeny, (Eds.), *Methods of Soil Analysis*, **American Society of Agronomy and Soil Science Society of America**, Madison, pp. 1119-1123, 1982.

BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; CALEGARI, A.; WILDENER, L. do P.; AMADO, T. J. C; MONDARDO, A. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: BALTASAR, B. da Costa (Coord.). **Adubação verde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 58-195.

COELHO, G.; SILVA, A.M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Revista. Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, 29:400-408, 2005.

CONAB – Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira café 2013** [Quarta estimativa]. Brasília; 2014 [acesso em 22 janeiro 2014]. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>.

CORRÊA J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregado de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, fev. 2002.

COSTA, A. R. da; SATO, J. H.; RAMOS, M. L. G.; FIGUIREDO, C. C. de.; SOUZA, G. P. de.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation

regimes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 55-65, 2013.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:527- 535, 2003.

DE BONA, F. D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 911-920, 2006.

DE BONA, F.D. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 130p. (**Tese de Mestrado**)

DIAS, Guilherme Faus da Silva; ALVES, Pedro Luís da Costa Aguiar and DIAS, Tomás Carneiro de Souza. *Brachiaria decumbens* supresses the initial growth of *Coffea arabica*. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, 61:579-583, 2004.

ELLERT, B.H. & BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, 75:529-538, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FARIA, R. T.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, 2005.

FIRTH, D. J.; WILSON, G. P. M. Preliminary evaluation of species for use as permanent ground cover in orchards on the north coast of New South Wales. **Tropical Grasslands, Brisbane**, v. 29, p. 18-27, 1995.

GUEDES, H. M.; RESCK, D. V. S.; PEREIRA, I. da S.; SILVA, J. E. da; RODRIGUEZ CASTRO, L. H. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em Latossolo vermelho-escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: **anais...** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 329-333.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna – ITEM**, Brasília, n.73, p. 52-61, 2007.

GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p-62-66.

IPCC. **Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)**. Suíça: OMM, 2005. 628p.

IPCC (2006) **IPCC Guildelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, Forestry and other Land Use**. Vol. 4. International Painel on Climate Changes. Japan: Institute for Global Enviromental Stratigies (IGES). Japan.

RICCI, M. S. F. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes pela vegetação espontânea em cultivo de café orgânico. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 17-27, 2010.

KARIA, T. C.; DUARTE, B. J.; ARAÚJO, A. C. G. de. Desenvolvimento de Cultivares do Gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brail. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 58 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 163).

KATO,E.; RAMOS, M.L.G.; VIEIRA,D.F.A.; MEIRA,A.D.; MOURÃO,V.C. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado, sob coberturas vegetais. **Bioscience. Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 732-738, Set/Out. 2010.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK,C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds *Methods of soil analysis : physical and mineralogical propeties, including statistcs of measurement and sampling*. Part 1. Madison, **American Society of Agronomy**, 1965. p.499-510.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P de; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeirassafra irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 2560-2568, nov./dez.2008.

MARTINS, C. C. et al. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.29, n.6, p.815-828, 1991.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N. & RESCK, D.V.S. Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:773-781, 2003.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:327-336, 2004.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho dos agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa-MG, 15:135-140, 1991.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; MELO, L.C.A.; OLIVEIRA JUNIOR, A.C. de. Carbono orgânico e nitrogênio total do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2051-2059, 2008.

RESCK, D. V. S. ; FERREIRA, E. A. B. ; SANTOS JUNIOR, J. D. G. ; SÁ, M. A. C. ; FIGUEIREDO, C. C. . Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.. (Org.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, v., p.

417-473.

ROCHA, O. C. ; GUERRA, A. F. ; RODRIGUES, G. C. ; SANZONOWICZ, C. ; MERA, A. C. ; JERKE, C. ; CORDEIRO, A. . Water Deficit in Arabica Coffee Trees as Affected by Irrigation Regimes in the Cerrado Region. In: 22nd International Conference on Coffee Science ASIC 2008, 2008, Campinas - SP. 22nd International Conference on Coffee Science. Paris - França: **Anais...** Association for Science and Information on Coffee, 2008. p. 1157-1160.

SEGNINI, A.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVERESI, O.; MARTIN-NETO, L. Potencial de seqüestro de carbono em área de pastagem de Brachiaria Decumbens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira – **anais**. Porto Alegre: SBCS, 2007. 1 CD-ROM.

SILVA, A. B. da.; MANTOVANI, J. R.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. L. N. Estoques de carbono no solo e em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Interciencia**, 38(4), 286-291, 2013.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 05, p. 491-499, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p. OADES, J. M., WATERS, A. G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**, v. 29, n. 06, p. 815-828, 1991.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature

of erosion losses. **Journal of America Society of Agronomy**, v.28, p.337-357, 1936

YOUKER, R.E.; MCGUINNESS, J.L. A short method of obtaining mean weight-diameter values of aggregate analyses of soils. **Soil Science**, v.83, p.291-294, 1956.

