

WILLIAN CARLOS DE LIMA MOREIRA

**SISTEMA DE MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO NA  
AGRICULTURA FAMILIAR NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA**

RIO BRANCO - AC

2021

WILLIAN CARLOS DE LIMA MOREIRA

**SISTEMA DE MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO NA  
AGRICULTURA FAMILIAR NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Leonardo Barreto Tavella

RIO BRANCO - AC

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

- M838s    Moreira, Willian Carlos de Lima, 1993 -  
          Sistema de manejo conservacionista do solo na agricultura familiar no  
          sudoeste da Amazônia / Willian Carlos de Lima Moreira; orientador: Dr.  
          Leonardo Barreto Tavella. – 2021.  
          57 f.:il; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-  
          Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Rio  
          Branco, 2021.  
          Inclui referências bibliográficas e apêndices.
1. Mandioca. 2. *Vigna unguiculata*. 3. Plantio direto. I. Tavella, Dr. Leonardo  
          Barreto. II. Título.

CDD: 338.1

WILLIAN CARLOS DE LIMA MOREIRA

**SISTEMA DE MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO NA AGRICULTURA  
FAMILIAR NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 01 de março de 2021

**BANCA EXAMINADORA**



---

Dr. Leonardo Barreto Tavella  
Presidente



---

Dr. Falberni de Souza Costa  
Membro



---

Dr. Hugo Mota Ferreira Leite  
Membro

RIO BRANCO - AC

2021

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela razão da existência, saúde, paz, e força em minha vida.

À Universidade Federal do Acre, pela oportunidade e apoio concedido para realização do mestrado.

Ao professor Leonardo Barreto Tavella pela orientação e todo apoio para execução da pesquisa.

A Embrapa pelo apoio na realização da pesquisa experimental, mediante o acordo de cooperação Embrapa código 23000.20/0025-5, tendo como seu gestor pela Embrapa o pesquisador Falberni de Souza Costa, no âmbito do projeto “Estratégias diferenciadas de manejo e conservação do solo para o cultivo de mandioca na Amazônia” código SEG 24.17.01.014.03.00 e Plano de Ação “Estratégias diferenciadas de manejo e conservação do solo para o cultivo de mandioca nos estados de Acre e Rondônia” código SEG 24.17.01.014.03.02, componentes do Projeto Integrado da Amazônia, Embrapa código 10200.16/0036-3, para as atividades (1) “Ação de pesquisa para validação do acúmulo de carbono e nitrogênio e atributos da qualidade da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas de produção familiar” (SEG 24.17.01.014.03.02.001) sob responsabilidade de Falberni de Souza Costa e (2) “Ação de pesquisa para validação da melhoria de atributos fitotécnicos da mandioca, milho, feijão e plantas de cobertura em sistemas conservacionistas de produção familiar (SEG 24.17.01.014.03.02.002), ambas de responsabilidade do pesquisador Falberni de Souza Costa.

Ao produtor rural Sebastião Oliveira do Nascimento por conceder sua propriedade para realização do experimento.

Aos discentes do grupo PET agronomia do *Campus* Floresta pelo apoio nas atividades de campo e laboratório.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudo.

A todos os colegas e amigos da Pós-Graduação que de alguma forma me ajudaram nessa etapa.

## RESUMO

Os cultivos agrícolas na Amazônia são importantes para a segurança alimentar das famílias e como fonte de renda, sendo necessárias estratégias de manejo que aliem a produtividade das culturas e a conservação ambiental. Objetivou-se avaliar a produtividade dos cultivos de mandioca e feijão-caupi em sistemas de manejo de solo na agricultura familiar no sudoeste da Amazônia. O experimento avaliado é de longa duração, iniciado em 2006 em propriedade de agricultura familiar em um solo arenoso no município de Mâncio Lima, AC. O delineamento experimental é em blocos, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas principais estão o preparo convencional da região (do solo com gradagem) e o sistema de plantio direto. Nas subparcelas estão a T - testemunha, caracterizada pelo uso do fogo, ausência de adubação, calagem e plantas de cobertura; LG - uso de plantas de cobertura sem adubação e calagem; LGP - uso de plantas de cobertura associado a adubação fosfatada; LGC - uso de plantas de cobertura associado a calagem; LGPC - uso de plantas de cobertura associado à adubação fosfatada e à calagem. Foram avaliados os componentes de produção e produtividade da mandioca na safra 2018-2019 e do feijão-caupi na safra de 2020 e a produtividade de massa seca e fresca das plantas de cobertura. Entre os sistemas de preparo de solo não houve diferença significativa para os componentes de produção e produtividade de mandioca, porém entre os sistemas de fertilização nas subparcelas apresentaram diferença significativa para todas as variáveis. A produtividade de massa fresca e seca de plantas teve tendência de superioridade nos tratamentos com uso de calagem. O número de vagens por planta e a produtividade de feijão-caupi foram maiores no plantio direto. O uso de calagem proporcionou maiores valores nos componentes de produção e produtividade de mandioca e feijão-caupi. A adubação fosfatada, apesar de ser importante, é menos limitante do que a calagem para as culturas avaliadas. A produtividade de mandioca e feijão-caupi foi superior nos tratamentos com uso de calcário (LGC e LGPC) tanto em preparo convencional como no plantio direto. O uso de plantas de cobertura em sistema de rotação traz benefícios ao sistema, contribuindo com a ciclagem de nutrientes e melhoria da qualidade do solo.

Palavras-chave: mandioca, *Vigna unguiculata*, plantio direto.

## ABSTRACT

Agricultural crops in the Amazon are important for the food security of families and as a source of income, requiring management strategies that combine crop yield and environmental conservation. The objective was to evaluate the yield of cassava and cowpea crops in soil management systems in family farming in southwestern Amazonia. The evaluated experiment is a long-term one, started in 2006 on a family farm in soil sandy in the municipality of Mâncio Lima, AC. The experimental design is in blocks, in a split plot scheme with three replications. In the main plots are the conventional tillage of the region (soil with harrow) and the no-till system. In the subplots are the T - witness, characterized by the use of fire, absence of fertilization, liming and cover plants; LG - use of cover plants without fertilization and liming; LGP - use of cover plants associated with phosphate fertilization; LGC - use of cover plants associated with liming; LGPC - use of cover plants associated with phosphate fertilization and liming. The production and yield components of cassava in the 2018-2019 harvest and cowpea in the 2020 harvest and the biomass yield of cover plants were evaluated. Among the tillage systems there was no significant difference for the production and yield components of cassava, but between the fertilization systems in the subplots they showed significant difference for all variables. The yield of fresh and dry mass of plants tended to be superior in treatments with the use of lime. The number of pods per plant and the yield of cowpea were higher in no-tillage. The use of liming provided higher values in the components of production and yield of cassava and cowpea. Phosphate fertilization, although important, is less limiting than liming for the evaluated crops. The yield of cassava and cowpea was higher in treatments with the use of limestone (LGC and LGPC) in both conventional and no-tillage systems. The cultivation of cover plants in a rotation system brings benefits to the system, contributing to nutrient cycling and improving soil quality.

Keywords: cassava, *Vigna unguiculata*, no-tillage.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização do solo nos sistemas de manejo de solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em Mâncio Lima, Acre, 2019.....	24
Tabela 2 – Valores de F obtidos na análise de variância para os componentes de produção e produtividade da mandioca em sistemas de manejo conservacionista de solo, Mâncio Lima, AC, 2019. ....	29
Tabela 3 – Altura de plantas, diâmetro do caule, comprimento e diâmetro de raiz em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2019.....	30
Tabela 4 – Massa fresca da parte aérea, manivas e raízes, número de raízes por planta e produtividade de mandioca em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2019. ....	33
Tabela 5 – Conteúdo médio de fósforo, cálcio e magnésio exportados em raízes de mandioca em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, Acre. ....	34
Tabela 6 – Valores de F obtidos na análise de variância para a produtividade de massa fresca e seca e percentual da massa seca de plantas de cobertura em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.....	37
Tabela 7 – Produtividade de massa fresca e seca e percentual de matéria seca (MS %) da parte aérea de plantas de cobertura em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.....	37
Tabela 8 – Valores de F obtidos na análise de variância dos componentes de produtividade do feijão-caupi em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.....	39
Tabela 9 - Componentes de produção e produtividade do feijão-caupi em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.....	40

## LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A – Pressupostos da análise de variância para os componentes de produção e produtividade de mandioca, plantas de cobertura e feijão-caupi, pelo teste de Grubbs..... 55
- APÊNDICE B – Pressupostos da análise de variância para os componentes de produção e produtividade de mandioca, plantas de cobertura e feijão-caupi, pelos testes Shapiro-Wilk e Cochran..... 56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO .....	13
2.2 CULTURA DA MANDIOCA .....	15
2.3 PLANTAS DE COBERTURA.....	17
2.4 CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI .....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	25
3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS .....	27
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
4.1 MANDIOCA .....	29
4.2 PLANTAS DE COBERTURA.....	36
4.3 FEIJÃO-CAUPI.....	39
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44
<b>APÊNDICES</b> .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura vem demandando a adoção de tecnologias que permitam elevar a produtividade agrícola frente à crescente expansão populacional, com a utilização de solos degradados através de técnicas que restaurem as condições biológicas, físicas e químicas, tornando-os aptos para utilização agrícola (FAO, 2018). A agricultura conservacionista visa a racionalização de recursos naturais por meio de gestão combinada de solo e água e da cobertura permanente, mínimo revolvimento do solo e diversificação de espécies vegetais, contribuindo para aumento do carbono no solo e redução da emissão de gases que contribuem para o efeito estufa (FASINMIRIN; REICHERT, 2011).

O manejo do solo é o fator antrópico que exerce maior influência sobre o comportamento físico, químico e biológico do solo, em especial a porosidade total, densidade, retenção de umidade, quantidade e diversidade de organismos, e na dinâmica de carbono e nutrientes (RIBEIRO et al., 2016; FALLEIRO et al., 2003), que interferem diretamente na produtividade dos cultivos. As práticas conservacionistas de solo, como os sistemas de plantio direto (SPD) e cultivo mínimo (SCM), são consideradas alternativas ao sistema de preparo convencional (SPC), tanto pelos seus efeitos na manutenção da qualidade do solo, como na produtividade dos cultivos (RUSU, 2014; FIGUEIREDO et al., 2014). Esses sistemas permitem aumento da matéria orgânica e do carbono no solo, redução da amplitude térmica do solo, manutenção da umidade do solo, redução de erosão devido a manutenção da cobertura sobre o solo (DUMANSKI; PEIRETTI, 2013; SALES et al., 2016).

Os solos arenosos são importantes no contexto agrícola, sendo a base em diversas regiões produtoras. No manejo desses solos deve ser considerada a elevada suscetibilidade à erosão (FAO, 2019) e as possíveis perdas de fertilizantes por lixiviação, em virtude de sua textura que apresenta baixa estabilidade de agregados e baixa CTC em relação a solos de textura argilosa (CASTRO; HERNANI, 2015; DONNAGEMMA et al. 2016).

Na regional de desenvolvimento do Juruá, oeste do estado do Acre, a produção agrícola ocorre principalmente em estabelecimentos de agricultura familiar. A grande parte da área cultivada é com a cultura da mandioca que é a matéria prima para a produção de farinha, principal produto da agricultura familiar na região, e que

recentemente recebeu o selo de indicação geográfica devido sua qualidade intrínseca e reconhecida nacionalmente (SOUZA et al., 2017). No ano de 2019 a regional do Juruá apresentou 23% do total de lavouras temporárias do Acre. A cultura da mandioca na respectiva regional ocupou 63% da área de lavouras temporárias, seguido pelo milho (17%) e o feijão (11%). A produção de mandioca e feijão na regional Juruá representa 37% e 31%, respectivamente, do total cultivado no Acre (IBGE, 2020).

