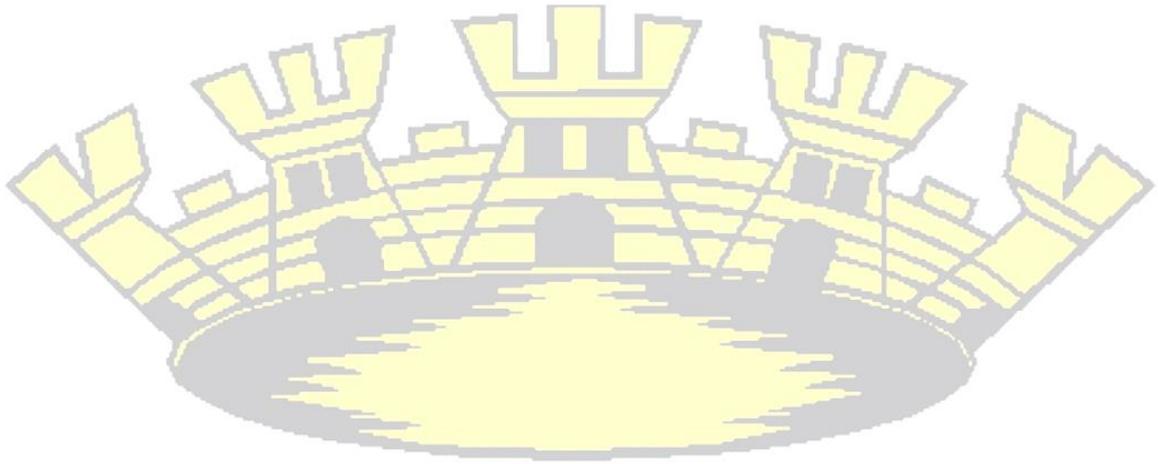
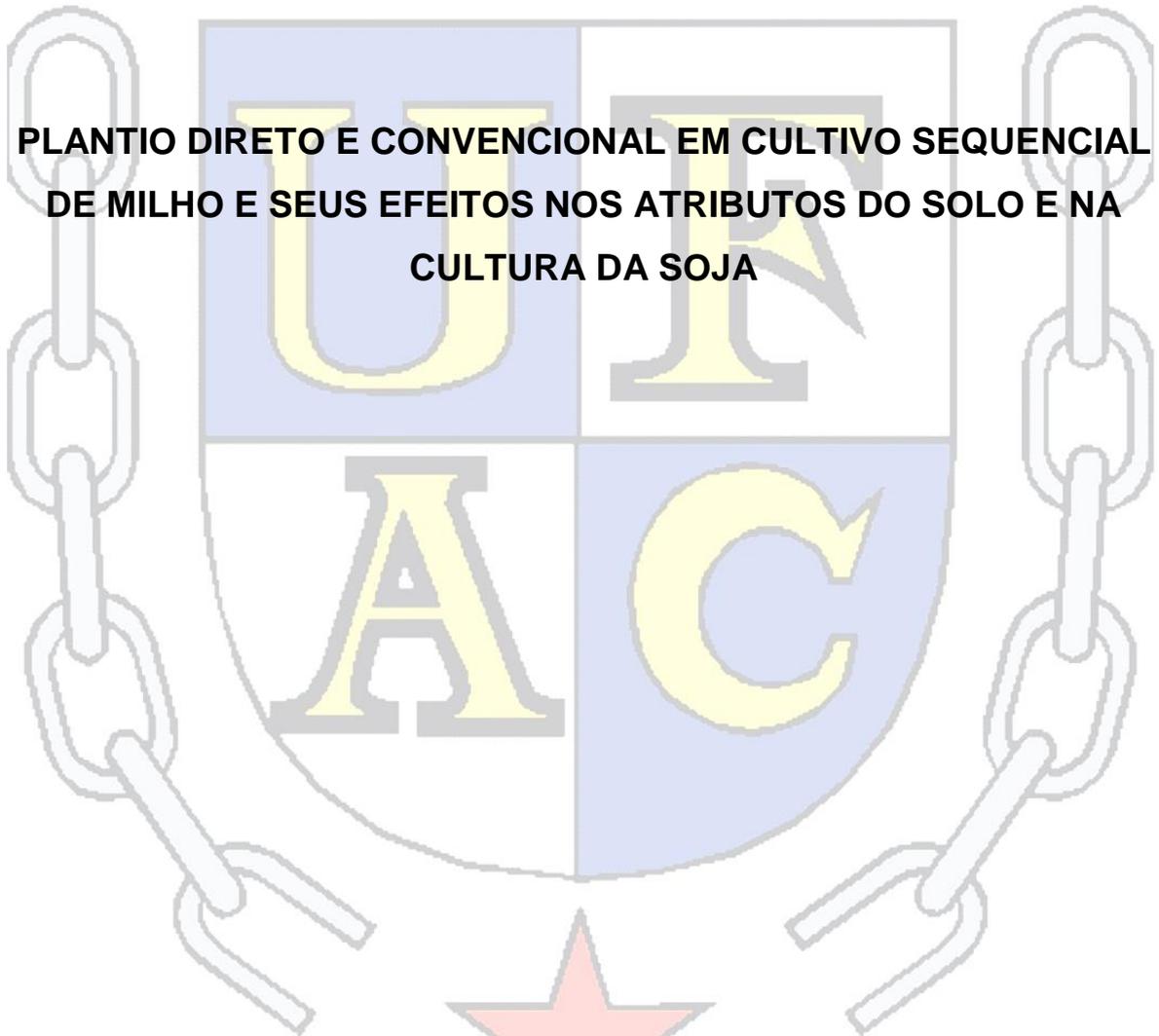


MAÍSA PINTO BRAVIN



**PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL EM CULTIVO SEQUENCIAL
DE MILHO E SEUS EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA
CULTURA DA SOJA**



RIO BRANCO/AC

2018

MAÍSA PINTO BRAVIN

**PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL EM CULTIVO SEQUENCIAL
DE MILHO E SEUS EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA
CULTURA DA SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira

RIO BRANCO/AC

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

B826p Bravin, Máisa Pinto, 1989 -

Plantio direto e convencional em cultivo sequencial de milho e seus efeitos nos atributos do solo na cultura da soja / Máisa Pinto Bravin; orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira. – 2018.

126 f.: il. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Rio Branco, 2018.

Inclui referências bibliográficas.

1. Manejo de solo. 2. Matéria orgânica. 3. Adubação de cobertura. 4. Amazônia. I. Oliveira, Tadário Kamel de (orientador). II. Título.

CDD: 630

MAÍSA PINTO BRAVIN

**PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL EM CULTIVO SEQUÊNCIAL
DE MILHO E SEUS EFEITOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA
CULTURA DA SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

APROVADA em 22 de agosto de 2018.

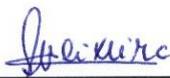
BANCA EXAMINADORA



Dr. Tadário Kamel de Oliveira (Orientador)
Embrapa Acre



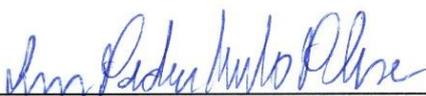
Dr. Mauro Jorge Ribeiro (Membro)
Universidade Federal do Acre



Dra. Sandra Tereza Teixeira (Membro)
FAMETA



Dr. Idésio Luis Franke (Membro)
Embrapa Acre



Dr. Luís Pedro de Melo Plese (Membro)
Instituto Federal do Acre

*Aos meus pais
Manoel Reinado Bravin e Rosalice Pereira Pinto Bravin,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até aqui.

A minha família, esposo Leonardo Barreto Tavella e filha Olívia Bravin Tavella, pelo apoio, compreensão, confiança e amor a mim oferecidos.

Ao meu orientador, Dr. Tadário Kamel de Oliveira, pela orientação, conhecimentos a mim passados e toda ajuda oferecida.

A Universidade Federal do Acre e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade em cursar o curso de doutorado.

A Embrapa Acre por dar suporte para a realização do experimento.

A Déborah Verçoza da Silva por suas gratificantes colaborações durante todo o curso.

Aos funcionários da Embrapa Acre, em nome de Charles Costa e Raimundo Macedo, pelas contribuições oferecidas para a condução do experimento a campo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal por todos os ensinamentos.

À FAPAC pela concessão de bolsa de estudo por período parcial do curso.

RESUMO GERAL

O trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do manejo do solo sob plantio direto e convencional, o cultivo sequencial de milho com diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura e a rotação de culturas nos atributos químicos e físicos do solo, bem como no rendimento da cultura da soja. O estudo foi dividido em dois capítulos, sendo o delineamento experimental em blocos casualizados completos, com quatro repetições. No capítulo I avaliou-se a produtividade da cultura do milho, cultivado sequencialmente nas primeiras e segundas safras dos anos agrícolas 1 (2014/2015) e ano 2 (2015/2016), adotando-se o esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos das parcelas foram os sistemas de cultivo (SC): SC 1 – manejo do solo em plantio direto em todas as safras; SC 2 - manejo do solo em preparo convencional em todas as safras; SC 3 – manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto a partir do ano 2. Os tratamentos das subparcelas foram as doses de N em cobertura 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹. No segundo capítulo abordou-se a resposta das variáveis químicas e físicas do solo durante quatro anos agrícolas em rotação com as culturas do milho, feijão-caupi, soja e pousios. Adotou-se o esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas foram os sistemas de cultivo descritos. Os tratamentos das subparcelas foram as profundidades de amostragem do solo: 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Os tratamentos das subsubparcelas foram as épocas de amostragem: ano 1 – coleta antes da semeadura do milho (2014); ano 2 – coleta antes da semeadura do milho (2015) e; ano 4 – coleta após a colheita da soja (2018). Para a cultura da soja os tratamentos foram os sistemas de cultivos. A maior produtividade do milho é obtida ao aplicar dose de 128 kg ha⁻¹ de N. Os SC em plantio direto e convencional influenciaram da mesma forma o rendimento do milho nas três primeiras safras, bem como a densidade do solo. Nas profundidades até 10 cm do solo concentram-se os maiores teores dos cátions básicos e de saturação por bases. A produtividade de grãos, na quarta safra de cultivo sequencial de milho, é maior em área de plantio direto. O sistema de cultivo em plantio direto, com preparo convencional no primeiro ano, é mais eficiente em manter os teores de matéria orgânica ao longo dos anos e ao mesmo tempo proporciona produtividade de soja semelhante ao preparo convencional.

Palavras-chave: manejo do solo, matéria orgânica, adubação de cobertura, Amazônia.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of soil management under no-tillage and conventional tillage, sequential cultivation of maize with different doses of nitrogen fertilization and crop rotation on soil chemical and physical attributes, as well as crop yield of soybeans. The study was divided into two chapters. The experimental design was randomized complete block with four replications. In first chapter we evaluated the productivity of maize in a sequential cultivation in the first and second seasons of the agricultural year 1 (2014/2015) and year 2 (2015/2016), adopting the split-plots design. The treatments of the plots were the cropping systems (CS): CS 1 – soil management in no-tillage in all years; CS 2 – soil management in conventional tillage in all years; CS 3 – soil management in conventional tillage on the first year and no - tillage on year 2. The treatments of the subplots were the doses of Nitrogen in coverage 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹. The second chapter was carried out to observe the chemical and physical attributes of soil for four agricultural years in crop rotation of maize, cowpea, soybean and fallow periods. The scheme of split split plot was adopted, where plots were the described cropping systems. The treatments of the subplots were the soil sampling depths: 0-5, 5-10 e 10-20 cm. The treatments of the split split plot were sampling years: year 1 - collected before maize sowing in the year 2014; year 2 - collected before maize sowing in the year 2015 and; year 4 - collected after soybean harvest in the year 2018. For the soybean crop the treatments were cropping systems. The highest yield of maize is obtained with 128 kg ha⁻¹ of N in cover fertilization. Cropping systems under no-tillage and conventional tillage affect similarly maize yield in the first three harvests, as well as soil density. The 10 cm soil depth concentrates higher levels of the basic cations and bases saturation. The maize yield is highest in the no-tillage area, on the fourth crop in sequential cultivation. The no-tillage system, that begins by conventional tillage in the first year, is more efficient in maintaining organic matter contents over the years and at the same time gives soybean yield similar to conventional tillage.

Key words: soil management, organic matter, cover fertilizer, Amazonia.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 –	Dados pluviométricos durante os anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016	45
Figura 2 –	Altura das plantas e de inserção das espigas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2014/2015	52
Figura 3 –	Comprimento das espigas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2014/2015	54
Figura 4 –	Altura da planta e de inserção da espiga de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016	58
Figura 5 –	Teor de clorofila foliar de plantas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016 ...	59
Figura 6 –	Comprimento e diâmetro de espigas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016	60
Figura 7 –	Massa de grãos por espiga de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016	60
Figura 8 –	Produtividade de grãos de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016	61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 –	Caracterização química e física do solo da área experimental nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, antes do estabelecimento dos tratamentos. Rio Branco Acre, 2014	46
Tabela 2 –	Quadrados médios para as variáveis da cultura do milho, obtidas em experimento conduzido em esquema de parcelas	

	subdivididas, no delineamento em blocos casualizados completos, Rio Branco/AC, safras 2014/2015 e 2015/2016 e 2ª safras 2015 e 2016	51
Tabela 3 –	Variáveis agronômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 3. Rio Branco/AC, safra 2014/2015	52
Tabela 4 –	Variáveis agronômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 5. Rio Branco/AC, 2ª safra 2015	56
Tabela 5 –	Variáveis agronômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 3. Rio Branco/AC, safra 2015/2016	57
Tabela 6 –	Variáveis agronômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 3. Rio Branco/AC, 2ª safra 2016	64

CAPÍTULO II

Tabela 7 –	Caracterização física do solo da área experimental na profundidade 0-110 cm, coletado antes do estabelecimento dos tratamentos. Rio Branco Acre, 2014	78
Tabela 8 –	Quadrados médios para as variáveis da análise química do solo, obtidas em experimento conduzido em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados completos. Rio Branco/AC, 2014, 2015 e 2018	82
Tabela 9 –	Teor de matéria orgânica do solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018	83
Tabela 10 –	Valor pH e teor de hidrogênio e alumínio (H+Al) do solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018	86
Tabela 11 –	Teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis do solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018	88
Tabela 12 –	Teor de potássio disponível no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018	90

Tabela 13 –	Teor de fósforo disponível (P) e fósforo remanescente (P rem) do solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018	91
Tabela 14 –	Soma de base (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) do solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018	93
Tabela 15 –	Quadrados médios para as variáveis resistência mecânica a penetração (RMP) e densidade do solo (Ds), obtidas em experimento conduzido em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados completos. Rio Branco, Acre, 2015 e 2018	95
Tabela 16 –	Resistência mecânica à penetração em função dos sistemas de cultivo e profundidade de amostragem. Rio Branco, Acre, 2015 ..	96
Tabela 17 –	Densidade do solo em função dos sistemas de cultivo e profundidade de amostragem. Rio Branco, Acre, 2018	98
Tabela 18 –	Número de plantas, altura de plantas, altura da 1 ^o vagem, número de nós e número de hastes de plantas de soja em função dos sistemas de cultivo. Rio Branco, Acre, 2018	100
Tabela 19 –	Número de vagens, número de grãos, massa de 100 grãos e produtividade de plantas de soja em função dos sistemas de cultivo. Rio Branco, Acre, 2018	101

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO I

Quadro 1 –	Esquema de manejo da área experimental	48
------------	--	----

CAPÍTULO II

Quadro 2 –	Esquema de manejo do solo e das culturas da área experimental	77
------------	---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 MANEJO DO SOLO	14
2.1.1 Plantio direto	14
2.2 EFEITO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO NAS PROPRIEDADES DO SOLO	16
2.2.1 Propriedades químicas	17
2.2.2 Propriedades físicas	18
2.3 A ROTAÇÃO DE CULTURAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO	21
2.5 A CULTURA DO MILHO E O CULTIVO SEQUÊNCIAL	23
2.5.1 Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho	25
2.7 FEIJÃO CAUPI EM SISTEMAS DE CULTIVOS AGRÍCOLAS	26
2.8 SOJA EM SISTEMAS DE CULTIVO	28
REFERÊNCIAS	30
3 CAPÍTULO I – DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO CULTIVO SEQUENCIAL DE MILHO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL	40
RESUMO	41
ABSTRACT	42
3.1 INTRODUÇÃO	43
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	68
4 CAPÍTULO II – ATRIBUTOS DO SOLO E RENDIMENTO DA SOJA SOB PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL	72
RESUMO	73
ABSTRACT	74
4.1 INTRODUÇÃO	75
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	77
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4.4 CONCLUSÕES	103

REFERÊNCIAS	104
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
REFERÊNCIAS GERAIS	111

1 INTRODUÇÃO

A abertura de áreas de floresta para o cultivo de pastagens na região Amazônica iniciou-se, principalmente, a partir da década de 1960. Desde então estas áreas são exploradas, na maioria das propriedades, com a prática agrícola da derruba e queima, e posteriormente a implantação de forrageiras com intensa exploração e sem o uso de tecnologias propícias à manutenção da sustentabilidade do sistema, acarretando a formação de pastagens degradadas (BALBINO et al., 2011a; BALBINO et al., 2011b).

A conversão de pastagens degradadas em áreas produtivas exige o emprego de alternativas que usem os recursos disponíveis nos agroecossistemas, com uso racional de insumos na área e aumento na geração de renda (BALBINO et al., 2011a; BALBINOT JUNIOR et al., 2009). Tais benefícios são observados em áreas de integração lavoura-pecuária (iLP), onde há obtenção de ganhos biológicos e econômicos para o sistema solo-planta, desde que sejam atendidos alguns fundamentos básicos como o emprego do plantio direto, rotação de culturas e manejo da adubação, que irão proporcionar melhorias para a estrutura do solo (BALBINOT JUNIOR et al., 2009; VILELA et al., 2011), e dos níveis de fertilidade e conservação da matéria orgânica do solo (DIAS-FILHO, 2007).

Na Amazônia o SPD tem características peculiares, especialmente devido às condições climáticas que têm grande influência na persistência dos resíduos no solo, de forma que as altas temperaturas e umidade que ocorrem na região aceleram o processo de decomposição e conseqüentemente torna menos eficiente o acúmulo de matéria orgânica no solo (GUEDES et al., 2012). Segundo Machado (2005), enquanto a taxa de mineralização da matéria orgânica é de aproximadamente 2% ao ano em regiões de clima mais temperado, na Amazônia, localizada nos trópicos úmidos, essa taxa pode atingir de 4 a 5% ao ano.

Ainda assim, a adoção do plantio direto torna altamente viável a recuperação da produção das áreas degradadas ou com baixa produção, bem como a sustentação dos índices de rendimento destas, com aumento da produção de grãos e manutenção da conservação do solo e da água dentro do sistema. Além disso, o uso da rotação de culturas com espécies leguminosas torna-se uma opção viável às áreas cultivadas continuamente com a cultura do milho.

No Estado do Acre o cultivo sequencial de milho em áreas que possuíam pastagem de baixa produção é uma realidade em diversas propriedades, uma vez que o uso de culturas para rotação, como as espécies leguminosas, é pouco difundido no Estado, além de haver nessas áreas a predominância do manejo convencional do solo (QUEIROZ et al., 2015). Tal combinação no manejo da cultura e do solo promove uma diminuição na qualidade do solo e, conseqüentemente, acarreta diminuição na produção de grãos de milho (BEUTLER et al., 2001). Logo, a manutenção da palhada garantida pelo manejo em plantio direto, aliado ao fornecimento da dose adequada de adubo nitrogenado, torna menos drástico os efeitos do cultivo sequencial de milho. Tal situação evidencia que também há necessidade de desenvolver pesquisas locais visando investigar a necessidade de N pelas plantas, sobretudo da cultura do milho, que é altamente exigente por este nutriente.

A necessidade do emprego de culturas como alternativa ao cultivo sequencial de milho vem trazendo cada vez mais visibilidade para o cultivo da soja no Estado do Acre. Sendo este um padrão observado de forma mais ampla a nível nacional, devido ao deslocamento espacial do cultivo de soja das regiões Sul e Sudeste, passando pelo Centro-Oeste até chegar na Amazônia Legal (SILVA, 2015).

Diante do exposto, nota-se a importância da realização de pesquisas regionais, com o intuito de apontar os resultados até então pouco investigados, como a adoção do sistema plantio direto (SPD), cultivo sequencial de milho, rotação de culturas, expansão da área de cultivo do feijão-caupi, introdução da cultura da soja, aliados ao fornecimento adequado de fertilizantes nitrogenados ao cultivo do milho, sendo este a principal cultura de grãos que compõe os sistemas produtivos no Estado do Acre. O presente trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos do manejo do solo em plantio direto e convencional, o cultivo sequencial do milho e a rotação de culturas nos atributos químicos e físicos do solo, bem como no rendimento das culturas do milho e soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MANEJO DO SOLO

O manejo do solo é a atividade inicial quando se deseja realizar um cultivo e possui capacidade de influenciar no incremento do rendimento agrícola (MEDEIROS et al., 2005). Segundo Queiroz et al. (2015) no Estado do Acre o preparo do solo é realizado predominantemente com uso de grades pesadas e niveladoras, o que torna as áreas de cultivo altamente expostas aos processos erosivos, além de poder favorecer o surgimento do efeito “pé-de-grade”.

Oliveira et al. (2012) afirmam que o emprego de práticas não adequadas de manejo do solo torna mais célere as perdas de solo e a degradação da sua estrutura, podendo estas atingir níveis acima do aceitável para áreas agrícolas, de maneira que a principal causa são os preparos intensivos e excessivos da superfície do solo. Além disso, há uma facilitação da decomposição da matéria orgânica devido a sua incorporação e aumento da aeração do solo (SILVA et al., 2008).

Por outro lado, a adoção de manejo conservacionista do solo, como o SPD, visa manter a estrutura física do solo através do revolvimento mínimo, redução das operações com máquinas agrícolas e a manutenção dos resíduos culturais (SILVA et al., 2009).

2.1.1 Plantio direto

O SPD é uma técnica de manejo do solo baseado na semeadura das culturas sem o revolvimento do solo, manutenção da palhada sobre este e na rotação de espécies cultiváveis (DEBIASE et al., 2013).

O desenvolvimento deste sistema de manejo do solo surgiu a partir da necessidade de controlar os processos de erosão hídrica e de compactação do solo, que eram corriqueiramente observados nas áreas agrícolas na década de 70, e que envolveu esforços múltiplos de pesquisadores, agricultores, bem como de fabricantes de semeadoras com o intuito de buscar novos sistemas de manejo do solo, a fim de diminuir a exposição aos efeitos das chuvas, uma vez que estratégias como o cultivo em nível e terraços não eram suficientes para evitar os danos nas lavouras

(ANDRADE et al., 2010; CASÃO JUNIOR et al., 2012; DENARDIN et al., 2008; LOPES et al., 2004).

Após a primeira experiência com a implantação do SPD no Estado do Paraná, na década de 1970, houve uma expansão no decorrer dos anos para outras regiões, sendo esta considerada a mais abrangente, quando comparada à outros países, e com reflexos positivos diretos na produção de grãos e nos dados de conservação dos solos (ANJOS; PEREIRA, 2010; CALEGARI; COSTA, 2010).

Na região Amazônica os primeiros relatos de cultivo em plantio direto datam da década de 80, quando o feijão era semeado com auxílio de matraca sobre os restos culturais de arroz, sendo a técnica grande responsável aumento da produção de feijão na região do Projeto Pólo Noroeste, situado entre os Estados de Mato Grosso e Rondônia (LANDERS, 2005). Mais recentemente, com a necessidade de recuperação das áreas de pastagens degradadas, passou-se a adotar os sistemas de integração lavoura-pecuária e, junto com esta tecnologia, os produtores passaram a observar a necessidade de adoção do SPD, como uma forma de conservar o sistema solo-planta.

Dessa forma, juntamente com a iLP o SPD configuram-se excelente opção na recuperação de pastagens degradadas, pois possuem capacidade de aumentar os níveis de produtividade da forragem e de grãos, conservação do solo, bem como trazer benefícios ambientais, econômicos e sociais aos agricultores (SANTOS et al., 2009; VILELA et al., 2003).

Para a obtenção de resultados satisfatórios do SPD é necessário fazer o uso de técnicas que preconizem a maior deposição e manutenção da palhada sobre o solo, como é o caso da rotação de culturas, onde ambas as técnicas proporcionam benefícios como a diminuição do processo erosivo, aumento da infiltração da água e consequentemente a manutenção da estabilidade do sistema (BALBINO et al, 2011b; CHIODEROLI et al., 2012).

Embora conhecido amplamente os benefícios do plantio direto para a produção agropecuária, alguns dos atuais sistemas de produção com uso desta técnica não prezam pela manutenção da matéria orgânica no solo, tornando insuficiente o suprimento adequado de nutrientes às plantas, especialmente de N (KLUTCHOUSKI; AIDAR, 2003). Resultados de pesquisa obtidos por Brown et al. (2018) demonstram que o milho é uma cultura essencial em sistemas de manejo conservacionista devido a sua maior capacidade de produzir resíduos vegetais e maior persistência no

sistema. Segundo os autores a produção de matéria seca foi de 7,07 t ha⁻¹ para o milho e de 2,86 e 1,56 t ha⁻¹ para a soja e feijão, respectivamente.

Além disso, a implantação do SPD também tem a característica de alterar a dinâmica do N no solo, uma vez que a disponibilidade deste nutriente pode variar de acordo com relação C:N dos resíduos vegetais que compõem a palhada, bem como os fatores edafoclimáticos (LOPES et al., 2000), dessa forma deve-se dar atenção às espécies que possuem maior demanda por este nutriente. Segundo Costa et al. (2012), a cultura do milho é altamente exigente em adubação nitrogenada, devido a características intrínsecas da espécie e a deficiência de N nos solos, tornando-se fator limitante de produção quando não suprido de forma adequada durante os estágios cruciais das espécies.

Dessa forma, o SPD passou de uma simples opção de controle de erosão, para um método complexo e com técnicas agrícolas interligadas e altamente dependentes entre si, garantindo a qualidade ambiental do sistema (SILVA et al., 2009).

2.2 EFEITO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO NAS PROPRIEDADES DO SOLO

O SPD já a partir da sua adoção permite alterações no sistema solo promovida por uma mudança radical nas práticas agrônômicas, diminuindo consideravelmente o revolvimento mecânico do solo, sendo este restrito à linha de semeadura, e a manutenção dos resíduos das culturas sobre o solo (ANDRADE et al., 2010; FALLEIRO et al., 2003).

De acordo com Andrade et al. (2009), com o acúmulo de material orgânico na superfície do solo a decomposição ocorre mais lentamente quando não há incorporação, uma vez que diminui a exposição aos microorganismos do solo. Carvalho et al. (2009), definem que o maior aporte de resíduos de culturas e falta de perturbação do solo sob SPD são as forças motrizes por trás da acumulação de C no solo. Além disso a matéria orgânica é considerada um dos principais indicadores da qualidade do solo, pois esta relaciona-se diretamente às frações química, física e biológica do solo (MATOSO et al., 2012).

A estabilidade do sistema é garantida em função das melhorias simultâneas das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, de maneira que estas podem ocorrer de forma isolada ou, na maioria das situações, combinada.

2.2.1 Propriedades químicas

A manutenção dos resíduos culturais sobre o solo no decorrer do tempo proporciona um aumento gradual nos teores de matéria orgânica e uma maior estocagem de nutrientes, e estas por sua vez mantêm ativa a biomassa microbiana, que será responsável pela ciclagem ao longo dos anos, favorecendo o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2009).

Segundo Nicolodi et al. (2008) os aumentos nos teores de matéria orgânica e de nutrientes ocorrem inicialmente na camada superficial do solo. Quadros et al. (2012), ao avaliarem o efeito dos preparos convencional e direto do solo e a relação com doses de N e rotações de cultura, observaram que no SPD há maiores concentrações de P, Mg, carbono orgânico total, N total e mineral, bem como um aumento significativo na diversidade microbiana. Brown et al. (2018) obtiveram maiores teores de P, Ca e Mg na camada superficial de 0-10 cm do solo, e concluíram que, em plantio direto, desenvolve-se um gradiente de acidificação a partir da superfície do solo.

De acordo com Andrade et al. (2010) e Carvalho et al. (2010), após as pesquisas confirmarem o potencial do SPD em minimizar o impacto ambiental da agricultura, combatendo eficientemente a erosão, notou-se a significativa contribuição no sequestro de carbono no solo e na cobertura viva ou morta do solo e na redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs), sendo este atribuído, por exemplo, à diminuição das operações com maquinários e a conseqüente redução do consumo de combustível. Assim, a capacidade de estocar carbono conferido aos SPD pode postergar ou mitigar os impactos negativos da mudança climática global (MACHADO, 2005).

Enquanto que Matoso et al. (2012) afirmam que a exploração agrícola sob qualquer sistema de manejo do solo afetou a sua qualidade. De acordo com os autores, os resultados de carbono orgânico total, obtidos foram semelhantes nas áreas manejadas por três anos sob preparo convencional e plantio direto, sendo inferiores à mata nativa, onde há o aporte contínuo e diversificado de matéria orgânica. Ressalta-se que as áreas foram cultivadas anualmente com a cultura da soja no período de verão, permanecendo após sob pousio, sendo a vegetação espontânea responsável pela formação de palhada.