CAPÍTULO III



**DESEMPENHO DE CAFEEIROS EM FUNÇÃO DO REGIME HÍDRICO E DA
COBERTURA COM BRAQUIÁRIA NO CERRADO**

**COFFEE PERFORMANCE AS FUNCTION OF WATER REGIME AND
COVERAGE WITH BRACHIARIA AT CERRADO**

DESEMPENHO DE CAFEZEIROS EM FUNÇÃO DO REGIME HÍDRICO E DA COBERTURA COM BRAQUIÁRIA NO CERRADO

3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da braquiária em cobertura nas entrelinhas sobre o crescimento e a produtividade dos cafeeiros no cerrado. O ensaio foi delineado em seis blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2 com dois regimes hídricos, irrigado e sequeiro, e dois sistemas de manejo das entrelinhas, com e sem braquiária. As medidas de crescimento foram realizadas por dois anos consecutivos em 2011 e 2012 e a produtividade em 2012 e 2013. A ausência da irrigação, independentemente do sistema de manejo adotado, limitou o crescimento vegetativo dos cafeeiros. O sistema de manejo com a braquiária, em condição irrigada, não influenciou significativamente o desempenho produtivo dos cafeeiros. No entanto, em condição de sequeiro reduziu o potencial produtivo das plantas aumentando em 18% o número de ramos plagiotrópicos para compor um quilo de café beneficiado, resultando em uma redução de 42,0% na produtividade.

Termos para indexação: Crescimento dos cafeeiros, déficit hídrico, plantas de cobertura, manejo do solo.

COFFEE PERFORMANCE AS FUNCTION OF WATER REGIME AND COVERAGE WITH BRACHIARIA AT CERRADO

3.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of irrigation and cultivation of brachiaria among coffee trees lines on growth and productivity of coffee trees at Brazilian cerrado. The experiment was carried out in six randomized blocks in a factorial design 2 x 2 with two water treatments, irrigated and rainfed systems, and two management systems, with and without brachiaria. The growth measurements were performed for two consecutive years in 2011 and 2012 and productivity evaluated in 2012 and 2013. The absence of irrigation, regardless of management systems, limited the growth vegetative of coffee trees. The management system with brachiaria in irrigated condition did not influence significantly productive performance of coffee trees. However, rainfed reduced the productive potential of plants and increased the number of primary branches to form a kilo of processed coffee, resulting in a reduction of 42.0% in productivity.

Index terms: Growth of coffee, water deficit, cover crops, soil management.

3.3 INTRODUÇÃO

No Cerrado brasileiro, 39,5% da área do bioma está sob alguma atividade de uso da terra. As classes de uso mais representativas são as pastagens cultivadas e as culturas agrícolas, ocupando, respectivamente, 26,5% e 10,5% do Cerrado (SANO et al., 2008). Dentre as culturas agrícolas perenes, o café se destaca com uma produção de 5,9 milhões de sacas, participando com 15,4% da produção nacional (CONAB, 2014).

O período seco prolongado e a ocorrência comum de veranicos na região condicionou a expansão da cafeicultura ao uso da irrigação, devido aos aumentos de produtividade (BONOMO et al., 2008; COELHO; SILVA, 2005; COSTA et al., 2013; FARIA; SIQUEIRA, 2005; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008) e de qualidade do café produzido (MARTINS et al., 2007). No entanto, a irrigação só tem seu potencial alcançado quando associada ao correto manejo da lavoura cafeeira, caso contrário os custos de produção tendem a comprometer a rentabilidade do cafeicultor.

O manejo de plantas invasoras é uma das práticas mais realizadas na agricultura mundial (YANG et al., 2007) e é considerado um fator passível de onerar os custos de produção das culturas. Em geral, predomina na cafeicultura do Cerrado o uso contínuo de máquinas agrícolas para o controle do mato. Essa prática além de onerar os custos pode ainda causar a compactação do solo (SANTOS et al., 2010) e alterar as propriedades do solo, afetando o sistema radicular (GYSI, 2001), promovendo a degradação da estrutura do solo e redução da produção (ARAUJO JUNIOR, 2007).

Por outro lado, o manejo de plantas invasoras nas entrelinhas dos cafeeiros pode ser feito de maneira mais sustentável, como o uso de plantas de cobertura. Os sistemas de manejo com plantas de cobertura promovem o revolvimento do solo, alteram a composição dos resíduos vegetais, afetam as propriedades biológicas, protegem a superfície dos solos contra os agentes erosivos, adicionam carbono e nitrogênio, reciclam nutrientes e melhoram a

estabilidade de agregados do solo (RESCK et al., 2008), podendo ter reflexos positivos diretos no crescimento e na produtividade do café (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

Na região do Cerrado, a informação existente, até então, refere-se a sistemas que envolvem a sucessão de cultivos com plantas anuais e no uso de leguminosas nas entrelinhas de culturas (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000; ANDRADE et al., 2002). O uso de leguminosas poderia ser adequado ao sistema produtivo de café não fossem as limitações operacionais relacionadas ao estabelecimento e à condução desta espécie nas entrelinhas dos cafeeiros irrigados. Todavia, a maioria dos trabalhos com plantas de cobertura em café foi desenvolvida em condição de sequeiro e com cafeeiros em formação. Esses artigos endossam a susceptibilidade dos cafeeiros à interferência das plantas invasoras na linha de plantio, principalmente da espécie *B. decumbens*, (DIAS; ALVES; DIAS, 2004; SILVA; RONCHI, 2004; RONCHI et al., 2007; SOUZA et. al., 2006).

Atualmente, tem-se uma nova visão dos resultados das pesquisas, levando-se em consideração também o efeito benéfico das espécies não cultivadas (COELHO et al., 2010) que são consideradas como invasoras. Relatos da experiência do uso de faixas de controle de plantas invasoras de algumas espécies como *Urochloa decumbens* (SOUZA et. al., 2006), adubo verde (ERASMO et al., 2004) entre outras, em consórcio com o café, comprovam a necessidade da realização de estudos relacionados ao efeito dos diferentes sistemas de manejo no crescimento e produtividade de cafeeiros.