Apesar da legislação proibir o uso do fogo, a agricultura tradicionalmente é realizada por meio do sistema de derruba e queima da floresta primária ou secundária, seguido pelo cultivo de milho, arroz ou mandioca, até que o solo já não tenha mais capacidade de suprir as demandas nutricionais das culturas (COSTA et al., 2014; SOUZA; ALVARES; NÓBREGA, 2017). Na regional do Juruá, os solos foram desenvolvidos a partir de sedimentos relacionados a bacia do rio Juruá, o que lhes proporcionou características mais arenosa e boas condições de drenagem, porém com baixa fertilidade natural, necessitando de técnicas de manejo que visem a manutenção e/ou aumento da matéria orgânica do solo (ACRE, 2010).

Do ponto de vista regional a cultura da mandioca apresenta algumas vantagens, dentre elas a rusticidade, produzindo mesmo em solos ácidos e sem adubação ou calagem. Além disso é herdada de colonizadores e o processo de cultivo e produção de farinha são bem difundidos (SOUZA; ALVARES; NÓBREGA, 2017). Os feijões cultivados na região do Juruá são das espécies *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata*, cultivados em diversos sistemas, ambos em baixo nível tecnológico (MATTAR et al., 2016), o que resulta em produtividades inferiores a média nacional.

A agricultura familiar no Juruá é de grande importância, sendo necessária adoção de tecnologias que permitam a manutenção da produtividade dos cultivos, visando principalmente o manejo da qualidade do solo e o uso de adubação e calagem (MACIEL; LIMA JUNIOR, 2014). Segundo Loiola et al. (2016), há baixa eficiência da agricultura familiar no estado, e para superar esses desafios é indispensável a adoção de tecnologias aperfeiçoando o sistema produtivo, principalmente nas estratégias de manejo do solo. Assim, Costa et al. (2020a) relata que a adoção do manejo conservacionista do solo, utilizando plantas de cobertura, adubação, calagem e rotação de culturas é uma alternativa em relação às práticas tradicionais de uso do solo na região. Partindo desse

pressuposto, o uso dessas tecnologias citadas é capaz de aumentar a produtividade dos cultivos agrícolas nos solos arenosos na agricultura familiar.

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo avaliar os componentes de produção e a produtividade da mandioca e do feijoeiro-caupi e avaliar a produtividade de biomassa de plantas de cobertura em sistemas de manejo conservacionista do solo na agricultura familiar no sudoeste da Amazônia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Em solos tropicais de baixa fertilidade é importante adoção de estratégias que visem o aumento de matéria orgânica no solo, tais como o uso de plantas de cobertura em rotação e o plantio direto (ROSOLEM et al., 2016). A importância da matéria orgânica está relacionada a fatores físicos, químicos e biológicos do solo, especialmente em relação a atividade da microfauna e macrofauna edáfica, estruturação e estabilidade de agregados, melhoria da infiltração, retenção e água e como fonte de nutrientes às plantas e como retenção de carbono (LEITE, 2004). O carbono que é um constituinte da matéria orgânica tende a ser um problema principalmente por suas emissões serem causadoras do efeito estufa, portanto torna-se importante adotar formas de cultivo e manejos na Amazônia que atenuem esse cenário (FUJISAKI et al., 2015).

O manejo do solo envolve todas as ações e práticas aplicadas ao solo com objetivo de produção agrícola, incluindo as operações de preparo, fertilização, correção e práticas culturais. Os sistemas de manejo do solo diferem entre si quanto a intensidade de mobilização do solo e o manejo de resíduos de culturas anteriores, sendo o preparo convencional e o plantio direto os mais utilizados (GONÇALVES et al., 2019).

Segundo Bogiani e Ferreira (2017), o sistema de preparo convencional (SPC) do solo influencia as propriedades físicas do solo, causando redução da taxa de infiltração e armazenamento de água e aumentando os riscos de erosão. Quando se reduz o índice de cobertura vegetal associado ao revolvimento do solo, existe a tendência que ocorra desagregação das partículas de solo pelas gotas da chuva e dando início a processos erosivos (ALMEIDA et al., 2016).

O SPC do solo visa a adequação ao processo de germinação e desenvolvimento das culturas (CRUZ et al., 2004), como o rompimento de camadas compactadas por meio da mecanização, controle de plantas daninhas e incorporação de fertilizantes e corretivos (MONTEIRO et al., 2017). O SPC é uma técnica tradicionalmente utilizada, na qual se realiza o cultivo agrícola com revolvimento do solo por meio de aração seguido por uma ou mais gradagens

(SIMON, 2018). Na regional do Juruá, o preparo é comumente realizado apenas com o uso da grade (COSTA et al., 2020a).

Os sistemas de manejo conservacionista influenciam a fertilidade dos solos arenosos de diversas formas. Em sistema de plantio direto em solo com o uso de plantas de cobertura há o aumento na produtividade de culturas em função do aumento no conteúdo de matéria orgânica e nitrogênio (SILVA et al., 2020), bem como no aumento da CTC e macronutrientes. Uma das funções importantes da adição de matéria orgânica nesses solos é o aumento da CTC, condicionando a estes maior capacidade de reter e fornecer nutrientes às plantas, pois são solos que naturalmente são de baixa fertilidade com predomínio de areia, que é uma fração com baixa quantidade de cargas negativas (CORDEIRO et al., 2020).

A mecanização do solo na regional do Juruá é uma prática que, quando realizada, deve-se considerar alguns fatores como a declividade da área e o período chuvoso. Isso se deve ao fato da suscetibilidade à erosão hídrica em situações em que a cultura agrícola não apresenta cobertura vegetal o suficiente para a proteção do solo (COSTA et al., 2020a). Portanto, para a manutenção ou melhoria da qualidade do solo é essencial que se adote sistemas que permitam a manutenção da cobertura do solo pelo aporte de resíduos orgânicos. Nesse contexto, as práticas conservacionistas devem ser consideradas.

Um aspecto importante quanto ao manejo do solo se refere a dinâmica do carbono no solo. O preparo do solo utilizando o revolvimento das camadas superficiais promove a ruptura de agregados, aumenta a oxidação da matéria orgânica e a torna mais acessível aos microrganismos decompositores, reduzindo assim os estoques de carbono no solo. Por outro lado, as práticas conservacionistas com menor perturbação e aporte de material orgânico são capazes de elevar o conteúdo desse elemento no solo (LEITE, 2004). As práticas conservacionistas que preconizam a entrada de C através de resíduos são fundamentais na mitigação de gases de efeito estufa, dentre eles se destaca o sistema de plantio direto (BESEN et al., 2018).

O sistema de plantio direto surgiu na década de 1970 na região Sul do Brasil, nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, principalmente após o surgimento da molécula do herbicida Paraquat que possibilitou o controle de plantas invasoras sem a necessidade de revolvimento do solo e a preocupação com a degradação deste

(SALTON; HERNANI; FONTES, 1998). No plantio direto a semeadura é realizada diretamente na palhada de uma cultura anterior, seja ela com finalidade comercial ou para fins de cobertura, sem o revolvimento do solo. O sistema de plantio direto vem sendo considerado um avanço para a agricultura brasileira, tanto pelos seus efeitos na manutenção da qualidade do solo, como nos benefícios de produção de cultivos (ZIECH et al., 2015).

O sistema de plantio direto pode causar a redução dos processos erosivos pela manutenção da cobertura do solo (SIMON, 2018). Nesse sistema há maior acúmulo de carbono na camada superficial em razão do não revolvimento do solo, em relação ao preparo convencional. Além disso, o aumento da matéria orgânica traz melhoria da fertilidade em solos de textura arenosa devido ao aumento da CTC e saturação de bases (RHEINHEIMER, 1998)

Pesquisas com manejo do solo na regional do Juruá, com o plantio direto em solo arenoso, utilizando plantas de cobertura, correção e adubação do solo têm verificado maiores produtividades das culturas mandioca e milho, sendo uma alternativa ao manejo convencional do solo e ao sistema de derruba e queima (COSTA et al., 2020a).

O plantio direto apresenta rendimentos agrícolas superiores ao preparo convencional, utilizando as técnicas de rotação de culturas e manutenção da cobertura permanente do solo, desde que avaliado conforme as condições de cada local (PITTELKOW et al., 2015). Como verificado por Barbosa et al. (2019), o sistema de plantio direto de longo prazo em que há consórcio de milho com leguminosas proporciona maior atividade de microrganismos de solo, atribuídos principalmente ao aumento da matéria orgânica, carboidratos e nitrogênio. Nesse sistema é fundamental o uso de plantas de cobertura para o manejo sustentável do solo, tanto pelo seu efeito na supressão de plantas daninhas, quanto aos benefícios a culturas sucessoras.

## 2.2 CULTURA DA MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta arbustiva pertencente ao gênero *Manihot* e a família Euphorbiaceae. A mandioca tem como centro de origem a região Amazônica (CLEMENT, et al., 2010), sendo cultivada em diversas

regiões e típica de regiões tropicais, e encontrada desde a latitude 30° N à 30° S, em altitudes variando desde o nível do mar até 2300 m, em condições de déficit de precipitação (<600 mm) a alto nível de precipitação (>1500 mm), desenvolvendo-se em solos de baixa fertilidade e condições altos níveis de radiação solar (1800  $\mu\text{mol PAR m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e temperatura (25 a 35 °C) (ALVES, 2006). É uma cultura que apresenta rusticidade a diferentes tipos de clima e solos (SOARES et al., 2019).

A mandioca é cultivada principalmente para uso doméstico por meio de farinhas ou *in natura*, para a indústria de amido, nutrição animal e produção de álcool (SIVIERO, 2009). Tanto as raízes como a parte aérea podem ser utilizadas na alimentação animal, porém é necessário adotar algumas técnicas para reduzir os teores de ácido cianídrico (SILVA et al., 2018a).

Para a seleção de área de plantio, alguns aspectos devem ser considerados, entre eles a topografia do local e textura do solo. Deve-se utilizar locais com relevo plano ou suave ondulado com declividade de até 10%, e solos de textura arenosa a média, desde que não situados em baixadas sujeitas ao encharcamento (PASSOS et al., 2018). Os solos de textura arenosa são indicados pelas suas condições, que reduzem a probabilidade de encharcamento e posterior ataque por fungos que causam a podridão radicular, além de menor impedimento ao crescimento do sistema radicular e facilidade de colheita (CRAVO; SMYTH; SOUZA, 2016). Os solos argilosos podem causar impedimento ao crescimento e engrossamento das raízes, aumentar a possibilidade de surgimento de podridão radicular e dificuldade de colheita em períodos secos (MATTOS; FARIAS; FERREIRA FILHO, 2006). A cadeia produtiva da mandioca é uma das mais importantes devido sua adaptação a condições de baixa fertilidade do solo e pouca dependência de insumos (FLORES et al., 2015).

A mandioca é uma cultura que apesar de ser considerado rústica, e pouco exigente em fertilidade do solo apresenta resposta positiva a adubação fosfatada, especialmente nos solos arenosos de terra firme da Amazônia no qual são naturalmente deficientes deste nutriente (OLIVEIRA et al., 2020; ENCK et al., 2017). O fósforo é um nutriente essencial importante em diversos processos metabólicos da mandioca, tais como a participação em várias enzimas chave que atuam na regulação da síntese de amido, componente de fosfolipídios das membranas, nucleotídeos usados como fonte de energia e nos ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A calagem é uma estratégia importante na cultura da mandioca, e a resposta da cultura depende de alguns fatores como o genótipo e condições edáficas. Segundo Bergo et al. (2020), em avaliação de genótipos de mandioca no Juruá, foi verificado que a calagem, tanto quanto a adubação são fatores essenciais no aumento de produtividade de raízes e teor de amido em solo arenoso.