A implantação do SPD também tem a característica de alterar a dinâmica do nitrogênio (N) no solo, tendo em vista que a manutenção dos teores de matéria orgânica do solo influencia na liberação deste nutriente durante os cultivos, devendo-se ainda considerar que a disponibilidade de N pode variar de acordo com relação C:N dos resíduos vegetais que compõem a palhada, bem como os fatores edafoclimáticos (CHIODINI et al., 2013; LOPES; GUILHERME., 2000; RAMBO et al., 2004; VILELA et al., 2011), com potencial de intervir no rendimento das culturas que compõem o sistema. Pois segundo Klutchouski e Aidar (2003) e Collier et al. (2011) a adoção do SPD juntamente com a rotação de culturas com espécies leguminosas, aumenta o aporte de N no sistema e pode reduzir a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados.

2.2.2 Propriedades físicas

A conservação da palhada das culturas sobre o solo também atua como um isolante térmico às altas temperaturas diurnas, de maneira que a variação térmica seja atenuada, além de manter a umidade disponível por maior período quando há ocorrências de estiagem (MARTORANO et al., 2009), conferindo uma estabilidade para o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas, bem como para a atividade da biota do solo.

Além disso, a cobertura da superfície do solo possui ação direta na redução da erosão hídrica, agindo como uma proteção ao impacto das gotas da chuva, diminuindo assim os efeitos de desagregação das partículas do solo e selamento superficial, o que favorece a infiltração da água no solo e mantém mais uniforme não só a umidade, como também a temperatura do solo (LOSS, et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

Segundo Queiroz et al. (2015) para a produção de grãos em solos de textura mais argilosa e/ou com a presença de argila de atividade alta, de ocorrência constante em toda Região Amazônica, a adoção do SPD na palha torna-se uma das melhores alternativas técnicas para o cultivo, por poder estabelecer uma maior condição de infiltração de água no solo, melhorando os índices de drenagem destes solos.

Assis e Lanças (2005) afirmam que o processo de infiltração da água em um SPD com 12 anos é semelhante ao que ocorre em um sistema de mata nativa. Madari et al (2005) relatam que o SPD melhora significativamente a agregação do solo e o acúmulo de carbono orgânico dentro dos agregados na camada superficial do solo.

Enquanto que o sistema de preparo convencional do solo tende a promover a destruição da estrutura do solo, devido à fragmentação dos macroagregados em unidades menores (SIQUEIRA NETO et al., 2009), aumentando a exposição da matéria orgânica do solo à ação dos microorganismos e sua conseqüente degradação (CALEGARI et al., 2006), deixando a estrutura do solo desprotegida e suscetível à erosão.

Guedes et al. (2012) avaliando os atributos físicos de um Latossolo Amarelo da Amazônia sob diferentes usos e sistemas de manejo, obtiveram resultados semelhantes de densidade do solo, macroporosidade e porosidade total entre os sistemas de preparo convencional e SPD com 4 e 8 anos de implantação, sendo ainda os resultados inferiores aos observados em área de floresta. Nogueira et al. (2016) afirmam que o acúmulo de resíduos orgânicos em área de plantio direto implantado há três anos, não é suficiente para aumentar a porosidade do solo.

Embora o SPD se mostre vantajoso, é necessário pautar que um dos fatores de grande relevância a ser considerado nos primeiros anos de implantação do SPD é que o tráfego contínuo de máquinas associado ao não revolvimento do solo e o baixo aporte inicial de matéria orgânica no solo pode proporcionar limitação ao desenvolvimento das culturas, muito embora este fato não seja uma regra.

Ribeiro et al. (2016a) relatam que comumente o solo manejado sob plantio direto apresenta maior teor de umidade, proporcionado pela ação cimentante da matéria orgânica, entretanto, não raro observa-se que neste sistema de preparo há uma diminuição na porosidade total. Segundo Pereira (2013), uma área sob SPD com sem cobertura do solo tende a adensar mais facilmente e torna-se susceptível às oscilações de temperatura e umidade no solo e aos processos de erosão, culminando no comprometimento de todo o sistema. Braida et al. (2006) afirmam que a palhada da superfície do solo dissipa até 30% da energia de compactação, que é produzida pelo trânsito de máquinas e animais.

A diminuição ou a retirada de resíduos de qualquer sistema de uso do solo que envolve o emprego de maquinários, resulta em perdas dos poros estruturais, ou seja, há uma redução no espaço poroso com potencial de reter água (GUEDES et al., 2012). Silveira et al. (2008), observaram que o plantio direto contínuo, proporciona aumento da microporosidade, porém a porosidade total, a macroporosidade e a densidade do solo são afetadas por este manejo do solo.

Esta tendência também pode ser observada ao avaliar a resistência do solo à penetração, pois enquanto no manejo convencional do solo a maior resistência à penetração ocorre nas camadas mais profundas do solo (10-40 cm), denominando-se de pé-de-grade, para áreas sob plantio direto este efeito é mais comumente encontrado na camada superficial do solo de 0-10 cm, devido ao tráfego de máquinas para as operações agrícolas e a ação escarificadora dos sulcadores das semeadoras (ALVES; SUZUKI, 2004; BEUTLER et al., 2001). Este efeito pode ser ainda mais pronunciado em áreas com solo muito argilosos, pois pode levar mais facilmente à formação de camadas compactadas que impedem o bom desenvolvimento radicular (GUEDES et al., 2012).

Avaliando a resistência à penetração de solos de três classes texturais distintas, Lima et al. (2013), obtiveram os maiores valores para o solo franco-argilo-arenosa, para todas as profundidades amostradas, quando comparado às classes franco-arenosa e muito argilosa. De acordo como Rosolem et al. (1999) o crescimento de raízes seminais adventícias do milho são reduzidas à metade quando a resistência à penetração atinge 1,3 Mpa, sendo este efeito mais pronunciável à medida que aumenta-se os teores de argila do solo.

A propensão à compactação na camada de semeadura pode tornar limitante o desenvolvimento pleno das culturas, mas com o aumento do tempo de adoção do SPD há uma redução da densidade do solo na camada de 0-5 cm, acarretada pelo aumento do teor de matéria orgânica do solo que ocorre progressivamente ao longo dos cultivos e promove maior estruturação do solo, evidenciando o efeito do tempo na recuperação estrutural deste (ASSIS; LANÇAS, 2005; SILVEIRA et al., 2008).

Dessa forma, a realização de cultivos sucessivos sem o revolvimento do solo e com transito de maquinários e implementos não representa potencial em diminuir a qualidade física dos solos. Andrade et al. (2009) relatam que a baixa densidade dos resíduos orgânicos que são acumulados em maior quantidade na superfície do solo pode atenuar as cargas aplicadas sobre o mesmo.

Apesar do SPD poder trazer alguns fatores limitantes ao desenvolvimento das culturas, tais contrapontos podem ser evitados ou contornados com o emprego da rotação com culturas agregadoras e com sistema radicular agressivo, uma vez que a decomposição de raízes com distintas formas de exploração do solo pode propiciar a formação de canaletas ou espaços preferenciais para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas sucessoras, contribuindo para amenizar os efeitos negativos da

degradação solo através de melhorias na sua estrutura (ANDRADE et al., 2009; CUBILLA et al., 2002).

2.3 A ROTAÇÃO DE CULTURAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

A rotação de culturas é umas das premissas básicas para alcançar o sucesso em áreas de plantio direto, onde a ausência do revolvimento do solo aliada à entrada elevada de biomassa de origem distintas proporciona o aumento da agrobiobiodiversidade, não só pelo maior número de espécies agrícolas que irão compor o sistema, mas também pelo aumento da diversidade de espécies da biota do solo (ANDRADE et al., 2010; CARVALHO et al., 2010).

No SPD é primordial que os resíduos vegetais da cultura anterior sejam mantidos sobre o solo, onde a escolha das culturas que irão compor o esquema de rotação é um fator decisivo para alcançar a sustentabilidade requerida pela agricultura conservacionista, sendo que se deve prezar não somente pela eficiência agrônômica, mas também pelos retornos econômicos que devem ser gerados (CALEGARI; COSTA, 2010; CUNHA et al., 2015).

Rosa et al. (2013), consideram a rotação de culturas uma medida imprescindível para garantir a viabilidade do SPD, em virtude do suprimento contínuo de resíduos culturais ao solo, que pode propiciar a manutenção ou recuperação da fertilidade e estrutura do solo. Pereira (2013) relata que as modificações químicas ocorrem em função da dinâmica dos nutrientes no solo, onde há a reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para a superfície e diminuição das perdas por lixiviação, enquanto que os atributos físicos são alterados de acordo com o sistema radicular das espécies que compõem o esquema de rotação, bem como da quantidade de resíduos depositados sobre o solo.

A atividade do sistema radicular e da mesofauna do solo promove a formação de poros biológicos, que melhoram a estrutura do solo, e a possibilidade das raízes de algumas culturas de penetrarem em camadas mais compactadas e/ou profundas, incorporando matéria orgânica ao solo, têm sido um dos principais motivos em se considerar a rotação de culturas fundamental em plantio direto (ANDRADE et al., 2009).

Ressalta-se que em plantio direto contínuo, melhores resultados para porosidade total e densidade do solo são obtidos com a rotação de culturas que

envolve mais plantios de soja no verão, quando comparado com os esquemas de rotação que envolvem milho e milheto nesta época (SILVEIRA et al., 2008). Segundo os autores, a cultura da soja é caracterizada por uma menor produção de resíduos e, conseqüentemente, uma menor retenção de umidade no solo, portanto torna o sistema menos sujeito a compactação pelo tráfego de máquinas agrícolas durante os cultivos.

A eficiência na rotação com espécies leguminosa também foi relatada por Siqueira Neto et al. (2009) ao realizarem uma simulação do estoque de carbono, onde observaram que a rotação soja/trigo tem potencial superior que a rotação milho/trigo em reduzir a mineralização da MOS e contribui para o acúmulo de C no solo.

De acordo com Campbell et al. (2014), a adoção simultânea do SPD e da rotação de culturas proporciona a obtenção de maiores produções e benefícios ambientais. Uma vez que estes observaram que em área sob SPD a rotação milho/soja reduziu o potencial de aquecimento global quando comparado ao cultivo contínuo de milho/milho, em virtude, principalmente, da rotação demandar aplicações menores de fertilizantes.

Em relação ao desempenho das culturas, a rotação com a cultura da soja proporciona maior produtividade de arroz de terras altas, quando comparado com a sucessão arroz/arroz, sendo ainda observado que o rendimento em plantio direto foi semelhante ao preparo convencional (NASCENTE et al., 2013).

Além da rotação de culturas também é comumente observado o uso de plantas de cobertura para a formação de palhada para o SPD, com destaque para a região Sul do país, que possui uma grande disponibilidade de espécies de cultivo de inverno, como a aveia-preta, tremoço, triticale, ervilhaca, azevém, nabo forrageiro, canola, (CALEGARI et al., 2006; PEREIRA, 2013; ROSA et al., 2017). Entretanto, como as técnicas inerentes à adoção do SPD não devem ser vistas como uma regra, para as regiões de clima mais tropical, em virtude da não adaptação às condições edafoclimáticas, especialmente o prolongado período de estiagem, bem como o predomínio de altas temperaturas que dificultam o acúmulo de resíduos devido à aceleração das atividades dos microorganismos, há uma redução na disponibilidade de espécies de plantas de cobertura, com destaque para o sorgo e o milheto (NASCENTE et al., 2015; PEREIRA, 2013; SILVA et al., 2009; TIMOSSI et al., 2007).

Nesse sentido surgem os sistemas de integrados, que são um modelo de produção estruturado pela rotação na safra e segunda safra e consorciação com

culturas anuais de grãos e forrageiras semiperenes (DENARDIN et al., 2008). O primeiro modelo a ser desenvolvido foi o Sistema Barreirão, que tinha como propósito recuperar as áreas de pastagens degradadas da região central do Brasil, mediante o cultivo de lavouras anuais, com destaque para a cultura do arroz de terras altas, consorciada com plantas forrageiras, de forma que a presença da agricultura limitava-se ao período de reforma da pastagem (CALEGARI; COSTA, 2010; OLIVEIRA et al., 1996; OLIVEIRA et al., 1998).

As propostas mais complexas de sistemas integrados de produção em áreas agrícolas surgiram no final da década de 90, a partir da dificuldade de implantação do SPD nas regiões de clima tropical do Brasil, em virtude da escassez de chuva por períodos prolongados, acarretando reduzida formação de massa seca para compor a palhada (BALBINO et al., 2011b; SILVA et al., 2009; TIRLONI et al., 2012).

Por serem desenvolvidos para as condições de solo e clima existentes em cada região, os sistemas de produção integrados aliados ao SPD tornaram-se uma alternativa frequente, tanto para a recuperação de áreas degradadas como também para melhorar a eficiência do plantio direto, não só para a região do Cerrado, norte do Estado de São Paulo e Zona da Mata Mineira, mas para todo o Brasil, por trazer benefícios ambientais e nos atributos do solo e como opção de renda aos produtores, por aumentar os rendimentos de grãos de milho e soja na integração (ANDRADE et al., 2010; CALEGARI; COSTA, 2010; SILVA et al., 2009).

2.5 A CULTURA DO MILHO E O CULTIVO SEQUÊNCIAL

O milho é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Possui uma multiplicidade de aplicações e com expressivo papel socioeconômico, além de ser indispensável matéria-prima para grande variedade de produtos industriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

A cultura é amplamente utilizada na fase inicial de implantação da iLP em áreas de pastagem degradadas, principalmente por apresentar alta competitividade com culturas forrageiras e pela capacidade de geração de renda e amortizar os custos da recuperação da pastagem (BALBINO et al., 2011b; KARAM et al., 2009).

As plantas são altamente exigentes em fertilidade, especialmente em adubação nitrogenada, onde a deficiência torna as folhas amareladas da extremidade para a

base, com colmos finos e alta porcentagem de água nos grãos, afetando diretamente a produtividade (ALVARENGA et al., 2006; LOPES et al., 2004).

Embora note-se que a adoção do cultivo do milho em plantio direto promova melhorias na qualidade do solo em função do acúmulo de material orgânico, a ausência de rotação de culturas vem trazendo problemas a este sistema de cultivo na região Amazônica, como, por exemplo, em relação a incidência de pragas (QUEIROZ et al., 2015).

O cultivo sequencial, ou contínuo, de milho é caracterizado por cultivos subsequentes de lavouras de milho na safra e safrinha, ou seja, sem a rotação de culturas. Esta prática é corriqueiramente utilizada por agricultores no Estado do Acre, ao realizarem a renovação das áreas de pastagens (QUEIROZ et al., 2015) e que vai na contramão do que é recomendado pelos resultados de pesquisa, os quais preconizam a realização da rotação de culturas, afim de melhorar os índices de produção das culturas que compõem o sistema de cultivo.

Beutler et al. (2001) avaliando o efeito de diferentes preparos do solo, em sistema convencional e plantio direto, no rendimento do milho em cultivo contínuo e em rotação com feijão, obtiveram maiores produtividades nos sistemas sob rotação. Os autores observaram ainda, que os cultivos contínuos de milho tiveram resultados menos satisfatórios quando combinados com o manejo convencional do solo, feito com grade aradora.

Resultados semelhantes foram observados por Mascarenhas et al. (1998), ao comparar os rendimentos da cultura do milho após dois anos de cultivo contínuo e os cultivos em rotação com soja e arroz e a crotalária como planta de cobertura. Os dados obtidos nesta pesquisa demonstraram que milho cultivado após as rotações de cultura teve incremento superior a 2 t ha^{-1} de grãos quando comparado ao sistema cultivo contínuo.

O incremento da produtividade do milho observado após a rotação com espécies leguminosas, como a soja, é reflexo do N liberado após a mineralização dos restos culturais (MASCARENHAS et al., 1993). Dessa forma, sugere-se afirmar que o cultivo contínuo de milho reflete na diminuição do rendimento da própria cultura, em função de fatores como surgimento de pragas e doenças e o grande aporte de resíduos culturais da lavoura de milho, caracterizado por apresentar elevada relação C:N (QUEIROZ et al., 2015). Esta condição favorece processos no solo de imobilização de N, podendo deixar este nutriente indisponível para as plantas nos

períodos de maior necessidade, e em alguns casos, imobilizando o próprio N fornecido pelas fertilizações químicas.

Neste sentido, o preparo convencional do solo se torna um fator agravante em virtude de os resíduos culturais serem incorporados ao solo e, conseqüentemente, sofrerem ação acelerada dos microorganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

2.5.1 Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho

O nitrogênio está entre os nutrientes de maior importância para a produção de grãos e de gramíneas forrageiras, pois atua como promotor do crescimento (KLUTCHOUSKI; AIDAR, 2003). A deficiência de N nas plantas acarreta clorose gradual das folhas mais velhas e redução do crescimento (SOUZA; FERNANDES, 2006), o que comprometerá posteriormente a produção e produtividade das culturas em geral, especialmente aquelas mais exigente por N, como é o caso do milho.

O fornecimento natural de N ocorre através da decomposição da matéria orgânica do solo (CHIODINI et al., 2013; RAIJ, 1991), entretanto a maioria dos solos tropicais são caracterizados de maneira geral por um baixo aporte de nutrientes (PRIMAVESI, 2002), e conseqüentemente demanda a necessidade do suprimento mineral de N, de modo a garantir a obtenção de produtividades satisfatórias na cultura do milho, que é altamente exigente por N e possui respostas satisfatórias à adição deste nutriente. Segundo Lopes e Lima (2015), a fim de reduzir custos de produção, a aplicação de adubo nitrogenado é feita em dose única com o intuito de suprir a demanda da cultura durante a estação de crescimento.

Em áreas onde o plantio da cultura é realizada logo após o revolvimento do solo, pode acarretar deficiência de N no sistema, uma vez que os resíduos vegetais incorporados ao solo são facilmente decompostos, tornando-o N temporariamente indisponível para as plantas devido a imobilização (KLUTCHOUSKI; AIDAR, 2003) sendo necessário a adição deste nutriente via fertilização química, afim de permitir a obtenção de produtividades satisfatórias, especialmente se esta deficiência ocorrer durante os períodos críticos da cultura.

O suprimento mineral de N na cultura do milho através de fertilizantes químicos deve ocorrer durante o estágio fenológico de seis a sete folhas, fase em que o sistema radicular apresenta maior capacidade de absorção de nutrientes e ocorre a

diferenciação do primórdio da espiga (RAMBO et al., 2004), ou seja, ocorre a definição do potencial produtivo da planta.

A deficiência de N devido a aplicação de subdoses de fertilizante nitrogenado durante o período de definição produtiva resulta em obtenção de baixas produtividades, conseqüentemente os ganhos econômicos serão menores e insuficientes para custear os gastos com a recuperação da área. Segundo Silva et al. (2013) plantas de milho que são supridas adequadamente com N possuem um bom desenvolvimento radicular, podendo acarretar modificações físicas no solo no sentido de propiciar melhorias. Em relação à própria planta, Morais et al. (2015) obtiveram maiores teores de clorofila e de nutrientes foliares ao aplicarem 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Vários estudos existentes na literatura relatam sobre a adubação de nitrogenada, demonstrando que tanto o milho safra, quanto o milho segunda safra, solteiro ou em consórcio com forrageiras tem respostas produtivas satisfatórias ao se fornecer acima de 100 kg ha⁻¹ de N (FARINELLI; LEMOS, 2012; GOMES et al., 2007; JAKELAITIS et al., 2005; QUEIROZ et al., 2011). Ainda assim, há uma carência de informações locais sobre a recomendação de N em áreas recém convertidas para a agricultura, principalmente quando se adotam as práticas de plantio direto e quando realiza-se o cultivo sequencial do milho.

De acordo com Raij (1991) as respostas às adubações nitrogenadas são em geral muito baixas ou nulas em solos-recém desbravados. Além disso, Farinelli e Lemos (2012), comentam que, em áreas sob plantio direto ou convencional, a dose de N, o histórico da área e as condições climáticas do ano agrícola podem afetar o efeito do N na cultura do milho.

2.7 FEIJÃO-CAUPI EM SISTEMAS DE CULTIVOS AGRÍCOLAS

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) tem como centro de origem a África, possuindo ampla distribuição geográfica no mundo, especialmente em regiões de clima tropical (BRITO et al., 2011). Possui papel importante como fonte de proteína vegetal de alto valor para populações tradicionais, as quais cultivam o feijão-caupi com baixo ou nenhum nível tecnológico (AJEIGBE et al., 2010; FREIRE FILHO, 2011; NEVES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015).

Nas comunidades tradicionais que cultivam o feijão-caupi é possível identificar uma série de cultivares locais, apontando que a espécie possui uma ampla variabilidade genética, como observado por Oliveira et al. (2015) ao realizar levantamento do germoplasma cultivado em áreas de várzeas na microrregião do município de Cruzeiro do Sul/AC.

O avanço das tecnologias e o interesse pela cultura do feijão-caupi, refletiu em ações do melhoramento genético para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas. A cultivar Tumucumaque, por exemplo, está entre as cultivares desenvolvidas pela Embrapa Meio-Norte, localizada no Estado do Piauí, possuindo recomendação para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com características produtivas medianas, pertencente ao grupo comercial Branco, com porte semiereto e ciclo de 65 a 70 dias (FREIRE FILHO et al., 2011; NEVES et al., 2011).

Alguns fatores relativos ao sistema de cultivo, como por exemplo estresse hídrico e o manejo do solo, podem interferir diretamente no desenvolvimento vegetativo, acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente, na formação de vagens, de maneira que a adoção do manejo do solo em plantio direto aumenta a eficiência no uso da água, refletindo em ganho nos índices produtivos da cultura (FREITAS et al., 2014).

Além disso, a fixação biológica de nitrogênio (FBN), estabelecida através da simbiose com bactérias do grupo *Bradyrhizobium* que pode ocorrer naturalmente no solo ou via inoculação e ser responsável por cerca de 80% de acréscimo na produção, pode sofrer influência direta quanto a cultivar, tipo de argila e teor de matéria orgânica do solo (SANTOS et al, 2014; SILVA et al., 2012b), sendo este último influenciado diretamente pelas práticas de manejo do solo.

Neste sentido, é possível afirmar que a adubação nitrogenada de base pode ser dispensada, desde que haja condições favoráveis da planta (capacidade de nodulação) e do solo (classe textural e ocorrência natural de estirpes) para a plena simbiose, uma vez que esta pode ser limitada pela alta disponibilidade de N (BRITO et al, 2011; MELO; ZILLI, 2009; SANTOS et al., 2014), fazendo com que o efeito residual dos fertilizantes utilizados em cultivos antecessores, bem como a disponibilização dos nutrientes advindos da mineralização da matéria orgânica, possa suprir com eficiência as necessidades da cultura.

A recente expansão do cultivo do feijão-caupi para a região dos Cerrados tornou a cultura uma opção para o período de safrinha e em alguns casos atuando

como cultura principal e, por apresentar custos reduzidos de produção, tem despertado o interesse dos produtores altamente tecnificados, sendo então incorporado na rotação dos sistemas de produção de soja e arroz (FREIRE FILHO, 2011).

Na região Norte do Brasil, onde o feijão-caupi possui relevante papel na alimentação humana, a cultura vem despontando como opção viável a ser usada na rotação com o arroz (MEDEIROS et al., 2005). No Estado do Acre é uma cultura tradicionalmente cultivada por agricultores familiares, possuindo inclusive boa adaptação ao cultivo em áreas de várzea (OLIVEIRA et al., 2015), o que caracteriza o emprego de baixo nível tecnológico.

Wanapat et al. (2007) e Ajeigbe et al. (2010) pesquisando sobre os avanços dos sistemas de produção pecuária e agrícola na Tailândia e na África Ocidental, respectivamente, apontam que o uso do feijão-caupi não se restringe apenas à alimentação humana na forma de grãos verdes, mas também como opção de forragem rica em minerais e proteínas para alimentação animal proporcionada pelos resíduos das culturas.

A introdução da cultura do feijão-caupi, como opção de cultivo no período de safrinha, em áreas de iLP vem mostrando resultados satisfatórios, especialmente na rotação com milho e a *Brachiaria ruziziensis* (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2016).

2.8 SOJA EM SISTEMAS DE CULTIVO

A cultura da soja possui grande destaque no cenário agrícola nacional, ocupando o primeiro lugar no ranking de produção de grãos (DEBIASI et al., 2013), tendo como maiores produtores a região Centro-Oeste, Sul e mais recentemente os estados da região Norte começaram a ganhar espaço na produção nacional (CONAB, 2013). Segundo Domingues et al. (2014) a expansão da cultura da soja na região Amazônica se dá por meio da ocupação de áreas ocupadas anteriormente pela pecuária, especialmente àquelas que encontravam-se com algum estágio de degradação.

Segundo Brow et al. (2018) a cultura possui uma sensibilidade às alterações do solo que são provocadas pelo tipo de manejo, de forma que menores rendimentos foram observados em área de preparo convencional. Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro et al. (2016b), que obtiveram maior produtividade da soja sob

plantio direto, quando comparado ao preparo convencional, sendo o resultado atribuído à maior disponibilidade de água no plantio direto. Diferentemente, Silva et al. (2012a), não observaram diferença significativa de rendimento entre as áreas de plantio direto e convencional, sendo a mesma tendência observada para o desenvolvimento radicular das plantas.

A textura do solo também é um fator capaz de influenciar diretamente na cultura da soja, pois, segundo Franchini et al. (2016), o cultivo em solos arenosos torna a cultura mais suscetível aos efeitos negativos da menor retenção de água no solo, bem como a menor capacidades destes em acumular matéria orgânica ao longo dos cultivos e vulnerabilidade à erosão. Dessa forma, os autores citam a importância do SPD para a cultura da soja em solos arenosos, proporcionada principalmente pelos benefícios da proteção física dos resíduos mantidos sobre o solo.

Barros (2017) afirma que a densidade do solo pode ser um indicador físico da produtividade da cultura da soja, sendo que a relação é inversamente proporcional. Enquanto que Girardello et al. (2017) obtiveram produtividades superiores a 4 t ha⁻¹ independente dos tratamentos de intensidade de tráfego de maquinários em área de plantio direto. Os autores atribuem este resultado à qualidade física do solo, que não apresentou restrição ao desenvolvimento radicular em nenhum dos tratamentos.

Avaliando o efeito dos consórcios de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Uroclhoa* e adubação nitrogenada antecessora na cultura da soja em plantio direto, Garcia et al. (2014) não obtiveram diferenças significativas no rendimento de grãos. Segundo os autores, a simbiose com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, favorecido pela inoculação, fornecem N suficiente para a cultura.

Em áreas de plantio direto a cultura da soja deve ser cultivada em esquema de rotação de culturas adequadamente planejado, uma vez que a pequena produção de palha aliada a rápida decomposição dos resíduos pode ser um problema para a viabilização do SPD (EMBRAPA, 2013).

REFERÊNCIAS

- AJEIGBE, H. A.; SINGH, B. B.; EZEAKU, I. E.; ADEOSUN, J. O. On-farm evaluation of improved cowpea-cereals cropping systems for crop-livestock farmers: cereals cowpea systems in Sudan savanna zone of Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 5, n. 4. p. 2297-2304, Sep., 2010.
- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. **A cultura do milho na integração lavoura pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 80).
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, abr., 2004.
- ANDRADE, A. G. de; FREITAS, P. L. de; LANDERS, J. Aspectos gerais sobre o manejo e conservação do solo e da água e as mudanças ambientais. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 25-42.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, jul./ago., 2009.
- ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G. Aspectos gerais relacionados à expansão da agricultura brasileira. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 81-84.
- ASSIS, R. L. de; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um nitossolo vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 515-522, jul./ago., 2005.
- BALBINO, L. C.; BARCELOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: Integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2011a.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1-12, out. 2011b.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, set, 2009.

BARROS, L. R. Escarificação e gessagem na descompactação do solo sob sistema plantio direto. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 2, p. 167-177, mar./abr., 2001.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4 p. 605-614, jul./ago., 2006.

BRITO, M. de M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.206-215, jan./mar., 2011.

BROWN, V.; BARBOSA, F. T.;BERTIL, I.; MAFRA, A. L.; MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, p. 1-7, jan./mar., 2018.

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C. de; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. de F. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 147-158, abr./jun. 2006.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Sistemas conservacionistas de uso do solo. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 279-308.

CAMPBELL, B.; CHEN, C.; DYGERT, C.; DICK, W. Tillage and crop rotation impacts on greenhouse gas fluxes from soil at two longterm agronomic experimental sites in Ohio. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 69, n. 6, p. 543-552, Nov./Dec., 2014.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 277-289, mar./abr., 2010.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. de C.; GODINHO, V. de P.; HERPIN, U.; CERRI, C. C. Conversion of cerrado into agricultural land in the south-western amazon: carbono stocks and soil fertility. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 233-241, mar./abr., 2009.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G. de; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil**: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; HOLANDA, H. V. de; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 42, n. 10, p. 1804-1810, out. 2012.