A *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) é originária da África e foi introduzida no Brasil em 1960 com fins forrageiros pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN) (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006). Atualmente, esta espécie é empregada em larga escala em atividades relacionadas à pecuária, muitas vezes em pastagens degradadas, e é classificada como planta invasora em lavouras de café. Contudo, a adaptabilidade às condições locais, arquitetura adequada ao sistema produtivo do café,

perenidade, facilidade de ressemeadura natural, rusticidade, facilidade de manutenção e resistência à mecanização (BULISANI et al.,1993; FIRTH; WILSON, 1995) são características apresentadas pela *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) que a qualifica como uma potencial planta de cobertura para ser utilizada nas entrelinhas dos cafeeiros. Dessa forma, a carência de informações sobre os impactos desta gramínea no sistema produtivo demanda estudos mais detalhados que fundamentem, cientificamente, o emprego ou não desta prática pelos produtores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) em cobertura nas entrelinhas sobre o crescimento e a produtividade dos cafeeiros no Cerrado.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os parâmetros vegetativos e a produtividade dos cafeeiros foram obtidos no campo experimental da Embrapa Cerrados (15°35'42''S, 47°43'51''W e 1009 m) em um experimento instalado em dezembro de 2007 sob um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), textura muito argilosa, localizado na região administrativa de Planaltina, DF. O clima do município é tropical Aw chuvoso, de inverno seco, com temperatura média anual de 23°C. O período seco varia de 5 a 6 meses (abril a setembro) e a precipitação média anual é de 1.400mm, concentrada no período de outubro a março.

A caracterização físico-química do solo (camada de 0-20 cm), anterior à implantação do experimento, que ocorreu em dezembro de 2007, apresentou os seguintes resultados: pH em água 5,2, Al^{3+} (4,3 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Ca^{2+} (22,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Mg^{2+} (8,3 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), H+Al (76,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), P (1,4 mg dm^{-3}); K (61,2 mg dm^{-3}), com a saturação de alumínio de 12%. Na análise granulométrica, os níveis médios de argila, silte, e areia fina e grossa foram 601, 116, 47 e 236 g kg^{-1} , respectivamente, na camada de 0-20 cm.

De janeiro de 2000 a dezembro de 2007 a área foi conduzida com *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) sem pastejo. Os cafeeiros (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí vermelho IAC 144, foram plantados no espaçamento de 3,50 por 0,70m, em dois regimes hídricos (RH): Irrigado (I), com aplicação de estresse hídrico para uniformização da florada (GUERRA et al., 2007) e sequeiro (S). Foram também adotados dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM) dos cafeeiros: com braquiária (B) e tradicional, com ruas descobertas (T). O ensaio foi delineado em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois regimes hídricos (RH) e dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM), em seis repetições, sendo a parcela experimental constituída por nove plantas, das quais cinco centrais foram consideradas úteis e as demais bordadura (ANEXO F).

Na implantação do experimento foram adicionados 120 g de superfosfato triplo (SFT), 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin®) e 24,5 g de fritted trace elements (FTE) por cova. A calagem foi de dois Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases para 50%, sendo metade aplicada antes da aração e o restante antes da gradagem. A calagem foi de duas toneladas por hectare de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases para 50%, sendo metade aplicada antes da aração e o restante antes da gradagem. No ano posterior ao plantio, os cafeeiros receberam 61,25 g de N por cova, na forma de uréia, correspondendo a 136 g do fertilizante. De modo semelhante foram aplicados 61,25 g de K₂O, na forma de cloreto de potássio (KCl), correspondendo a 102 g do fertilizante por cova. Em ambos os casos, as doses foram parceladas em quatro vezes no período de setembro a fevereiro. Nos demais anos, seguindo a mesma forma de parcelamento, foram aplicadas doses anuais de 272 g de uréia e no máximo 204 g de KCl por cova, sendo que a dose de KCl variou em função da reserva de K do solo, obtida a partir da análise química. A adubação com micronutrientes foi realizada, quando necessária, com o fertilizante FTE. Todas as adubações foram realizadas manualmente e na projeção da copa dos cafeeiros. A adubação fosfatada anual foi de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, correspondendo à aplicação de 117 g de superfosfato triplo por cova, sendo 78 g (2/3), aplicado no mês de setembro, e 39 g (1/3), no mês de dezembro (GUERRA et al., 2008).

O manejo da braquiária foi feito com roçagens e estas ocorreram quando a planta atingia uma altura média de 0,60 m e os restos culturais permaneceram na área. No tratamento tradicional o solo foi mantido livre de plantas invasoras com o auxílio de capinas manuais e os restos culturais também permaneceram nas respectivas parcelas.

No regime hídrico irrigado, os cafeeiros foram plantados sob um sistema mecanizado de aspersão do tipo pivô central. O critério de manejo de irrigação fundamentou-se no monitoramento do conteúdo de água do solo, sendo que o momento de irrigação ocorria

sempre que a umidade na profundidade de 0,10 m correspondia ao consumo de 50% da água disponível (ROCHA et al., 2008). O monitoramento do conteúdo de água foi realizado com o auxílio de sondas de umidade ML1 (Delta-T® Devices). No regime hídrico de sequeiro somente no primeiro ano após o plantio os cafeeiros receberam irrigação suplementar visando garantir o estabelecimento da cultura.