A adubação promove maior crescimento da parte aérea e maior competitividade com plantas daninhas, na fase de crescimento (SOARES et al., 2019), apresentando resposta positiva com o aumento da dose de fósforo (PEREIRA et al., 2012). Segundo Silva et al. (2019), a adoção de práticas conservacionistas e utilização de insumos, principalmente o calcário e fósforo de forma combinada pode contribuir para a melhoria do solo e aumentar a produtividade da mandioca.

O cultivo de mandioca em plantio direto proporciona benefícios nas características físicas e químicas do solo, como a conservação da estrutura, redução de amplitude térmica, e maior disponibilidade de nutrientes pelo efeito da matéria orgânica, resultando em aumento de produtividade (FASINMIRIN; REICHERT, 2011).

A mandioca, feijão e arroz são culturas “herdadas” de tradições indígenas e atualmente são cultivados por produtores familiares da Amazônia, sendo relevantes para geração de renda e segurança alimentar dessas populações, destacando assim sua importância socioeconômica (OLIVEIRA et al., 2016). No Acre, o cultivo da mandioca ocorre em ciclos de 12 a 18 meses, geralmente em áreas recém desmatadas, ou que já foram cultivadas por uma ou duas safras, em ambas as situações sem calagem e adubação (SIVIERO, 2009). Na regional de desenvolvimento do Juruá, a mandioca é o principal cultivo agrícola.

### 2.3 PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura são utilizadas normalmente no sistema de plantio direto em sucessão, rotação ou consórcio com a cultura principal, cuja finalidade é a produção de palhada (SILVA et al., 2017). Para isso é fundamental que se escolha espécies adaptadas a região e com elevada produção de fitomassa para manutenção da cobertura do solo (ARAÚJO et al., 2015).

A presença da camada de palhada sob o solo é fundamental para a supressão de plantas espontâneas, pois limita a passagem de luz e dificulta a

germinação de sementes (ARAÚJO et al., 2015; MAIA JUNIOR et al., 2018). As plantas de cobertura têm potencial para o controle de processos erosivos, reduzindo o impacto da gota da chuva e o escoamento superficial e conseqüentemente a perda de água e nutrientes (CARDOSO et al., 2012). O cultivo de plantas de cobertura e o manejo do solo pode contribuir para o aumento do conteúdo de matéria orgânica no solo e elevar a CTC (ROSA et al., 2017). O sistema de manejo de solo que não preconiza o uso de cobertura vegetal permanente fica sujeito ao selamento superficial pelas gotas de chuva que caem sobre o solo, tornando-o suscetível à erosão (ALMEIDA et al., 2016).

Algumas espécies pertencentes a família Fabaceae, que além de utilizarem o nitrogênio disponível no solo, possuem a capacidade de assimilar o N presente na atmosfera através da associação com bactérias presente nas raízes que realizam a fixação do elemento, contribuindo com o suprimento para a cultura posterior (MICHELON et al., 2019). Segundo Carvalho et al. (2015), as plantas de milho cultivadas em palhada de plantas de cobertura podem apresentar maior produtividade ( $p < 0,05$ ) em relação a vegetação espontânea. Barros, Gomide e Carvalho (2013), verificaram diferença significativa em relação a componentes de produtividade de milho verde em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura em relação a vegetação espontânea.

Segundo Otsubo, Silva e Mercante (2013), a mandioca cultivada sob palhada de milho e mucuna em plantio direto em solo arenoso tem desempenho produtivo superior em relação ao preparo convencional. Algumas variáveis como altura de plantas, massa fresca da parte aérea, teor de amido e produtividade se destacaram quando cultivada sob plantas de cobertura. Segundo os autores a manutenção da palhada no plantio direto, fornecido pelas plantas de cobertura é fator importante para o sucesso na cultura.

Outro fator importante no uso de plantas de cobertura em rotação e/ou consórcio é o aumento da atividade biológica, especialmente na fauna edáfica, que contribuem para a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, fragmentação de resíduos vegetais e melhoria da infiltração de água no solo. A presença da planta de cobertura, além do fornecimento de alimento diverso a esses organismos, propicia um ambiente mais favorável à sobrevivência, especialmente pela redução da amplitude térmica e manutenção da umidade (BRITO et al., 2016).

Segundo Carvalho et al. (2015), é desejável que para se atingir elevadas produtividades utilizando plantas de cobertura, as plantas tenham potencial de produzir grande quantidade de biomassa e menor tempo de ciclagem. Ao mesmo tempo é importante manter a cobertura morta para proteção do solo, tornando-se fundamental o consórcio de diferentes espécies de cobertura.

O cultivo consorciado de gramíneas e leguminosas apresenta benefícios produtivos ao sistema. Isso se deve ao fato de possuírem características como a exploração de diferentes nutrientes e camadas do solo, conseqüentemente a ciclagem se torna mais eficiente (CHERR et al., 2006). A relação C/N das leguminosas é menor que das Poaceae, conseqüentemente a velocidade de decomposição dos resíduos será mais acelerada, interferindo diretamente na cobertura do solo (TORRES et al., 2014). Assim, em condições de clima tropical com elevada temperatura e umidade, o consórcio dessas duas famílias é importante para a ciclagem de nutrientes e manutenção da cobertura do solo.

Em regiões tropicais o estabelecimento do SPD pode ser dificultado pelo baixo tempo de permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo, devido a altas temperaturas e umidade comuns nessa região (ARAÚJO et al., 2015). O tempo de permanência dos resíduos pode variar conforme a espécie e condições ambientais, podendo ser curto ou longo. Quando é curto há maior velocidade na ciclagem de nutrientes, por outro lado possibilita o surgimento de plantas invasoras pela exposição do solo. Quando se deseja maior tempo de permanência da palhada uma das características fundamentais que as plantas de cobertura devem apresentar é a alta relação C/N (SILVA et al., 2017). Segundo Araújo et al. (2015), a velocidade de decomposição das plantas de cobertura está relacionada a composição química do material, e quanto maior a relação C/N e os teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis, mais lenta será a decomposição.

O consórcio de gramíneas de elevada produção de fitomassa com leguminosas possibilita a proteção e adubação do solo, pois são grupos com características distintas e contribuem para a fixação e ciclagem de nutrientes. Conforme a espécie da planta de cobertura e o cultivo adotado, pode influenciar na quantidade de fitomassa produzida (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002). O cultivo das plantas de cobertura pode ser realizado em rotação/sucessão e consórcio. O consórcio pode ser realizado com duas ou mais plantas de cobertura

antecedendo o cultivo da cultura principal ou a planta de cobertura com a cultura principal, como exemplo o milho com crotalária ou braquiária (BOGIANI; FERREIRA, 2017).

O milheto é uma gramínea com elevada produção de biomassa, tendo cerca de 33% de matéria seca na parte aérea (SIMÃO et al., 2015). Por outro lado, o feijão-de-porco apresenta menor conteúdo de matéria seca (20%), mas apresenta elevada taxa de cobertura do solo e possui a capacidade de fixar nitrogênio, podendo apresentar uma produtividade massa fresca de 37 t ha<sup>-1</sup> (CARDOSO et al., 2013).

O consórcio de milheto é feijão-de-porco apresenta diversas vantagens, como a maior produção de matéria seca em relação ao monocultivo, melhor ciclagem de nutrientes, maior cobertura de solo e maior velocidade de decomposição da palhada. (TEIXEIRA et al., 2010). As gramíneas apresentam maior relação C/N e conseqüentemente menor velocidade de decomposição, por outro lado as leguminosas apresentam maior conteúdo de N, tornando o consórcio importante para otimizar a decomposição e a ciclagem dos nutrientes.

As características morfológicas e de crescimento da espécie, e o espaçamento utilizado podem influenciar no índice de cobertura do solo (BARROS et al., 2013). Segundo Barros et al. (2013), o feijão-de-porco apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no índice de cobertura quando cultivado em 25 cm de espaçamento em relação a 50 cm, enquanto as espécies mucuna-preta e mucuna-rajada não diferiram entre espaçamento aos 27 e 39 dias após semeadura. O feijão-de-porco proporcionou maior cobertura do solo em relação a crotalária e milheto (CARDOSO et al., 2012).

#### 2.4 CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é um dos alimentos mais importantes que compõe a dieta dos brasileiros, e uma das principais fontes de proteína (PENHA FILHO et al., 2017). No mercado existem diversas cultivares disponíveis, cada uma com sua peculiaridade em termos de características agrônômicas e adaptação a região produtora (MANOS; OLIVEIRA; MARTINS, 2013).

O feijão-caupi é uma leguminosa cultivada em diversas regiões do mundo, em variadas condições ambientais. Por ser uma cultura rústica, de ciclo curto, pode ser cultivada em solos de baixa fertilidade e em regiões quentes e de baixa disponibilidade hídrica. No Brasil, é cultivado principalmente nas Regiões Norte e Nordeste por pequenos e médios produtores com adoção de baixo nível tecnológico. Apesar de ter bom potencial produtivo, o feijão-caupi apresenta baixas produtividades nessas regiões, fato este relacionado a diversos fatores como a competição por plantas daninhas, ausência de manejo adequado do solo e falta de calagem e adubação (VALE; BERTINI; BORÉM., 2017). O feijão-caupi é cultivado principalmente para a colheita de grãos secos, entretanto, pode ser colhido e consumido com vagens e grãos ainda verdes (SIVIERO et al., 2016).

O feijão-caupi pode apresentar diversos hábitos de crescimento e ciclo de vida, sendo considerado uma espécie com alta variabilidade genética, podendo apresentar diferentes características de crescimento entre cultivares e apresentar variação de produtividade conforme os sistemas de cultivo (OLIVEIRA et al., 2015). O feijão-caupi se desenvolve bem em solos de textura franco-arenosa ou franco-argilosa, bem drenados, não tolerando encharcamento. Por ser uma planta que apresenta baixa cobertura de solo na fase inicial de crescimento, pode tornar o solo suscetível à erosão, necessitando de técnicas conservacionistas do solo para minimizar esse problema (MESQUITA; PINHO; BRAGA, 2017).

Os grãos de feijão-caupi possuem em sua composição cerca 60 a 67% de carboidratos, 20 a 26% de proteína, 3,2 a 5,3% de cinzas, 0,49 a 2,2% de lipídios (BEZERRA et al., 2019; FROTA; SOARES; ARÊAS, 2008). O feijoeiro demanda grande quantidade de nutrientes durante o ciclo de produção, devido ao sistema radicular superficial e ciclo curto. A cada 1000 kg de grãos são exportados cerca de 29 kg, 15 kg e 9 kg de N, K e P, respectivamente, sendo a demanda mais intensa nos estádios de V4 ao R8 (OLIVEIRA et al., 2018). Segundo Silva et al. (2018b), o feijoeiro apresenta resposta positiva com a utilização de adubação fosfatada cultivado em resíduos de *Urochloa brizantha*. Segundo Viana et al., (2011), a produtividade máxima para o feijoeiro é obtida com as doses de 98 kg ha<sup>-1</sup> de N e 201 kg ha<sup>-1</sup> de P.

A cultura do feijão se desenvolve nos mais diversos sistemas de manejo de solo como no plantio direto (MINGOTTE et al., 2019), semeadura convencional e

cultivo mínimo, tanto em terras altas como em várzeas e em consórcio com outras culturas como o café, mandioca e milho (MANOS; OLIVEIRA; MARTINS, 2013). No sistema de plantio direto a produtividade do feijoeiro pode ser aumentada pela qualidade da palhada da cultura de cobertura, na qual influencia a supressão de plantas invasoras, manutenção da umidade e ciclagem de nutrientes (PEREIRA et al. 2020). No sistema convencional deve ser cultivado em áreas mais planas possível, pois a cultura não oferece cobertura do solo suficiente para reduzir os efeitos da erosão ((MANOS; OLIVEIRA; MARTINS, 2013).