CHIODINI, B. M.; SILVA, A. G. da; NEGREIROS, A. B.; MAGALHÃES, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 181-190, jan./mar., 2013.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUZA, S. A. Consórcio de sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 306-313, jul./set., 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, DF: CONAB, 2013.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. de A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, ago. 2012.

CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. P. 1-4.

CUNHA, T. P. L. da; MINGOTTE, F. L. C.; CARMEIS FILHO, A. C. de A.; CHIAMOLERA, F. M.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Agronomic performance of common bean in straw mulch systems and topdressing nitrogen rates in no-tillage. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 5, p. 489-495, set./out., 2015.

DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 72 p. (Documentos, 342).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B.; SATTTLER, A.; DENARDIN, N. D.; FAGANELLO, A.; WIETHÖLTER, S. **Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira**. In: Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.1251-1274.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C.; MANFREDINI, S. A produção de soja no Brasil e a sua relação com o desmatamento na Amazônia. **Revista presença geográfica**, Porto Velho, v. 1, n. 1, p. 32-47, jan./dez., 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Sistemas de Produção, 16).

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, nov./dez, 2003.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M.; SICHIERI, F. R.; TEIXEIRA, L. C. **Soja em solos arenosos: papel do sistema plantio direto e da integração lavoura-pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 10 p. (Circular Técnica, 116).

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil**: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Emprapa Meio-Norte: Teresina, 2011. 80p.

FREITAS, R. M. O. de; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L. de; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. de S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscienci. Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393-401, mar./abr., 2014.

GARCIA, C. M. de P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S. M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 143-152, abr./jun., 2014.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; LANZANOVA, M. E.; TASCA, A. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 86-96, abr./jun., 2017.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 931-938, set./out. 2007.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, H. V. de; SERRA, A. P.; COSTA, J. R.; GUEDES, R. da S. Impacts of different management systems on the physical quality of an Amazonian Oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1269-1277, jul./ago., 2012.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 39-46, jan./mar. 2005.

KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA M. F. de; MOURÃO, S. A. **Manejo das forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* consorciadas com o milho em sistemas de integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7p. (Circular Técnica, 130).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração Lavoura-Pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 183-223. 570p.

LANDERS, J. N. **Histórico, características e benefícios do plantio direto**. Brasília, DF: ABEAS, 2005. 113p.

LIMA, R. P. de; LEÓN, M. J. de; SILVA, A. R. da. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 1, p. 16-20, jan./fev., 2013.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas**. 3ª edição revisada e atualizada. São Paulo: ANDA, 2000. 74 p.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004, 110p.

LOPES, N. F.; LIMA, M. da G. de S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 492p.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, out., 2011.

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono no solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, mar./abr., 2005.

MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G. de; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 80, n. 1-2, p. 185-200, jan., 2005.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T. de; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 397-405, jul./ago., 2009.

MASCARENHAS, H. A. A.; NAGAI, V.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; TAKANA, R. T. Sistema de rotação de culturas de milho, algodão e soja e seu efeito sobre a produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 53-61, jan./mar., 1993.

MASCARENHAS, H. A. A.; NOGUEIRA, S. S. S.; TAKANA, R. T.; MARTINS, A. L. M.; CARMELLO, Q. A. C. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalária no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 534-537, maio./jun., 1998.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N. da; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLLETA, Q. P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun., 2012.

MEDEIROS, R. D. de; ARAÚJO, W. F.; COSTA, M. C. Efeito de sistemas de preparo do solo e métodos de irrigação sobre a cultura do caupi em várzeas em Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 205-209, abr./jun., 2005.

MELO, S. R. de; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, set., 2009.

MORAES, T. P. de; BRITO, C. H. de; FERREIRA, A. de S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 6, p. 507-514, nov./dez. 2015.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 147-155, jan./mar. 2013.

NASCENTE, A. A.; LI, Y.; CUSCIOL, C. A. C. Soil aggregation, organic carbon concentration, and soil bulk density as affected by cover crop species in no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 871-879, maio/jun., 2015.

NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M. da; LOBO JUNIOR, M.; SANTOS, G. G.; CUNHA, P. C. R. da. Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de culturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 153 – 163, out./dez. 2014.

NEVES, A. C. das; CÂMARA, J. A. da S.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar**. Embrapa Meio-Norte: Teresina, 2011. (Circular Técnica, 51). 15p.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 237-247, jan./fev., 2008.

NOGUEIRA, K. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; TROLEIS, M. J. B.; BARRETO, R. F.; OLIVEIRA, M. P. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 115, n. 1. p. 45-54, jan./fev. 2016.

OLIVEIRA, E. de; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. de; JESUS, J. C. S. de; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. dos. Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 3, p. 243-254, jul./set., 2015.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; BALBINO, L. C.; FARIA, M. P.; MAGNABOSCO, C. de U.; SACARPATI, M. T. V.; PORTES, T. de A.; BUSO, L. H. **Sistema Barreirão**: utilização de fosfatagem na recuperação de pastagem degradada. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998, 51p. (Circular Técnica, 31).

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 1996, 90p. (Documentos, 64).

OLIVEIRA, J. G. R. de; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. de F.; BARBOSA, G. M. de C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 91-98, set./dez., 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. L.; CARVENALLI, R. A.; PERES, A. A. C.; REIS, J. C.; MORAES, M. C. M. M.; PEDREIRA, B. C. Análise econômico-financeira de sistemas integrados para a produção de novilhas leiteiras. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 65, n. 250, p. 203-212, jun./ago., 2016.

PEREIRA, F. de S. **Qualidade física e química do solo em sistemas de cultivo e produtividade do milho e da soja**. 2013. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2013.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropical. São Paulo: Nobel, 2002.

QUADROS, P. D. de; ZHALNINA, K.; DAVIS-RICHARDSON, A.; FAGEN, J. R.; DREW, J.; BAYER, C.; CAMARGO, F. A. O.; TRIPLETT, E. W. The effect of tillage system and crop rotation on soil microbial diversity and composition in a subtropical Acrisol. **Diversity**, Basel, v. 4, n. 4, p. 375-395, Oct., 2012.

QUEIROZ, A. M. de; SOUZA, C. H. E. de; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. de A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, set./dez. 2011.

QUEIROZ, L. R.; COSTA, F. de S.; OLIVEIRA, T. K. de; MARINHO, J. T. de S. **Aspectos da cultura do milho no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 30 p. (Documentos, 136).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, set./out., 2004.

RIBEIRO, L. da S.; OLIVEIRA, I. R. de; DANTAS, J. S.; SILVA, C. V. da; SILVA, G. B. da; AZEVEDO, J. R. de. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1699-1702, set., 2016a.

RIBEIRO, P. L.; BAMBERG, A. L.; REIS, D. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de. Condições físico-hídricas de Planossolo cultivado com soja em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1484-1491, set., 2016.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. de; BOLLER, W. Weeds suppression and agronomic characteristics of maize crop under leguminous crop residues in no-tillage system. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Itzimna, v. 16, n. 3, p. 455-463, Sep./Dec., 2013.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. de; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 221-230, abr./jun., 2017.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M. CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 821-828, mai. 1999.

SANTOS, H. P. dos.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 719-727, out./dez., 2009.

SANTOS, K. C. dos; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F.; ALVES, J. M. A. A.; ROCHA, P. R. R.; XIMENES, C. K. dos S. Inoculação com *Bradyrhizobium* e adubação nitrogenada em feijão-caupi cultivado em diferentes solos. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, RR, v. 8, n. 3, p. 306-317, set./dez., 2014.

SILVA, A. A. da; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F. da; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 54, n. 4, p. 496-506, out./dez., 2009.

SILVA, F. C.; SILVA, M. M. da; LIBALDI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agronômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3513-3528, 2013.

SILVA, F. de F. da; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 191-204, abr./jun. 2008.

SILVA, M. A. de A. e; AZEVEDO, L. P. de; SAAD, J. C. C.; MICHELS, R. N. Propriedades físico-hídricas, desenvolvimento radicular e produtividade da soja em dois tipos de manejos de solo. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 387-396, jul./set., 2012a.

SILVA, M. de F. da; SANTOS, C. E. de R. e S.; SOUSA, C. A. de; ARAÚJO, R. de S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. do V. B. Nodulação e eficiência da fixação do n_2 em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1418-1425, out./nov., 2012b.

SILVA, R. G. da C. Amazônia globalizada: da fronteira agrícola ao território do agronegócio: o exemplo de Rondônia. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, São Paulo, v. 23, n. 23, jan./abr., 2015. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/9949>. Acesso em: 16 out. 2018.

SILVEIRA, P. M da; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, J. G. da. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-59, jul./set., 2008.

SIQUEIRA NETO, M. VENZKE FILHO, S. de P.; PICCOLO, M. de C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). I – SEQUESTRO DE CARBONO NO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 1013-1022, jul./ago., 2009.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M.S. **Nitrogênio**. In FERNANDES, M.S. (ed.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Sociedade Brasileira Ciência de Solo, Viçosa, MG, 2006. 432p.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, out./dez., 2007.

TIRLONI, C.; VITORINO, A. C. T.; BERGAMIN, A. C.; SOUZA, L. C. F. de; Physical properties and particle-size fractions of soil organic matter in crop-livestock integration. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4 p. 1299-1309, jul./ago., 2012.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração Lavoura-Pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 143-170. 570p.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

WANAPAT, M.; PETLUM, A.; WONGNEN, N.; MATARAT, S.; KHAMPA, S.; ROWLINSON, P. Improving crop-livestock production systems in rainfed areas of northeast Thailand. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 6, n. 3, p. 241-246, May/June, 2007.

3 CAPÍTULO I

**DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO CULTIVO SEQUENCIAL DE
MILHO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento da cultura do milho cultivado sequencialmente por dois anos agrícolas, em área de plantio direto e convencional e estimar a dose de nitrogênio (N) em cobertura que proporciona a maior produtividade. O experimento foi conduzido a campo por quatro safras de milho cultivado sequencialmente, nas primeiras e segundas safras dos anos 1 (2014/2015) e 2 (2015/2016). O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos das parcelas corresponderam aos sistemas de cultivo (SC): SC 1 – manejo do solo em plantio direto em todas as safras; SC 2 - manejo do solo em preparo convencional em todas as safras; SC 3 – manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto no ano 2. Os tratamentos das subparcelas foram as doses de N em cobertura 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹. Foram avaliados a altura de plantas e inserção de espiga, números de plantas e de espigas por hectare, índice de clorofila foliar, comprimento e diâmetro de espigas, massa de grãos por espiga e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Para as doses de N, bem como a interação, aplicou-se análise de regressão, ao nível 5% de probabilidade. Na primeira e segunda safra 2014/2015 os sistemas de cultivo e doses de N não influenciaram o rendimento da cultura; na primeira safra 2015/2016 apenas as doses de N tiveram efeito sobre as variáveis avaliadas e; na segunda safra 2016 as doses de N não foram significativas, sendo que sistemas de cultivo em plantio direto (SC1 e 3) foram estatisticamente superiores ao preparo convencional (SC 2). A maior produtividade do milho é obtida ao aplicar dose de 128 kg ha⁻¹ de N. O plantio direto apresenta rendimentos superiores ao preparo convencional na quarta safra de cultivo sequencial de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, sistemas de cultivo, estresse hídrico.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the crop yield of the maize cultivated sequentially for two years in the no - tillage and conventional tillage area and to estimate the nitrogen (N) dose in the cover that provides the highest productivity. The experiment was conducted in the field by four harvests of maize grown sequentially in the first and second crops of the years 1 (2014/2015) and 2 (2015/2016). The experimental design was a randomized complete block with four replications in a split-plot. The treatments of the plots corresponded to the cropping systems (CS): CS 1 – soil management in no-tillage in all harvests; CS 2 – Soil management in conventional tillage in all harvests; CS 3 – soil management in conventional tillage in year 1 and in no-tillage in year 2. The treatments of the split plots were the doses of Nitrogen in coverage 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹. Plant height and spike insertion, plant and espike numbers per hectare, leaf chlorophyll index, espike length and diameter, grain mass per spike and grain yield were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test. For the N doses as well as the interaction, regression analysis was applied, at a 5% probability level. In the first and second harvest 2014/2015 cropping systems and N rates did not influence crop yield; in the first harvest 2015/2016 only the N doses had an effect on the evaluated variables and; in the second harvest 2016, N doses were not significant and no-tillage systems (SC1 and 3) were statistically superior to conventional tillage (SC 2). The highest yield of maize is obtained when applying a dose of 128 kg ha⁻¹ of N. No-tillage shows higher yields than conventional tillage in the fourth crop of maize sequential crops.

Key words: *Zea mays*, cropping systems, hydric stress.

3.1 INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura que ocupa lugar de grande destaque na produção mundial, característico por possuir alto valor energético, sendo utilizado na alimentação humana, animal, bem como na produção de energia.

No Estado do Acre o milho é o cereal de maior expressão, o qual vem sendo cultivado sequencialmente em áreas de renovação de pastagem, permitindo que nos últimos 10 anos houvesse uma ampliação de 70% na produção de grãos (AGRIANUAL, 2012; CONAB, 2016; QUEIROZ et al., 2015). Esse aumento ocorreu, principalmente, em virtude da recuperação de áreas de pastagens degradadas utilizando a estratégia da integração Lavoura-Pecuária e, também em função do aumento da demanda pelo grão para a alimentação animal.

A cultura é cultivada predominantemente no Estado em áreas preparadas convencionalmente, sendo o plantio direto, bem como a rotação de culturas, técnicas pouco difundidas (QUEIROZ et al, 2015), o que pode ter influência direta no rendimento da cultura. Dados da Companhia Brasileira de Abastecimento (CONAB, 2016), apontam que as produtividades média de grãos de milho para as safras 2014/2015 e 2015/2016 no Acre ficaram muito abaixo da média nacional para as mesmas safras, ou seja, 2.370 kg ha⁻¹ em comparação a 4.850 kg ha⁻¹, média geral do Brasil. Este fato é reflexo das técnicas de manejo da cultura empregadas no Estado.

Em atividades de pesquisa Bravin e Oliveira (2014) obtiveram produtividades máximas de grãos de 7985 kg ha⁻¹ em preparo convencional e 7342 kg ha⁻¹ em plantio direto de milho consorciado com braquiária e a espécie florestal mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*) em sistema agrossilvopastoril. A produtividade da área de primeiro ano de implantação de plantio direto foi semelhante à produtividade da área manejada convencionalmente, desde que houvesse aplicação de nitrogênio em cobertura. Ressalta-se ainda que este experimento foi conduzido em uma área com cultivos sequenciais de milho safra e segunda safra e em preparo convencional por quatro anos. A ausência de uma rotação de culturas e do uso de plantas de cobertura nas safras anteriores podem ser alguns dos fatores que contribuíram para uma menor eficiência do plantio direto, obtendo-se resultados semelhantes às áreas como manejo convencional do solo.

Sendo o cultivo sequencial de milho uma realidade nas propriedades rurais, é preciso optar por técnicas de manejo cultural que minimizem os efeitos da ausência de rotação de culturas. Neste sentido, destaca-se a aplicação de doses adequadas de adubo nitrogenado, que é um dos grandes responsáveis pela obtenção de altas produtividades, e o uso do preparo do solo em plantio direto.

Entre os benefícios do plantio direto destaca-se a proteção física que a palhada promove, reduzindo o efeito prejudicial de veranicos na cultura do milho (Silva et al., 2014), por propiciar menores perdas de água do solo, tornando-a disponível por mais tempo para a cultura. Neste sistema de manejo há ainda a manutenção, bem como incremento dos teores de matéria orgânica do solo, influenciando dessa forma na dinâmica de liberação do nitrogênio durante os cultivos (Rambo et al., 2004; Vilela et al., 2011).

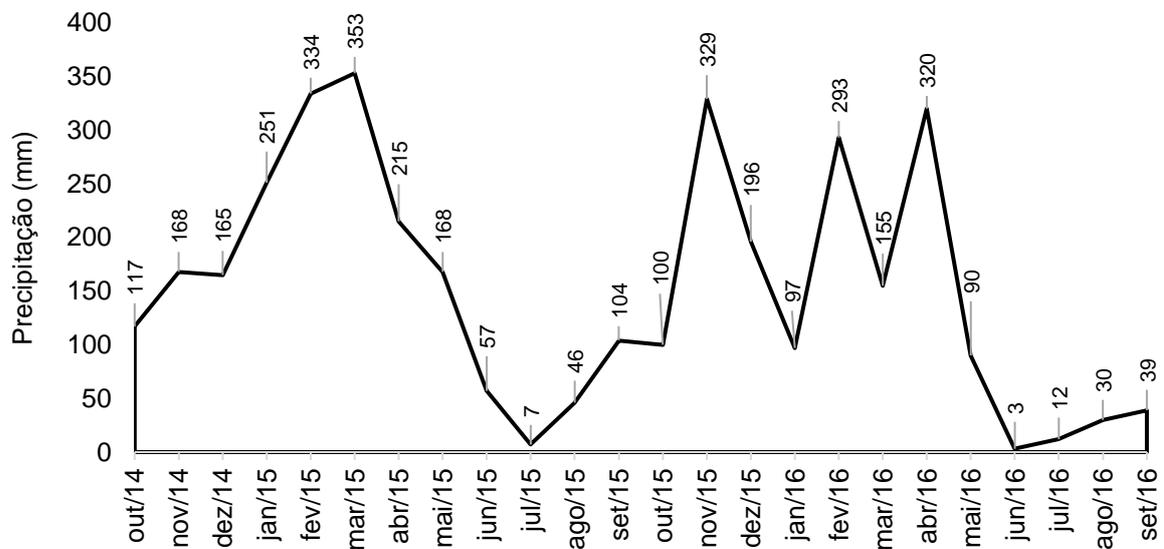
Acosta (2009) afirma que um dos maiores entraves para a correta indicação de doses de nitrogênio é que o atual modelo de recomendação se fundamenta basicamente no teor de matéria orgânica do solo. Dessa forma fatores importantes como as características edáficas e climáticas da região são desprezadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio em cobertura sobre o rendimento da cultura do milho cultivado sequencialmente por dois anos agrícolas, em área de plantio convencional e direto.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Unidade Experimental da Embrapa Acre, localizada na BR 364, km 14, município de Rio Branco, Acre, no período de outubro de 2014 a setembro de 2016. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico, o clima da região é equatorial, com temperatura média anual de 25°C e precipitação anual em torno de 2.000 mm (ACRE, 2010; ACREBIOCLIMA, 2018). Os dados pluviométricos do período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Dados pluviométricos durante os anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016



Fonte: Estação pluviométrica D01 – UFAC (ACREBIOCLIMA, 2018).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados completos, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos das parcelas corresponderam aos sistemas de cultivo (SC):

- SC1 – Manejo do solo em plantio direto com cultivo sequencial de milho nos anos agrícolas 1 e 2;
- SC2 – Manejo do solo em plantio convencional com cultivo sequencial de milho nos anos agrícolas 1 e 2;
- SC3 – Manejo do solo em plantio convencional no ano agrícola 1 e plantio direto no ano agrícola 2, com cultivo sequencial de milho.

Onde: cultivo sequencial de milho refere-se ao cultivo de milho na primeira e segunda safra dos anos agrícolas 1 e 2; Ano agrícola 1: primeira e segunda safra de 2014/2015; Ano agrícola 2: primeira e segunda safra de 2015/2016.

Os tratamentos das subparcelas foram compostos por cinco doses de nitrogênio (N) em cobertura na cultura do milho (0, 50, 100, 150, 200 kg ha⁻¹), totalizando 15 tratamentos, onde cada unidade experimental constava de 8x8 m, sendo a área útil representada por 6x6 m centrais. Para adubação utilizou-se a uréia como fonte de N.

O experimento foi conduzido em área cultivada predominantemente com *Panicum maximum* cv. Colonião. Antes da instalação foi realizada a roçagem do capim e no período de rebrota a aplicação de herbicida Glyphosate (4 L ha⁻¹) e a coleta de solo para análise química e física (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo da área experimental nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, antes do estabelecimento dos tratamentos. Rio Branco Acre, 2014

Características	Profundidades		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
	Análise química		
pH (H ₂ O)	4,88	4,92	4,87
H+Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,08	2,98	3,17
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,47	1,32	1,26
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,71	0,54	0,53
K (cmol _c dm ⁻³)	0,20	0,11	0,10
P (mg dm ⁻³)	4,05	2,54	2,97
P rem (mg dm ⁻³)	34,60	32,96	28,95
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	8,10	5,91	5,72
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,39	1,97	1,90
CTC (cmol _c dm ⁻³)	5,47	4,95	5,08
V (%)	42,42	39,04	36,44
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	13,92	9,62	9,84
	Análise física		
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,96	2,14	2,23
Areia grossa (g kg ⁻¹)	80,04	75,87	75,12
Areia fina (g kg ⁻¹)	483,08	497,05	463,73
Argila (g kg ⁻¹)	80,94	91,39	104,36
Silte (g kg ⁻¹)	355,94	335,69	356,80
Textura	Franco Arenoso		

Durante toda a condução do experimento o manejo do solo foi feito no preparo convencional com grade aradora e niveladora e, no plantio direto, com aplicação do herbicida Glyphosate para dessecar a vegetação, e após realizou-se as semeaduras

mecanizada do milho. Quando as plantas de milho encontravam-se no estágio fenológico vegetativo V6, com 6 folhas desenvolvidas, realizou-se a adubação nitrogenada de cobertura. Foram aplicadas as doses 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, as quais correspondem aos tratamentos das subparcelas. O experimento foi monitorado periodicamente para verificar a incidência e proceder com o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), bem como o controle de plantas daninhas. No Quadro 1, encontra-se a descrição de todas as atividades realizadas na área experimental.

A colheita foi conduzida manualmente em toda área experimental, sendo utilizado para fins de avaliação duas linhas de 4 m, da parte central das subparcelas, as quais encontravam-se dentro da área útil. Após a colheita realizou-se a roçagem a fim de triturar o material vegetal e manter os restos culturais sobre o solo, de forma a simular o procedimento que ocorre na colheita mecanizada.

As espigas colhidas na área útil foram debulhadas manualmente para determinação dos dados finais de produtividade. As variáveis referentes a parte aérea da planta e ao rendimento de grãos, todas avaliadas na área útil das subparcelas, foram:

- Altura das plantas (m): medindo-se a distância entre o nível do solo e a base de inserção da última folha, avaliados em dez plantas de duas fileiras de 4 m;
- Altura de inserção da espiga (m): medindo-se a distância entre o nível do solo e base de inserção da primeira espiga, avaliados em dez plantas de duas fileiras de 4 m;
- Teor de clorofila foliar (Índice SPAD), avaliado com medidor de clorofila portátil na folha-índice (primeira abaixo da espiga), durante o pleno florescimento, em dois pontos da folha, localizados na parte central e a dois centímetros da margem, avaliados em dez plantas de duas fileiras de 4 m;
- Número de plantas (plantas ha⁻¹): estande final de plantas estimado através da contagem do número de plantas em duas fileiras de 4 m;
- Número de espigas (espigas ha⁻¹): estimado através da contagem do número total de espigas colhidas nas plantas em duas fileiras de 4 m;
- Índice de espiga: obtido pela divisão entre o número de espigas colhidas e o número de plantas de duas fileiras de 4 m;
- Comprimento de espigas (cm): medido com régua graduada da base ao ápice de dez espigas sem palha;

Quadro 1 – Esquema de manejo da área experimental

Atividades	Ano agrícola 1 (2014/2015)		Ano agrícola 2 (2015/2016)	
	Safra	2ª safra	Safra	2ª safra
Dessecação PD	- Glyphosate; - 4 L ha ⁻¹ do produto comercial; - nov/2014.	- Glyphosate; - 4 L ha ⁻¹ do produto comercial; - maio/2015.	- Glyphosate e Gramoxone; - 3 e 2 L ha ⁻¹ dos produtos comerciais; - nov/2015.	- Glyphosate; - 4 L ha ⁻¹ do produto comercial; - maio/2016.
Preparo solo PC	- Grade aradora + niveladora; - nov/2014.	- Grade aradora + niveladora; - maio/2015.	- Grade aradora + niveladora; - nov/2015.	- Grade aradora + niveladora; - maio/2016.
Coleta da palhada no PD	- 0,25 m ² ; - 18.224 kg ha ⁻¹ de matéria seca; - dez/2014.	- 0,25 m ² ; - 8.439 kg ha ⁻¹ de matéria seca; - jun/2015.	- 0,25 m ² ; - 7.329 kg ha ⁻¹ de matéria seca; - nov/2015.	- 0,25 m ² ; - 5.260 kg ha ⁻¹ de matéria seca; - maio/2016.
Calagem	-	- Calcário dolomítico; - PRNT: 86%; - 1,05 t ha ⁻¹ ; - 19/05/2015.	-	-
Semeadura mecanizada do milho	- híbrido triplo Geneze 2005; - 0,8 m; - 56.250 sementes ha ⁻¹ ; - nov/2014	- híbrido duplo Biomatrix BM207; - 0,8 m; - 53.375 sementes ha ⁻¹ ; - maio/2015.	- híbrido duplo Biomatrix BM820; - 0,8 m; - 68.750 sementes ha ⁻¹ ; - nov/2015.	- híbrido simples Geneze 2005; - 0,8 m; - 52.500 sementes ha ⁻¹ ; - maio/2016
Adubação de base	- Formulado NPK 8-28-16; - 250 kg ha ⁻¹ ;	Formulado NPK 8-28-16; - 170 kg ha ⁻¹ ;	Formulado NPK 8-28-16; - 200 kg ha ⁻¹ ;	Formulado NPK 8-28-16; - 190 kg ha ⁻¹ ;
Adubação de cobertura	- Ureia; - dez/2014.	- Ureia; - jun/2015.	- Ureia; - dez/2015.	- Ureia; - maio/2016.
Controle de plantas daninhas	- Atrazina e Nicosulfuron; - 2 L e 0,10 L ha ⁻¹ ; - dez/2014.	- Atrazina e Nicosulfuron; - 2 L e 0,10 L ha ⁻¹ ; - jul/2015.	-	-
Controle lagarta do cartucho	- Inseticida grupo: piretróide - Princípio ativo: lambda-cialotrina; - 0,15 L ha ⁻¹ ; - dez/2014	- Inseticida grupo: piretróide - Princípio ativo: lambda-cialotrina; - 0,15 L ha ⁻¹ ; - jun/2015 e jul/2015.	-	- Inseticida grupos: neonicotinóide e piretróide; - Princípios ativos: tiametoxan e lambda-cialotrina; - 0,15 L ha ⁻¹ ; - jun/2016.
Colheita	- abr/2015.	- set/2015.	- abr/2016.	- set/2016.

- Diâmetro de espigas (mm): medido com paquímetro digital na região mediana de dez espigas sem palha;
- Massa de grãos por espiga (g): obtido por meio da relação entre a massa total dos grãos e o número de espigas colhidos em duas fileiras de 4 m e posteriormente corrigida a 13% de umidade, seguindo a expressão a seguir, sugerida por ABEAS (1987):

$$Pf = \frac{Pi \cdot (100 - Ui)}{(100 - Uf)}$$

Em que:

Pf: Peso final dos grãos para a umidade requerida (peso corrigido);

Pi: Peso inicial dos grãos colhidos;

Ui: Umidade inicial por ocasião da pesagem;

Uf: Umidade final requerida para correção.

- Produtividade de grãos (kg ha^{-1}), obtidas da colheita manual das plantas presentes em duas fileiras de 4 m dentro da área útil da parcela. Após as espigas foram debulhadas manualmente, pesadas e o teor de umidade ajustado para 13% (ABEAS, 1987).

Após as avaliações, os dados coletados foram submetidos à análise estatística, onde foram verificados os pressupostos da análise de variância, por meio dos testes de Shapiro e Wilk e de Bartlett. Para as variáveis em que os pressupostos não foram atendidos, se procedeu com as transformações dos dados necessárias.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância sendo testados os efeitos individuais dos sistemas de preparo do solo e das doses de N em cobertura, e a interação entre estes fatores. Para as variáveis que apresentaram diferença significativa com relação aos três sistemas de cultivo avaliados, realizou-se a comparação dos tratamentos pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Em casos de efeitos significativos das doses de nitrogênio em cobertura e para os desdobramentos das doses de N em cada sistema de plantio, quando houve efeito significativo da interação, realizou-se análise de regressão, à 5% de probabilidade. Os programas estatísticos utilizados para as análises foram o Prophet e Sisvar.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de cultivo combinados às doses de N em cobertura não apresentaram interação significativa para todas as variáveis das safras avaliadas (Tabela 2), sendo observado apenas o efeito isolado desses fatores.

Na safra 2014/15 apenas as doses de N interferiram em algumas variáveis, enquanto que na segunda safra de 2015 não se observou influência dos tratamentos, atrelando-se ainda ao fato de que algumas variáveis não atenderam aos pressupostos da análise de variância, o que inviabilizou a realização desta (Tabela 2). Nesta safra, este fato atribui-se à ocorrência de fatores como a semeadura tardia e a escassez hídrica do período (Figura 1), que possivelmente apresentaram efeito mais expressivo nas variáveis do que os tratamentos de sistemas de cultivo e doses de N.