As medidas de crescimento foram realizadas por dois anos consecutivos em 2011 e 2012 no mês de setembro. Nas cinco plantas úteis de cada parcela experimental foram avaliados o diâmetro do caule (DC), medido na região do colo da planta com o auxílio de um paquímetro digital; número de ramos plagiotrópicos por planta (NRP), avaliado por meio da contagem de todos os ramos laterais primários que apresentaram comprimento superior a cinco centímetros; diâmetro da copa (DCO), medido com uma régua graduada; altura de plantas (AP), medida do colo da planta até a gema apical do caule, com o auxílio de uma régua graduada, produtividade (PD) e número de ramos plagiotrópicos necessários para produzir um quilo de café beneficiado (NRPK). A produtividade foi quantificada inicialmente em quilogramas de grãos café cereja por parcela e, posteriormente, os dados foram convertidos em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare. As colheitas foram realizadas entre os meses de maio a julho nos biênios de 2010/2011 e 2012/2013. A NRPK foi obtida extrapolando o NRP para o número de plantas presentes em um hectare e dividindo o resultado pela produtividade em quilos.

A análise estatística inicialmente envolveu um estudo descritivo com o propósito de definir a distribuição dos dados. Para isso, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk que comprovou a distribuição normal dos mesmos e corroborou para a aplicação da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey ($p < 0,05$) para a comparação das médias.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o período de janeiro de 2011 a dezembro de 2012 os valores médios mensais da estimativa da evapotranspiração referência (Eto), da precipitação (P) e da água aplicada via irrigação são apresentados no ANEXO A. Houve concentração das precipitações entre os meses de novembro e março, período no qual as chuvas foram maiores que a Eto. De forma geral, durante os meses de abril a outubro, a precipitação foi inferior à Eto, indicando a ocorrência de déficit hídrico no período para os tratamentos não irrigados.

Muito embora a precipitação média anual para o período (1261,6 mm) possa ser considerada adequada para o cafeeiro houve má distribuição de chuvas, justificando o uso da irrigação. Observou-se que, de julho a agosto não houve irrigação devido ao período de estresse hídrico para uniformização da florada, no entanto, a partir de setembro até junho aplicou-se em média 914 mm de água.

Os valores F e a significância das análises de variância dos fatores de efeito e sua interações em relação aos parâmetros de crescimento e a produtividade do cafeeiro são apresentados no ANEXO D.

Diante do déficit hídrico sofrido pelos tratamentos em condição de sequeiro, houve diferença significativa ($p < 0,01$) do RH em relação a AP, DCO, DC e NRP, com reduções de 11,6%; 11,1%; 2,4% e 19%, respectivamente, em todos os parâmetros avaliados (Tabela 1). Nagakura (2004) justifica que em condições de seca, o crescimento da parte aérea é mais severamente inibido que o crescimento das raízes e salienta que, embora esse aumento possa contribuir para uma maior absorção de água em camadas mais profundas do solo, inibe o crescimento vegetativo e favorece o abortamento dos frutos com consequente perda em produtividade (DAMATTA et al., 2006).

Tabela 1 – Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) no crescimento do cafeeiro, médias dos anos 2011 e 2012.

Variáveis		RH		SM	
		Irigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional
AP	↑ m	2,02a	1,81b	1,94a	1,89a
DCO	↓	1,00a	0,90b	0,96a	0,95a
DC	mm	54,58a	53,28b	53,63a	54,23a
NRP	-	45,33a	38,07b	42,77a	40,63a

* Médias seguidas da mesma letra na linha para RH ou SM não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. AP (Altura de plantas); DCO (Diâmetro da copa); DC (Diâmetro do caule) e NRP (Número de ramos plagiotrópicos).

A avaliação do potencial produtivo de café de forma indireta tem sido investigada por diversos autores visando aumentar a eficiência na seleção de cultivares (FREITAS et al., 2007) e também para avaliar o impacto do manejo sobre os cafeeiros (SCALCO et al., 2002; MIRANDA et al., 2005). Tem-se obtido correlações positivas com produtividade com o diâmetro da copa (DHALIWAL, 1968; SILVAROLLA et al., 1997) e a altura da copa (WALYARO; VAN DER VOSSSEN, 1979). Nesse contexto, na Tabela 2 observa-se que os caracteres vegetativos AP, DCO e NRP foram bastante afetados pelo déficit hídrico, indicando serem esses caracteres muitos mais susceptíveis às variações do ambiente do que o DC, visto que este sofreu, na condição de sequeiro, redução de apenas 2,4% enquanto que os demais caracteres tiveram redução entre 11 e 20%.

Carvalho et al., (2010) concluíram que o NRP e a AP foram as características que apresentaram maior correlação fenotípica com a produtividade, indicando que o componente ambiental tem grande influência nesses caracteres. Os mesmos autores ainda observaram que o DC se mostrou menos influenciado pelas variações ambientais, uma vez que apresentou, além das correlações fenotípicas, correlações genotípicas com a produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Bonomo et al. (2004) e Martinez et al., (2007) que também observaram para DC correlações genotípicas com a produtividade. Na mesma linha de estudo

Miranda et al. (2005) ainda verificaram correlações fenotípicas da produtividade com o comprimento dos ramos plagiotrópicos, que é um indicador do DCO.

Comparando-se os parâmetros de crescimento médios dos tratamentos irrigado com braquiária (IB) e sequeiro tradicional (ST) é possível dividir os parâmetros estudados em três níveis de reposta: No primeiro encontra-se o DC, que praticamente não se alterou, passando de 53,75 mm para 54,10 mm nos tratamentos ST e IB, respectivamente. Em sequência a AP e o DCO que aumentaram 7,0 e 6,0% , respectivamente, em função da irrigação associada à braquiária e, por fim, o NRP que foi o mais afetado reduzindo em 12% no tratamento ST, resultado que é um indicativo direto de perda em produtividade.