No Acre, o sistema de cultivo adotado é predominantemente de baixa tecnologia. Os agricultores não realizam adubação, irrigação e controle fitossanitário, e a produção de sementes é realizada na propriedade (CRUZ; OLIVEIRA, 2014). Isso reflete a baixa produtividade do feijão no estado ( $563 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que é inferior a média nacional ( $1113 \text{ kg ha}^{-1}$ ), representando 7,8% do total cultivado com lavouras temporárias no estado (IBGE, 2020).

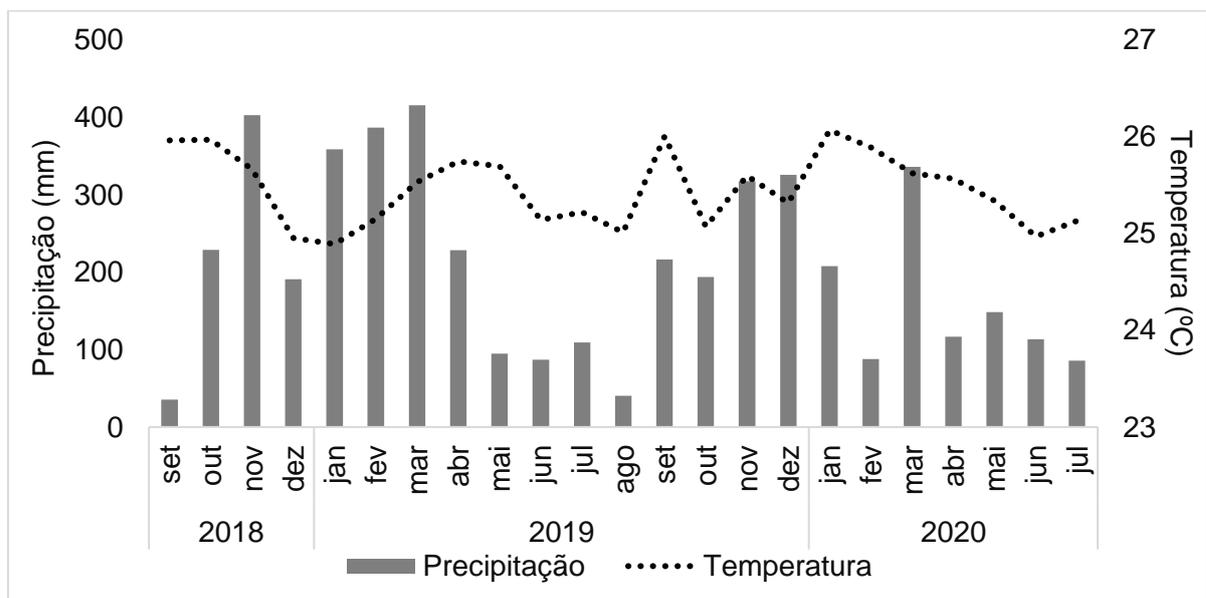
Na regional do Juruá, o feijão é cultivado basicamente em três sistemas: cultivo abafado, derruba e queima e em praias. No sistema de cultivo abafado é selecionada uma área de capoeira, no qual é realizado um desmate seletivo de plantas de menor porte, em seguida é realizado a semeadura a lanço e posteriormente a derrubada das plantas de maior porte, para que os resíduos de galhos e troncos funcionem como tutor das plantas de feijoeiro. No sistema de derruba e queima, a vegetação de mata secundária é desmatada e queimada, e a semeadura é realizada em covas. No sistema produtivo de praia, a semeadura é realizada no período de vazante dos rios diretamente nas praias ou barrancos. Em nenhum desses sistemas se utiliza defensivos e fertilizantes sintéticos (JESUS et al., 2016).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma área experimental instalada em 2006, em propriedade de agricultura familiar no município de Mâncio Lima, regional de desenvolvimento do Vale do Juruá do Estado do Acre (coordenadas centrais do experimento a 7°28'41" S, 72°56'39" W e altitude de 189 m acima do nível do mar). O experimento está atualmente com 14 anos (2006-2020) e visa avaliar sistemas de produção conservacionista para os produtores familiares da região, com foco na avaliação dos efeitos de sistemas de manejo conservacionista sobre a produtividade de culturas e atributos físicos e químicos do solo (COSTA et al., 2014, COSTA et al., 2020a).

O solo é classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico (SANTOS et al., 2018) de textura franco-arenosa (134, 77 e 789 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0-20 cm). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Af - tropical úmido sem estação seca (ALVARES et a. 2013). Os dados referentes às variáveis climáticas precipitação e temperatura no período correspondente à safra de mandioca 2018-2019 e dos cultivos de plantas de cobertura e feijoeiro, safra 2020, estão apresentados na Figura 1. Os resultados das análises de solo coletados após a colheita da mandioca estão apresentados na Tabela 1.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal do período de condução do experimento.



Fonte: Inmet (2020)

Tabela 1 – Caracterização do solo nos sistemas de manejo de solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em Mâncio Lima, Acre, 2019.

Característica	unidade	0-10 cm									
		Preparo Convencional da região					Plantio Direto				
		LGPC	LGC	LGP	LG	T	LGPC	LGC	LGP	LG	T
pH em H <sub>2</sub> O	-	5,4	5,9	4,8	4,6	4,8	5,6	5,6	4,8	4,7	4,8
P	mg dm <sup>-3</sup>	7,5	3,6	17,7	5,4	6,5	10,3	5,3	27,2	10,6	5,6
K		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ca		1,7	2,6	0,5	0,1	0,7	2,8	2,5	0,3	0,2	0,4
Mg		0,8	1,4	0,2	0,0	0,2	1,3	1,4	0,1	0,1	0,1
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,5	0,2	1,6	2,0	1,5	0,2	0,5	2,1	1,9	1,7
H + Al		4,4	3,3	8,2	9,1	7,6	3,4	5,2	8,8	11,6	8,0
S.B.		2,5	4,2	0,8	0,3	1,0	4,1	4,0	0,5	0,4	0,6
T		7,0	7,4	9,0	9,4	8,7	7,5	9,2	9,2	12,0	8,5
t		3,0	4,3	2,4	2,2	2,6	4,3	4,5	2,5	2,3	2,3
V	%	36	55	9	3	12	54	49	6	4	8
m	%	19	6	69	88	62	7	15	81	81	74
MOS	g kg <sup>-1</sup>	22,8	25,1	29,9	27,5	31,0	26,5	32,7	28,6	34,5	27,3
Ds	g cm <sup>-3</sup>	1,33	1,34	1,29	1,28	1,28	1,32	1,33	1,23	1,19	1,26
10-20 cm											
pH	-	5,3	5,4	5,0	4,8	4,9	5,3	5,3	4,9	4,8	4,8
P	mg dm <sup>-3</sup>	3,2	5,0	3,8	3,7	4,5	2,3	4,6	5,5	5,1	4,2
K		0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Ca		1,0	1,3	0,1	0,1	0,1	1,4	0,9	0,1	0,1	0,1
Mg		0,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,9	0,8	0,0	0,0	0,0
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,0	0,8	1,5	2,1	1,8	0,7	1,3	2,0	2,1	1,8
H + Al		4,6	4,7	5,6	8,4	7,1	4,7	6,4	8,3	9,5	8,3
S.B.		1,6	2,1	0,2	0,1	0,2	2,4	1,9	0,2	0,2	0,2
T		6,2	6,7	5,8	8,5	7,3	7,0	8,2	8,5	9,7	8,5
t		2,7	2,9	1,6	2,2	2,0	3,0	3,1	2,2	2,2	2,0
V	%	24	31	3	2	3	33	24	2	2	2
m	%	45	34	89	93	89	23	51	91	92	91
MOS	g kg <sup>-1</sup>	14,7	19,0	17,8	19,9	19,3	18,5	19,4	21,9	23,9	17,6
Ds	g cm <sup>-3</sup>	1,39	1,41	1,37	1,30	1,36	1,38	1,30	1,25	1,21	1,27
20-30 cm											
pH	-	5,0	5,1	5,1	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	4,9	5,0
P	mg dm <sup>-3</sup>	2,9	5,6	5,3	2,3	2,8	2,0	6,3	3,3	7,7	2,5
K		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Ca		0,4	0,5	0,1	0,1	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1
Mg		0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,6	1,2	1,1	1,6	1,5	1,3	1,5	1,8	1,8	2,0
H + Al		5,0	4,4	3,8	6,0	5,6	5,4	6,3	7,3	8,1	8,2
SB		0,8	1,0	0,1	0,1	0,1	1,2	0,6	0,1	0,1	0,2
T		5,8	5,4	3,9	6,1	5,7	6,5	6,9	7,5	8,1	8,4
t		2,3	2,1	1,2	1,7	1,7	2,4	2,1	1,9	1,9	2,2
V	%	12	17	4	2	2	18	9	2	1	2
m	%	70	58	87	94	92	52	74	93	94	92
MOS	g kg <sup>-1</sup>	11,3	15,7	14,4	17,0	13,9	14,5	15,4	16,6	18,8	18,0
Ds	g cm <sup>-3</sup>	1,31	1,33	1,29	1,29	1,36	1,32	1,27	1,22	1,18	1,27

Ds: densidade do solo; MOS: matéria orgânica do solo; T: testemunha - sem adubação, calagem e plantas de cobertura, com uso do fogo; LG: plantas de cobertura, sem calagem e adubação e sem uso de fogo; LGP: plantas de cobertura associada a adubação fosfatada; LGC: plantas de cobertura associada a calagem; LGPC: plantas de cobertura associada a calagem e adubação fosfatada.

As amostras de solo foram coletadas após a colheita da mandioca, safra 2018-2019, em trincheiras de 1 m x 1m na área útil de cada parcela, a partir da superfície do solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30. As amostras foram secas ao ar livre e à sombra e analisadas conforme Teixeira et al. (2017).

### 3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado com delineamento experimental de blocos casualizados (40 m x 50 m), no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas principais (20 m x 50 m) estão o preparo convencional da região (PCr) e o plantio direto (PD). Nas subparcelas (10 m x 20 m) estão: T-testemunha: o modo convencional de uso do solo da região, sem correção e adubação do solo, sem cultivo de planta de cobertura e limpeza da área com corte e queima da vegetação; LG: solo cultivado com planta de cobertura, sem correção e adubação e sem corte e queima da vegetação; LGP: solo cultivado com planta de cobertura sem correção, com adubação fosfatada e sem corte e queima da vegetação; LGC: solo cultivado com planta de cobertura, corrigido com calcário dolomítico e sem adubação e sem corte e queima da vegetação; LGPC: solo cultivado com planta de cobertura, corrigido com calcário dolomítico e com adubação fosfatada e sem corte e queima da vegetação. Com exceção da T, todos os tratamentos receberam adubação potássica. A necessidade de calagem foi obtida pelo método de elevação da saturação por bases.

Os sistemas de manejo conservacionista do solo – SMSC (ou agricultura conservacionista ou sistema de plantio direto) são compostos (1) da presença do preparo do solo (PCr) ou sua ausência (PD) na parcela principal e (2) dos sistemas de culturas compostos da ausência completa do fogo, com ou sem correção e com ou sem adubação, ou com ambas, com cultivos comerciais e de plantas de cobertura diversos em esquemas de sucessão, rotação ou consórcio nas subparcelas. O tratamento testemunha (T) está descrito acima. Assim, na parcela principal os tratamentos são denominados de “preparo do solo”, e as subparcelas “fertilização do solo”.

As plantas de cobertura do solo utilizadas no experimento foram mucuna, sorgo, feijão-de-porco, feijão guandu anão e milheto (somente a mucuna foi cultivada desde o início do experimento) – as demais foram utilizadas uma vez – sorgo, milheto

e feijão guandu anão – ou duas vezes – o feijão de porco. As plantas de cobertura foram cultivadas solteiras (mucuna, sorgo forrageiro, feijão guandu anão) ou consorciadas (feijão de porco com mandioca, feijão de porco com milho). O tempo e as formas de cultivo das plantas de cobertura estão descritos em Costa et al. (2020a).