Apenas as variáveis número de plantas e número de espigas por hectare apresentaram efeito dos sistemas de cultivo na safra 2015/16, enquanto que para doses de N a maioria das variáveis apresentaram resultados significativos (Tabela 2). Os sistemas de cultivo apresentaram efeito mais pronunciável sobre a maioria das variáveis apenas na segunda safra de 2016, indicando que o efeito do manejo do solo sobre a cultura do milho ocorre a médio e longo prazos.

Analisando os resultados estatísticos da primeira safra de milho (2014/15) do ano 1 observa-se que os sistemas de cultivo não influenciaram nenhuma das variáveis avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3), sendo que as médias da altura de plantas e da altura de inserção das espigas foram de 1,58 e 0,63 m, valores estes inferiores aos observados na literatura para a cultura do milho ao testarem materiais genéticos distintos (BRACHTVOGEL et al., 2012; CARDOSO et al., 2011; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2015).

A descrição do híbrido triplo Geneze 2005, indica como valor médio para altura de plantas de 2,10-2,4 m e altura de espigas de 1,10-1,30 m (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2016). Entretanto, Leal et al. (2013), obtiveram alturas de plantas e de inserção de espigas de 1,46 e 0,80 m, respectivamente, em área sem correção do solo com calcário, corroborando com a condição do solo do presente estudo.

As doses de N em cobertura interferiram na altura de plantas e de inserção de espigas, sendo observada uma resposta quadrática para ambas (Figura 2). Ao aplicar a dose de 110,7 kg ha⁻¹ de N se obteve as maiores alturas, 1,65 e 0,67 m para altura de plantas e de inserção de espigas, respectivamente.

Tabela 2 – Quadrados médios para as variáveis da cultura do milho, obtidas em experimento conduzido em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados completos, Rio Branco/AC, safras 2014/2015 e 2015/2016 e 2ª safras 2015 e 2016

Variável	Quadrados médios				
	SC	Doses de N	SC x Doses	CV% 1	CV% 2
Safra 2014/2015					
Nº plantas	180651041,67 ^{ns}	27239583,33 ^{ns}	36087239,58 ^{ns}	15,53	9,65
Altura plantas	0,06 ^{ns}	0,07 ^{**}	0,03 ^{ns}	21,08	8,78
Altura espiga	0,02 ^{ns}	0,04 ^{**}	0,0 ^{ns}	34,88	16,14
Teor de clorofila foliar	-	-	-	-	-
Nº espigas	155104166,67 ^{ns}	54101562,50 ^{ns}	59433593,75 ^{ns}	19,61	12,34
Índice espigas	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	5,78	12,51
Comp. espigas	6,09 ^{ns}	4,50 ^{**}	1,24 ^{ns}	18,71	11,41
Diâm. espigas	18,22 ^{ns}	3,73 ^{ns}	5,26 ^{ns}	9,23	5,78
MGE ¹	0,80 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	13,59	8,39
Produtividade	4838170,36 ^{ns}	1678100,66 ^{ns}	1041084,16 ^{ns}	35,87	27,80
2ª Safra 2015					
Nº plantas	NC	NC	NC	NC	NC
Altura plantas	NC	NC	NC	NC	NC
Altura espiga	837,44 ^{ns}	235,53 ^{ns}	92,01 ^{ns}	30,37	19,93
Teor de clorofila foliar	107,05 ^{ns}	5,15 ^{ns}	8,30 ^{ns}	15,67	11,33
Nº espigas	67828565,10 ^{ns}	15502809,90 ^{ns}	24709489,58 ^{ns}	56,65	40,90
Índice espigas	0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	54,35	48,03
Comp. espigas	NC	NC	NC	NC	NC
Diâm. espigas	NC	NC	NC	NC	NC
MGE	NC	NC	NC	NC	NC
Produtividade	NC	NC	NC	NC	NC
Safra 2015/2016					
Nº plantas	949381510,42 ^{**}	2990722,66 ^{ns}	39093017,58 ^{ns}	15,54	15,71
Altura plantas	0,23 ^{ns}	0,08 ^{**}	0,02 ^{ns}	19,74	5,39
Altura espigas	0,14 ^{ns}	0,04 ^{**}	0,01 ^{ns}	27,28	8,50
Teor de clorofila foliar ²	4,86E+11 ^{ns}	1,65E+13 ^{**}	1,90E+12 ^{ns}	17,60	7,24
Nº espigas	461547851,56 ^{**}	75215657,55 ^{ns}	63954671,22 ^{ns}	21,39	22,53
Índice espigas ³	0,12 ^{ns}	0,05 [*]	0,05 ^{ns}	52,36	48,29
Comp. espigas	3,11 ^{ns}	4,14 ^{**}	0,65 ^{ns}	13,99	7,10
Diâm. espigas	18,02 ^{ns}	12,72 ^{**}	5,67 ^{ns}	11,22	4,69
MGE	671,68 ^{ns}	1759,38 ^{**}	417,08 ^{ns}	42,57	21,04
Produtividade	3978781,94 ^{ns}	4384512,23 ^{**}	1461035,34 ^{ns}	46,15	25,27
2ª Safra 2016					
Nº plantas ⁴	0,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,69	2,80
Altura plantas	0,40 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	18,62	8,08
Altura espigas	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	22,16	10,85
Teor de clorofila foliar	-	-	-	-	-
Nº espigas	158243815,10 ^{**}	2380371,09 ^{ns}	32562255,86 ^{ns}	38,19	42,70
Índice espigas	0,20 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	22,64	38,52
Comp. espigas	29,66 ^{**}	1,72 ^{ns}	1,08 ^{ns}	22,33	12,48
Diâm. espigas	217,45 ^{**}	3,01 ^{ns}	1,82 ^{ns}	6,85	6,26
MGE	3143,36 ^{**}	204,57 ^{ns}	98,33 ^{ns}	44,59	30,76
Produtividade	1057050,37 ^{**}	64048,58 ^{ns}	84636,18 ^{ns}	56,87	48,28

¹ dados transformados para $\sqrt[3]{}$; ² dados transformados para X^4 ; ³ dados transformados para X^3 ; ⁴ dados transformados para $\sqrt[7]{}$; ns não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; NC (não consta) variáveis cujo dados não atenderam aos pressupostos da análise de variância e sem possibilidade de transformação.

Tabela 3 – Variáveis agrônômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 3. Rio Branco/AC, safra 2014/2015

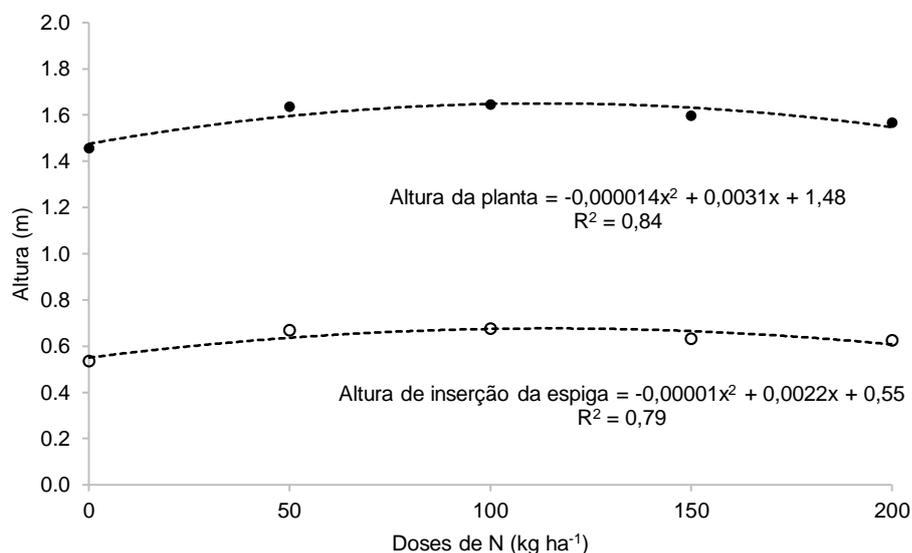
Variável	SC1	SC2	SC3
Altura de plantas (m)	1,56 a	1,64 a	1,54 a
Altura de inserção da espiga (m)	0,61 a	0,66 a	0,61 a
Nº de plantas (plantas ha ⁻¹)	45.937,50 a	51.375,00 a	50.875,00 a
Nº Espigas (espigas ha ⁻¹)	38.875,00 a	43.875,00 a	43.500,00 a
Índice espigas (espiga planta ⁻¹)	0,84 a	0,85 a	0,86 a
Comprimento espigas (cm)	11,40 a	11,60 a	10,56 a
Diâmetro espigas (mm)	43,07 a	43,78 a	41,89 a
Massa grãos por espiga (g)	92,62 a	98,47 a	74,48 a
Produtividade (kg ha ⁻¹)	3.451,42 a	4.121,97 a	3.163,39 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC1: manejo do solo em plantio direto nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC2: manejo do solo em preparo convencional nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC3: manejo do solo em preparo convencional na safra 2014/15 e 2ª safra 2015 e em plantio direto na safra 2015/16 e 2ª safra 2016.

O N é um nutriente fundamental para o desenvolvimento da planta, de forma que plantas que não recebem a adubação de cobertura apresentam menor altura, o que demonstra que essa característica é altamente dependente de aplicação de N (SILVA et al., 2013).

Figura 2 – Altura das plantas e de inserção das espigas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2014/2015



O estande médio de plantas da safra 2014/2015 foi de 49.396 plantas por hectare (Tabela 3). Segundo Brachtvogel et al. (2012) a cultura do milho pode ser cultivada com densidade de cultivo que pode variar de 45.000 a 105.000 plantas por hectare, entretanto a obtenção de maiores produtividades e desempenho dos caracteres morfológicos ocorre com um estande de 65.000 plantas ha^{-1} .

O estande final de plantas do experimento abaixo da quantidade de sementes distribuídas pela semeadora (56.250 sementes ha^{-1}), pode ter ocorrido devido a falhas na germinação, ou ainda.

As doses de N e os sistemas de cultivo (Tabela 3) não influenciaram outros componentes da produção, sendo obtidos valores médios para número de espigas por hectare: 42.083 espigas; índice de espigas: 0,85; comprimento de espiga: 11,52 cm; diâmetro de espiga: 42,91 mm e; massa de grãos por espiga: 88,52 g.

As doses de N influenciaram apenas o comprimento de espigas, sendo observada uma tendência linear, ou seja, a medida que se acresceu as doses de N, maior foi o comprimento das espigas, obtendo-se espigas com 11,64 cm ao adicionar 200 kg ha^{-1} de N (Figura 3), representando 0,0067 cm de comprimento a cada kg de N disponibilizado pela adubação. Peruzzo et al. (2015) também observaram tendência linear para esta variável, sendo que a máxima dose de N não incorporado em cobertura de 198 kg ha^{-1} proporcionou espigas com 15,6 cm.

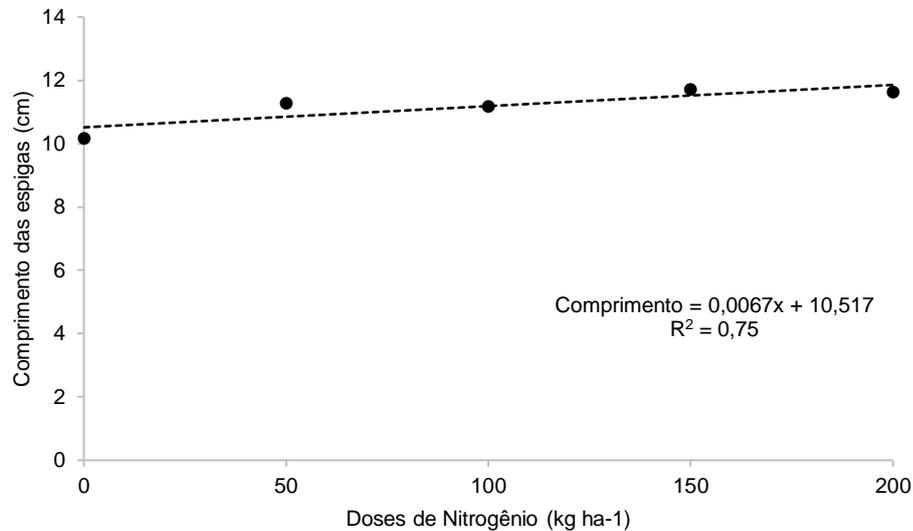
A produtividade de grãos de milho não variou em função das doses de N e sistemas de cultivo do solo, tendo sido obtido uma média de 3.579 kg ha^{-1} de grãos. O fato do preparo do solo em plantio direto e convencional não terem influenciado o rendimento de grãos na primeira safra cultivada também foi observado por Paiva (2011), ao cultivar milho em área recém convertida de pastagem para agricultura. Enquanto que Youssef Neto et al. (2017) obtiveram maior produtividade no solo cultivado convencionalmente, quando comparado à semeadura direta e cultivo mínimo.

A produtividade obtida no experimento pode ser considerada intermediária, pois foi maior ao comparar com a média do Estado do Acre (2.332 kg ha^{-1}), entretanto ficou abaixo da média brasileira para a safra de 2014/15 (4.898 kg ha^{-1}) (CONAB, 2015).

Em relação às doses de N não ter influenciado nas variáveis produtivas da cultura do milho, na primeira safra cultivada, é preciso considerar que parte do N pode ter sido imobilizado pelos microorganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica, tendo em vista que foram incorporados, no preparo convencional, ou

mantidos sobre o solo, no plantio direto, aproximadamente 18 toneladas por hectare de resíduos vegetais.

Figura 3 – Comprimento das espigas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2014/2015



A elevada quantidade de palhada presente na área, atrelada a alta relação C:N que as plantas da família botânica *Poaceae* apresentam, como é o caso da vegetação antes presente na área, composta predominantemente pelo capim colômbio, e que após serem manejados passaram a sofrer a ação degradadora dos microorganismos do solo, podem ter sido cruciais para tornar o nitrogênio indisponível durante o período de definição do potencial produtivo das plantas, não permitindo que a cultura do milho tenha expressado todo o potencial genético.

Segundo Magalhães e Durães (2006) no estágio fenológico V12 ocorre a definição do número de grãos e tamanho da espiga, e até o estágio de florescimento ocorre o período crítico para a definição do potencial produtivo, podendo estes serem seriamente reduzidos em função da deficiência de nutrientes. Sendo a adubação de cobertura realizada em dose única (LOPES; LIMA, 2015), o N disponibilizado no estágio V4 a V6 pode ter estado temporariamente imobilizado, causando déficit para a cultura nos estágios subsequentes. Raji (1991) afirma que para a obtenção de curvas de resposta à adição de um nutriente ao solo na área experimental não deve haver outros fatores limitantes ao desenvolvimento da planta, permitindo que apenas o nutriente em estudo afete a produção.

Embora tenha sido realizada adubação de base (250 kg ha^{-1} do formulado NPK 8-28-16), o solo apresentava no início da safra valores médios de pH e saturação por bases na profundidade de 0-20 cm de 4,89 e 39,31%, respectivamente, (Tabela 1) abaixo da exigência para a cultura do milho, pois a correção foi realizada após o período da safra 2014/2015. Segundo Wadt (2005) a saturação por bases deve ser elevada para 50% quando almeja-se alcançar produtividade média de 5.000 kg ha^{-1} .

Outro fator a ser considerado para a inexistência do efeito dos tratamentos de manejo do solo, como também de adubação nitrogenada de cobertura foi o aumento da ocorrência de precipitação, observada a partir do mês de janeiro do ano de 2015 (Figura 1). De acordo com os dados do AcreBioClima (2018) durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 foram registrados dados de precipitação em 26, 18 e 26 dias do mês, respectivamente. Os altos índices pluviométricos dos meses em questão propiciaram grande número de dias nublados e que segundo Fancelli e Dourado Neto (2004) pode ser crucial para o bom desempenho da cultura, uma vez que reduz seriamente os índices de fotossíntese e produção de assimilados, resultando em baixo acúmulo destes nos tecidos que seriam utilizados posteriormente para translocação para as espigas. Em consonância a isso acrescenta-se o fato da saturação de água no solo, tornando-o encharcado, o que impede os processos de respiração e absorção adequada dos nutrientes pelas raízes. Segundo Lopes e Lima (2015), o estresse hídrico vegetal pode ser causado tanto pela falta, quanto pelo excesso de água no solo.

Além disso, durante o período de floração as plantas são mais vulneráveis às intempéries da natureza devido o pendão e todas as folhas estarem completamente expostas, apresentando também sensibilidade ao encharcamento e o excesso de água pode tornar os grãos de pólen inviáveis (MAGALHÃES; DURÃES, 2006; MAGALHÃES et al., 2002).

Fenômeno contrário foi observado na segunda safra de milho de 2015, onde a escassez hídrica afetou negativamente a cultura, bem como impediu a ação dos tratamentos doses de N em cobertura e sistemas de cultivo. Os altos índices pluviométricos registrados nos primeiros meses do ano de 2015 resultaram no encharcamento do solo, o que impediu as operações com máquinas e implementos agrícolas na área para realizar os manejos de solo e de plantas daninhas. Este fato tornou necessário realizar a semeadura tardia da cultura do milho, a qual ocorreu no final do mês de maio e que coincide com o início do período de “verão amazônico”,

caracterizado por baixa pluviosidade, como pode ser observado na Figura 1, nos meses de junho, julho, agosto e setembro de 2015.

De acordo com o ZARC (2016), a semeadura de milho segunda safra deve ser realizada no máximo até o último decêndio do mês de março, e que semeaduras mais tardias possuem o risco de ocorrer perdas na produção, devido os meses seguintes não atenderem a necessidades hídricas e de limite térmico da cultura.

Observa-se na Tabela 4 que os sistemas de cultivo não influenciaram nas variáveis altura de inserção de espigas, teor de clorofila foliar, número de espigas por hectare e índice de espigas, sendo que os valores obtidos encontram-se muito abaixo dos valores médios observados por Campos et al. (2010), ao avaliarem as características agrônômicas de 49 cultivares de milho segunda safra em cinco municípios do sudoeste do Estado de Goiás.

Segundo Sousa et al. (2015) as plantas de milho perdem severamente a capacidade de emitir espigas devido ao estado debilitado que as mesmas apresentam quando são submetidas ao estresse hídrico. Dessa forma, pode-se inferir que a escassez de água disponível para as plantas durante todo o ciclo da cultura afetou negativamente as variáveis agrônômicas da cultura do milho em segunda safra.

Tabela 4 – Variáveis agrônômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 5. Rio Branco/AC, 2ª safra 2015

Variável	SC1	SC2	SC3
Altura de inserção da espiga (m)	76,55 a	63,84 a	72,31 a
Teor de clorofila foliar (Índice SPAD)	40,16 a	35,97 a	39,77 a
Nº Espigas (espigas ha ⁻¹)	10.650,00 a	11.875,00 a	14.270,62 a
Índice espigas	0,39 a	0,48 a	0,55 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC1: manejo do solo em plantio direto nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC2: manejo do solo em preparo convencional nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC3: manejo do solo em preparo convencional na safra 2014/15 e 2ª safra 2015 e em plantio direto na safra 2015/16 e 2ª safra 2016.

Na Tabela 5 encontra-se os resultados do Teste de Tukey, ao nível de 5% para as variáveis avaliadas na cultura do milho na safra 2015/16. Observa-se que para altura de plantas e a altura de inserção de espigas os sistemas de cultivo não diferiram entre si, sendo obtido alturas médias de 1,92 e 1,00 m, respectivamente. Segundo Cardoso et al. (2011) as alturas de plantas e de inserção da primeira espiga são

variáveis importantes do ponto de vista das perdas e pureza dos grãos no momento da colheita, sendo estas afetadas negativamente em cultivo com plantas de porte pequeno. Entretanto, os autores ainda comentam que plantas de elevado porte podem predispor ao acamamento ou quebramento, condição esta que não foi observada no presente estudo.

Tabela 5 – Variáveis agronômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 3. Rio Branco/AC, safra 2015/2016

Variável	SC1	SC2	SC3
Altura de plantas (m)	1,86 a	2,04 a	1,85 a
Altura de inserção da espiga (m)	0,95 a	1,10 a	0,95 a
Teor de clorofila foliar (Índice SPAD)	48,29 a	48,20 a	48,28 a
Nº de plantas (plantas ha ⁻¹)	42.187,5 b	55.781,25 a	47.031,25 b
Nº Espigas (espigas ha ⁻¹)	36.484,38 b	44.765,63 a	36.406,25 b
Índice espigas (espiga planta ⁻¹)	0,87 a	0,81 a	0,78 a
Comprimento espigas (cm)	12,78 a	12,05 a	12,15 a
Diâmetro espigas (mm)	46,66 a	46,39 a	44,89 a
Massa grãos por espiga (g)	108,52 a	98,23 a	98,76 a
Produtividade (kg ha ⁻¹)	3.879,41 a	4.446,02 a	3.566,03 a

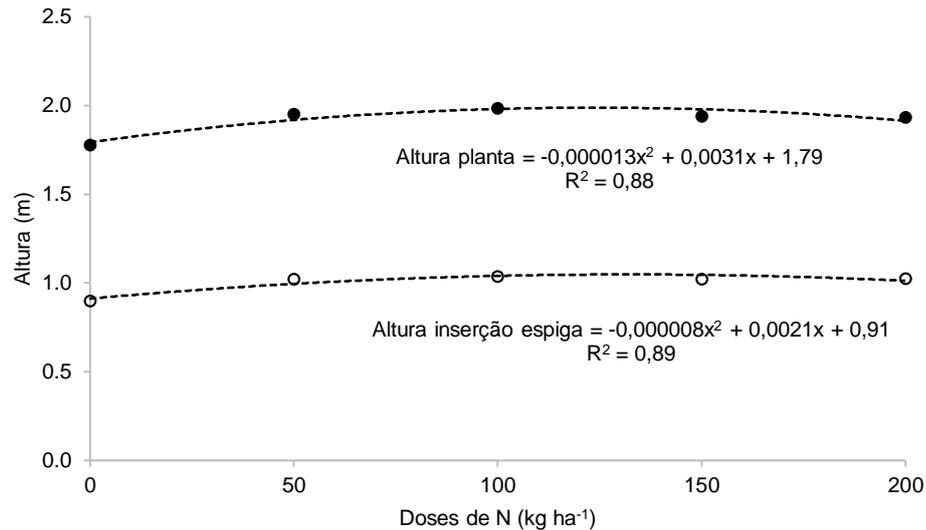
Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC1: manejo do solo em plantio direto nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC2: manejo do solo em preparo convencional nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC3: manejo do solo em preparo convencional na safra 2014/15 e 2ª safra 2015 e em plantio direto na safra 2015/16 e 2ª safra 2016.

Analisando as equações de regressão para as alturas de plantas e de inserção de espigas (Figura 4) em função das doses de nitrogênio em cobertura, o modelo ao qual os dados melhores se ajustaram foi o quadrático, onde nota-se nas doses de 119 e 131 kg ha⁻¹ de N a máxima altura das plantas (1,97 m) e de inserção das espigas (1,05 m), a partir dessas doses ocorreu pequena redução nas alturas, ou seja, a adição superior de N não foi aproveitada pelas plantas para o desenvolvimento aéreo.

Avaliando doses de N em cobertura no cultivo de milho em área de pastagem recém convertida para agricultura, Bravin (2014) obteve maiores alturas de plantas em área de plantio direto e convencional (2,31 m e 2,34 m) ao aplicar as doses de 137 e 200 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Figura 4 – Altura da planta e de inserção da espiga de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016



Os sistemas de cultivo não diferiram entre si para a variável teor de clorofila foliar (Tabela 5), sendo esta uma variável que mensura o teor de clorofila foliar da planta e que possui correlação direta com o teor de nitrogênio foliar, principalmente após a floração (ARGENTA et al., 2001; ZOTARELLI et al., 2003), logo, apresentou resposta quadrática à adubação nitrogenada de cobertura (Figura 5). Ao se aplicar a dose de 139 kg ha⁻¹ obteve-se o máximo teor de clorofila foliar, que foi de 49,6. Mota et al. (2015) obteve teor de clorofila semelhante ao adicionar 140 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Entretanto, os autores obtiveram o maior índice (aproximadamente 52) na maior dose avaliada, que foi de 280 kg ha⁻¹ de N.

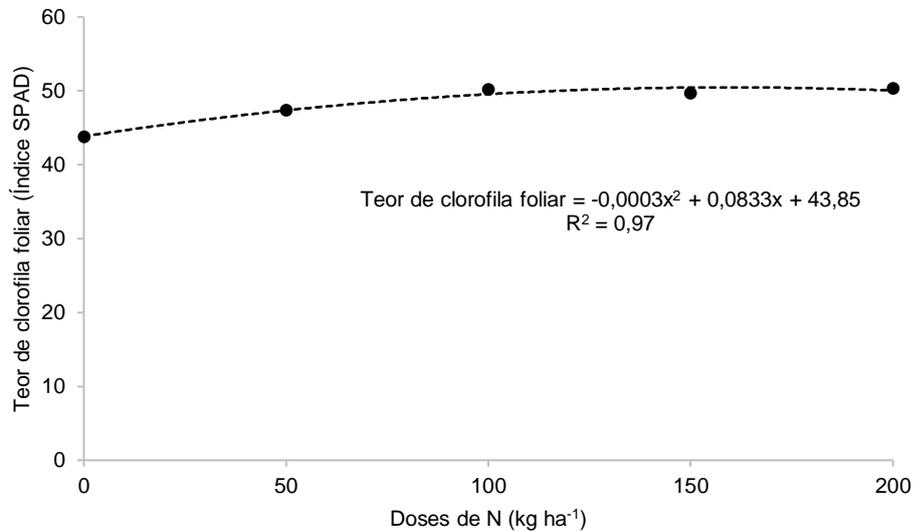
Segundo Argenta et al. (2002) o teor de clorofila foliar também possui alta correlação com o rendimento de grãos, podendo ser utilizado para a predição da produtividade, bem como possibilitar um rápido diagnóstico da condição nutricional da lavoura em relação à adubação nitrogenada.

Os sistemas de cultivo em plantio direto (SC 1 e SC 3) proporcionaram menores número de plantas e de espigas por hectare quando comparado ao sistema de cultivo em preparo convencional do solo (Tabela 5).

O menor estande de plantas das áreas de plantio direto pode ter ocorrido devido a falhas na germinação, pois segundo Weirich Neto et al. (2015) a elevada quantidade de palhada, característico deste sistema de manejo do solo, pode diminuir o contato da semente com o solo, além da grande possibilidade de haver falhas na abertura e

fechamento dos sulcos de semeadura, contribuindo dessa forma para a redução do estande de plantas nas áreas de cultivo.

Figura 5 – Teor de clorofila foliar de plantas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016

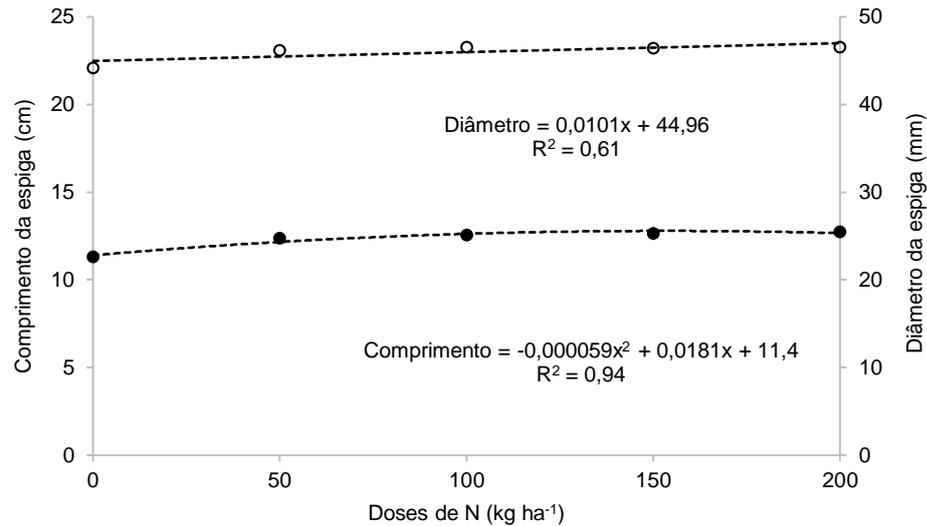


Em resposta ao baixo estande de plantas, obteve-se também um baixo número de espigas ha⁻¹ quando comparado com os valores encontrados na literatura (CARDOSO et al., 2011), mesmo para o preparo convencional (SC 2) que foi estatisticamente superior aos cultivos em plantio direto (SC 1 e SC 3). Entretanto essa diferença estatística não foi observada para o índice de espigas, onde observou-se o valor médio de 0,82 espigas por planta (Tabela 5).

Para as variáveis comprimento de espigas, diâmetro de espigas e massa de grãos por espiga não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo 1, 2 e 3, sendo registrados valores médios de 12,3 cm, 46 mm e 101,8 g, respectivamente (Tabela 5).