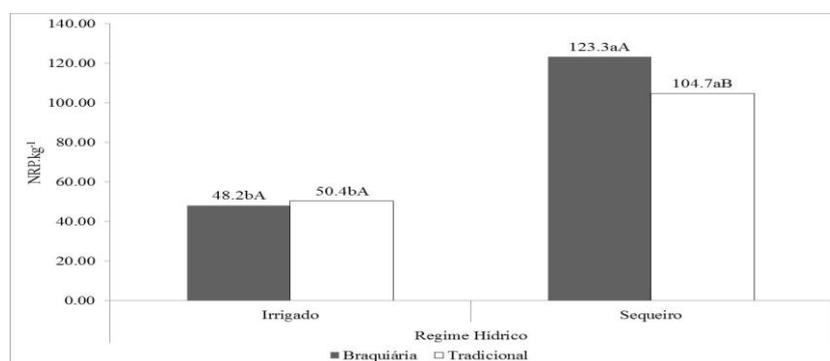
Nesse sentido, na produtividade (PD) ocorreu interação significativa ($p < 0,01$) dos fatores RH e SM (ANEXO D). Analisando-se cada SM em relação aos RH (Tabela 2) constatou-se diferença significativa entre os tratamentos irrigados e em sequeiro, uma vez que tanto o sistema de manejo com braquiária quanto no tradicional, quando associados à irrigação, proporcionaram ganhos respectivos de 47,1 e 33,3 sc.ha⁻¹, comprovando o efeito positivo da irrigação na produtividade dos cafeeiros (PEDROSO et al., 2009; LIMA et al., 2008; GRENHO, 2007). Ainda na Tabela 2, relacionando-se cada RH em relação aos SM observou-se que enquanto no tratamento irrigado a presença da braquiária contribuiu para um aumento de 10% na produtividade dos cafeeiros, no tratamento em condição de sequeiro, a sua presença causou redução de 42%, diferindo-os significativamente e indicando competição severa da braquiária por água e nutrientes quando submetida a déficit hídrico. Resultado semelhante foi obtido em condição de sequeiro por Alcântara et al. (2011), e por Souza et al. (2006) que avaliaram os efeitos das faixas de controle com *Urochloa decumbens* no desenvolvimento inicial e na produtividade do cafeeiro e concluíram pela necessidade de utilização de uma faixa de controle com largura mínima igual ou superior a 100 cm de cada lado da linha, a fim de manter as plantas de café livres da interferência da braquiária.

Tabela 2 – Efeito interativo do RH e do SM sobre a produtividade dos cafeeiros em sacas de café beneficiado por hectare (PD), médias dos biênios 2010/2011 e 2012/2013.

Sistema de manejo (SM)	Regime Hídrico (RH)	
	Irrigado	Sequeiro
Braquiária	65,8 aA	18,7 bB
Tradicional	59,8 aA	26,5 bA

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Houve também interação significativa dos fatores RH e SM em relação à NRPK ($p < 0,05$). Dessa forma, isolando-se cada SM em relação aos RH (Figura 3), observou-se diferença significativa entre os tratamentos irrigados e em sequeiro ($p < 0,01$), visto que em condição de sequeiro foi necessária maior quantidade de ramos plagiotrópicos por kg de café beneficiado, tanto nos tratamentos com braquiária nas entrelinhas ($75,1 \text{ RP.kg}^{-1}$) quanto naqueles em manejo tradicional ($54,3 \text{ RP.kg}^{-1}$). De outra forma, relacionando-se cada RH em relação aos SM, constatou-se a concorrência da braquiária por água e nutrientes quando submetida ao déficit hídrico, já que houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre os sistemas de manejo somente na condição de sequeiro, onde na presença da braquiária o NRPK aumentou passando de $104,7 \text{ RP.kg}^{-1}$ no sistema de manejo tradicional para $123,3 \text{ RP.kg}^{-1}$ na presença da braquiária.



* Médias seguidas da mesma letra minúscula entre RH e maiúscula dentro dos RH não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 1. Influência média da braquiária no número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado (NRP.kg^{-1}) para cada regime hídrico em relação ao sistema de manejo. EMBRAPA CERRADOS, Planaltina, DF.

Em algumas regiões do Cerrado brasileiro, particularmente em áreas do Estado de Minas Gerais, a distribuição pluviométrica anual é mais equilibrada reduzindo a obrigatoriedade da irrigação, muito embora essa tecnologia possa diminuir os riscos de perdas em anos atípicos. Nestes locais a cafeicultura de sequeiro associada à braquiária pode ter resultados positivos devido a uma menor possibilidade de ocorrência de déficit hídrico para as culturas. Por outro lado nesse estudo, para a região do Cerrado central brasileiro, é possível afirmar que o potencial produtivo do cafeeiro, quando conduzido em sequeiro na presença da braquiária, foi reduzido em 18%, enquanto que a mesma condição nos tratamentos irrigados o potencial produtivo aumentou em 4,6%. O aumento de produtividade do cafeeiro irrigado na presença da braquiária pode, portanto, ser atribuído a uma melhor eficiência produtiva das plantas submetidas a esse tratamento, uma vez que na Tabela 3 fica evidente a correlação positiva e altamente significativa da PD em relação aos caracteres vegetativos avaliados nesse experimento.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DC), número de ramos plagiotrópicos por planta (NRP), número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado (NRPK) e produtividade de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos e dois sistemas de manejo.