A mandioca da variedade Mansibrava foi plantada no espaçamento de 1 x 1 m (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>), em setembro de 2018 e colhida em agosto de 2019. Após a colheita da mandioca a área permaneceu em pousio até novembro, momento em que foi realizada a dessecação da área e a semeadura das plantas de cobertura feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) e milho (*Pennisetum glaucum* L.). O milho foi semeado no espaçamento de 0,8 x 0,15 m (82.500 plantas ha<sup>-1</sup>), e o feijão-de-porco semeado nas entrelinhas do milho no espaçamento de 1 m entre plantas na linha (12.500 plantas ha<sup>-1</sup>).

As plantas de cobertura permaneceram em campo até março de 2020, momento em que o milho estava em final de floração e o feijão-de-porco ainda iniciava o processo de floração. Foi realizada a coleta de biomassa seguida pela passagem de rolo-faca para redução do volume de biomassa até próximo ao solo e posteriormente a dessecação com herbicida a base de glifosato na dose de 4 L ha<sup>-1</sup> e uma segunda aplicação de herbicida Paraquate na dose de 2 L ha<sup>-1</sup>. A segunda aplicação foi necessária para dessecar as plantas de feijão-de-porco remanescentes, no qual o primeiro herbicida não apresentou eficiência.

A mandioca e as plantas de cobertura foram cultivadas sob o efeito residual da calagem e adubação da cultura anterior, no caso o milho. Para o feijão-caupi a adubação fosfatada foi realizada a lanço na quantidade de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> um dia anterior à semeadura nos tratamentos LGP e LGPC. As adubações potássica e nitrogenada foram realizadas 30 dias após semeadura em todos tratamentos, exceto em T, nas quantidades de 60 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e N, respectivamente. As fontes utilizadas para N, P e K, foram a ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

O feijão-caupi foi semeado em 1<sup>a</sup> de abril de 2020, utilizando-se quatro sementes por cova, no espaçamento de 1 m x 1 m. Aos 27 dias após semeadura foi realizado o desbaste, permanecendo duas plantas por cova, resultando em estande final de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Realizou-se o controle químico de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) aos 20 e 30 dias após semeadura com o inseticida Fusilade (150 g ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas três colheitas aos 83, 93 e 107 dias após semeadura (22 de junho, 02 e 16 de julho 2020). As três colheitas foram necessárias, pois como relatado por

Oliveira et al. (2015) o feijão-caupi apresenta crescimento indeterminado e maturação de vagens desuniforme.

### 3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

Na cultura da mandioca foram avaliadas a altura de plantas (m), diâmetro do colo (cm), número de raízes comerciais por planta ( $n^{\circ}$  raízes planta<sup>-1</sup>), número de raízes podres ( $n^{\circ}$  raízes planta<sup>-1</sup>), diâmetro das raízes (cm), comprimento das raízes (cm), massa fresca de raízes (kg), massa fresca da parte aérea (kg), massa fresca de manivas (kg) e produtividade de raízes frescas (kg ha<sup>-1</sup>). Com base na produtividade de raízes obtidas e dados da literatura, foram estimados os teores de cálcio, magnésio e fósforo exportados pela cultura, considerando para cálculos o conteúdo de 39% de matéria seca nas raízes (FERNANDES et al., 2016; HOWELER, 2002; NIJHOLT, 1935; HOWELER; CADAVID 1983)

A altura de plantas foi verificada com auxílio de uma trena metálica, considerando a altura de inserção da folha mais alta até o solo. O diâmetro do colo foi aferido em distância a cinco cm acima do solo. A massa fresca da parte aérea foi verificada por meio do corte rente ao solo de 10 plantas na área central da parcela, as quais foram acondicionadas em saco e pesadas com auxílio de balança digital. Para a massa fresca de manivas foi cortado e pesado o terço médio da parte aérea. A massa de matéria fresca de raízes foi obtida mediante pesagem do total de raízes colhidas, descartando as raízes podres e não-comerciais (com diâmetro inferior a 20 mm). A produtividade de raízes foi calculada a partir de dez plantas representativas na parcela.

Nas plantas de cobertura foram avaliados a produtividade de massa de matéria fresca e seca (kg ha<sup>-1</sup>). As plantas foram coletadas em campo com auxílio de um quadrado metálico com dimensões de 0,5 m x 0,5 m, no qual foi lançado aleatoriamente na área útil da parcela para demarcação do local de coleta. A parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo com auxílio de tesoura e/ou faca. O material coletado foi levado para laboratório para pesagem da massa fresca (MF) e trituração para redução do volume, seguida de secagem em estufa com ventilação forçada a 65° C até atingir massa seca constante. Após a secagem, o material foi novamente pesado para determinar produtividade de massa seca (MS) e o percentual da massa seca (MS %).

$$MS (\%) = \frac{MS}{MF} \times 100$$

No feijoeiro foram avaliados o número de vagens por planta (vagens planta<sup>-1</sup>), número de grãos por vagem (grãos vagem<sup>-1</sup>), massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). As análises foram realizadas no período de maturação fisiológica (estádio R9) do feijoeiro utilizando-se dez plantas na área útil da parcela, na qual as plantas foram demarcadas com uma fita plástica para que todas as colheitas fossem realizadas nas mesmas plantas. O número de vagens por planta foi obtido colhendo-se todas as vagens secas das plantas demarcadas. O número de grãos por vagem foi obtido por meio da contagem dos grãos presentes em 60 vagens colhidas em cada parcela experimental. A massa seca de 100 grãos foi determinada mediante secagem em estufa a 65° C até atingir massa constante, utilizando balança com precisão de 3 casas decimais. A produtividade foi calculada a partir dos grãos colhidos nas dez plantas.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análises estatísticas. Inicialmente foi verificada a presença de dados discrepantes pelo teste de Grubbs (1969), em seguida realizada a análise de variância quando atendido os pressupostos como a normalidade dos erros pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Cochran (Apêndice A), e quando verificada diferença significativa foi realizada a comparação das médias pelo teste Tukey (1949) a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes de produção e a produtividade de mandioca e feijão-caupi foram influenciados pela fertilização. Já o preparo de solo influenciou apenas duas variáveis do feijão -caupi.

### 4.1 MANDIOCA

A fertilização influenciou significativamente todas as variáveis, o que não aconteceu para o preparo do solo (Tabela 2). Não houve interação significativa entre o sistema de preparo e a fertilização para nenhuma variável.

Tabela 2 – Valores de F obtidos na análise de variância para os componentes de produção e produtividade da mandioca em sistemas de manejo conservacionista de solo, Mâncio Lima, AC, 2019.

Fonte de variação	GL	AP	DC	NRP	MPA	MM	MR	CR	DR	Prod.
Preparo	1	5,67 ns	1,88 ns	4,08 ns	8,43 ns	3,39 ns	4,09 ns	0,008 ns	7,47 ns	4,10 ns
Bloco	2	1,47 ns	0,35 ns	2,18ns	6,02 ns	13,72 ns	5,27 ns	0,54 ns	17,85 ns	5,29 ns
Erro 1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fertilização	4	37,8 **	20,99**	31,39**	51,31**	33,29**	27,72**	10,45**	29,11**	27,57 **
Preparo x Fertilização	4	0,84 ns	0,16 ns	0,62 ns	2,38 ns	1,04 ns	0,34 ns	0,80 ns	0,43 ns	0,34 ns
Erro 2	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	14,46	14,51	28,68	16,67	13,57	31,16	22,95	4,03	31,1
CV 2 (%)	-	15,05	13,4	25,2	29,55	35,8	32,39	9,95	6,65	32,4

ns: não significativo; GL: graus de liberdade; \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%; AP = altura de plantas; DC = diâmetro do caule; NRP = n° raízes/planta; MPA = massa fresca da parte aérea; MM = massa fresca de manivas; MR = massa fresca de raízes; CR = comprimento de raízes; DR = diâmetro de raízes; Prod. = produtividade.

A aplicação de calcário influenciou significativamente a altura de plantas ( $p < 0,05$ ), sendo superior nos tratamentos LGPC e LGC (Tabela 3), que foram semelhantes. No tratamento com plantas de cobertura associada com adubação fosfatada (LGP), a altura de plantas foi inferior em relação aos tratamentos com calcário, porém semelhante ao tratamento com planta de cobertura (LG) e superior à testemunha. Isso ocorre devido aos efeitos positivos do calcário na correção da acidez, neutralização do alumínio e fornecimento de cálcio e magnésio,

proporcionando ambiente mais favorável ao crescimento vegetativo das culturas (NOVAIS, 2007).

Tabela 3 – Altura de plantas, diâmetro do caule, comprimento e diâmetro de raiz em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2019.

Tratamentos	Altura de plantas (m)	Diâmetro caule (mm)	Comprimento raiz (cm)	Diâmetro raiz (mm)	Nº de raízes/planta
PCr	1,54 a	17,54 a	17,33 a	46,96 a	3,01 a
PD	1,74 a	18,86 a	17,46 a	48,89 a	3,73 a
LGPC	2,30 a	22,64 a	18,69 a	54,02 a	5,38 a
LGC	2,22 a	22,55 a	17,94 a	53,97 a	5,05 a
LGP	1,62 b	18,34 ab	19,57 a	50,63 a	3,42 b
LG	1,22 bc	15,34 bc	17,14 a	42,22 b	2,28 b
T	0,87 c	12,16 c	13,64 b	38,78 b	0,72 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem ( $p>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. PD: plantio direto; PCr: preparo convencional da região; T: testemunha - sem adubação, calagem e plantas de cobertura, com uso do fogo; LG: plantas de cobertura, sem calagem e adubação e sem uso de fogo; LGP: plantas de cobertura associada a adubação fosfatada; LGC: plantas de cobertura associada a calagem; LGPC: plantas de cobertura associada a calagem e adubação fosfatada;

O diâmetro do caule foi superior nos tratamentos com aplicação de calcário e fósforo (LGPC, LGC e LGP), sendo a média dos tratamentos com calcário 85% superior em relação a testemunha (Tabela 3). O uso isolado de plantas de cobertura proporcionou resultado semelhante ao tratamento testemunha para o diâmetro do caule. Assim como a altura de plantas, o diâmetro do caule é uma variável relacionada diretamente ao vigor vegetativo da planta, condicionando maior resistência ao tombamento em caso de ventos, e interferindo na qualidade do material de propagação (MATTOS; FARIAS, FERREIRA FILHO, 2006). A disponibilidade de fósforo em quantidade adequada para a cultura da mandioca tem relevante importância, considerando que plantas sob limitação desse nutriente produzem ramos finos, folhas estreitas e com poucos lóbulos (TERNES, 2002).

O comprimento de raiz foi semelhante em todos os tratamentos, exceto na testemunha que foi estatisticamente inferior (Tabela 3). As raízes de maior comprimento condicionam maior produtividade, isso associado à outras variáveis como o diâmetro das raízes e a quantidade de raízes por planta, interferem na massa total de raízes por planta (NTAWURUHUNGA; DIXON, 2010). Verifica-se que nos tratamentos com o cultivo de plantas de cobertura o diâmetro do caule foi superior em relação a ausência desse cultivo (T). Isso evidencia a importância do cultivo de plantas de cobertura (LG) em solos arenosos de baixa fertilidade, na qual contribui dentre outras formas, com a ciclagem do fósforo (Tabela 1).