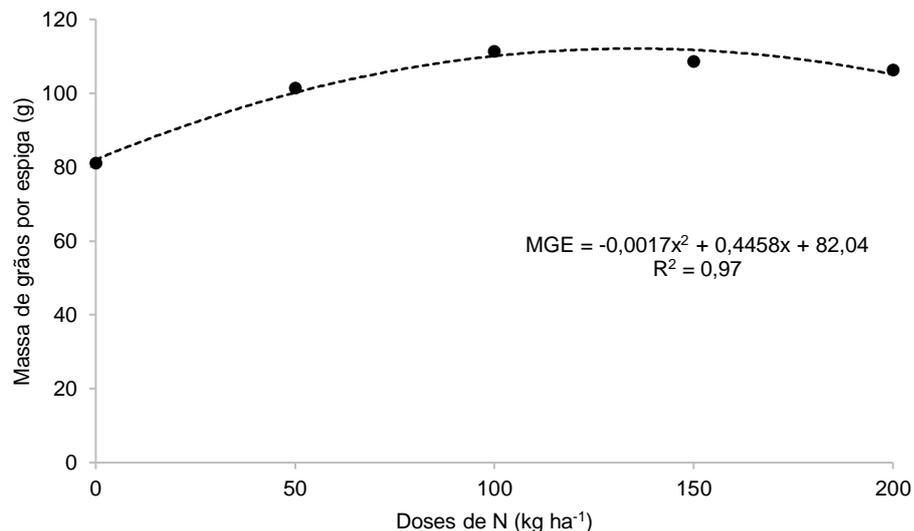
O incremento na dose de nitrogênio aplicada em cobertura promoveu aumento do diâmetro de espigas, com tendência linear (Figura 6), ou seja, quanto maior a dose de N em cobertura, maior o número de grãos por espiga, crescendo-se 0,01 mm no diâmetro para cada kg de N adicionado. Enquanto que para o comprimento de espigas a resposta teve tendência quadrática, obtendo-se maiores espigas (12,8 cm) ao aplicar 153 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Figura 6 – Comprimento e diâmetro de espigas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016



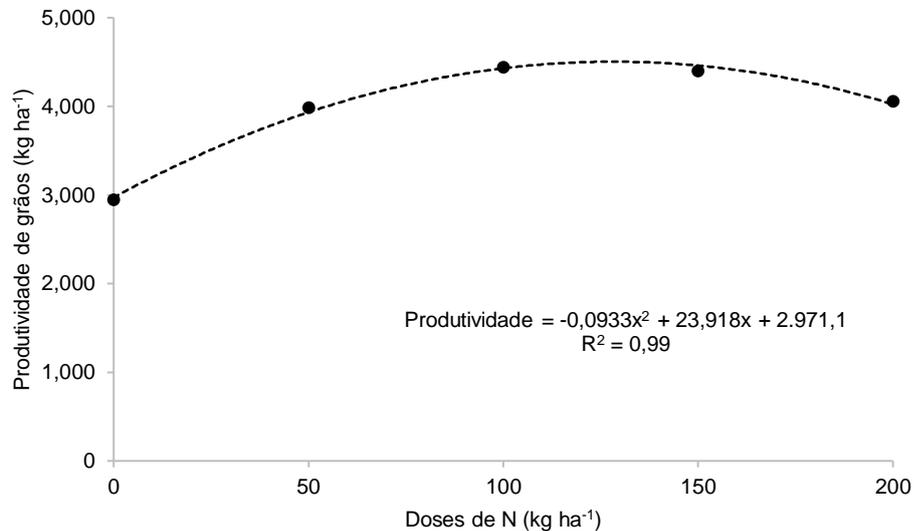
Quanto a massa de grãos por espiga, não houve efeito significativo dos sistemas de preparo do solo (Tabela 5), mas houve relação significativa para as doses de nitrogênio em cobertura, com ajuste quadrático positivo, onde ao adicionar 131 kg ha⁻¹ de N obteve-se 111,3 g de grãos por espiga (Figura 7). Resultado diferente foram observados por Caires e Milla (2016), que obtiveram resposta linear à aplicação de N, tendo a máxima massa de grãos por espiga (249 g) ao adicionarem 360 kg ha⁻¹ de N. Os autores afirmam ainda que a massa de grãos pode ser afetada por qualquer tipo de estresse que a cultura do milho seja exposta após o período de florescimento.

Figura 7 – Massa de grãos por espiga de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016



O rendimento de grãos foi semelhante para os sistemas de plantio direto (SC 1 e SC 3) e preparo convencional (SC 2) (Tabela 5), variando com o aumento das doses de N em cobertura (Figura 8).

Figura 8 – Produtividade de grãos de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura. Rio Branco, Acre. Safra 2015/2016



A não consolidação dos sistemas de manejo de solo em plantio direto, associada à ausência de rotação de culturas, podem ter resultado na inexistência de efeito dos sistemas de cultivo 1 e 3 nas características agrônômicas do milho e na interação da adubação nitrogenada, proporcionando produtividades semelhantes à área preparada convencionalmente (SC 2), com uma média de 3.964 kg de grãos por hectare para a safra 2015/2016.

Embora a calagem tenha sido realizada anteriormente, na segunda safra de 2015, com a aplicação em superfície no SC 1 e com incorporação do calcário no SC 2 e 3, esta não foi suficiente para expressar diferença estatística significativa entre os sistemas de cultivo, concordando com os resultados obtidos por Leal et al. (2013), ao avaliarem o efeito das formas de aplicação de calcário, com e sem incorporação, no rendimento do milho, tendo estes obtidos em média 4.330 kg ha⁻¹ de grãos. Os autores afirmam ainda que os diferentes modos de aplicação de calcário na implantação do plantio direto não alteram a produtividade de grãos, bem como as demais características agrônômicas.

A não diferença de todas as variáveis de rendimento de grãos entre os SC 1, 2 e 3 reflete-se como efeito positivo para os tratamentos em plantio direto, uma vez que as operações para cultivo neste sistema requerem menor gasto energético, quando comparada ao preparo convencional, onde há necessidade da realização de gradagem pesada e leve, pois além de serem atividades a mais, ainda são implementos pesados, quando comparado a única atividade de dessecação da palhada. Além disso, é relatado que o plantio direto reduz a necessidade de atividade de controle de plantas daninhas, por este propiciar uma barreira física à emergência do banco de sementes do solo destas (JAKELAITIS et al., 2004), o que diminui uma operação agrícola e a aquisição de defensivos.

O rendimento de grãos foi influenciado pelo incremento das doses de nitrogênio, com ajuste quadrático, tendo sido obtido 4.504 kg ha^{-1} ao aplicar a dose de 128 kg ha^{-1} de N (Figura 8), indicando que a disponibilidade de N foi limitada nas doses menores avaliadas. O aumento na oferta e disponibilidade de nitrogênio estimula a produção de metabólitos nitrogenados pelas plantas de milho e, conseqüentemente, estes são revertidos na produção de grãos. Seguindo a mesma tendência, há uma relação entre a produtividade de grãos com a altura de plantas, indicando que quanto maior o porte das plantas, maior é a reserva de assimilados para serem posteriormente transloucados para as espigas.

Nota-se ainda que a oferta de 128 kg ha^{-1} de N proporcionou um incremento de aproximadamente 50% na produtividade de grãos, passando de 2.971 kg ha^{-1} na ausência de N, para 4.504 kg ha^{-1} na dose máxima.

A produtividade máxima obtida nesta safra, assim como na safra 2014/2015, manteve-se acima da média para o Estado do Acre e abaixo da média nacional, que foram de 2.442 e 4.799 kg ha^{-1} de grãos, respectivamente (CONAB, 2016).

Embora as doses de N tenham propiciado aumento considerável na produtividade de grãos, a máxima dose aplicada não foi suficiente para que as plantas expressassem produtividades elevadas, especialmente ao considerar o potencial do material genético utilizado na semeadura.

A baixa produtividade do experimento pode ser atribuída ao baixo número de espigas colhidas na área, a qual ocorreu ainda em função do estande de plantas, como já discutido para estas variáveis. Weirich Neto et al. (2015) avaliando a produtividade em função do número de espigas colhidas, que variaram de 55 a 75 mil espigas por hectare, obtiveram a maior produtividade, com valores acima de 10.000

kg ha⁻¹ de grãos, ao serem colhidas 71.400 espigas ha⁻¹, valor este muito superior aos valores aproximados de 36.400 e 44.700 espigas ha⁻¹ colhidas nos tratamentos de plantio direto (SC 1 e 3) e preparo convencional (SC 2), respectivamente.

Na segunda safra 2016 (Tabela 6), assim como ocorrido na segunda safra de 2015, o elevado índice pluviométrico registrado no mês de abril de 2016 inviabilizou as operações agrícolas mecanizadas de preparo da área, especialmente aquelas dirigidas ao cultivo em preparo convencional do solo, sendo novamente necessário a realização da semeadura tardia da cultura do milho, em época próxima ao início do “verão amazônico”, onde os índices pluviométricos estão abaixo das exigências para que a cultura complete o ciclo, que varia de 450 a 650 mm (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; RECOMENDAÇÕES..., 1996), sem que haja prejuízos para o crescimento e desenvolvimento. Segundo Zarc (2016) a semeadura do milho segunda safra pode ter o rendimento fortemente afetado pelo regime de chuvas e por limitações de radiação solar e de temperatura na fase final do seu ciclo.

De acordo com os dados do Acrebioclima (2018), nota-se que para todo o período da segunda safra de 2016 (maio a setembro de 2016) foram registrados apenas 174 mm de chuva, valor este muito aquém das exigências mínimas da cultura.

Dessa forma, é preciso considerar que o N disponibilizado através da adição de ureia pode ter sido perdido por volatilização, uma vez que no período anterior e posterior a adubação de cobertura foi registrada a ocorrência de baixo volume de chuvas (Figura 1).

Segundo Mota et al. (2015) e Cardoso et al. (2011) o baixo teor de umidade no solo no momento da aplicação do fertilizante nitrogenado, acarretado por um período de deficiência pluviométrica, favorece os processos de volatilização da amônia, ou seja, o N adicionado ao solo é perdido para a atmosfera, tornando-se indisponível para as plantas, e posteriormente reflete-se em menor desempenho nas características agrônômicas. Dessa forma, sugere-se que as diferentes doses de N aplicadas no presente estudo não diferiram entre si, em virtude de possíveis perdas por volatilização e possivelmente da baixa umidade do solo e do ar, que impediram a disponibilização do N para a cultura do milho. Kaneko et al. (2015) afirmam que existe um grande desafio no manejo da adubação nitrogenada, especialmente quando utiliza como fonte a ureia, pois é necessário diminuir a perdas ocorridas e ao mesmo tempo otimizar a quantidade absorvida.

Tabela 6 – Variáveis agrônômicas do milho em função dos sistemas de cultivo (SC) 1, 2 e 3. Rio Branco/AC, 2ª safra 2016

Variável	SC1	SC2	SC3
Altura de plantas (m)	1,46 a	1,21 b	1,45 ab
Altura de inserção da espiga (m)	0,73 a	0,64 a	0,73 a
Nº de plantas (plantas ha ⁻¹)	35.156,25 a	41.250,00 a	35.781,25 a
Nº Espigas (espigas ha ⁻¹)	13.515,63 ab	10.781,25 b	16.406,25 a
Índice de espigas (espiga planta ⁻¹)	0,39 a	0,27 b	0,46 a
Comprimento espigas (cm)	10,69 a	8,40 b	10,45 ab
Diâmetro espigas (mm)	39,95 a	33,85 b	39,07 a
Massa grãos por espiga (g)	49,85 a	26,01 b	44,65 a
Produtividade (kg ha ⁻¹)	657,18 a	295,85 b	722,76 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC1: manejo do solo em plantio direto nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC2: manejo do solo em preparo convencional nas safras 2014/15 e 2015/16 e 2ª safras 2015 e 2016; SC3: manejo do solo em preparo convencional na safra 2014/15 e 2ª safra 2015 e em plantio direto na safra 2015/16 e 2ª safra 2016.

Nota-se para a variável altura de plantas, as maiores médias foram observadas nas áreas de plantio direto, ou seja, nos SC 1 e SC 3, sendo que este último não diferiu do SC 2 em preparo convencional (Tabela 6). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2015), ao avaliar a altura de plantas de milho para ensilagem cultivados em preparo direto e convencional do solo. Os mesmos autores observaram ainda que o aumento do período de veranico acarreta redução na altura de plantas, o que justifica a baixa estatura das plantas obtidas no presente trabalho.

Analisando a Figura 1, observa-se que durante o período de crescimento vegetativo do milho segunda safra 2016 (maio e junho) a precipitação foi de apenas 93 mm, estando muito abaixo dos índices pluviométricos registrados nos meses anteriores do ano, o que foi crucial para o desenvolvimento aquém do esperado para as plantas, especialmente em área de preparo convencional do solo (SC 2), uma vez que o revolvimento do solo durante a gradagem favorece a perda de água para a atmosfera.

O estande médio de plantas para a segunda safra de 2016 foi de 37.396 plantas ha⁻¹, não diferindo estatisticamente entre os sistemas de cultivos avaliados, sendo ainda considerado um valor muito abaixo da taxa de semeadura adotada que foi de 52.300 plantas ha⁻¹. Essa baixa taxa de sobrevivência das plantas poder ser atribuída

a competição intraespecífica dos indivíduos da população pela água disponível no solo (SILVA et al., 2015), acarretada pela semeadura tardia ou por problemas na semeadura.

Para o número de espigas por hectare e para o índice de espigas, médias superiores foram obtidas quando o manejo de solo adotado foi o plantio direto (SC 1 e SC 3). Embora tenha ocorrido diferença estatística para o índice de espigas, nota-se que os valores observados são muito baixos, sendo isso um reflexo da deficiência hídrica pelo qual o cultivo foi submetido.

Para as variáveis comprimento de espigas, diâmetro de espigas, massa de grãos por espigas e produtividade de grãos, estatisticamente as maiores médias foram observadas nos sistemas de cultivo 1 e 3, demonstrando a eficiência do plantio direto em relação ao preparo convencional no cultivo de milho em período de baixo índice pluviométrico. Embora seja necessário considerar que as médias obtidas para estas variáveis encontram-se abaixo dos valores observados na literatura (CAIRES; MILLA, 2016; CAMPOS et al., 2010; NANTES; CARVALHO, 2016), nota-se que o manejo do solo em plantio direto proporcionou o dobro da produtividade ao comparar com o preparo convencional.

De acordo com Cardoso et al. (2011), produtividades reduzidas podem ser atribuídas à distribuição irregular das chuvas durante o desenvolvimento da cultura, especialmente às vésperas do florescimento. Sousa et al. (2015) afirmam que a redução do número de grãos por área colhida, a qual possui relação direta com a massa de grãos por espiga e com a produtividade de grãos, ocorre devido à quebra de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen dos pendões e do período de receptividade dos estilo-estigmas das espigas, onde este último ocorre mais tardiamente em cultivos submetidos ao estresse hídrico, resultando em espigas com poucos ou sem grãos. Além disso, tanto os grãos de pólen como os “cabelos” da espiga podem sofrer o dessecamento em casos de escassez severa de água no solo e na atmosfera, o que os tornam inviáveis para que se complete o processo de polinização (MAGALHÃES; DURÃES, 2006; RECOMENDAÇÕES..., 1996).

O período crítico bem definido em relação à restrição hídrica que é observada na cultura do milho ocorre do estágio fenológico de pendoamento até o enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004), dessa forma plantas de milho submetidas ao estresse hídrico de 4 a 8 dias no período do florescimento diminuem em mais de 50% o rendimento (RECOMENDAÇÕES..., 1996), bem como os demais coeficientes

produtivos da área cultivada. Este efeito foi observado tanto para as plantas cultivadas nos sistemas de cultivo 2, como também para aquelas cultivadas em plantio direto (SC1 e 3).

Entretanto, mesmo obtendo-se baixos índices produtivos no ensaio como um todo, nota-se que o preparo convencional foi estatisticamente inferior aos sistemas de cultivo em plantio direto, evidenciando a capacidade que este manejo do solo tem em manter a umidade no solo. Essa capacidade está correlacionada com a manutenção da palhada sobre o solo, que atua como um filtro que reduz a atividade evapotranspiratória. Segundo Silva et al. (2015) para aumentar a eficiência do uso da água dentro de um sistema de cultivo pode ser empregado estratégias como manejo da irrigação, ou até mesmo da cultura, ao realizar o cultivo em plantio direto.

O solo preparado convencionalmente se torna mais suscetível a perda de umidade em virtude do revolvimento. Diferentemente do plantio direto, que apresenta maior proporção de microporos (SALES et al., 2016), característicos por possuírem alta capacidade de retenção de água, sendo este sistema de manejo altamente eficiente para o cultivo do milho em período de segunda safra, quando a probabilidade de ocorrência de veranicos é maior.

De acordo com Mascarenhas et al. (1993) e Pereira et al. (1988) maiores produtividades de milho são observadas em áreas após a rotação de culturas com espécies leguminosas, devido a mineralização do N presente nos restos culturais. Nesse sentido, Queiroz et al. (2015) afirmam que o cultivo sequencial de milho acarreta perdas de produtividade da própria cultura, em virtude do grande aporte de resíduos culturais de elevada relação C:N, que durante o processo de degradação pode tornar indisponíveis os nutrientes, principalmente o N, para a cultura.

3.4 CONCLUSÕES

O milho em plantio direto apresenta desempenho produtivo superior ao preparo convencional na quarta safra em cultivo sequencial.

O plantio direto é o manejo de solo mais indicado para o cultivo de milho durante a época de segunda safra.

A maior produtividade do milho é obtida ao aplicar a dose de 128 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

REFERÊNCIAS

- ABEAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. Secagem de sementes. Brasília, DF, 1987. 37 p.
- ACOSTA, J. A. de A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 2009. 200 f. Tese (Doutorado em Biodinâmica e Manejo do Solo) – Programa de Pós-graduação Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.
- ACRE, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Zoneamento ecológicoeconômico do Estado do Acre: documento síntese, 2ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2010.
- ACREBIOCLIMA. Grupo de estudos e serviços ambientais. Rio Branco, Acre, 2018. Disponível em: http://www.acrebioclima.pro.br/PluvD_UFAC18.html. Acesso em: 03 jul 2018.
- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo, 2012.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R. F.; BORTOLINI C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 31, n. 4, p. 715-722, jul./ago. 2001.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 519-527, abr. 2002.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p.831-839, set. 2004.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de; BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Tropicana - Ciências Agrárias e Biológicas**, São Luiz, v. 6, n. 1, pág. 75-83, jan./abr., 2012.
- BRAVIN, M. P. **Doses de nitrogênio em cobertura no plantio direto e convencional de milho e braquiária em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2014.
- BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraés sob plantio direto e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 10, p. 762-770, out., 2014.
- CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2016.

CAMPOS, M. C. C.; SILVA, V. A. da; CAVALCANTE, Í. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 77-84, jan./mar., 2010.

CARDOSO, S. de M.; SORATTO, R. P.; SILVA, A. H. da; MENDONÇA, C. G. de. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, jan./mar., pp. 23-28, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, DF: CONAB, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, DF: CONAB, 2016.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 553-560, out./dez. 2004.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; SABUNDJIAN, M. T.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C.; LEAL, A. J. F.; NASCIMENTO, V. Fontes e modos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 9, n. 2, p. 191-196, jan./mar., 2015.

LEAL, A.J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 491-501, mar./abr., 2013.

LOPES, N. F.; LIMA, M. da G. de S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 492p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23 p. (Circular Técnica, 22).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76).

MASCARENHAS, H. A. A.; NAGAI, V.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; TAKANA, R. T. Sistema de rotação de culturas de milho, algodão e soja e seu efeito sobre a produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 53-61, jan./mar., 1993.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o

rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, pp. 512-522, mês, 2015.

NANTES, F. P.; CARVALHO, I. F. B. de. **Componentes de produção do milho e resistência à penetração em função do sistema de manejo e da velocidade de semeadura**. 2016. 25 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 2016. 33 p. (Documentos, 202).

PEREIRA, J. C. C. N. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; MARTINS, A. L. M.; BRAGA, N. R.; SAWASAKI, E.; GALLO, P. B. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura no cultivo contínuo do milho e do algodão e em rotação de culturas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 95-108, jan./mar., 1988.

PERUZZO, A.; LUNELLI, A.; ALVES, M. V.; NESI, C. N. Efeito do nitrogênio incorporado ou em superfície na produtividade de milho. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 16, n. 3, p. 33-41, jul./set., 2015.

QUEIROZ, L. R.; COSTA, F. de S.; OLIVEIRA, T. K. de; MARINHO, J. T. de S. **Aspectos da cultura do milho no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 30 p. (Documentos, 136).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, set./out. 2004.

RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204 p.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, jul./set., 2016.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L. de; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. de. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 327-340, jan./fev. 2015.

SILVA, F. C.; SILVA, M. M. da; LIBALDI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agrônômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3513-3528, 2013.

SOUSA, R. S. de; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R. de. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.14, n.1, p. 49-60, jan./abr. 2015.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

WADT, P. G. S. **Recomendação de adubação para as principais culturas** In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p.491-635.

WEIRICH NETO, P. H.; FORNARI, A. J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L. C. Qualidade da sementeira do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 171-179, jan./fev. 2015.

YOUSSEF NETO, H.; JORGE, R.F.; ALMEIDA, C. X. de; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R. Atributos químicos do solo e produtividade de milho cultivado com aplicação de corretivos e sistemas de manejo do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 191-199, jan./jun., 2017.

ZARC. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático: milho 2ª safra Acre**. Ministério da Agricultura e Pecuária: Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/safra-2016-2017/acre/word/port-no-221-milho-2a-safra-ac.rtf/view>. Acesso em: 03 de agosto de 2018..

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, set. 2003.

4 CAPÍTULO II

**ATRIBUTOS DO SOLO E RENDIMENTO DA SOJA SOB PLANTIO DIRETO E
CONVENCIONAL**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das práticas de cultivo em plantio direto e preparo convencional em diferentes profundidades e épocas de amostragens nas características químicas e físicas do solo, com cultivo de milho, feijão-caupi e soja. O experimento foi conduzido por quatro anos agrícolas no seguinte esquema de rotação de culturas: anos agrícolas 1 e 2 – cultivos de milho na primeira e segunda safra; ano agrícola 3 – pousio na primeira e cultivo de feijão-caupi na segunda safra e; ano agrícola 4 – cultivo da soja na primeira e pousio na segunda safra. O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas para atributos químicos do solo. Os tratamentos das parcelas foram os sistemas de cultivo (SC): SC 1 – manejo do solo em plantio direto nos quatro anos agrícolas; SC 2 – manejo do solo em preparo convencional nos quatro anos agrícolas e; SC 3 – manejo do solo em preparo convencional no ano agrícola 1 e em plantio direto nos demais anos. Os tratamentos das subparcelas foram as profundidades de amostragem do solo de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, e as subsubparcelas foram as épocas de amostragem: Ano 1 (2014) – coleta antes da semeadura do milho do ano agrícola 1; Ano 2 (2015) – coleta antes da semeadura do milho do ano agrícola 2 e; Ano 4 (2018) – coleta após a colheita da soja no ano agrícola 4. Para as variáveis da fração física do solo adotou-se o esquema de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos da parcela os SC e das subparcelas as profundidades de amostragem, como descritos anteriormente. Para as variáveis da cultura da soja, considerou-se apenas os SC. A conversão da área de pastagem para agricultura empregando o preparo convencional no primeiro ano e plantio direto nos anos seguintes acumula maior teor de matéria orgânica ao longo de quatro anos de cultivos. Nas profundidades 0-5 e 5-10 cm concentram-se os maiores teores dos cátions básicos e de saturação por bases. A resistência mecânica a penetração é constante na camada de 0-20 cm no plantio direto e no preparo convencional é superior a partir da camada 5-10 cm. Entretanto, após quatro anos de cultivo, os preparos do solo em plantio direto e convencional apresentam valores de densidade do solo similares. As maiores produtividades de soja são obtidas em área de preparo convencional e de plantio direto manejado convencionalmente no primeiro ano.

Palavras-chave: fertilidade, manejo, densidade do solo, *Glycini max*, *Vigna sp.*.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of no - tillage and conventional tillage practices at different depths and sampling times on soil chemical and physical characteristics, with maize, cowpea and soybean cultivation. The experiment was conducted for four crop years in the following crop rotation scheme: agricultural years 1 and 2 - maize crops in the first and second harvest; agricultural year 3 - fallow in the first and cultivation of cowpea in the second harvest and; agricultural year 4 - soybean cultivation in the first and fallow in the second harvest. The experimental design was a randomized complete block with four replications in scheme of split split plot for chemical attributes. The treatments of the plots were the cropping systems (CS): CS 1 – soil management in no-tillage in the four years; CS 2 – soil management in conventional tillage in and four years; CS 3 – management of the soil in conventional tillage in the agricultural year 1 and in no-tillage in other years. The treatments of the split plots were the soil sampling depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm, and the split split plot were the sampling times: year 1 (2014) - collected before sowing of maize of agricultural year 1; year 2 (2015) - collected before sowing of maize of agricultural year 2 and; year 4 (2018) - collected after soybean harvest in the agricultural year 4. For the variables of the physical fraction of the soil it was adopted the scheme of split plots, being the treatments of the plot the CS and of the split plots the depths of sampling, as previously described. For the variables of the soybean crop, only SC were considered. The conversion of the pasture area to agriculture using the conventional tillage in the first year and no-tillage in the following years accumulated a higher content of organic matter during four years of cultivation. In depths 0-5 and 5-10 cm concentrate higher levels of the basic cations and base saturation. The mechanical resistance to penetration is constant in the 0-20 cm layer in no-tillage and the conventional tillage is superior from the 5-10 cm layer. However, after four years of cultivation, no-tillage and conventional soil tillage have similar soil density values. The highest soybean yields are obtained in conventional tillage area and in no - tillage area with conventional management in the first year.

Key words: fertility, management, soil density, *Glycini max*, *Vigna sp.*.

4.1 INTRODUÇÃO

Os resultados de pesquisa sobre o SPD a nível de Brasil mostram essa técnica altamente viável, quando comparado ao preparo convencional do solo, para agricultura e pecuária, com resultados consolidados do ponto de vista da conservação do solo (MARIA, 2010), entretanto na região Amazônica os resultados ainda são inconsistentes, com não raros casos de insucesso ou resultados aquém do potencial para o sistema plantio direto (SPD). Ressalta-se que a exploração mais intensa do cultivo de grãos na região começou há aproximadamente 30 anos, entretanto já são visíveis os sinais de degradação da qualidade química e física do solo (GUEDES et al., 2012). De acordo com Zolin et al. (2016) a rápida mudança da forma de uso e ocupação do solo em algumas regiões do bioma Amazônico podem resultar em sérios problemas ambientais.

Dentre os fatores que acarretam o declínio da qualidade do solo nesta região destacam-se o desmatamento descontrolado e a atividade agropecuária aliada a práticas inadequadas de manejo do solo e das culturas, como por exemplo, o pastoreio intensivo em áreas de pastagem e o cultivo sequencial de culturas como milho, soja ou arroz (GUEDES et al., 2016). Segundo Vilela et al. (2011), a conservação da produtividade do solo por um longo período só é alcançada com a adoção de manejo que permitam manter ou melhorar a estrutura do solo. Ou seja, se a deterioração do solo é acarretada pelo cultivo intensivo que favorece as perdas dos nutrientes do sistema, essa situação pode ser revertida com a redução do revolvimento e o aumento do acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo, (MOURA et al., 2008; SILVEIRA NETO et al., 2006).

A adoção do SPD na região Amazônica é reflexo de um processo irreversível de expansão deste sistema, em função da comprovação de seus vários benefícios em comparação ao sistema de preparo convencional do solo. De acordo com Landers (2005), o plantio direto foi o grande responsável pelo êxito do cultivo da soja nos solos arenosos e erodíveis da região de savanas de Roraima, uma vez que o plantio convencional poderia trazer resultados desastrosos.

Todavia, o aumento expressivo das atividades agrícolas nas últimas décadas, que passou a ser combinada com a adoção do SPD em algumas regiões, não refletiu em resultados de pesquisas suficientes para definir os indicadores de qualidade do solo na região Amazônica, envolvendo por exemplo as frações de nitrogênio e

carbono, bem como o conhecimento sobre plantas de cobertura ou rotação de culturas que possam produzir quantidade adequada de resíduos para o sistema e, conseqüentemente, favorecer a fertilidade do solo, as características físicas relacionadas a compactação do solo e o rendimento das culturas (GUEDES et al., 2012; MATOSO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2002). Segundo Andrade et al. (2009) e Calegari e Costa (2010) para determinadas condições de clima e solo são necessárias mais informações sobre quais culturas são mais apropriadas para melhorar a qualidade física do solo, devendo a seleção ser criteriosa.

Os sistemas de rotação de cultura adotados no Brasil já são bastante definidos em função das espécies a serem usadas, como é o caso do cultivo da soja no período de safra, que recentemente começou a despontar como alternativa de cultivo no Estado do Acre. Além disso, o cultivo do feijão-caupi é uma alternativa de rotação de culturas para as áreas cultivadas sequencialmente com milho, por ser uma cultura tradicionalmente cultivada na região Norte, possuindo materiais genéticos adaptados às condições edafoclimáticas locais e com uma cadeia produtiva já desenvolvida.