	AP	DCO	DC	NRP	NRPK	PD
AP	1,000	0,806**	0,099 ^{ns}	0,911**	-0,642**	0,658**
DCO	-	1,000	0,074 ^{ns}	0,764**	-0,485*	0,547**
DC	-	-	1,000	0,098 ^{ns}	-0,564**	0,496*
NRP	-	-	-	1,000	-0,612**	0,680**
NRPK	-	-	-	-	1,000	-0,934**
PD	-	-	-	-	-	1,000

* e ** significância a 5 e 1%, respectivamente; ^{ns}: não significativo. AP (Altura de plantas); DCO (Diâmetro de copa); DC (Diâmetro de caule) e NRP (Número de ramos plagiotrópicos).

3.6 CONCLUSÕES

O déficit hídrico fora do período para uniformização da florada, independentemente do sistema de manejo adotado, limitou o crescimento vegetativo dos cafeeiros comprometendo a produtividade. O sistema de manejo das entrelinhas do cafeeiro com a braquiária como planta de cobertura, em condição irrigada, não prejudicou o potencial produtivo dos cafeeiros, contudo, na condição de sequeiro, reduziu em 42% a produtividade dos cafeeiros.

A braquiária sob déficit hídrico aumentou em 18% o número de ramos plagiotrópicos para compor um quilo de café beneficiado, indicando que nesta condição compete com o cafeeiro, diminuindo seu potencial produtivo.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M; OLIVEIRA G. S. **Avaliação dos efeitos de diferentes métodos de controle de mato, nas entrelinhas do cafeeiro, na produção do cafeeiro.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá, MG. Resumos Expandidos... Brasília: Embrapa Café. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/4030/238.pdf?sequence=2>>. Acesso em: 6 fevereiro 2014.

ALYARO, D.J.; VOSSSEN, H.A.M. van der. Early determination of yield potential in arabic coffee by applying index selection. **Euphytica**, Dordrecht, v.28, p.465-472, 1979.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35: 47-54, 2000., 2000.

ANDRADE, L. R. M.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CARVALHO. A. M. de M.; VIVALDI, L. J. Cobertura de Solos em Pomares de Maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (**Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55**).

ARAUJO JUNIOR, C.F. **Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 132p. (Dissertação de Mestrado)

BONOMO, P.; CRUZ, C.D.; VIANA, J.M.S.; PEREIRA, A.A.; OLIVEIRA, V.R. de; CARNEIRO, P.C.S. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, v.63,

p.207-219, 2004.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVEIRA NETO, A.N. & BONOMO, P. produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, 38:233-240, 2008.

BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; CALEGARI, A.; WILDENER, L. do P.; AMADO, T. J. C; MONDARDO, A. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: BALTASAR, B. da Costa (Coord.). **Adubação verde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 58-195.

CARVALHO, A.M. de; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R.; BOTELHO, C.E.; GONÇALVES, F.M.A.; FERREIRA, A.D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.269-275, 2010.

COELHO, A. T. C. P.; FREITAS, M. A. M. ; FIALHO, C. M. T.; SILVA, A. A.; FARIA, A. T.; GONÇALVES, V. A . Crescimento inicial plantas de coffeea arabica l. sob interferência de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, Ribeirão Preto, SP. Resumos Expandidos..., Ribeirão Preto 2010, v., p. 2604-2607.

COELHO, G. & SILVA, A.M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Revista. Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, 29:400-408, 2005.

CONAB – Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra**

brasileira café 2013 [Quarta estimativa]. Brasília; 2014 [acesso em 22 janeiro 2014].

Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>.

COSTA, A. R. da. et al . Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa-MG, 37:55-65, 2013.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Impact of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Braz. J. Plant Physiol.** 2006,18, 55-81.

DHALIWAL, T.S. Correlations between yield morphological characters in Puerto Rican and Columbian varieties of *Coffea arabica* L. **Journal of the Agricultural University of Porto Rico**, Puerto Rico, v.52, p.29-37, 1968.

DIAS, Guilherme Faus da Silva; ALVES, Pedro Luís da Costa Aguiar and DIAS, Tomás Carneiro de Souza. *Brachiaria decumbens* supresses the initial growth of *Coffea arabica*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Braz [online]. 2004, vol.61, n.6, pp. 579-583. ISSN 0103-9016.

ERASMO, E. A. L., et al. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta daninha**, v.22, p. 195-201, 2004.

FARIA, R. T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.583-590, 2005

FIRTH, D. J.; WILSON, G. P. M. Preliminary evaluation of species for use as permanent ground cover in orchards on the north coast of New South Wales. **Tropical Grasslands**,

Brisbane, v. 29, p. 18-27, 1995.

GRENHO, A. I. S. **Influência do estresse hídrico na qualidade e produtividade de cinco genótipos de café**. 2007. 30 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília 2007.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. Irrigação & Tecnologia Moderna – **ITEM**, Brasília, n.73, p. 52-61, 2007.

GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p-62-66.

GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. **Soil Till. Res.**, 61:133-142, 2001.

KARIA, T. C.; DUARTE, B. J.; ARAÚJO, A. C. G. de. Desenvolvimento de Cultivares do Gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brail. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 58 p. (**Embrapa Cerrados. Documentos, 163**).

LIMA, L. A.; PAIVA, A. A. de; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

MARTINEZ, H.E.P.; AUGUSTO, H.S.; CRUZ, C.D.; PEDROSA, A.W.; SAMPAIO, N.F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.481-489, 2007.