O diâmetro de raízes foi superior nos tratamentos LGPC, LGC e LGP (Tabela 3). O diâmetro está relacionado ao acúmulo de amido nas raízes de reserva, dessa forma, as condições de solo favoráveis proporcionam melhor crescimento da cultura. Nos tratamentos com ausência de fertilizantes ou corretivos verificou-se menores valores dessa variável. Entretanto, o comprimento em LG foi semelhante aos demais, exceto na Testemunha, o que foi relacionado ao efeito das plantas de cobertura. Em condições menos favoráveis, a cultura reduz a quantidade de raízes de armazenamento, em contrapartida há pouca variação no diâmetro e comprimento dessas raízes. Verifica-se que o uso de insumos proporcionou aumento de comprimento e diâmetro de raízes de mandioca em relação a testemunha. Como verificado por Silva et al. (2019), em safra anterior na mesma unidade experimental, o diâmetro de raízes foi superior nos tratamentos com a presença de calcário isoladamente ou combinada com fósforo em sistemas com uso de plantas de cobertura.

O cálcio e magnésio, fornecidos pela calagem, são elementos de fundamental importância para a nutrição e desenvolvimento dos vegetais. A função do cálcio nas plantas, dentre várias formas, está relacionada ao crescimento de ápices radiculares, composição de paredes celulares, vacúolos e organelas, e indiretamente nas culturas sua importância consiste em melhorar as condições para o crescimento de raízes. O magnésio é componente estrutural das moléculas de clorofila, como também influencia no movimento de carboidratos das folhas para demais partes da planta, e facilita a absorção e transporte de P pela planta (NOVAIS et al., 2007). Assim, a limitação desses elementos é um fator que influencia no crescimento da planta e processos fisiológicos, tais como a fotossíntese e acúmulo de amido nas raízes.

O fósforo é um elemento que atua diretamente na transferência do ATP necessário à fotossíntese, translocação e outros processos metabólicos de extrema importância, e quando se encontra limitante pode ocasionar a redução do porte da planta e processos fotossintéticos, conseqüentemente a produção de fotoassimilados (FERNANDES, 2006), interferindo no crescimento e acúmulo de amido, resultando em raízes de menor diâmetro.

O número de raízes por planta foi superior nos tratamentos LGPC e LGC (Tabela 3). A testemunha (T) obteve número de raízes inferior aos demais (0,72), indicando que nesse sistema de uso sem práticas de manejo como adubação, calagem e sem uso de plantas de cobertura, a cultura da mandioca possui baixa capacidade de formação de raízes de armazenamento, podendo haver plantas apenas com raízes de sustentação. Isso está relacionado ao fato de que em condições adversas de fertilidade do solo, a cultura não possui a capacidade de formar raízes de armazenamento, pois, os produtos da fotossíntese em vez de serem deslocados para as raízes são utilizados para manutenção da própria planta em condições de limitação nutricional (EL-SHARKAWY, 2004). Os sistemas LG e LGP obtiveram desempenho semelhante, ou seja, a aplicação de adubação fosfatada de forma isolada, sem a calagem não proporcionou aumento de produção de raízes em relação ao sistema com uso isolado de plantas de cobertura.

A massa fresca da parte aérea e manivas das plantas de mandioca foram superiores nos tratamentos com uso isolado do calcário ou combinado com adubação fosfatada (LGPC e LGC) (Tabela 4). O efeito da calagem proporcionou maiores valores nas variáveis da parte aérea de mandioca, indicando que nesses tratamentos há benefícios positivos.

Segundo Fernandes et al. (2016), a parte aérea de mandioca possui cerca de 22% de matéria seca, e a quantidade de cálcio, magnésio e fósforo representa 1,35%, 0,34% e 0,28% da matéria seca, respectivamente. Dessa forma, os baixos conteúdos de cálcio e magnésio no solo limitam o crescimento vegetativo da parte aérea das plantas de mandioca. O fósforo, que é ausente no tratamento LGC, e se encontra em baixos teores nos solos da região, não se mostrou como um fator limitante ao crescimento vegetativo da mandioca. Segundo Nascimento et al. (2019), o crescimento das raízes de mandioca ocorre principalmente entre os 15 e 90 dias após plantio, sendo essa fase relacionada ao desenvolvimento da parte aérea.

Portanto, o solo com condições de fertilidade favoráveis proporciona melhor desenvolvimento inicial da cultura e maior produção de biomassa de parte aérea.

Tabela 4 – Massa fresca da parte aérea, manivas e raízes, número de raízes por planta e produtividade de mandioca em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2019.

Tratamentos	Massa fresca da parte aérea	Massa fresca de manivas	Massa fresca de raízes	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
	kg planta <sup>-1</sup>			
PCr	0,768 a	0,371 a	0,98 a	9840 a
PD	0,917 a	0,407 a	1,24 a	12397 a
LGPC	1,585 a	0,715 a	1,93 a	19315 a
LGC	1,652 a	0,742 a	1,77 ab	17735 ab
LGP	0,573 b	0,325 b	1,17 bc	11676 bc
LG	0,306 bc	0,143 bc	0,57 cd	5645 cd
T	0,098 c	0,021 c	0,12 d	1220 d

Médias seguidas de mesma letra não diferem ( $p>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. T: testemunha - sem adubação, calagem e plantas de cobertura, com uso do fogo; LG: plantas de cobertura, sem calagem e adubação e sem uso de fogo; LGP: plantas de cobertura associada a adubação fosfatada; LGC: plantas de cobertura associada a calagem; LGPC: plantas de cobertura associada a calagem e adubação fosfatada; PD: plantio direto; PCr: preparo convencional da região.

A massa fresca de raízes foi superior nos tratamentos com uso de calcário (LGPC e LGC) (Tabela 4). Maiores valores de massa de raízes estão relacionados ao maior número de raízes por planta e raízes de maior diâmetro (Tabelas 3 e 4). De acordo com Silva et al. (2019), a massa de raízes por planta aumenta quando se utiliza calagem e adubação fosfatada, seja isolada ou combinada.

Segundo Fernandes et al. (2016) e Howeler (2002), o cálcio, fósforo e magnésio representam 0,14%, 0,10% e 0,08%, respectivamente, na matéria seca de raízes de mandioca. Assim, essa quantidade de nutrientes exportados deve ser considerada, tornando essencial a calagem e a adubação para reposição dos nutrientes (Tabela 5). O cálcio é exportado em maior quantidade, e o baixo conteúdo no solo (Tabela 1) em LGP, LG e T é um fator limitante à expressão do potencial

produtivo. Considerando que o sistema LGPC obteve maior produtividade, a quantidade exportada desses nutrientes não é tão alta, necessitando de pouco investimento pelo produtor familiar para a reposição em quantidades mínimas visando a manutenção da produtividade da mandioca.

Tabela 5 – Conteúdo médio de fósforo, cálcio e magnésio exportados em raízes de mandioca em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, Acre.

Preparo/Fertilização	P	Ca	Mg
		kg ha <sup>-1</sup>	
PCr	4,0	5,4	3,2
PD	5,1	6,9	4,1
LGPC	7,9	10,7	6,3
LGC	7,2	9,8	5,8
LGP	4,8	6,5	3,8
LG	2,3	3,1	1,9
T	0,5	0,7	0,4

Fonte: Fernandes et al. (2016); Howeler (2002); Nijholt (1935); Howeler e Cadavid (1983). PD: plantio direto; PCr: preparo convencional da região. T: testemunha - sem adubação, calagem e plantas de cobertura, com uso do fogo; LG: plantas de cobertura, sem calagem e adubação e sem uso de fogo; LGP: plantas de cobertura associada a adubação fosfatada; LGC: plantas de cobertura associada a calagem; LGPC: plantas de cobertura associada a calagem e adubação fosfatada;

A produtividade de raízes foi superior nos tratamentos com uso de plantas de cobertura + fósforo e calcário (LGPC e LGC) (Tabela 4). Apesar da produtividade observada nessa safra ser inferior à média do Acre (23,3 t ha<sup>-1</sup>), foi superior à média nacional que é de 14,7 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020). Entretanto, Costa et al. (2020a), relata que há divergências entre a produtividade divulgada pelo IBGE e as verificadas em estudos anteriores na mesma área experimental deste trabalho, com uso de adubação, calagem e não uso do fogo. Conforme a condição de fertilidade do solo, a mandioca pode ou não apresentar aumento de produtividade em função da calagem, sendo a resposta mais evidente em condições de baixa saturação de bases.

O uso de adubação fosfatada associada ao cultivo de plantas de cobertura proporcionou o incremento na produtividade em relação ao sistema no qual utilizou-

se apenas planta de cobertura. Isso reflete a importância da adubação mediante aos baixos teores desse elemento no solo (Tabela 1).

Os solos de textura arenosa possuem menor capacidade de retenção de fósforo devido ao menor conteúdo de argila, tornando esse elemento mais suscetível a lixiviação (FALCÃO; SILVA, 2004). Nessas condições, a matéria orgânica do solo (MOS) desempenha papel importante na adsorção de fósforo, assim, estratégias que promovem a incorporação e a manutenção da MOS em solo arenoso, como o uso de plantas de cobertura em plantio direto influenciam no aumento de seu conteúdo, bem como na ciclagem de nutrientes (PEREIRA et al., 2010).

Costa et al. (2020b), em trabalho avaliando o manejo conservacionista do solo e épocas de adubação NPK, realizado em condições semelhantes ao experimento desta dissertação, foi verificado que a mandioca cultivada somente com calagem, com ou sem adubação não proporcionaram ganhos produtivos no primeiro ano de cultivo. Segundo os autores, especialmente nas condições de solos arenosos, os nutrientes adicionados via adubação são mais suscetíveis a perdas por lixiviação e a resposta produtiva de mandioca em sistema de manejo conservacionista do solo não é imediata, sendo necessário um determinado período para a consolidação.

Mesmo sem diferença significativa, o sistema de plantio direto obteve produtividade 25% superior ao sistema convencional (Tabela 4). No plantio direto, a preconização de manutenção de cobertura vegetal e adição de matéria orgânica ao solo proporciona melhores condições para a cultura, entre elas o aumento da CTC e teor de fósforo.

Como a mandioca exporta grandes quantidades de nutrientes por meio das raízes, há redução de fertilidade do solo no sistema tradicional, o que resulta em abandono da área em poucos anos pelos produtores da região do Juruá, associados a solos de baixa fertilidade natural. Segundo Silva et al. (2019), a produtividade de mandioca no Juruá é baixa devido a pouca adesão de tecnologias e pela forma tradicional de usar o fogo para o preparo da área, e o manejo conservacionista do solo com uso de calagem e adubação, sem uso do fogo é uma estratégia a ser considerada. Corroborando essas informações, para Modesto Júnior, Alves e Silva (2010), existem diversas tecnologias que podem ser adotadas por produtores da região Amazônica na produção de farinha sem a necessidade de expandir a área plantada, como a utilização de variedades melhoradas, adubação mineral e orgânica.

O uso do fogo como forma de preparo rotineiro da área não proporciona ganhos produtivos ao sistema agrícola. O sistema de plantio direto, uso de plantas de cobertura, e fertilização do solo são alternativas mais adequadas às condições edafoclimáticas da região, permitindo a continuidade da produção agrícola em mesma área por um longo período.

#### 4.2 PLANTAS DE COBERTURA

Não houve diferença estatística ( $p>0,05$ ) para a produtividade de massa fresca e seca e percentual de matéria seca entre os sistemas de manejo (Tabela 6). Mesmo não havendo diferença significativa, houve tendência de superioridade nas médias dos tratamentos que receberam fósforo e calcário.

Tabela 6 – Valores de F obtidos na análise de variância para a produtividade de massa fresca e seca e percentual da massa seca de plantas de cobertura em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.