Neste sentido, Queiroz et al. (2015) relatam como demandas de pesquisa no Estado do Acre para consolidação do SPD, o enfoque na rotação de culturas e na formação de palhada. Segundo os autores, a maior parte dos agricultores da região ainda fazem uso de técnicas tradicionais de cultivo, e como consequência a obtenção de baixas produtividades e índices insatisfatórios de fertilidade e dos atributos físicos do solo, especialmente nas áreas em que se emprega o corte e a queima da floresta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das práticas de cultivo em plantio direto e preparo convencional ao longo de quatro anos agrícolas, nos atributos químicos e físicos do solo e rendimento da soja, em rotação de culturas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Unidade Experimental da Embrapa Acre, localizada na BR 364, km 14, município de Rio Branco, Acre, no período de outubro de 2014 a junho de 2018. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico, o clima da região é equatorial, com temperatura média anual de 25°C e precipitação anual em torno de 2.000 mm (ACRE, 2010; ACREBIOCLIMA, 2018).

O delineamento experimental adotado foi de blocos completos casualizados, com 4 repetições. Para as variáveis referentes aos atributos químicos do solo empregou-se o esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos das parcelas foram os seguintes sistemas de cultivo: SC 1, SC 2 e SC 3, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2 – Esquema de manejo do solo e das culturas da área experimental

Sistema de cultivo	Ano agrícola 1 2014/2015		Ano agrícola 2 2015/2016		Ano agrícola 3 2016/2017		Ano agrícola 4 2017/2018	
	Safra	2ª safra						
SC 1	PD Milho	PD Milho	PD Milho	PD Milho	- Pousio	PD Caupi	PD Soja	- Pousio
SC 2	PC Milho	PC Milho	PC Milho	PC Milho	- Pousio	PC Caupi	PC Soja	- Pousio
SC 3	PC Milho	PC Milho	PD Milho	PD Milho	- Pousio	PD Caupi	PD Soja	- Pousio

PD: plantio direto; PC: preparo convencional; Pousio: ausência de manejo do solo e de culturas com manutenção da vegetação espontânea.

Os tratamentos das subparcelas foram as três profundidades da camada arável do solo: 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Como tratamento das subsubparcelas considerou-se as seguintes épocas de amostragem: Ano 1 - coleta realizada antes da semeadura do milho do ano agrícola 1, Ano 2 - coleta realizada antes da semeadura do milho do ano agrícola 2 e; Ano 4 - coleta realizada após a colheita da soja do ano agrícola 4.

Para as variáveis da fração física do solo adotou-se o esquema de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos da parcela os sistemas de cultivo 1, 2 e 3 e os tratamentos das subparcelas as profundidades de amostragem (0-5, 5-10 e 10-20 cm), como descritos anteriormente. Em relação as variáveis referentes a cultura da soja,

considerou-se apenas os tratamentos de sistemas de cultivo 1, 2 e 3. Para cada sistema de cultivo a área das parcelas foi de 8x40 m, e a área útil representada por 6x38 m centrais.

Antes da instalação do experimento a área era uma pastagem com a predominância do capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq), onde realizou-se a roçagem da vegetação e no período de rebrota fez-se a aplicação de herbicida Glyphosate (4 L ha⁻¹ do produto comercial). Após fez-se a coleta da biomassa sobre o solo, amostrando-se dois pontos por parcela, com área de 0,25 m² cada. O material coletado foi seco em estufa de ventilação forçada, a 55°C até atingir massa constante. A quantidade de matéria seca de palhada na área experimental no ano 1 foi de 18.224 kg ha⁻¹. Foi realizada também a coleta de solo para análise física, sendo os resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Caracterização física do solo da área experimental na profundidade 0-110 cm, coletado antes do estabelecimento dos tratamentos. Rio Branco Acre, 2014

Profundidade cm	Densidade Solo g cm ⁻³	Granulometria				Classe Textural
		Areia grossa	Areia fina	Argila	Silte	
0-5	1,96	80,04	483,08	80,94	355,94	Franco arenoso
5-10	2,14	75,87	497,05	91,39	335,69	Franco arenoso
10-20	2,23	75,12	463,73	104,36	356,80	Franco arenoso
20-30	2,26	67,35	443,14	130,79	358,73	Franca
30-40	2,26	63,39	434,61	174,70	327,30	Franca
40-50	2,21	61,10	455,81	187,26	295,83	Franca
50-70	2,20	54,58	327,55	260,10	357,77	Franca
70-90	2,14	52,54	314,03	328,94	304,50	Franco argilosa
90-110	2,08	49,63	296,01	379,67	274,68	Franco argilosa

As práticas de cultivos na área experimental ocorreram da seguinte forma:

- Ano agrícola 1: cultivo de milho na primeira e segunda safra de 2014/2015, com adubação de base de 250 e 170 kg ha⁻¹, respectivamente, do formulado 8-28-16 (NPK) e 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura, tendo como fonte a ureia;
- Ano agrícola 2: cultivo de milho na primeira e segunda safra de 2015/2016, com adubação de base de 200 e 190 kg ha⁻¹, respectivamente, do formulado 8-28-16 (NPK) e 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura, tendo como fonte a ureia;
- Ano agrícola 3: pousio da área na primeira safra e cultivo de feijão-caupi na segunda safra de 2016/2017, sem adubação de base;

- Ano agrícola 4: cultivo de soja na primeira safra de 2017/2018, com adubação de 400 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 100 kg ha⁻¹ de KCl, sendo aplicados 1/3 na semeadura e 2/3 na cobertura, aos 30 dias após a semeadura.

A calagem foi realizada antes da semeadura da segunda safra de milho do ano agrícola 1, na dose de 1,05 t ha⁻¹ de calcário com PRNT de 86%, sendo que a aplicação foi a lanço, realizando-se a incorporação apenas nas parcelas do manejo convencional do solo neste período (SC 2 e 3).

Durante toda a condução do experimento o manejo do solo foi feito no preparo convencional com grade aradora e niveladora e, no plantio direto, com aplicação mecanizada do herbicida Glyphosate para dessecar a vegetação, na dose de 4 L ha⁻¹ do produto comercial, com volume de calda de 300 L ha⁻¹.

Em todas as safras as semeaduras foram mecanizadas, utilizando-se semeadora de plantio direto, sendo os espaçamentos adotados de 0,8 m para os cultivos de milho e 0,5 m para o feijão-caupi e soja.

O feijão-caupi, cultivar Tumucumaque, foi semeado no mês de abril de 2017, na densidade de 6 a 8 sementes por metro. Nos SC 1 e 2 a cultura foi utilizada com a finalidade de produção de grãos, enquanto que no SC 3 como planta forrageira. A semeadura da soja foi realizada na primeira semana de dezembro de 2017, utilizando a cultivar BRS 7680 RR, com uso de inoculante líquido, na densidade de 12 sementes por metro. Foram realizados todos tratamentos culturais necessários na condução das lavouras de acordo com Embrapa (2013).

As coletas de solo para análise química foram feitas com auxílio de trado holandês, na área útil da parcela, em três épocas: ano 1 – antes da semeadura do milho primeira safra do ano 1; ano 2 – antes da semeadura do milho primeira safra ano 2 e; ano 4 – no pousio do ano 4.

Foram coletados três subamostras por parcela para compor cada amostra composta. Em cada ponto amostrado procedeu-se a coleta nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Após fez-se a homogeneização das subamostras em recipiente, as quais foram posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e enviadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Acre.

Foram feitas as seguintes análises químicas: carbono orgânico (g kg⁻¹); pH em água; hidrogênio mais alumínio (cmol_c dm⁻³); cálcio trocável (cmol_c dm⁻³); magnésio trocável (cmol_c dm⁻³); potássio disponível (cmol_c dm⁻³); fósforo disponível (mg dm⁻³); fósforo remanescente (mg dm⁻³); e estimados os teores de matéria orgânica (g kg⁻¹); soma de

bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); capacidade de troca de cátions em pH 7 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); saturação por bases (%). As análises seguiram a metodologia descrita por Embrapa (2011).

Em relação às análises físicas foi realizado a avaliação de resistência mecânica à penetração (RMP), no ano 2 (antes da semeadura do milho primeira safra do ano agrícola 2) com leituras em três pontos por parcela, utilizando o penetrógrafo digital FALKER, modelo PenetroLOG–PLG 1020, com ponteira metálica cônica e aptidão eletrônica para aquisição de dados. O penetrógrafo foi configurado para registrar leituras a cada 1 cm de incremento de profundidade, trabalhando em velocidade de penetração constante. Os dados referentes ao penetrógrafo foram extraídos da memória digital do equipamento e analisados para as profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, sendo os resultados expressados como RMP (MPa). Simultaneamente fez-se coleta de solo com auxílio de trado calador para avaliar o teor de umidade, a qual foi semelhante para todos os sistemas de cultivo (16% em média).

No ano agrícola 4, durante o período de pousio, após a colheita da soja, realizou a avaliação da densidade do solo (g cm^{-3}) (EMBRAPA, 2011). Com auxílio de anel volumétrico foram coletadas no centro de cada camada amostras indeformadas de solo nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Após as amostras foram acondicionadas em saco plástico e enviadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Acre.

As variáveis avaliadas na cultura da soja foram: altura de plantas, número de nós por planta, número de hastes por planta, altura de inserção da primeira vagem, número de grãos por planta e número de vagens por planta, avaliados em 5 plantas da área útil da parcela; massa de 100 grãos (13% de umidade); estande final de plantas, produtividade de grãos (13% de umidade), avaliados em 2 linhas de 5 m da área útil da parcela.

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística, onde foram verificados os pressupostos da análise de variância, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett. Para as variáveis em que os pressupostos não foram atendidos, se procedeu com a transformações dos dados.

Após, os dados foram submetidos à análise de variância sendo testados os efeitos individuais dos sistemas de preparo do solo, das profundidades e das épocas, bem como a interação entre estes fatores. Para as variáveis em que o teste F teve efeito significativo para os tratamentos individuais ou para a interação entre estes, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para as variáveis químicas do solo são apresentados na Tabela 8. O efeito isolado dos tratamentos de sistemas de cultivo foi observado apenas para a variável fósforo disponível, enquanto que para os tratamentos de profundidade e épocas obteve-se efeito significativo para a maioria das variáveis. A interação tripla entre sistemas de cultivo, profundidade e época foi significativa apenas para o potássio disponível. A interação entre sistema de cultivo e época foi significativa para as variáveis matéria orgânica e fósforo remanescente. A variável cálcio trocável não teve efeito de nenhum dos tratamentos, bem como da interação entre estes.

Avaliando os teores de matéria orgânica do solo em função da profundidade amostrada (Tabela 9), nota-se que na camada de 0-5 cm o acúmulo desta é estatisticamente superior às camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, sendo que estas não diferem entre si. Tal fato ocorre devido a maior quantidade de resíduos culturais que são depositados na superfície do solo, e que após os processos de degradação irão formar a matéria orgânica do solo. É preciso considerar ainda que as raízes também contribuem para adição de matéria orgânica, e isso ocorre nas diversas camadas que o sistema radicular da cultura explora. Mesmo no preparo convencional, os níveis de matéria orgânica são maiores próximo a superfície, corroborando com Santos e Tomm (2003), ao afirmarem que os teores de matéria orgânica diminuem progressivamente da superfície do solo para as camadas mais profundas, independente do manejo do solo ser conservacionista ou convencional.

Nas culturas anuais, como no milho, feijão-caupi e na soja, a proporção de sistema radicular é inferior à da parte aérea (MORAIS et al., 2015), o que justifica a maior deposição em superfície e os menores teores de matéria orgânica nas camadas abaixo de 5 cm.

Em relação aos sistemas de cultivo (Tabela 9), nota-se que nos anos 1 (2014) e 2 (2015) os sistemas de preparo em plantio direto (SC 1) e em preparo convencional (SC 2 e 3) não diferiram entre si, devendo ser ressaltado que a coleta do ano 2 foi realizada antes das atividades de manejo do solo, quando no SC 3 ainda se utilizou o preparo convencional.

Tabela 8 – Quadrados médios para as variáveis da análise química do solo, obtidas em experimento conduzido em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados completos. Rio Branco/AC, 2014, 2015 e 2018

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio dos resíduos					
		MO	pH	H+Al	Ca	Mg	K
SC	2	4,808 ^{ns}	0,797 ^{ns}	0,436 ^{ns}	0,616 ^{ns}	0,251 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Profundidade	2	158,394 ^{**}	0,122 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,331 ^{ns}	0,467 ^{**}	0,020 ^{**}
SC x Profundidade	4	5,691 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,002 ^{**}
Ano	2	32,292 [*]	3,857 ^{**}	5,972 ^{**}	0,365 ^{ns}	0,509 ^{**}	0,0003 [*]
SC x Ano	4	33,785 [*]	0,384 ^{ns}	0,137 ^{ns}	0,227 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Profundidade x Ano	4	15,689 ^{ns}	0,144 ^{ns}	0,130 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,076 ^{ns}	0,004 ^{**}
SC x Profundidade x Ano	8	3,419 ^{ns}	0,138	0,081 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,055 ^{ns}	0,002 ^{**}
CV% 1		30,66	12,63	17,85	44,70	62,56	53,35
CV% 2		19,58	6,58	5,88	25,02	16,55	16,73
CV% 3		25,44	12,77	15,63	32,36	37,94	28,80

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio dos resíduos				
		P ¹	P rem	SB	CTC	V%
SC	2	4,114 [*]	82,481 ^{ns}	0,776 ^{ns}	2,381 ^{ns}	33,937 ^{ns}
Profundidade	2	0,193 ^{ns}	36,044 ^{ns}	1,964 ^{**}	2,345 ^{**}	237,584 ^{**}
SC x Profundidade	4	0,155 ^{ns}	8,359 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,137 ^{ns}	22,992 ^{ns}
Ano	2	21,344 ^{**}	35,765 ^{ns}	1,305 [*]	9,979 ^{**}	443,418 ^{**}
SC x Ano	4	1,621 ^{ns}	81,244 [*]	0,641 ^{ns}	0,223 ^{ns}	141,789 ^{ns}
Profundidade x Ano	4	0,931 ^{ns}	5,303 ^{ns}	0,378 ^{ns}	0,782 ^{ns}	31,634 ^{ns}
SC x Profundidade x Ano	8	0,959 ^{ns}	10,282 ^{ns}	0,177 ^{ns}	0,209 ^{ns}	33,331 ^{ns}
CV% 1		35,12	16,46	48,96	20,97	31,13
CV% 2		34,43	8,57	19,73	7,22	12,88
CV% 3		38,51	13,35	29,16	15,92	18,85

¹ dados transformados para $2\sqrt{x}$; ^{ns} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 9 – Teor de matéria orgânica no solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018

Profundidade	Matéria Orgânica		
	g kg ⁻¹		
0-5 cm	14,24 a		
5-10 cm	11,55 b		
10-20 cm	10,10 b		
Sistemas de cultivo	Época		
	Ano 1 (2014)	Ano 2 (2015)	Ano 4 (2018)
SC 1	10,42 B a	12,26 AB a	13,66 A a
SC 2	11,41 AB a	13,91 A a	9,31 B b
SC 3	11,55 A a	12,80 A a	12,32 A a

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

No ano 4 (2018), os SC 1 e 3, em plantio direto, foram estatisticamente superiores ao preparo convencional do solo (SC 2), apontando a ineficiência deste manejo do solo em manter os índices de matéria orgânica no sistema, corroborando com Silva et al. (2008), ao afirmarem que o revolvimento do solo, a incorporação dos resíduos e o aumento da aeração aceleram os processos de decomposição da matéria orgânica feita pelos microorganismos.

Analisando o SC 2 (preparo convencional), nota-se que nos anos 1 (2014) e 2 (2015), quando os materiais orgânicos incorporados ao solo foram resíduos de pastagem e dos cultivos do milho, respectivamente, os teores de matéria orgânica foram superiores ao ano 4 (2018), em que os resíduos incorporados ao solo nos anos anteriores foram, em ordem cronológica, de forrageiras, milho, vegetação espontânea do pousio, feijão-caupi e soja.

A menor relação C:N presente nos resíduos das plantas leguminosas, quando comparado a outras culturas, como as gramíneas, e a menor produção de biomassa da parte aérea (BROWN et al., 2018; CALONEGO et al., 2012; GIACOMINI et al., 2003; HENTZ et al., 2014) favorece uma rápida decomposição dos resíduos, independente do manejo de solo adotado. Entretanto a incorporação que ocorre nas operações de gradagem no preparo convencional torna a matéria orgânica mais exposta à ação dos microorganismos, culminando no aumento da velocidade de degradação desta, inviabilizando o acúmulo nas áreas de cultivo. Segundo Raij

(1991), com o manejo consecutivo dos solos ocorre a redução dos teores de matéria orgânica.

A manutenção da matéria orgânica no SC 2 do ano 1 para 2 pode ter ocorrido devido ao excesso de umidade do solo, promovido pelo alto índice pluviométrico registrado nos meses de janeiro, fevereiro e março do ano agrícola 1 (ACREBIOCLIMA, 2018). Fenômeno contrário foi observado logo após o período das chuvas, com o início do “verão amazônico”, caracterizado por baixos índices pluviométricos. A decomposição da matéria orgânica é diretamente afetada por fatores como diminuição da temperatura e da umidade e excesso de água no solo, pois os microorganismos que atuam na decomposição demandam oxigênio (PRIMIERY et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2009; RAIJ, 1991).

Entretanto, o fato principal é de que no ano 2, um ano após a incorporação da palhada de resíduos da pastagem (18 t ha^{-1}), o solo possuía matéria orgânica igual ao teor inicial e superior ao ano 4, enquanto que após 2,5 anos de manejo convencional do solo os teores de matéria orgânica voltaram a ser semelhante ao ano 1. Comprova-se assim esse sistema de preparo não mantém os níveis de matéria orgânica estáveis no solo.

Diferentemente do SC 2, observa-se no SC 1 (plantio direto) que no decorrer das épocas de amostragem do solo houve um acréscimo dos teores de matéria orgânica, devendo-se ainda considerar que o material que compôs a palhada na superfície do solo do plantio direto tenha sido o mesmo incorporado ao solo no preparo convencional. Tal situação evidencia que a adoção do SPD na região é eficiente, pois há capacidade de acumular matéria orgânica progressivamente ao longo dos anos, mesmo com o cultivo de culturas com baixa relação C:N, como é o caso do feijão-caupi e da soja.

Um dos principais problemas para adoção do plantio direto em uma determinada região é a não capacidade do sistema em aumentar os teores de matéria orgânica no solo e na superfície (SILVA et al., 2008). A baixa adição de palhada reduz a eficiência deste sistema, uma vez que a matéria orgânica, juntamente com o não revolvimento do solo, são os principais quesitos para o sucesso desta prática conservacionista de manejo do solo (DEBIASE et al., 2013).

Quanto ao SC 3, em que o manejo de solo no ano agrícola 1 foi em preparo convencional e nos anos seguintes em plantio direto, observa-se que não houve diferenças significativas entre as épocas de amostragem do solo. Dessa forma, a

conversão de pastagem em área agrícola pode seguir este esquema de manejo do solo, uma vez que o preparo convencional no primeiro ano agrícola proporciona a incorporação do calcário e não afeta o teor de matéria orgânica inicialmente, podendo inclusive haver acréscimo ao longo do tempo.

Os teores de matéria orgânica observados no trabalho variaram entre 9,31 e 13,91 g kg⁻¹, valores considerados satisfatórios para solos de textura arenosa das regiões tropicais, que normalmente apresentam valores de até 15 g kg⁻¹ (BENITES et al., 2005), sendo, portanto, as variações acarretadas pelo manejo de solo e/ou culturas.

Considerando que os teores de carbono no solo possuem correlação direta aos teores de matéria orgânica, Sá et al. (2008) afirmam que para haver um balanço positivo de C no solo sob preparo convencional, estima-se ser necessário adicionar aproximadamente 14 t ha⁻¹ de resíduos culturais, enquanto que em solo manejado em semeadura direta seja necessário em torno de 8 t ha⁻¹. Tendo em vista que as culturas conduzidas nos três sistemas de cultivos foram as mesmas, ou seja, os resíduos possuíam a mesma composição, o que difere o plantio direto do preparo convencional é a velocidade em que ocorre as reações no solo. De acordo com Sales et al. (2016) o acúmulo de carbono é proporcional ao tempo de implantação do SPD, sendo este mais pronunciável em superfície, enquanto que o revolvimento do solo no preparo convencional reduz o conteúdo de carbono em razão da rápida oxidação da matéria orgânica.

Para o pH em água do solo não houve interação significativa entre os tratamentos sistemas de cultivo, profundidade e épocas de amostragem (Tabela 10). De acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, tanto os sistemas de cultivo, quanto as profundidades de amostragem não apresentaram variação de pH, sendo o valor médio obtido de 5,23. Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2015), que não observaram variação do pH em função dos manejos em preparo convencional e plantio direto há 20 anos, na camada superficial do solo.

Em relação às épocas de amostragem, obteve-se o menor pH no ano 1 (2014), sendo estatisticamente inferior que os anos 2 e 4. Este fato deve-se a não realização da correção do solo via calagem na fase de conversão da área de pastagem para a agricultura. Na amostragem do ano 2, feita seis meses após a calagem, nota-se o aumento do pH para uma faixa considerada satisfatória para o desenvolvimento da maioria das culturas, que situa-se entre 5 e 8 (LOPES; LIMA, 2015; NICOLODI et al.,

2008), ressaltando a afirmação de que solos ácidos apresentem resposta satisfatória à correção, principalmente da acidez potencial e do pH (GALINDO et al., 2017).

Tabela 10 – Valor pH e teor de hidrogênio e alumínio (H+Al) no solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018

	pH (H ₂ O)	H+Al ³⁺ ---- cmol _c dm ⁻³ ----
Sistemas de cultivo		
SC1	5,08 a	2,73 a
SC2	5,38 a	2,53 a
SC3	5,23 a	2,69 a
Profundidades		
0-5 cm	5,18 a	2,67 a
5-10 cm	5,29 a	2,65 a
10-20 cm	5,23 a	2,63 a
Épocas		
Ano 1 (2014)	4,89 b	3,08 c
Ano 2 (2015)	5,54 a	2,60 b
Ano 4 (2018)	5,27 a	2,27 a

Letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

Não houve diferença estatística entre os anos 2 (2015) e 4 (2018), resultado este também relatado por Nascente et al. (2014), que ao avaliarem os teores de pH antes e após seis anos da correção, com diferentes manejos de solo e de culturas, observaram valores semelhantes de pH.

A manutenção dos valores de pH entre os anos 2 e 4 evidencia que a correção do solo deve ser realizada em intervalos maiores que 3 anos, uma vez que ainda perdura o efeito residual da calagem, impedindo a acidificação do solo. Resultados semelhantes foram descritos por Pauletti et al. (2014), ao observarem que a calagem alterou os atributos químicos do solo após três anos da aplicação, na camada de 0-10 cm, evoluindo para até 20 cm, com seis anos após.

Os sistemas de cultivo e profundidades de amostragem não influenciaram estatisticamente nos teores de hidrogênio mais alumínio, sendo o valor médio obtido de 2,65 cmol_c dm⁻³. Para as épocas constatou-se diferença significativa, de modo que os valores decresceram ao longo das amostragens, com o menor valor observado no ano 4 (Tabela 10).

O Al e o H trocáveis são os principais componentes da acidez do solo com potencial para limitar o rendimento das culturas (NICOLODI et al., 2008), dessa forma a calagem realizada no ano agrícola 1 promoveu uma redução significativa nos teores de hidrogênio e alumínio no ano 2, sendo que o efeito de neutralização se estendeu até o ano 4, em virtude do efeito residual. O aumento dos teores de matéria orgânica a partir do ano 2 pode ter contribuído para a redução dos teores de H+Al no ano 4 (MANCIN, 2010).

Além do efeito residual da calagem, outro fator que deve ser considerado para a redução dos teores de hidrogênio e alumínio do solo, especialmente do H⁺, é que a partir nos anos agrícolas 3 e 4, com o pousio e os cultivos do feijão-caupi e da soja, houve uma redução considerável na aplicação de adubo nitrogenado, quando comparado aos anos 1 e 2 em que foi cultivado milho e com aplicações de 150 kg ha⁻¹ de N.

A adubação nitrogenada é uma das fontes de acidificação do solo, e isto ocorre porque, durante o processo de nitrificação, cada molécula de amônio (NH₄⁺) que é oxidada a nitrato (NO₃⁻) libera dois prótons de hidrogênio (H⁺) (SCHLINDWEIN et al., 2014; CAIRES; MILLA, 2016). Os íons H⁺ liberados durante a reação, passam a ocupar as cargas negativas da fração sólida do solo e, conseqüentemente, libera para a solução as bases, que ficam então sujeitas à lixiviação. Ainda segundo os autores, a cada 100 kg ha⁻¹ N-ureia aplicados em cobertura, há uma perda de 0,44 cmol_c dm⁻³ nos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis e seriam necessários 440 kg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 100% para neutralizar a acidez gerada pela adubação.

Em relação aos teores de cálcio trocável é possível observar na Tabela 11 que este nutriente não teve efeito significativo em função dos tratamentos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem, tendo sido obtido o teor médio de 1,29 cmol_c dm⁻³.

As médias observadas para o Ca²⁺ no presente trabalho encontram-se muito abaixo dos valores encontrados por Santos et al. (2015), que variaram de 2,5 a 3,7 cmol_c dm⁻³, de acordo com o manejo do solo em preparo convencional e direto, profundidades e épocas de amostragem, mesmo sem a realização de calagem por 20 anos. Dessa forma, sugere-se que o material de origem, bem como os demais fatores que atuam sobre a formação de um solo, possuem grande influência nos teores de cálcio do solo, sendo responsáveis pela grande variação nos diversos tipos de solo. Segundo Lopes e Lima (2015), elevadas precipitações conduzem à lixiviação do Ca²⁺,

produzindo solos ácidos e com baixos teores deste nutriente. Os autores citam ainda que em solos com menor concentração de Ca^{2+} , o H^+ torna-se mais tóxico, podendo acarretar inclusive limitação ao desenvolvimento das culturas.

Tabela 11 – Teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis no solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018

	Ca^{2+}	Mg^{2+}
	----- $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----	
	Sistemas de cultivo	
SC1	1,43 a	0,61 a
SC2	1,18 a	0,59 a
SC3	1,25 a	0,75 a
	Profundidade	
0-5 cm	1,38 a	0,77 a
5-10 cm	1,29 a	0,64 b
10-20 cm	1,19 a	0,54 c
	Época	
Ano 1 (2014)	1,35 a	0,60 b
Ano 2 (2015)	1,34 a	0,79 a
Ano 4 (2018)	1,17 a	0,57 b

Letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

Dessa forma a calagem não foi suficiente para alterar os níveis de Ca^{2+} no solo. Tal condição está fora do esperado, uma vez que as principais fontes de cálcio para os solos de áreas agrícolas são o calcário e o gesso agrícola (PAULETTI et al., 2014; PINHEIRO, 2016). Entretanto, é preciso considerar que os teores de Ca^{2+} do solo após o ano 1 (2014) podem ter sido reduzidos devido aos processos de lixiviação, sendo assim a quantidade de calcário aplicada na área experimental, ou mesmo a qualidade do calcário, com PRNT 86%, pode não ter sido suficiente para repor as perdas de Ca^{2+} . Além disso, o que foi disponibilizado pode ter sido equivalente ao exportado com a colheita de milho.

Os sistemas de cultivo não influenciaram os teores de magnésio trocável, obtendo-se o valor médio de $0,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 11). Embora a calagem tenha sido em superfície no SC 1 e com incorporação nos SC 2 e SC 3, mesmo assim não houve diferença entre estes. O que demonstra que em áreas de plantio direto, a não incorporação do calcário não reflete em menores concentrações de Mg^{2+} . Mesmo após as operações de preparo do solo, o efeito se observa em superfície. Onde,

estatisticamente os maiores valores de magnésio são observados na camada superficial de 0-5 cm, com diminuição significativa dos teores em profundidade.

Em relação às épocas de amostragem observou-se diferença significativa, onde o teor de Mg^{2+} foi estatisticamente superior no ano 2 (2015), em virtude da calagem realizada, quando comparado aos anos 1 (2014) e 4 (2018).

Na Tabela 12 são apresentadas as médias para o teor de potássio disponível em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Observa-se que os teores de potássio variaram no ano 1 (2014), na profundidade de 0-5 cm e mais notadamente de 10-20 cm. Estes resultados são atribuídos à própria condição do solo da área experimental, uma vez que a amostragem do ano 1 foi anterior a instalação do experimento, ou seja, antes de realizar os manejos de solo e das culturas. Posteriormente, com os anos de cultivo, uniformizaram-se os teores de K^+ no solo entre os sistemas de cultivo.

Em relação às épocas de amostragem, a variação nos teores de K^+ ocorre apenas na camada de 0-5 cm, não sendo observados diferenças significativas para as demais profundidades.