MARTINS, C. C. et al. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

NAGAKURA J, SHIGENAGA H, AKAMA A, TAKAHASHI M. Growth and tranpiration of japonese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtuse*) seedlings in response to soil water content. **Tree Physiol.**, 24, 12031208, 2004.

PEDROSO, T. Q. et al. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 155-164, jul./dez. 2009.

RESCK, D. V. S. ; FERREIRA, E. A. B. ; SANTOS JUNIOR, J. D. G. ; SÁ, M. A. C. ; FIGUEIREDO, C. C. . Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.. (Org.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, v., p. 417-473.

ROCHA, O. C. ; GUERRA, A. F. ; RODRIGUES, G. C. ; SANZONOWICZ, C. ; MERA, A. C. ; JERKE, C. ; CORDEIRO, A. . Water Deficit in Arabica Coffee Trees as Affected by Irrigation Regimes in the Cerrado Region. In: 22nd International Conference on Coffee Science ASIC 2008, 2008, Campinas - SP. 22nd International Conference on

Coffee Science. Paris - França: **Anais...** Association for Science and Information on Coffee, 2008. p. 1157-1160.

RONCHI, C.P. & SILVA, A.A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, 24:415-423, 2006.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA JR., L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Viçosa-MG, v. 43, p. 153-156, 2008.

SANTOS, G.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G. & PAIS, P.S.M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de controle de plantas invasoras na cultura cafeeira. **Coffee Sci.**, 5:123-136, 2010

SILVAROLLA, M.B.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M.A.L.; FAZUOLI, L.C. Avaliação de progênies derivadas do híbrido timor com resistência ao agente da ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p.47-58, 1997.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 24:35-42, 2000.

YANG, Y.; WANG, H.; TANG, J. & CHEN, X. Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. **Soil Tillage Res.**, 93:179-185, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



**ATRIBUTOS DO SOLO E RESPOSTA DO CAFEIEIRO A COBERTURA COM
BRAQUIÁRIA EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS DE MANEJO**

OMAR CRUZ ROCHA

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do armazenamento de água do solo em relação às formas de manejo indicou nesse trabalho que nos tratamentos irrigados houve uma ligeira compactação do solo sem, no entanto, prejudicar sua capacidade de retenção hídrica. Resultado lógico quando se pressupõe que para aumentar o armazenamento hídrico do solo existe a necessidade de maior proporção de microporos. Nesse sentido, ao longo do perfil de solo investigado, os resultados indicaram que o recurso utilizado pela *U. decumbens* para aumentar a capacidade de armazenamento de água do solo se concentrou na produção de microporos correspondentes à água prontamente disponível, microporos de baixa retenção (Mib), aqueles com diâmetro entre 3 e 48 μm , o que correspondeu a um aumento médio de 18% na água prontamente disponível. A Mib, portanto, demonstra um grande potencial como indicador da qualidade físico-hídrica do solo.

Esse aumento na APD pode estar relacionado a uma melhor agregação do solo quando manejado com a braquiária associada à irrigação. Uma vez que, em comparação com o tratamento irrigado em manejo tradicional, a braquiária irrigada proporcionou um aumento de 34% no diâmetro médio ponderado das partículas do solo (DMP). Essa melhor agregação, no entanto, se encontra altamente correlacionada aos teores de carbono orgânico (COT) encontrados perfil, já que no regime hídrico irrigado na presença da braquiária, os níveis desse elemento aumentaram significativamente.

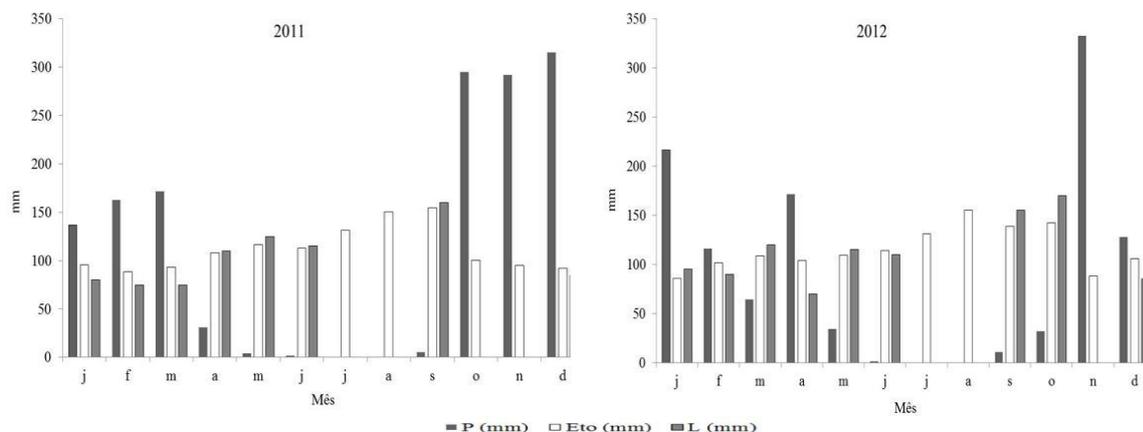
O sistema de manejo com *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) nas entrelinhas dos cafeeiros pode ser uma tecnologia vantajosa somente para a cafeicultura irrigada, pois, se bem manejada não interfere na capacidade produtiva dos cafeeiros e ainda proporciona incrementos significativos de carbono orgânico ao solo, com impactos positivos diretos sobre sua agregação e, por consequência, sobre sua capacidade de armazenamento de água.