Fonte de variação	GL	Massa fresca	Massa seca	Percentual de massa seca
Preparo	1	3,68 ns	5,97 ns	0,007 ns
Bloco	2	0,05 ns	0,79 ns	1,63 ns
Erro 1	2	-	-	-
Fertilização	4	1,76 ns	1,36 ns	1,06 ns
Preparo x Fertilização	4	0,76 ns	0,80 ns	0,17 ns
Erro 2	16	-	-	-
CV 1 (%)	-	44,9	34,2	9,2
CV 2 (%)	-	55,0	47,6	18,5

ns: não significativo; GL: graus de liberdade

No tratamento com maior tendência para produção de massa fresca e seca (LCPC) havia maior predominância de milho e feijão-de-porco, tanto em PCr quanto em PD (Tabela 7). Nos tratamentos LGP, LG e T, a espécie de cobertura semeadas não obtiveram bom crescimento, sendo as plantas de cobertura predominantemente espontâneas. Segundo Bortoluzzi et al. (2019), o feijão-de-porco apresenta alto potencial de produção de biomassa em curto período de tempo e promove adição de matéria orgânica ao solo, tanto pela parte aérea quanto nas raízes. De acordo Padovan et al. (2011), o feijão-de-porco tem grande capacidade

de ciclar nutrientes, sendo verificado que a parte aérea apresentou em kg ha<sup>-1</sup> os valores de N = 212 e 106, P = 17 e 5 K = 140 e 63 Ca = 97 e 66 Mg = 23 e 19 e S = 12 e 6, respectivamente, em duas regiões do centro-oeste. Assim, além do carbono adicionado ao solo, essa cultura proporciona benefícios à fertilidade do solo.

Tabela 7 – Produtividade de massa fresca e seca e percentual de matéria seca (MS %) da parte aérea de plantas de cobertura em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.

Tratamentos	Massa fresca	Massa seca	MS (%)
	kg ha <sup>-1</sup>		
PCr	8759,2 a	3480,65 a	42,04 a
PD	12032,27 a	4735,64 a	42,16 a
LGPC	14167,3 a	5263,3 a	40,3 a
LGC	10536,7 a	4214,2 a	41,2 a
LGP	12042,0 a	4562,0 a	39,9 a
LG	9356,0 a	3729,1 a	41,4 a
T	5876,7 a	2772,2 a	47,9 a

T: testemunha - sem adubação, calagem e plantas de cobertura, com uso do fogo; LG: plantas de cobertura, sem calagem e adubação e sem uso de fogo; LGP: plantas de cobertura associada a adubação fosfatada; LGC: plantas de cobertura associada a calagem; LGPC: plantas de cobertura associada a calagem e adubação fosfatada; PD: plantio direto; PCr: preparo convencional da região.

As plantas de cobertura no contexto da agricultura familiar são importantes essencialmente em aspectos de proteção do solo, já mencionados anteriormente, quanto de ciclagem de nutrientes. Essas espécies têm alto potencial de produção de biomassa, conseqüentemente a quantidade de nutrientes assimilados pelas plantas e que posteriormente serão disponibilizados às culturas agrícolas são importantes para a manutenção do sistema produtivo. Quando se realiza o aporte de tecnologias, a produção de massa fresca e seca tendem a elevar, refletindo a necessidade dos insumos para melhoria da fertilidade do solo. Como são solos arenosos, a perda de nutrientes por lixiviação é significativa, assim a palhada das espécies de cobertura atua como fonte de liberação de nutrientes de forma gradativa para as espécies agrícolas. É relevante o uso de plantas de cobertura como forma de melhoria da

qualidade do solo e manutenção da produtividade de cultivos, eliminando o uso do fogo na agricultura.

Como verificado por Oliveira et al. (2004) o consórcio de milho e feijão-deporco são capazes de absorver e ciclar uma grande quantidade de macronutrientes, e esses nutrientes são disponibilizados gradativamente às culturas, reduzindo as perdas por lixiviação. As leguminosas, além de fixar N, tem a capacidade de disponibilizar os nutrientes mais rapidamente para as culturas sucessoras em razão da maior velocidade de decomposição (SILVEIRA et al., 2005).

O milho apresenta persistência da palhada por um longo período, sendo verificado por Teixeira et al. (2011) o tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de 112 dias. A liberação dos nutrientes de forma variável, na qual cada nutriente apresenta certo período para estar disponível, sendo o potássio e fósforo com menor e maior tempo de meia-vida, respectivamente (CARPIM, 2008). Nesse caso a palhada age como fonte de nutrientes e como proteção do solo até que a cultura subsequente se estabeleça.

A produção de biomassa vegetal em cultivos de cobertura é importante no contexto da agricultura conservacionista, causando aumento da infiltração de água no solo, redução do selamento superficial pelo impacto direto das gotas de chuva, redução da amplitude térmica e redução na infestação de plantas daninhas (HOBBS et al., 2008). As alternativas de manejo de solo, sem o uso do fogo, proporcionaram maiores produtividades de biomassa fresca. O cultivo de plantas de cobertura nas condições experimentais, especialmente em relação ao solo arenoso e ao intenso volume de chuvas, torna-se essencial para proteção do solo.

Segundo Kaspar e Singer (2011), as plantas de cobertura desempenham papel importante na proteção do solo contra erosão, agindo como uma barreira que diminui o impacto da gota de chuva no solo, minimizando a desagregação de partículas, como também reduz a velocidade do escoamento da água em superfície. Para Huang e Hartemink (2020), os solos arenosos possuem uma dinâmica diferenciada em seus aspectos de estrutura, fertilidade, lixiviação e ciclagem de nutrientes, que diante da demanda por solos para produção agrícola têm sido incorporados aos sistemas, observando-se e ajustando as práticas agrícolas conforme suas potencialidades e restrições, entre elas a cobertura vegetal permanente.

Na regional do Juruá, o uso de cobertura de solo, seja com espécies exóticas ou nativas espontâneas, contribuem para proteção do solo devido ao aporte de biomassa no sistema. Em plantio direto os valores de biomassa apresentaram tendência de superioridade, contribuindo para o aporte vegetal fundamentais para esse sistema.

O uso do fogo na região, além de causar a emissão de gases de efeito estufa, eliminam a cobertura vegetal e conseqüentemente os benefícios são reduzidos. Assim, manter ou introduzir espécies vegetais de cobertura são importantes no manejo dos solos arenosos na região. Para Scopel et al. (2012), a cobertura do solo utilizando espécies vegetais de alta produtividade em rotação às culturas agrícolas são importantes no contexto da agricultura conservacionista, trazendo ao produtor benefícios econômicos, agronômicos e ambientais.

#### 4.3 FEIJÃO-CAUPI

O número de vagens por planta (NVP) e produtividade foram diferentes entre os sistemas de preparo (Tabela 8). Enquanto a fertilização influenciou ( $p < 0,05$ ) todos os componentes de produção e produtividade da cultura.

Tabela 8 – Valores de F obtidos na análise de variância dos componentes de produtividade do feijão-caupi em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.

Fonte de variação	GL	NVP	NGV	M100G	Prod.
Preparo	1	27,15*	4,66 ns	3,13ns	57,17*
Bloco	2	13,5ns	7,49ns	8,51ns	23,87*
Erro 1	2	-	-	-	-
Fertilização	4	15,01**	5,36**	4,89**	12,62**
Preparo x fertilização	4	0,66ns	0,11ns	0,41ns	0,84ns
Erro 2	16	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	23,11	7,9	6,2	19,02
CV 2 (%)	-	38,33	11,27	5,62	43,69

ns: não significativo; GL: graus de liberdade; \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%. NVP = nº vagens/planta; NGV = nº grãos por vagem; M100G = massa de 100 grãos, prod. = produtividade.

O número de vagens por planta foi superior ( $p < 0,05$ ) no sistema de plantio direto (PD) (Tabela 9). Em relação aos tratamentos de fertilização, o sistema LGPC obteve o maior número de vagens, sendo 266% superior em relação a testemunha, indicando a importância tanto do uso da calagem quanto do fósforo na cultura. Os demais foram semelhantes.

O fósforo é considerado o macronutriente mais limitante para o feijoeiro-caupi, sendo necessária a aplicação de fertilizantes para aumento de produtividade (SILVA et al., 2010). O fósforo é essencial nos processos metabólicos das plantas, atuando na transferência de energia das células, fotossíntese, respiração, componente estrutural de ácidos nucleicos de cromossomos, bem como de fosfoproteínas, coenzimas e fosfolípidios, sendo importante desde o início do crescimento vegetativo da planta (BENVINDO, 2012). A combinação tanto da adubação fosfatada quanto a calagem são fatores essenciais e que agem conjuntamente para aumento nos valores de componentes de produção.

Tabela 9 - Componentes de produção e produtividade do feijão-caupi em sistemas de manejo de solo, Mâncio Lima, AC, 2020.

Tratamentos	Nº de vagens/planta	Nº grãos/vagem	Massa 100 (g)	Produtividade (kg/ha)
PCr	12,20 b	7,86 a	19,98 a	363,53 b
PD	19,08 a	8,37 a	20,79 a	622,38 a
LGPC	30,90 a	8,82 ab	20,84 ab	974,73 a
LGC	18,38 b	9,22 a	20,35 ab	635,70 ab
LGP	12,40 b	7,25 b	21,74 a	361,97 bc
LG	8,11 b	7,82 ab	18,92 b	247,06 c
T	8,42 b	7,47 b	20,09 ab	245,33 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem ( $p > 0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. T: testemunha - sem adubação, calagem e plantas de cobertura, com uso do fogo; LG: plantas de cobertura, sem calagem e adubação e sem uso de fogo; LGP: plantas de cobertura associada a adubação fosfatada; LGC: plantas de cobertura associada a calagem; LGPC: plantas de cobertura associada a calagem e adubação fosfatada; PD: plantio direto; PCr: preparo convencional da região.

O número de grãos por vagem foi superior nos tratamentos LGPC, LGC e LG (Tabela 9). O tratamento LGC foi 27% superior em relação ao LGP e 24% em relação à testemunha (T). A deficiência de fósforo no solo pode retardar o ponto de

colheita, causar má-formação de vagens, e conseqüentemente reduzido número de grãos de feijão (RIBEIRO, 2002). O fósforo é o macronutriente extraído em menor quantidade (BENVINDO, 2012), dessa forma, a aplicação de fósforo associada a calagem proporcionou melhores condições para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

A massa de 100 grãos foi significativamente diferente entre os tratamentos LGP e LG, sendo superior em LGP (Tabela 9). Em relação ao número de vagens por planta, os tratamentos T, LG, LGP e LGC são semelhantes, indicando que há uma compensação, ou seja, a planta não expressou o potencial genético em produção de vagens, entretanto, as poucas vagens formadas apresentam grãos com massa semelhante ao sistema LGPC. Assim, há produção de sementes com viabilidade para perpetuação da espécie, mesmo em condição adversa. Esse resultado corrobora com Freitas et al. (2013), no qual relata que a massa de cem grãos e número de grãos por vagem não é uma variável influenciada pelo sistema de plantio (direto ou convencional).

A produtividade de grãos foi superior no tratamento LGPC, que foi significativamente semelhante ao tratamento LGC (Tabela 9). Os sistemas LGC e LGPC foram 159% e 297% superiores ao tratamento controle, respectivamente, indicando que o uso de calagem, com e sem adubação fosfatada proporciona aumento de produtividade no feijoeiro. Dessa forma, nota-se a importância do efeito da calagem, tanto na ação corretiva de acidez, quanto no aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo, e quando se combina com o fósforo obtêm-se maior produtividade. O uso isolado de plantas de cobertura ou combinada com fósforo não resultou em aumento significativo de produtividade em relação à testemunha. Apesar de não apresentar diferença significativa, o uso do fósforo no tratamento LGP proporcionou aumento de 47% na produtividade em relação a testemunha, indicando que há o efeito adicional do uso de fósforo associado a plantas de cobertura no sistema em relação à de derruba e queima.

O tratamento LG obteve desempenho semelhante ao tratamento T (Tabela 9). Isso ocorre, pois, espécies semeadas para fins de plantas de cobertura geralmente não têm bom desempenho com ausência de adubação nas condições edáficas do experimento, sendo predominante a presença de gramíneas espontâneas em LG.