No ano 1 (2014) os teores de K^+ também foram variáveis em função das profundidades, tornaram-se uniformes no ano 2 e voltaram a serem maiores de 0-5 cm no ano 4. Os teores de K^+ não terem diferido entre as profundidades e sistemas de cultivo avaliados no ano 2 podem ser atribuídos à lixiviação deste nutriente. Isto pode ter ocorrido em virtude dos elevados volumes de precipitação que ocorreram em meados do ano agrícola 1 (Figura 1) e, à medida que a água infiltrava no perfil, os íons de potássio percolavam da camada superficial do solo para as camadas mais profundas.

Segundo Lopes e Lima (2015) o K^+ é um cátion facilmente lixiviado, sendo este um dos principais problemas de perdas desse nutriente nos sistemas agrícolas, bem como da acidificação destes. Além disso, a calagem realizada no ano agrícola 1, antes da amostragem do ano 2, pode ser considerada um fator agravante para os processos de lixiviação do potássio em solos arenosos, que possuem baixo teor de matéria orgânica, pois os íons de Ca^{2+} e Mg^+ adicionados podem deslocar o K^+ do complexo de troca para a solução do solo, deixando-o mais sujeito às perdas por lixiviação (WADT et al., 2005).

Tabela 12 – Teor de potássio disponível no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018

Profundidade	Sistemas de cultivo		
	SC1	SC2	SC3
	Ano 1 (2014)		
0-5 cm	0,17 A a A	0,18 A a A	0,11 B a A
5-10 cm	0,10 A b A	0,11 A b A	0,14 A a A
10-20 cm	0,07 AB b A	0,05 B c A	0,12 A a A
	Ano 2 (2015)		
0-5 cm	0,10 A a B	0,09 A a B	0,11 A a A
5-10 cm	0,10 A a A	0,09 A a A	0,11 A a A
10-20 cm	0,10 A a A	0,08 A a A	0,10 A a A
	Ano 4 (2018)		
0-5 cm	0,13 A a AB	0,15 A a A	0,14 A a A
5-10 cm	0,09 A ab A	0,10 A b A	0,10 A ab A
10-20 cm	0,07 A b A	0,10 A b A	0,07 A b A

Letras maiúsculas nas linhas para sistema de cultivo dentro de cada profundidade e ano; minúsculas nas colunas para profundidade dentro de cada sistema de cultivo e ano; maiúsculas e itálico nas colunas para ano dentro de cada sistema de cultivo e profundidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

Em relação aos teores de fósforo disponível não houve diferença significativa entre as profundidades amostradas (Tabela 13). Embora a matéria orgânica seja responsável por manter os níveis de fósforo no solo, sendo encontrado proporções de aproximadamente 100:2 para C:P (RAIJ, 1991), ainda assim não foi suficiente para aumentar os teores de P na camada 0-5 cm. Deve-se considerar ainda que, apesar do teor de matéria orgânica na camada superficial ter sido maior que as demais (Tabela 9), a adição de fósforo nas linhas de semeadura durante os cultivos não foi suficiente para aumentar os níveis do fósforo disponível no solo, não acarretando diferença entre as profundidades.

Para os sistemas de cultivo, nota-se o maior teor de fósforo nos SC 3 e 2, sendo que os SC 2 e 1 não diferiram entre si (Tabela 13). A incorporação do calcário realizada no SC 3 e posteriormente a continuação do manejo do solo em plantio direto pode ter contribuído para haver fósforo mais disponível neste sistema de cultivo. Segundo Benites et al. (2005) a adição de calcário associado à matéria orgânica torna disponível o fósforo que estava adsorvido.

Tabela 13 – Teor de fósforo disponível (P) e fósforo remanescente (P rem) no solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018

Profundidade	P				P rem		
	----- mg dm ⁻³ -----						
0-5 cm	6,62 a				42,14 a		
5-10 cm	8,16 a				41,47 a		
10-20 cm	8,59 a				40,17 a		

Sistema Cultivo	Época						
	Ano 1 (2014)	Ano 2 (2015)	Ano 4 (2018)	Média	Ano 1 (2014)	Ano 2 (2015)	Ano 4 (2018)
SC 1	4,06	4,74	9,03	5,95 b	36,93 A b	41,37 A a	41,22 A a
SC 2	3,01	6,69	11,47	7,06 ab	45,42 A a	42,51 A a	40,62 A a
SC 3	3,05	10,17	17,58	10,36 a	39,16 A b	43,28 A a	40,22 A a
Média	3,46 C	7,20 B	12,70 A				

Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

Analisando o teor de fósforo disponível em função das épocas de amostragem (Tabela 13), obteve-se no ano 1 (2014) a menor média, enquanto que a maior ocorreu no ano 4 (2018). O manejo do solo e das culturas ao longo dos anos agrícolas com as adições de resíduos das palhadas no solo e o período de pousio, com a correção do solo através da calagem e as adubações de base contribuíram para aumentar a disponibilidade deste nutriente no solo ao longo das épocas.

Embora o maior teor de P disponível tenha sido obtido no ano 4 (2018), as médias ainda se encontram abaixo dos valores relatados para os Latossolos e Argissolos da América Latina, que estão normalmente acima de 18 mg dm⁻³ (Wadt et al., 2005). Os autores citam ainda que as grandes variações no conteúdo de fósforo dos solos ocorrem em virtude da variabilidade dos materiais de origem, bem como do grau de desenvolvimento e condições edafológicas ao qual estes foram submetidos ao longo do tempo.

Durante os quatro anos agrícolas houve a adição total de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, entretanto não foi suficiente para tornar satisfatórios os teores no solo. De acordo com Wadt e Silva (2011), as reações químicas de adsorção ou precipitação ocorrem logo na primeira hora após a adição de uma fonte de fósforo solúvel, ficando aproximadamente 90% do P aplicado indisponível para as plantas.

Os teores de fósforo remanescente não variaram em função das profundidades amostradas (Tabela 13), enquanto que no ano 1 o SC 2 apresentou média superior aos SC 1 e 3. Tal condição não reflete o efeito dos tratamentos de manejo de solo, bem como das culturas, uma vez que a amostragem foi realizada antes do início destes, ou seja, representam os valores já presentes no solo. Isto evidencia a importância de realizar avaliações da fertilidade do solo antes da instalação de um experimento. Após as operações de manejo do solo os teores de P-rem se uniformizaram em toda área experimental.

O fósforo remanescente é caracterizado pelo P que fica na solução de equilíbrio após certo tempo de contato entre o fósforo adicionado e o solo, sendo seus teores utilizados para auxiliar na interpretação da disponibilidade do nutriente para as plantas (WADT; SILVA, 2011). De acordo com os autores, solos com P-rem superior a 36 mg dm^{-3} e P disponível menor que 15 mg dm^{-3} são classificados por apresentarem disponibilidade de P muito baixa.

As variáveis soma de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases são apresentadas na Tabela 14, onde observa-se que não houve interação significativa entre os tratamentos, bem como não foram influenciados estatisticamente pelos sistemas de cultivos. Os resultados aqui obtidos estão de acordo com a afirmação de Raij (1991), em que a CTC do solo é uma característica pouco alterável a curto prazo por práticas agrícolas. Ainda segundo o autor, a CTC é a principal responsável por evitar grandes perdas das bases pelas águas de drenagem, ao mesmo tempo em que as mantém em condição de disponibilidade para as culturas. Logo, solos com baixa CTC são mais propensos à lixiviação dos nutrientes.

A não diferença nos teores da soma de bases entre os sistemas de cultivo podem ter ocorrido devido a condição de solo arenoso da área experimental, que pode ter impedido que o plantio direto se destacasse em relação ao convencional, especialmente pela possível lixiviação das bases. Tal situação pode também ter contribuído para que a saturação por bases obtida tenha ficado aquém do exigido para a maioria das culturas.

Ao analisar, por exemplo, as culturas da soja e milho a porcentagem de saturação por bases exigidos é de 50% quando se deseja obter produtividades intermediárias em solos com textura arenosa na camada superficial (WADT, 2005). Além disso, devido à indisponibilidade de calcário, a dose aplicada em 2015 elevou a

saturação por bases apenas para 42%, o que pode explicar a baixa disponibilidade de nutrientes aquém do desejável no ano 2 (2015).

Tabela 14 – Soma de base (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) no solo em função dos sistemas de cultivo, profundidade e época de amostragem. Rio Branco, Acre, 2014, 2015 e 2018

	SB ----- cmol _c dm ⁻³ -----	CTC	V %
Sistemas de Cultivo			
SC1	2,14 a	4,88 a	43,54 a
SC2	1,87 a	4,40 a	41,78 a
SC3	2,10 a	4,80 a	43,53 a
Profundidade			
0-5 cm	2,28 a	4,95 a	45,5 a
5-10 cm	2,03 ab	4,68 b	42,52 ab
10-20 cm	1,81 b	4,44 c	40,39 b
Época			
Ano 1 (2014)	2,06 ab	5,14 a	39,08 b
Ano 2 (2015)	2,22 a	4,82 a	45,99 a
Ano 4 (2018)	1,84 b	4,11 b	43,62 ab

Letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

O período de pousio, em que não foi realizado nenhum tipo de preparo do solo e semeadura de culturas e a vegetação presente foi a espontânea, pode ter sido crucial para que a área manejada em preparo convencional se estabilizasse, tornando-o semelhante ao plantio direto. A baixa capacidade de acumular matéria seca das plantas espontâneas, quando comparada às espécies de plantas de cobertura (WOLSCHICK et al., 2016) pode ter reduzido a eficiência do plantio direto em aumentar os teores de bases a partir da ciclagem de nutrientes.

Após o primeiro período de pousio foi cultivado o feijão-caupi, onde a ausência da adubação também pode ter contribuído para não haver aumento nos teores de nutrientes na última época de avaliação, pois a cultura apenas exportou nutrientes, uma vez que a contribuição na ciclagem pode ter sido pouco eficiente, devido à baixa produção de resíduos inerentes à cultura.

As maiores médias para soma de bases foram observadas nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, sendo que esta última também não diferiu da camada 10-20 cm, a qual apresentou a menor média. Embora a lixiviação possa ter sido um dos fatores para os

baixos valores de soma de bases presente no solo, este processo não foi suficiente para aumentar os teores na camada mais profunda avaliada no experimento. Quanto às épocas de amostragem, a maior e menor média para soma de bases foram observadas nos anos 2 (2015) e 4 (2018), respectivamente, sendo que o ano 1 (2014) não diferiu de ambos. O calcário aplicado no ano agrícola 1 pode ter contribuído para o aumento da soma de bases no ano 2 (2015), entretanto, após os anos agrícolas seguintes, com os períodos de safra de milho, pousio e das safras de feijão-caupi e soja, houve uma redução significativa no teor das bases do solo, podendo ser um indicador da necessidade de realização de uma nova calagem.

Observa-se um gradiente decrescente em relação a CTC à medida que aumenta a profundidade amostrada, sendo estatisticamente maior na camada 0-5 cm. Tal condição reflete a mesma tendência dos teores de matéria orgânica (Tabela 9), uma vez que esta possui influência direta na CTC dos solos, tanto pela ciclagem de nutrientes que permite que as bases passem a ser disponibilizadas, como também pelas cargas negativas presentes na estrutura da matéria orgânica, contribuindo para a retenção e troca dos cátions (RAIJ, 1991).

Em relação às épocas de avaliação, os maiores teores de CTC são observados nos anos 1 (2014) e 2 (2015), refletindo a mesma tendência observada para a soma de bases. Mantem-se aqui a mesma linha de observação de que a CTC é fortemente influenciada pela matéria orgânica, e que os resíduos que foram adicionados ao solo anteriormente às épocas de amostragem eram plantas gramíneas, como o capim colômbio no ano 1 (2014) e o milho no ano 2 (2015), e que os resíduos dos anos agrícolas anteriores ao ano 4 (2018), foram advindos do feijão-caupi e da soja, caracterizados por menores produção de palhada e relação C:N. Tal condição contribui para uma rápida degradação no sistema, diminuindo a capacidade de reter os cátions, bem como de manter a CTC do solo.

É preciso considerar que os aumentos nos teores de matéria orgânica entre as épocas foram observados nas áreas em plantio direto (SC 1 e 3), com forte redução no preparo convencional (SC 2). Dessa forma, na média entre os sistemas de cultivo, houve uma redução da matéria orgânica no ano 4 (2018), em relação ao 1 (2014), justificando a menor CTC obtida no último ano de avaliação.

Embora tenha havido uma redução na CTC no ano 4 (2018) em relação às anteriores, é preciso considerar que houve também redução nos teores de H+Al nesta

época (Tabela 10). Segundo Raij (1991), a curto prazo, as maiores modificações da CTC se devem a alteração da proporção relativa dos cátions que ocupam a CTC.

Sendo a CTC potencial formada pelos cátions essenciais e acidificantes (SCHLINDWEIN et al., 2014), a redução destes últimos indica que a CTC passou a ser composta por uma maior fração de bases. Considera-se como um solo bom para a nutrição das plantas quando a CTC passa a ser ocupada em maior proporção por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , enquanto que a CTC ocupada em grande parte por cátions acidificantes, considera-se um solo pobre (RONQUIN, 2010).

Isto pode ser confirmado ao analisar a variável saturação por bases, em que as os anos 2 (2015) e 4 (2018) foram estatisticamente superiores ao ano 1 (2014), sendo um reflexo dos maiores teores de H^+ e Al^3 obtidos na primeira época de amostragem. Segundo Pinheiro (2016), ao passo que a calagem aumenta o pH, há também a adição de Ca^{2+} e Mg^{2+} , que culmina na saída do H^+ e Al^3 e propicia o aumento da saturação por bases.

Em relação à influência das profundidades na saturação por bases, manteve-se a mesma tendência da soma de bases e da CTC, ou seja, as maiores médias estão nas camadas superficiais e a menor na profundidade 10-20 cm.

Na Tabela 15 são apresentados os quadrados médios para as variáveis referentes a fração física do solo em função dos sistemas de cultivo e profundidades de amostragem. Para a resistência mecânica a penetração (RMP) houve interação entre os fatores testados, enquanto que para a densidade do solo houve significância apenas para a profundidade de amostragem.

Tabela 15 – Quadrados médios para as variáveis resistência mecânica a penetração (RMP) e densidade do solo (Ds), obtidas em experimento conduzido em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados completos. Rio Branco, Acre, 2015 e 2018

Variável	Quadrados médios				
	SC	Profundidade	SC x Prof.	CV% 1	CV% 2
RMP	410149,12 ^{ns}	3938201,28**	781149,98**	42,40	22,00
Ds	0,006 ^{ns}	0,115**	0,002 ^{ns}	2,50	5,63

^{ns} não significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

* e ** significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% e 1%, respectivamente;

Na Tabela 16 são apresentadas as médias da interação entre sistemas de cultivos e profundidades para a RMP. Para a profundidade 0-5 cm o SC 1 foi

estatisticamente maior que o SC 3, e este não diferiu do SC 2, enquanto que para a profundidade 5-10 cm não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo. E para a profundidade 10-20 cm houve uma inversão de tendência das médias, onde o SC 1 apresentou a menor RMP em relação ao SC 2 (preparo convencional). Esta avaliação foi realizada um ano após o início das atividades agrícolas na área, ou seja, após dois períodos de preparo do solo.

Tabela 16 – Resistência mecânica à penetração em função dos sistemas de cultivo e profundidade de amostragem. Rio Branco, Acre, 2015

Sistemas de Cultivo	Profundidade		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
	----- MPa -----		
SC1	1,73 A b	2,08 A a	1,91 A a
SC2	1,05 A ab	1,98 B a	2,90 C b
SC3	0,83 A a	1,89 B a	2,15 B ab

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

Tavares Filho et al. (2001), ao compararem a resistência a penetração de solo sob preparo convencional e plantio direto, ambos com 20 anos de manejo, observaram que na camada de 0-15 cm a resistência foi maior na área em plantio direto, enquanto que na camada de 15-35 cm não houve diferença entre os preparos e que a partir de 35 cm os valores de resistência foram superiores no sistema convencional. Embora as profundidades avaliadas pelos autores tenham sido distintas, nota-se que houve uma mesma tendência de que a camada superficial do solo seja mais compactada em área de plantio direto.

Segundo Rosolem et al. (1999) quanto maior a porcentagem de argila de um solo, maior é a resistência mecânica à penetração, sendo ainda que esta aumenta à medida que há uma diminuição do teor de água e o aumento da densidade do solo, e que para resistências acima de 1,3 MPa a redução no crescimento de raízes seminais de plântulas de milho é de aproximadamente 50%. Entretanto, Tavares Filho et al. (2001) afirmam que os valores apresentados como restritivos ao desenvolvimento radicular descritos na literatura, que variam de 1 a 3,5 Mpa, não limitam a expansão das raízes de milho, porém o que ocorre é uma alteração na morfologia, efeito estes observados em seus estudos, tanto no preparo convencional como no plantio direto.

Para o solo manejado convencionalmente nos SC 2 e 3, observa-se que a menor RMP ocorreu na camada de 0-5 cm, sendo as médias estatisticamente superiores nas camadas mais profundas avaliadas. As maiores RMP observadas nos sistemas de cultivo em preparo convencional na profundidade 10-20 cm foram acarretadas pelo efeito das atividades de revolvimento do solo, que provoca o aparecimento de camadas mais compactadas em torno nos 20 cm de profundidade, ou seja, na profundidade máxima que os implementos trabalham (TAVARES FILHO et al., 2001; TORRES et al., 2015). Embora o preparo convencional tenha apresentado os maiores valores de RMP, estes ainda encontram-se abaixo do valor estabelecido como alto por Beutler et al. (2001), ao afirmarem que há indicativos de aumento da compactação do solo e restrição do desenvolvimento radicular com RMP superior a 3,04 Mpa.

Nota-se que para o solo manejado em plantio direto do SC 1, não houve diferença estatística entre as profundidades amostradas. Em áreas de plantio direto há uma tendência de que as camadas superficiais fiquem mais compactadas que as camadas mais profundas do solo devido ao tráfego de maquinários e implementos e ausência de revolvimento do solo (BARROS, 2017), entretanto esta tendência não foi verificada no presente estudo até este período de avaliação.

No momento que a avaliação da RMP foi realizada, a área do SC 1 possuía um ano de atividade agrícola em plantio direto. Entretanto, é preciso considerar que o fato da área ter sido convertida diretamente de pastagem para agricultura, sem nenhum preparo de solo, não foi suficiente para tornar a RMP maior na camada superficial. Este resultado pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica presente na camada superficial do solo (Tabela 9), decorrente da elevada quantidade de palhada que foi mantida sobre o solo no momento da conversão da área em agricultura, somada às adições de resíduos dos dois cultivos de milho no ano agrícola 1.

Os resultados da análise de densidade do solo em função dos sistemas de cultivos e profundidades de amostragem são apresentados na Tabela 17. Mesmo o solo cultivado em plantio direto por três e quatro anos, nos SC 3 e 1, respectivamente, não foi suficiente para alterar a densidade do solo em relação ao preparo convencional, ou seja, estatisticamente não houve diferença entre os sistemas de cultivo.

Segundo Silva et al. (2008), ao avaliar uma área de plantio direto com 6 anos, observaram que não foi suficiente para alterar a qualidade física do solo, quando

comparado com áreas de plantio direto mais jovens, com 2 e 4 anos. Nogueira et al. (2016) em área de plantio com três anos, não obtiveram diferença significativa para densidade do solo em função do manejo em semeadura direta ou convencional, em todas as profundidades avaliadas. Os autores afirmam que este período não é suficiente para haver aumento significativo no acúmulo de MO no plantio direto, e conseqüentemente, não é possível que haja alteração na fração física do solo, como por exemplo, a diminuição da porosidade total que aumenta a compactação do solo.

Tabela 17 – Densidade do solo em função dos sistemas de cultivo e profundidade de amostragem. Rio Branco, Acre, 2018

Sistemas de Cultivo	Profundidade			Média
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	
	----- g kg ⁻¹ -----			
SC1	1,39	1,59	1,60	1,53 a
SC2	1,45	1,62	1,64	1,57 a
SC3	1,48	1,62	1,59	1,56 a
Média	1,44 A	1,61 B	1,61 B	
Antes*	1,96	2,14	2,23	

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

* densidade do solo antes dos manejos de solo e das culturas (ano 1).

Em relação às profundidades de amostragem a menor densidade foi observada na camada superficial de 0-5 cm, enquanto que as camadas 5-10 e 10-20 cm apresentaram valores estatisticamente maiores e não diferiram entre si. A menor densidade observada na camada 0-5 cm pode ser atribuída ao maior acúmulo de matéria orgânica nesta camada para o plantio direto (Tabela 9), mesmo tendo sido modesto o aumento no teor.

Outro ponto a ser considerado é que houve uma redução dos valores de densidade do solo, em relação à amostragem antes da instalação do experimento, da ordem de 27, 25 e 28%, respectivamente para as profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, como pode ser observado na Tabela 17, ao comparar com os resultados da amostragem feita no ano 1 antes dos manejos do solo e das culturas. Logo, as atividades de manejo do solo, bem como de culturas em rotação e períodos de pousio reduziram consideravelmente a densidade do solo tanto em plantio direto quanto em preparo convencional (Tabela 9). Embora o preparo convencional do solo apresente uma tendência de causar compactação do solo, especialmente abaixo da

profundidade de ação do implemento de revolvimento do solo, a realização da atividade em condições de umidade adequada pode reduzir os efeitos negativos dos preparos do solo (EMBRAPA, 2013).

Braida et al. (2006) afirmam que quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, menor é o valor de densidade máxima obtida, sendo esta tendência verificada tanto para solo argiloso, como também para textura franco-arenosa, ao realizar o ensaio na camada de 0-5 cm. Os resultados obtidos pelos autores justificam a tendência também observada no presente trabalho, uma vez que os teores médios de matéria orgânica foram superiores após o quarto ano dos sistemas de cultivo, quando comparados à condição inicial da área. Além disso, a D_s é um indicador físico que se correlaciona inversamente com a produtividade da cultura da soja, ou seja, quanto menor a densidade do solo, maior será o rendimento da cultura (BARROS, 2017). Dessa forma a utilização da soja na rotação apenas no quarto ano agrícola foi favorecida pelos incrementos de resíduos no solo dos cultivos contínuos de milho.

Avaliando o rendimento de grãos em função dos sistemas de cultivo, obteve-se na segunda safra ano agrícola 3 uma produtividade média entre os SC 1 e 2 de 614,60 kg ha⁻¹ de grãos de feijão-caupi, sendo que para o SC 3 a cultura foi empregada como planta forrageira, não tendo sido feito a colheita de grãos. A produtividade obtida encontra-se muito próxima à média para o Estado do Acre (630 kg ha⁻¹) e acima da média brasileira (516 kg ha⁻¹) para o feijão-caupi cultivado na segunda safra (CONAB, 2018).

Em relação à cultura da soja, observa-se que em relação ao número de plantas por hectare não houve diferença estatística entre os sistemas de cultivo, sendo obtido uma média de 68.660 plantas ha⁻¹ (Tabela 18). Entretanto é preciso considerar que o estande final de plantas foi muito baixo, quando comparado à densidade de semeadura que foi de 240 mil sementes ha⁻¹. Esses resultados podem ser atribuídos à profundidade de semeadura ter sido superior à recomendação para a cultura que é de 3 a 5 cm e a problemas na distribuição de sementes nos mecanismos da semeadora múltipla, uma vez que o lote de sementes apresentou porcentagem de germinação adequada. Semeaduras mais profundas dificultam a emergência da plântula, especialmente em solos arenosos que são sujeitos ao assoreamento, além disso, maior é a área de solo mobilizado pela haste sulcadora, tornando o solo mais suscetível à compactação na linha de semeadura (GROTTA et al., 2007; EMPRAPA, 2013).

Tabela 18 – Número de plantas, altura de plantas, altura da 1^o vagem, número de nós e número de hastes de plantas de soja em função dos sistemas de cultivo. Rio Branco, Acre, 2018

Sistemas de cultivo	Número de plantas plantas ha ⁻¹	Altura de plantas ¹ ----- cm -----	Altura da 1 ^a vagem	Número de nós nós planta ⁻¹	Número de hastes hastes planta ⁻¹
SC 1	67.166,67	63,82 b	13,60	17,43	6,13 b
SC 2	60.500,00	71,92 a	14,12	17,98	6,95 a
SC 3	78.333,33	64,92 b	14,59	17,61	6,60 ab
Teste F	974333333,33 ^{ns}	0,91 ^{**}	2,76 ^{ns}	0,948 ^{ns}	2,01 [*]
CV(%)	26,66	3,23	15,78	5,66	10,26

¹ dados transformados para \sqrt{x} ; ^{ns} não significativo, * significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

As menores alturas de plantas de soja foram obtidas em área plantio direto (SC 1 e 3), quando comparadas ao preparo convencional (SC 2) e para o número de nós por planta não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo. Em relação ao número de hastes por planta, os maiores valores foram observados em área de preparo convencional do solo, sendo que o SC 3 foi estatisticamente igual ao SC 2 e SC 1 (Tabela 18).

O revolvimento do solo no preparo convencional no SC 2, ou mesmo o preparo realizado no primeiro ano no SC 3 pode ter tornado o solo mais favorável ao desenvolvimento da cultura, especialmente por favorecer a expansão do sistema radicular (SILVA et al., 2012a) e conseqüentemente resultando em maiores plantas. As plantas maiores, por sua vez, refletiram em maiores números de hastes e de vagens por planta.

Os números de vagens e de grãos por planta e a massa de 100 grãos não diferiram estatisticamente entre os sistemas de cultivo. As menores produtividades foram obtidas em área de plantio direto, entretanto o SC 3 também teve o rendimento de grãos estatisticamente igual a maior média observada no SC 2, em preparo convencional (Tabela 19). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2012a), ao obterem a mesma produtividade de soja, em área de preparo

convencional e de plantio direto não contínuo, que é caracterizado pelo revolvimento do solo em algumas épocas da rotação para eliminar a soqueira de algodão.

Tabela 19 – Número de vagens, número de grãos, massa de 100 grãos e produtividade de plantas de soja em função dos sistemas de cultivo. Rio Branco, Acre, 2018

Sistemas de cultivos	Número de vagens	Número de grãos ¹	Massa de 100 grãos ²	Produtividade
	vagens planta ⁻¹	grãos planta ⁻¹	g	kg ha ⁻¹
SC 1	15,69	25,66	19,47	1.077,72 b
SC 2	19,46	35,16	21,23	1.701,28 a
SC 3	17,28	28,69	21,06	1.476,83 ab
Teste F	42,91 ^{ns}	757623, 20 ^{ns}	14508502,15 ^{ns}	1197015,02*
CV (%)	20,95	53,32	23,85	34,22

¹ dados transformados para x^2 ; ² dados transformados para x^3 ; ^{ns} não significativo, * significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SC 1: manejo do solo em plantio direto nos anos 1, 2, 3 e 4; SC 2: manejo do solo em preparo convencional nos anos 1, 2, 3 e 4 e; SC 3: manejo do solo em preparo convencional no ano 1 e em plantio direto nos anos 2, 3 e 4.

O fato do plantio direto contínuo ao longo dos anos agrícolas (SC 1) não ter se destacado pode ser devido à ausência de plantas de cobertura, que não permitiu caracterizar esse sistema de cultivo como um SPD, e conseqüentemente não proporcionou resultados esperados. A manutenção de cobertura adequada para o solo do plantio direto é altamente dependente das espécies de cobertura utilizadas na área, e estas por sua vez devem possuir adaptação às limitações climáticas da região (ALVARENGA et al., 2001), especialmente no caso da região Amazônica, em que ocorre longo período com restrição hídrica durante os períodos de entressafra.

Quando comparado ao milheto, a manutenção das plantas espontâneas como planta de cobertura, dependendo da quantidade de palhada que as espécies são capazes de produzir, podem ter resultado semelhantes, entretanto ao associar o efeito da proteção do solo e da supressão de plantas daninhas, o milheto possui maior eficiência (PIRES et al., 2008). Soma-se a isto, o fato dos diferentes sistemas radiculares das plantas de cobertura tornarem o solo um ambiente mais propício ao

desenvolvimento da soja (SULZBACH et al., 2017), com potencial de afetar positiva e diretamente a produtividade da soja em plantio direto (OLIVEIRA et al., 2013).

Mesmo nos SC 2 e 3, que apresentaram as maiores produtividades de grãos, estas ainda encontram-se abaixo das médias para a cultura da soja no Estado do Acre (2.055 kg ha^{-1}) e no Brasil (3.382 kg ha^{-1}) para a safra 2017/2018 (CONAB, 2018). O principal fator atribuído a estes resultados é o baixo estande final de plantas obtidos no experimento. Santos et al. (2018) avaliando as densidades de plantas de 8, 12 e 18 plantas por metro, no espaçamento 0,45 m entre linhas, observaram que as maiores produtividades (3.322 kg ha^{-1}) são obtidas quando utilizam-se as menores densidades de plantas. Entretanto os autores afirmam que deve ser utilizado um estande de plantas que permita melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para obter maior crescimento e rendimento de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade et al. (2016). Dessa forma, o estande do presente trabalho não permitiu que a cultivar tenha expressado todo o seu potencial genético.