Por outro lado, na cafeicultura de sequeiro, mesmo diante dos ganhos proporcionados ao solo, a *U. decumbens* reduziu drasticamente a produtividade (42%), indicando que o déficit hídrico característico do Cerrado central brasileiro favoreceu uma competição severa da braquiária por água e nutrientes quando submetida a déficit hídrico.

ANEXOS



ANEXO A



Totais mensais (mm) para evapotranspiração de referência (Eto), precipitação (P), água de irrigação (L) de janeiro de 2011 a dezembro de 2012. EMBRAPA CERRADOS, Planaltina, DF.

ANEXO B

Valor F e significância das análises de variância dos fatores de efeito, regime hídrico (RH) e sistema de manejo da entrelinhas dos cafeeiros (SM), e suas interações sobre densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), microporosidade (MIC), água disponível total (ADT), água prontamente disponível (APD), porcentagem de macroporos (Mac), porcentagem de criptoporos (Crip), microporos de baixa retenção (Mib) e microporos remanescente (Mir), nas camadas A, B e C.

Atributos	RH (A)	SM (B)	A x B	RH (A)	SM (B)	A x B	RH (A)	SM (B)	A x B
	— 0,0 - 0,05 m (A) —			— 0,05 - 0,10 m (B) —			— 0,10 - 0,20 m (C) —		
Ds	5,44*	0,03	0,86	0,19	3,21	0,85	0,55	1,07	0,72
MIC	7,21*	1,93	1,04	0,03	1,10	1,95	0,53	3,33	1,20
PT	6,74*	0,24	0,24	0,02	0,59	0,41	0,04	0,41	0,13
ADT	0,77	0,31	1,85	0,87	5,15*	0,45	2,45	5,56*	0,27
APD	0,05	5,89*	0,44	0,65	10,47*	0,16	0,31	7,64*	0,03
Mac	14,95**	2,97	3,46	0,17	0,11	2,13	6,47*	4,36	2,97
Mib	0,05	14,46**	0,82	2,53	8,70**	0,00	0,51	23,42**	0,11
Mir	0,43	0,06	0,03	0,58	0,37	1,07	0,96	0,02	0,00
Crip	14,42**	0,02	1,84	0,02	6,78**	3,55	9,00**	0,29	4,46

RH: Regime hídrico (irrigado e sequeiro), SM: Sistema de manejo (com *Urochloa decumbens* e tradicional), *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

ANEXO C

Valor F e significância⁽¹⁾ das análises de variância dos fatores de efeito⁽²⁾, e suas interações sobre densidade do solo (Ds), diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstC), nitrogênio total (NT), estoque de nitrogênio (EstN) e relação carbono nitrogênio (C:N).

FV	DS	DMP	COT	EstC	NT	EstN	C:N
BLOCO	0,14	0,25	1,87	2,95	0,87	1,14	2,06
RH (A)	1,24	0,21	1,01	0,07	0,17	0,08	1,49
CV(%)	7,1	11,3	12,9	11,5	8,9	11,5	13,9
SM (B)	0,02	20,38*	3,34	0,71	0,03	0,17	0,59
A x B	0,09	1,68	0,12	0,43	1,61	1,06	1,82
CV(%)	11,4	6,6	4,6	6,2	19,0	20,1	15,1
CAM (C)	0,46	21,73***	10,60***	205,43***	8,65**	161,26***	0,14
A x C	0,96	0,50	4,66*	4,03*	0,19	0,10	4,94
B x C	1,13	6,61**	0,38	0,72	1,32	1,64	0,11
A x B x C	0,95	11,16***	1,51	0,95	1,58	0,44	1,62
CV(%)	6,4	7,7	9,7	10,9	9,5	11,2	10,6

(1) *, **, ***, significativo pelo teste F, respectivamente, a 5, 1 e 0,1% de probabilidade. (2) RH: Regime hídrico (Irigado e sequeiro), SM: Sistema de manejo (com *Urochloa decumbens* e Tradicional) e CAM: Camada de solo (0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m).

ANEXO D

Valor F e significância das análises de variância dos fatores de efeito, regime hídrico (RH) e sistema de manejo (SM), e suas interações sobre altura da planta (AP), diâmetro da copa (DCO), diâmetro do caule (DC), número de ramos plagiotrópicos por planta (NRP), Número de ramos plagiotrópicos por quilo de café beneficiado (NRPK) e produtividade média (PD).⁽³⁾

Var	RH ⁽¹⁾ (A)	SM ⁽²⁾ (B)	A x B	CV%
AP	21,89***	1,17	2,21	5,8
DCO	9,10***	0,08	0,03	9,2
DC	11,28***	2,40	3,04	1,8
NRP	22,80***	1,97	0,01	8,9
NRPK	243,33***	3,87	6,27*	12,4
PD	242,08***	0,13	7,15**	14,84

⁽¹⁾RH: Regime hídrico (irrigado e sequeiro), ⁽²⁾SM: Sistema de manejo (com *Urochloa decumbens* e tradicional),
⁽³⁾ *, ** e *** significância a 5, 1 e 0,1%, respectivamente; ns: não significativo..

ANEXO E

Foto aérea com descrição da área experimental de *Coffea arabica* L. e da área de mata nativa da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF – Brasil.



ANEXO F

Croqui experimental adotado nos diferentes regimes hídricos: Irrigado e sequeiro, relacionando *Coffea arabica* L., cultivar catuaí IAC 144, com sistemas de manejo das entrelinhas: Com *Urochloa decumbens* (sinonímia *B. decumbens*) e tradicional, na Embrapa Cerrados em Planaltina, DF – Brasil.