4.4 CONCLUSÕES

O preparo convencional do solo no primeiro ano e plantio direto com rotação de culturas nos demais anos agrícolas possui maior eficiência no acúmulo de matéria orgânica ao longo de quatro anos de cultivos e permite obter produtividade de grãos de soja semelhante ao preparo convencional.

Nas profundidades 0-5 e 5-10 cm do solo concentram-se os maiores teores dos cátions básicos e de saturação por bases.

Após um ano de manejo de solo e das culturas, o sistema de cultivo em plantio direto proporciona uma resistência mecânica a penetração constante na camada de 0-20 cm. No sistema de cultivo em preparo convencional ocorre um aumento a partir da camada de solo de 5-10 cm quando comparado ao plantio direto.

Os preparos do solo em plantio direto e convencional apresentam valores de densidade do solo similares após quatro anos de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ACRE, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Zoneamento ecológicoeconômico do Estado do Acre: documento síntese, 2ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2010.
- ACREBIOCLIMA. Grupo de estudos e serviços ambientais. Rio Branco, Acre, 2018. Disponível em: http://www.acrebioclima.pro.br/PluvD_UFAC18.html. Acesso em: 03 jul 2018.
- ANDRADE, F. R.; NÓBREGA, J. C. A.; ZUFFO, A. M.; MARTINS JUNIOR, V. P.; RAMBO, T. P.; SANTOS, A. S. dos. Características agronômicas e produtivas da soja cultivada em plantio convencional e cruzado. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 91, n. 1, p. 81-91, jan./abr., 2016.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, jul./ago., 2009.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ., J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan./fev., 2001.
- BARROS, L. R. **Escarificação e gessagem na descompactação do solo sob sistema plantio direto**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- BENITES, V. de M.; MADARI, B.; BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. de A. **Matéria orgânica do solo**. 2005. In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 93-120.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 2, p. 167-177, mar./abr., 2001.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4 p. 605-614, jul./ago., 2006.
- BROWN, V.; BARBOSA, F. T.; BERTIL, I.; MAFRA, A. L.; MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, p. 1-7, mês, 2018.
- CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2016.
- CALEGARI, A.; COSTA, A. Sistemas conservacionistas de uso do solo. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo**

e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 279-308.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes de palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, Sept./Oct. 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos.** Brasília, DF: CONAB, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2014.** Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Sistemas de Produção, 16).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2013, 72 p. (Documentos, 342).

GALINDO, F. S.; SILVA, J. C. da; GERLACH, G. A. X.; FERREIRA, M. M. R.; COLOMBO, A. de S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Matéria seca do feijoeiro e correção da acidez do solo em função de doses e fontes de corretivos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 36, p. 141-151, jul./set., 2017.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCULO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 325-334, mar./abr., 2003.

GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; SANTOS, L. dos; CORTEZ, J. W.; REIS, G. N. dos. Cultura da soja em função da profundidade de semeadura e da carga vertical sobre a fileira de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 487-492, maio/ago., 2007.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, H. V. de; SERRA, A. P.; COSTA, J. R.; GUEDES, R. da S. Impacts of different management systems on the physical quality of an Amazonian Oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1269-1277, jul./ago., 2012.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 Ed. Especial II, p. 663-676, 2014.

LANDERS, J. N. **Histórico, características e benefícios do plantio direto.** Brasília, DF: ABEAS, 2005. 113p.

LOPES, N. F.; LIMA, M. da G. de S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 492p.

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono no solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, mar./abr., 2005.

MANCIN, C. R. **Matéria orgânica e formas de alumínio em um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto consolidado**. 2010. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

MARIA, I. C. de. Geotecnologias e modelos aplicados ao manejo e conservação do solo e da água. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 93-104.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N. da; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLLETA, Q. P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun., 2012.

MORAES, T. P. de; BRITO, C. H. de; FERREIRA, A. de S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 6, p. 507-514, nov./dez. 2015.

MOURA, E. G. de; ALBUQUERQUE, J. M.; AGUIAR, A. das C. F. Growth and productivity of corn as affected by mulching and tillage in alley cropping systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 2, p. 204-208, mar./abr., 2008.

NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M. da; LOBO JUNIOR, M.; SANTOS, G. G.; CUNHA, P. C. R. da. Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de culturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 153 – 163, out./dez. 2014.

NASCIMENTO, P. C. do; BAYER, C.; SILVA NETTO, L. de F. da; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1821-1827, nov./dez., 2009.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 237-247, jan./fev., 2008.

NOGUEIRA, K. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; TROLEIS, M. J. B.; BARRETO, R. F.; OLIVEIRA, M. P. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 115, n. 1. P. 45-54, jan./fev. 2016.

OLIVEIRA, P. de; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 2, p. 249-256, mar./abr., 2013.

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002.

PAULETTI, V.; PIERRI, L. de; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 495-505, mar./abr., 2014.

PINHEIRO, M. H. **Avaliação de propriedades químicas de solos de cerrado sobre diferentes fontes de calcário**: propostas para adubação de áreas de pastagens. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2016.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L. de; PROCÓPIO, S. de O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 2, p. 94-101, mar./abr., 2008.

PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H. de M. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 3-9, jan./dez. 2017.

QUEIROZ, L. R.; COSTA, F. de S.; OLIVEIRA, T. K. de; MARINHO, J. T. de S. **Aspectos da cultura do milho no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 30 p. (Documentos, 136).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite: Campinas, 2010. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M. CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 821-828, mai. 1999.

SÁ, J. C. M.; SÁ, M. F. M.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, A. O. 2008. **Dinâmica da Matéria Orgânica nos Campos Gerais**. In: SANTOS, G. de A. (Ed.); SILVA, L. S. da (Ed.); CANELLAS, L. P. (Ed.); CAMARGO, F. A. de O. (Ed.) (Org.). Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole. 1, pp.443-461.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORATO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no

semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, jul./set., 2016.

SANTOS, G. X. L.; FINOTO, E. L.; CORDEIRO JUNIOR, P. S.; TOKUDA, F. S.; MARTINS, M. H. Efeito da densidade de plantas nas características agronômicas de dois genótipos de soja no noroeste paulista. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, Edição especial, p. 115-124, jul., 2018.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 477-486, mai./jun., 2003.

SANTOS, H. P. dos; SPERA, S. T.; FONTANELI, R. S.; LOCATELLI, M.; SANTI, A. Alterações edáficas decorrentes de diferentes manejos de solo e rotação de culturas em Latossolo sob condições subtropicais. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 04, p. 233-240, out./dez. 2015.

SCHLINDWEIN, J. A.; MARCOLAN, A. L.; PASSOS, A. M. A. dos; MILITÃO, J. S. L. T.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; PEREIRA, A. P. M.; TONINI, J. **Atualizações em calagem de solos em Rondônia**. 2014. In: WADT, P. G. S.; MARCOLAN, A.; MATOSO, S. C. G.; PEREIRA, M. Manejo dos solos e a sustentabilidade da produção agrícola na Amazônia Ocidental. Porto Velho: Embrapa Rondônia. 302p.

SILVA, F. de F. da; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 191-204, abr./jun. 2008.

SILVA, M. A. de A. e; AZEVEDO, L. P. de; SAAD, J. C. C.; MICHELS, R. N. Propriedades físico-hídricas, desenvolvimento radicular e produtividade da soja em dois tipos de manejos de solo. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 387-396, jul./set., 2012a.

SULZBACH, L. G.; SECCO, D.; TOKURA, L. K.; VILLA, B. de; RUFFATO, G. G. Implicações de espécies de cobertura em parâmetros físico-hídricos de um latossolo argiloso e no rendimento de grãos de soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p. 280-286, Edição Especial, 2017.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 725-730, mai./jun., 2001.

TORRES, J. L. R.; ANGELOTTI NETTO, A.; SOUZA, Z. M. de; ASSIS, R. L. de. Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 27, n. 3/4, p. 316-325, jul./dez., 2015.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

WADT, P. G. S. **Recomendação de adubação para as principais culturas** In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p.491-635.

WADT, P. G. S.; SILVA, J. R. T. da; FURTADO, S. C. **Dinâmica de nutrientes como ênfase para as condições de solos do Estado do Acre.** 2005. In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p.175-228.

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. da. **Determinação do fósforo remanescente para a avaliação da disponibilidade de fósforo em solos do estado do Acre.** Embrapa Acre: Rio Branco, AC, 2011. 5 p. (Comunicado Técnico, 178).

WOLSCHICK, N. H; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. de S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 2, p. 134-143, maio/ago., 2016.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; MATOS, E. da S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ALMEIRA, F. T. de; SOUZA, A. P. de; MINGOTI, R. Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1223-1230, set. 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresenta informações relevantes para desenvolver adaptações e promover adoção do sistema de plantio direto no Estado do Acre. Desta forma detectou-se que após quatro anos de manejo de solo em preparo convencional há uma redução dos teores de matéria orgânica, enquanto que o solo manejado em plantio direto, com preparo convencional no primeiro ano agrícola, é o sistema de cultivo mais eficiente por manter os teores de matéria orgânica ao longo dos anos. Além disso, o plantio direto apresenta-se como prática mais adequada para os cultivos de segunda safra, ao considerar-se que pode atenuar os efeitos do déficit hídrico em safras onde a semeadura é feita tardiamente, por possuir maior capacidade de armazenar água no solo, quando comparado com a área preparada convencionalmente, fato que necessita de comprovação, em futuros estudos científicos a serem desenvolvidos no Estado.

A partir da quarta safra de cultivo sequencial de milho o rendimento da cultura é superior nas áreas preparadas em plantio direto. Entretanto, uma vez adotado o sistema, recomenda-se a adequada adubação nitrogenada em cobertura, sob pena de comprometer em 50% o rendimento de grãos da cultura do milho na ausência de N.

Outro ponto a ser destacado é que o cultivo sequencial de milho, amplamente empregado no Acre, pode ter papel fundamental nos anos iniciais de implantação do sistema plantio direto, por contribuir com a incorporação dos corretivos aplicados e com o aumento significativo nos teores de matéria orgânica do solo ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS GERAIS

ABEAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. Secagem de sementes. Brasília, DF, 1987. 37 p.

ACOSTA, J. A. de A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 2009. 200 f. Tese (Doutorado em Biodinâmica e Manejo do Solo) – Programa de Pós-graduação Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

ACRE, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Zoneamento ecológicoeconômico do Estado do Acre: documento síntese, 2ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2010.

ACREBIOCLIMA. Grupo de estudos e serviços ambientais. Rio Branco, Acre, 2018. Disponível em: http://www.acrebioclima.pro.br/PluvD_UFAC18.html. Acesso em: 03 jul 2018.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo, 2012.

AJEIGBE, H. A.; SINGH, B. B.; EZEAKU, I. E.; ADEOSUN, J. O. On-farm evaluation of improved cowpea-cereals cropping systems for crop-livestock farmers: cereals cowpea systems in Sudan savanna zone of Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 5, n. 4. p. 2297-2304, Sep., 2010.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ., J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan./fev., 2001.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. **A cultura do milho na integração lavoura pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 80).

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, abr., 2004.

ANDRADE, A. G. de; FREITAS, P. L. de; LANDERS, J. Aspectos gerais sobre o manejo e conservação do solo e da água e as mudanças ambientais. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 25-42.

ANDRADE, F. R.; NÓBREGA, J. C. A.; ZUFFO, A. M.; MARTINS JUNIOR, V. P.; RAMBO, T. P.; SANTOS, A. S. dos. Características agronômicas e produtivas da soja cultivada em plantio convencional e cruzado. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 91, n. 1, p. 81-91, jan./abr., 2016.

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

ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G. Aspectos gerais relacionados à expansão da agricultura brasileira. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 81-84.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R. F.; BORTOLINI C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 31, n. 4, p. 715-722, jul./ago. 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 519-527, abr. 2002.

ASSIS, R. L. de; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um nitossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 515-522, jul./ago., 2005.

BALBINO, L. C.; BARCELOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: Integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2011a.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1-12, out. 2011b.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, set, 2009.

BARROS, L. R. **Escarificação e gessagem na descompactação do solo sob sistema plantio direto**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

BENITES, V. de M.; MADARI, B.; BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. de A. **Matéria orgânica do solo**. 2005. In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 93-120.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p.831-839, set. 2004.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 2, p. 167-177, mar./abr., 2001.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de; BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, São Luiz, v. 6, n. 1, pág. 75-83, jan./abr., 2012.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4 p. 605-614, jul./ago., 2006.

BRAVIN, M. P. **Doses de nitrogênio em cobertura no plantio direto e convencional de milho e braquiária em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2014.

BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraés sob plantio direto e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 10, p. 762-770, out., 2014.

BRITO, M. de M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.206-215, jan./mar., 2011.

BROWN, V.; BARBOSA, F. T.;BERTIL, I.; MAFRA, A. L.; MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, p. 1-7, jan./mar., 2018.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2016.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Sistemas conservacionistas de uso do solo. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 279-308.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes de palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, Sept./Oct. 2012.

CAMPBELL, B.; CHEN, C.; DYGERT, C.; DICK, W. Tillage and crop rotation impacts on greenhouse gas fluxes from soil at two longterm agronomic experimental sites in Ohio. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 69, n. 6, p. 543-552, Nov./Dec., 2014.

CAMPOS, M. C. C.; SILVA, V. A. da; CAVALCANTE, Í. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agrônômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 77-84, jan./mar., 2010.

CARDOSO, S. de M.; SORATTO, R. P.; SILVA, A. H. da; MENDONÇA, C. G. de. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, jan./mar., pp. 23-28, 2011.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 277-289, mar./abr., 2010.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. de C.; GODINHO, V. de P.; HERPIN, U.; CERRI, C. C. Conversion of cerrado into agricultural land in the south-western amazon: carbono stocks and soil fertility. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 233-241, mar./abr., 2009.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G. de; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil**: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; HOLANDA, H. V. de; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 42, n. 10, p. 1804-1810, out. 2012.

CHIODINI, B. M.; SILVA, A. G. da; NEGREIROS, A. B.; MAGALHÃES, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 181-190, jan./mar., 2013.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUZA, S. A. Consórcio de sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 306-313, jul./set., 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos. Brasília, DF: CONAB, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos. Brasília, DF: CONAB, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos. Brasília, DF: CONAB, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos. Brasília, DF: CONAB, 2018.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. de A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, ago. 2012.

CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. In:

REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. P. 1-4.

CUNHA, T. P. L. da; MINGOTTE, F. L. C.; CARMEIS FILHO, A. C. de A.; CHIAMOLERA, F. M.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Agronomic performance of common bean in straw mulch systems and topdressing nitrogen rates in no-tillage. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 5, p. 489-495, set./out., 2015.

DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 72 p. (Documentos, 342).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B.; SATTLER, A.; DENARDIN, N. D.; FAGANELLO, A.; WIETHÖLTER, S. **Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira**. In: Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.1251-1274.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C.; MANFREDINI, S. A produção de soja no Brasil e a sua relação com o desmatamento na Amazônia. **Revista presença geográfica**, Porto Velho, v. 1, n. 1, p. 32-47, jan./dez., 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Sistemas de Produção, 16).

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, nov./dez, 2003.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M.; SICHIERI, F. R.; TEIXEIRA, L. C. **Soja em solos arenosos: papel do sistema plantio direto e da integração lavoura-pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 10 p. (Circular Técnica, 116).

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte: Teresina, 2011. 80p.

FREITAS, R. M. O. de; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L. de; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. de S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscienci. Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393-401, mar./abr., 2014.

GALINDO, F. S.; SILVA, J. C. da; GERLACH, G. A. X.; FERREIRA, M. M. R.; COLOMBO, A. de S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Matéria seca do feijoeiro e correção da acidez do solo em função de doses e fontes de corretivos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 36, p. 141-151, jul./set., 2017.

GARCIA, C. M. de P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S. M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 143-152, abr./jun., 2014.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCULO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 325-334, mar./abr., 2003.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; LANZANOVA, M. E.; TASCA, A. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 86-96, abr./jun., 2017.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 931-938, set./out. 2007.

GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; SANTOS, L. dos; CORTEZ, J. W.; REIS, G. N. dos. Cultura da soja em função da profundidade de semeadura e da carga vertical sobre a fileira de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 487-492, maio/ago., 2007.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, H. V. de; SERRA, A. P.; COSTA, J. R.; GUEDES, R. da S. Impacts of different management systems on the physical quality of an Amazonian Oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1269-1277, jul./ago., 2012.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 Ed. Especial II, p. 663-676, 2014.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 39-46, jan./mar. 2005.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 553-560, out./dez. 2004.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; SABUNDJIAN, M. T.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C.; LEAL, A. J. F.; NASCIMENTO, V. Fontes e modos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 9, n. 2, p. 191-196, jan./mar., 2015.

LANDERS, J. N. **Histórico, características e benefícios do plantio direto**. Brasília, DF: ABEAS, 2005. 113p.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 491-501, mar./abr., 2013.

LIMA, R. P. de; LEÓN, M. J. de; SILVA, A. R. da. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 1, p. 16-20, jan./fev., 2013.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas**. 3ª edição revisada e atualizada. São Paulo: ANDA, 2000. 74 p.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004, 110p.

LOPES, N. F.; LIMA, M. da G. de S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 492p.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, out., 2011.

KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRAM M. F. de; MOURÃO, S. A. **Manejo das forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* consorciadas com o milho em sistemas de integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7p. (Circular Técnica, 130).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração Lavoura-Pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 183-223. 570p.

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono no solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, mar./abr., 2005.

MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G. de; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 80, n. 1-2, p. 185-200, jan., 2005.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23 p. (Circular Técnica, 22).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76).

MANCIN, C. R. **Matéria orgânica e formas de alumínio em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto consolidado**. 2010. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

MARIA, I. C. de. Geotecnologias e modelos aplicados ao manejo e conservação do solo e da água. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 93-104.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T. de; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 397-405, jul./ago., 2009.

MASCARENHAS, H. A. A.; NAGAI, V.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; TAKANA, R. T. Sistema de rotação de culturas de milho, algodão e soja e seu efeito sobre a produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 53-61, jan./mar., 1993.

MASCARENHAS, H. A. A.; NOGUEIRA, S. S. S.; TAKANA, R. T.; MARTINS, A. L. M.; CARMELLO, Q. A. C. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalaria no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 534-537, maio./jun., 1998.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N. da; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLLETA, Q. P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun., 2012.

MEDEIROS, R. D. de; ARAÚJO, W. F.; COSTA, M. C. Efeito de sistemas de preparo do solo e métodos de irrigação sobre a cultura do caupi em várzeas em Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 205-209, abr./jun., 2005.

MELO, S. R. de; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, set., 2009.

MORAES, T. P. de; BRITO, C. H. de; FERREIRA, A. de S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 6, p. 507-514, nov./dez. 2015.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 512-522, mês, 2015.

MOURA, E. G. de; ALBUQUERQUE, J. M.; AGUIAR, A. das C. F. Growth and productivity of corn as affected by mulching and tillage in alley cropping systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 2, p. 204-208, mar./abr., 2008.

NANTES, F. P.; CARVALHO, I. F. B. de. **Componentes de produção do milho e resistência à penetração em função do sistema de manejo e da velocidade de semeadura**. 2016. 25 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M. da; LOBO JUNIOR, M.; SANTOS, G. G.; CUNHA, P. C. R. da. Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de culturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 153 – 163, out./dez. 2014.

NASCIMENTO, P. C. do; BAYER, C.; SILVA NETTO, L. de F. da; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1821-1827, nov./dez., 2009.

NEVES, A. C. das; CÂMARA, J. A. da S.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar**. Embrapa Meio-Norte: Teresina, 2011. (Circular Técnica, 51). 15p.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 237-247, jan./fev., 2008.

NOGUEIRA, K. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; TROLEIS, M. J. B.; BARRETO, R. F.; OLIVEIRA, M. P. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 115, n. 1. p. 45-54, jan./fev. 2016.

OLIVEIRA, E. de; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. de; JESUS, J. C. S. de; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. dos. Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 3, p. 243-254, jul./set., 2015.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; BALBINO, L. C.; FARIA, M. P.; MAGNABOSCO, C. de U.; SACARPATI, M. T. V.; PORTES, T. de A.; BUSO, L. H. **Sistema Barreirão**: utilização de fosfatagem na recuperação de pastagem

degradada. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998, 51p. (Circular Técnica, 31).

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 1996, 90p. (Documentos, 64).

OLIVEIRA, J. G. R. de; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. de F.; BARBOSA, G. M. de C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 91-98, set./dez., 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. L.; CARVENALLI, R. A.; PERES, A. A. C.; REIS, J. C.; MORAES, M. C. M. M.; PEDREIRA, B. C. Análise econômico-financeira de sistemas integrados para a produção de novilhas leiteiras. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 65, n. 250, p. 203-212, jun./ago., 2016.

OLIVEIRA, P. de; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 2, p. 249-256, mar./abr., 2013.

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002.

PAULETTI, V.; PIERRI, L. de; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 495-505, mar./abr., 2014.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil**: safra 2016/2017. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 2016. 33 p. (Documentos, 202).

PEREIRA, F. de S. **Qualidade física e química do solo em sistemas de cultivo e produtividade do milho e da soja**. 2013. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2013.

PEREIRA, J. C. C. N. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; MARTINS, A. L. M.; BRAGA, N. R.; SAWASAKI, E.; GALLO, P. B. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura no cultivo contínuo do milho e do algodão e em rotação de culturas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 95-108, jan./mar., 1988.

PERUZZO, A.; LUNELLI, A.; ALVES, M. V.; NESI, C. N. Efeito do nitrogênio incorporado ou em superfície na produtividade de milho. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 16, n. 3, p. 33-41, jul./set., 2015.

PINHEIRO, M. H. **Avaliação de propriedades químicas de solos de cerrado sobre diferentes fontes de calcário**: propostas para adubação de áreas de pastagens. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2016.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L. de; PROCÓPIO, S. de O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 2, p. 94-101, mar./abr., 2008.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropical**. São Paulo: Nobel, 2002.

PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H. de M. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 3-9, jan./dez. 2017.

QUADROS, P. D. de; ZHALNINA, K.; DAVIS-RICHARDSON, A.; FAGEN, J. R.; DREW, J.; BAYER, C.; CAMARGO, F. A. O.; TRIPLETT, E. W. The effect of tillage system and crop rotation on soil microbial diversity and composition in a subtropical Acrisol. **Diversity**, Basel, v. 4, n. 4, p. 375-395, Oct., 2012.

QUEIROZ, A. M. de; SOUZA, C. H. E. de; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. de A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, set./dez. 2011.

QUEIROZ, L. R.; COSTA, F. de S.; OLIVEIRA, T. K. de; MARINHO, J. T. de S. **Aspectos da cultura do milho no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 30 p. (Documentos, 136).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, set./out., 2004.

RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204 p.

RIBEIRO, L. da S.; OLIVEIRA, I. R. de; DANTAS, J. S.; SILVA, C. V. da; SILVA, G. B. da; AZEVEDO, J. R. de. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1699-1702, set., 2016a.

RIBEIRO, P. L.; BAMBERG, A. L.; REIS, D. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de. Condições físico-hídricas de Planossolo cultivado com soja em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1484-1491, set., 2016.

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite: Campinas, 2010. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. de; BOLLER, W. Weeds suppression and agronomic characteristics of maize crop under leguminous crop residues in no-tillage system. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Itzimna, v. 16, n. 3, p. 455-463, Sep./Dec., 2013.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. de; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 221-230, abr./jun., 2017.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M. CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 821-828, mai. 1999.

SÁ, J. C. M.; SÁ, M. F. M.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, A. O. 2008. **Dinâmica da Matéria Orgânica nos Campos Gerais**. In: SANTOS, G. de A. (Ed.); SILVA, L. S. da (Ed.); CANELLAS, L. P. (Ed.); CAMARGO, F. A. de O. (Ed.) (Org.). Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole. 1, pp.443-461.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, jul./set., 2016.

SANTOS, G. X. L.; FINOTO, E. L.; CORDEIRO JUNIOR, P. S.; TOKUDA, F. S.; MARTINS, M. H. Efeito da densidade de plantas nas características agronômicas de dois genótipos de soja no noroeste paulista. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, Edição especial, p. 115-124, jul., 2018.

SANTOS, H. P. dos.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 719-727, out./dez., 2009.

SANTOS, H. P. dos.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 477-486, mai./jun., 2003.

SANTOS, K. C. dos.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F.; ALVES, J. M. A. A.; ROCHA, P. R. R.; XIMENES, C. K. dos S. Inoculação com *Bradyrhizobium* e adubação nitrogenada em feijão-caupi cultivado em diferentes solos. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, RR, v. 8, n. 3, p. 306-317, set./dez., 2014.

SCHLINDWEIN, J. A.; MARCOLAN, A. L.; PASSOS, A. M. A. dos; MILITÃO, J. S. L. T.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; PEREIRA, A. P. M.; TONINI, J. **Atualizações em calagem de solos em Rondônia**. 2014. In: WADT, P. G. S.; MARCOLAN, A.; MATOSO, S. C. G.; PEREIRA, M. Manejo dos solos e a sustentabilidade da produção agrícola na Amazônia Ocidental. Porto Velho: Embrapa Rondônia. 302p.

SILVA, A. A. da; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F. da; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 54, n. 4, p. 496-506, out./dez., 2009.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L. de; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. de. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 327-340, jan./fev. 2015.

SILVA, F. C.; SILVA, M. M. da; LIBALDI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agrônômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3513-3528, 2013.

SILVA, F. de F. da; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 191-204, abr./jun. 2008.

SILVA, M. A. de A. e; AZEVEDO, L. P. de; SAAD, J. C. C.; MICHELS, R. N. Propriedades físico-hídricas, desenvolvimento radicular e produtividade da soja em dois tipos de manejos de solo. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 387-396, jul./set., 2012a.

SILVA, M. de F. da; SANTOS, C. E. de R. e S.; SOUSA, C. A. de; ARAÚJO, R. de S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. do V. B. Nodulação e eficiência da fixação do n_2 em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1418-1425, out./nov., 2012b.

SILVA, R. G. da C. Amazônia globalizada: da fronteira agrícola ao território do agronegócio: o exemplo de Rondônia. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, São Paulo, v. 23, n. 23, jan./abr., 2015. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/9949>. Acesso em: 16 out. 2018.

SILVEIRA, A. N. da; SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 29-35, jan./mar., 2006.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, J. G. da. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-59, jul./set., 2008.

SIQUEIRA NETO, M. VENZKE FILHO, S. de P.; PICCOLO, M. de C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). I – SEQUESTRO DE CARBONO NO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 1013-1022, jul./ago., 2009.

SOUSA, R. S. de; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R. de. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.14, n.1, p. 49-60, jan./abr. 2015.

SULZBACH, L. G.; SECCO, D.; TOKURA, L. K.; VILLA, B. de; RUFFATO, G. G. Implicações de espécies de cobertura em parâmetros físico-hídricos de um latossolo argiloso e no rendimento de grãos de soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p. 280-286, Edição Especial, 2017.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 725-730, mai./jun., 2001.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, out./dez., 2007.

TIRLONI, C.; VITORINO, A. C. T.; BERGAMIN, A. C.; SOUZA, L. C. F. de; Physical properties and particle-size fractions of soil organic matter in crop-livestock integration. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4 p. 1299-1309, jul./ago., 2012.

TORRES, J. L. R.; ANGELOTTI NETTO, A.; SOUZA, Z. M. de; ASSIS, R. L. de. Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 27, n. 3/4, p. 316-325, jul./dez., 2015.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração Lavoura-Pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 143-170. 570p.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

WADT, P. G. S. **Recomendação de adubação para as principais culturas** In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p.491-635.

WADT, P. G. S.; SILVA, J. R. T. da; FURTADO, S. C. **Dinâmica de nutrientes como ênfase para as condições de solos do Estado do Acre**. 2005. In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p.175-228.

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. da. **Determinação do fósforo remanescente para a avaliação da disponibilidade de fósforo em solos do estado do Acre**. Embrapa Acre: Rio Branco, AC, 2011. 5 p. (Comunicado Técnico, 178).

WANAPAT, M.; PETLUM, A.; WONGNEN, N.; MATARAT, S.; KHAMPA, S.; ROWLINSON, P. Improving crop-livestock production systems in rainfed areas of northeast Thailand. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 6, n. 3, p. 241-246, May/June, 2007.

WEIRICH NETO, P. H.; FORNARI, A. J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L. C. Qualidade da semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 171-179, jan./fev. 2015.

WOLSCHICK, N. H; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. de S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 2, p. 134-143, maio/ago., 2016.

YOUSSEF NETO, H.; JORGE, R.F.; ALMEIDA, C. X. de; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R. Atributos químicos do solo e produtividade de milho cultivado com aplicação de corretivos e sistemas de manejo do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 191-199, jan./jun., 2017.

ZARC. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**: milho 2ª safra Acre. Ministério da Agricultura e Pecuária: Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/portarias/safra-2016-2017/acre/word/port-no-221-milho-2a-safra-ac.rtf/view>. Acesso em: 03 de agosto de 2018.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; MATOS, E. da S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ALMEIRA, F. T. de; SOUZA, A. P. de; MINGOTI, R. Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1223-1230, set. 2016.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, set. 2003.