A baixa disponibilidade dos nutrientes essenciais no solo, especialmente aqueles exigidos em maior quantidade (FROTA et al., 2008; MOREIRA et al., 2008) e a

ausência de adubação limita a expressão do potencial produtivo da cultura, afetando os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento (SENA; CASTRO; KLUGE, 2019). Em LGPC e LGC verifica-se maior conteúdo de cálcio, magnésio e maiores valores de saturação por bases em relação ao sistema de derruba e queima (Tabela 1), evidenciando a importância do manejo por meio da calagem e fertilização e uso das plantas de cobertura em sucessão.

O conteúdo de fósforo nos solos de terra firme da Amazônia, especialmente com aqueles que predominam a caulinita, hematita e goethita na fração argila (BARBOSA, 2017) é uma limitação de fertilidade para o cultivo do feijão-caupi (MARTINS; MARTINS; BORGES, 2017), uma vez que esse elemento fica parte adsorvido aos colóides do solo ou pode ser lixiviado em solos arenosos, e indisponível para as plantas, sendo necessário a fertilização em doses acima do recomendado para compensar possíveis perdas, ou parcelada para melhor aproveitamento da cultura (NOVAIS et al., 2007). A calagem promoveu melhor desempenho (LGC) sobre a produtividade do feijão-caupi em relação à adubação fosfatada (LGP), mesmo com baixo conteúdo de fósforo no solo (Tabela 1), demonstrando que nessas condições edáficas a calagem é algo fundamental, e até mais relevante que o fósforo.

Verifica-se que a saturação por bases (V%) na profundidade de 10 a 30 cm (Tabela 1) é inferior a 4% nos tratamentos sem aplicação de calcário (LGP, LG e T), seja em PC ou PD, concomitantemente a saturação por alumínio (m%) nos referidos tratamentos é superior a 86%, sendo o contrário observado em LGPC e LGC, no qual há maiores valores de V% e menor m%. Portanto, o uso de calagem para reduzir a ação do alumínio como para elevar a saturação de bases é indispensável à cultura do feijoeiro.

A produtividade em sistema de plantio direto (PD) foi superior ao sistema convencional ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8), denotando que o manejo conservacionista proporciona melhores condições para o desenvolvimento de feijão-caupi. A ausência de revolvimento do solo em PD, em sistema conservacionista, em conjunto com a fertilização do solo e uso de plantas de cobertura, permitiu ao feijão-caupi obter maiores produtividades.

O melhor resultado observado no PD pode estar associado a maior retenção de água no solo, redução da temperatura máxima e amplitude térmica proporcionados pela biomassa de plantas de cobertura (FREITAS et al., 2013). A presença de matéria orgânica em plantio direto contribuiu com a CTC potencial e fósforo na camada de 0-30

cm (Tabela 1), devido ao maior potencial das substâncias húmicas em possuir cargas, principalmente negativas, sendo um importante fator para adsorção de cátions, influenciando positivamente no desempenho da cultura.

Dentre os benefícios do plantio direto em relação ao convencional, destacam-se a manutenção da umidade do solo no perfil de solo onde se concentram a maioria das raízes do feijoeiro. Além disso, a presença de palhada reduz a velocidade de escoamento superficial, aliado a melhor estruturação do solo, contribuem para o aumento da taxa de infiltração de água e menor evapotranspiração da cultura (ANDRADE JUNIOR et al., 2018). Adicionalmente a manutenção e aporte de matéria orgânica, sem revolvimento do solo, contribuem para o aumento da biomassa microbiana que é responsável pela decomposição e ciclagem de nutrientes, proporcionando um ambiente de melhor qualidade ao desenvolvimento vegetal (HOFFMANN et al., 2018).

## **5 CONCLUSÕES**

O manejo conservacionista do solo proporciona aumento na produtividade de cultivos agrícolas.

O Sistema de Plantio Direto associado às práticas de calagem e adubação fosfatada e com uso de plantas de cobertura em rotação proporciona maior produtividade da mandioca e feijão-caupi.

O uso de plantas de cobertura potencializa os ganhos de produtividade da mandioca e do feijão-caupi no sistema de manejo com uso da calagem, sem adubação fosfatada.

## REFERÊNCIAS

- ACRE. Secretaria de estado de meio ambiente. Recursos naturais: geologia, geomorfologia e solos do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre- ZEE/AC fase II**, escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA Acre, 2010. 100 p.
- ALMEIDA, W. S. de; CARVALHO, D. F. de; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1110-1119, set. 2016.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. *In*: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos socioeconômicos e agrônomicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 7, p. 138-169.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; MONTEIRO, M. M. de S.; SILVA JUNIOR, J. S. da. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do feijão-caupi sob sistema de cultivo convencional e plantio direto. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, p. 191-199, jul. 2018.
- ARAÚJO, L. da S.; CUNHA, P. C. R. da; SILVEIRA, P. M. da; SOUSA NETTO, M. de; OLIVEIRA, F. C. de. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 5, p. 483-488, set./out. 2015.
- BARBOSA, M. A.; FERRAZ, R. L. S.; COUTINHO, E. L. M.; COUTINHO NETO, A. M.; SILVA, M. S.; FERNANDES, C.; RIGOBELLO, E. C. Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. **Science of The Total Environment**, v. 657, p.457-465, 2019.
- BARBOSA, T. M. B. **Mineralogia e disponibilidade de fósforo em solos de terra firme da Amazônia Central**. 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- BARROS, D. L. de; GOMIDE, P. H. O.; CARVALHO, G. J. de. Plantas de cobertura e seus efeitos na cultura em sucessão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 308-318, mar./abr. 2013.
- BENVINDO, R. N. **Adubação fosfatada e potássica na nutrição e na produtividade de feijão-caupi, cultivado no município de Bom Jesus-PI**. 2012. 61f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2012.

BERGO, C. L.; COSTA, F. de S.; LESSA, L. S.; LAMBERTUCCI, D. M. Desempenho de genótipos de mandioca no Baixo Acre e Juruá. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020. 14 p.

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; MONTEIRO, A. N. T. R.; IWASAKI, G. S.; PIVA, J. T. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuária**, Trujillo, v. 9, n. 3, p. 429-439, jul./set. 2018.

BEZERRA, J. M.; VIEIRA, M. M. da S.; SANTOS, A. F. dos; FARIAS, E. T. do R.; LOPES, M. F.; SOUZA, A. dos S. Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde**, Pombal, v. 14, n. 1, p. 41-47, jan./mar. 2019.

BOGIANI, J. C.; FERREIRA, A. C. de B. Plantas de cobertura no sistema soja-milho-algodão no cerrado. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, n. 160, dez. 2017. 15 p.

BORTOLUZZI, M. P.; HELDWEIN, A. B.; LEONARDI, M.; SILVA, J. R. da; HINNAH, F. D.; LOOSE, L. H. Crescimento, acúmulo de fitomassa e produtividade do “feijão-de-porco” em diferentes datas de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, PA, v. 62, 2019.

BRITO, M. F. DE.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F. DA; MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 3, p. 253-260, mar. 2016.

CARDOSO, D. P.; CARVALHO, G. J. de; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F. de; AVANZI, J. C. Atributos fitotécnicos de plantas de cobertura para a proteção do solo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 1, p. 19-24, jan./mar. 2013.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J. de; FREITAS, D. A. F. de; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CARPIM, L. K.; ASSIS, R. L. de; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R.; PEREIRA, V. C.; GOMES, G. V.; SILVA, A. G. da. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2813-2819, dez. 2008.

CARVALHO, A. M. de; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. de A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 551-561, jul. 2015.

CASTRO, S. S. de; HERNANI, L. C. (ed.). **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 367 p.

CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v. 98, p.302-319, 2006.

CLEMENT, C. R.; ARAÚJO, M. de C.; D'EECKENBRUGGE, G. C.; PEREIRA, A. A.; RODRIGUES, D. P. Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity**, v. 2, n. 1, p. 72-106, Jan. 2010.

CORDEIRO, L. A. M.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. R.; ROJAS, D. C.; OMOTE, H. de S. G.; MORO, E.; SILVA, P. C. G.; TIRITAN, C. S.; LONGEN, A. **Integração Lavoura-Pecuária em Solos Arenosos**: estudo de caso da Fazenda Campina no Oeste Paulista. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. 127 p.

COSTA, F. de S.; SÁ, C. P. de; LAMBERTUCCI, D. M.; TAVELLA, L. B.; BRITO, E. de S.; KLEIN, M. A.; DICK, D. P. **Agricultura conservacionista**: solução de inovação tecnológica e econômica para a produção diversa em solos arenosos do Juruá, Acre, Sudoeste da Amazônia - resultados integrados de 13 Anos. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020a. 22 p.

COSTA, F. de S.; TAVELLA, L. B.; BRAVIN, M. P.; SOUZA, J. F. de; LAMBERTUCCI, D. M. **Adubação Mineral para Mandioca e Efeito Residual no Milho em Rotação em Solo Arenoso de Mâncio Lima, Juruá, Oeste do Acre, Sudoeste da Amazônia Brasileira**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020b. 29 p.

COSTA, F. S.; FILHO, M. D. C.; SANTIAGO, A. C. C.; MAGALHÃES, I. B.; CORDEIRO, L. S.; LIMA, A. P.; MAIA, G. R.; SILVA, E. P.; KLEIN, M. A.; SILVA, F. A. C.; BARDALES, N.; QUEIROZ, L. R.; BRITO, E. S. **Agricultura conservacionista na produção familiar de mandioca e milho no Juruá, Estado do Acre**: efeitos da adoção nos resultados de safras 2006 a 2014. Rio Branco: Embrapa Acre, 2014. 10 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 186).

CRAVO, M. da S.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. de. Calagem e adubação para a cultura da mandioca. *In*: MODESTO JUNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B. **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília: Embrapa, cap. 5, 2016. p. 97-110.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; NOVOTNY, E. H.; KONZEN, E. A. Manejo de solos para a cultura do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 42-55, 2004.

CRUZ, J. F. da; OLIVEIRA, T. K. de. Desempenho agrônomo de variedades de feijoeiro no sistema plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 83-89, jul./set. 2014.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, set. 2016.

DUMANSKI, J. PEIRETTI, R. Modern concepts of soil conservation. **International Soil and Water Conservation Research**, Beijing, v.1, n.1, p-19-23, 2013.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 56, n. 4, p. 481-501, 2004.

ENCK, B. F.; SILVA, C. A. da; RIGOTTI, D.; KEFFER, G. B.; SOUZA, F. R. Cultivares de mandioca submetidas à adubação fosfatada na Amazônia Sul ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 365-371, jan./jun. 2017.

FALCÃO, N. P. de S.; SILVA, J. R. A. da; Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 3, p. 337-342, jul./set. 2004.

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, dez. 2003.

FAO. **Food security and nutrition: challenges for agriculture and the hidden potential of soil**. Roma, 2018.

FAO. **Soil erosion: the greatest challenge for sustainable soil management**. Roma, 2019. 100 p.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, v. 113, 2011.

FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; MALAQUIAS, J. V. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde Produção e Animal**, Salvador, v.17, n.1, p. 1-12 jan./mar. 2016.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 432 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, Nov./Dec. 2011.

FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J.; MORAES-DAQUALA, M. A.; TANAMATI, F. Y.; AGUIAR, E. B. Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 357-364, out./dez. 2014.

FLORES, P. S.; SOUZA, C. S. de; OLIVEIRA, I. C. de; RUFINO, C. P. B.; LESSA, L. S. Avaliação de aspectos agronômicos e produtivos de variedades de mandioca nas condições edafoclimáticas do Acre. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E CARIBENHO DE MANDIOCA, 2015, Foz do Iguaçu. Integração: segurança alimentar e geração de renda: **anais [...]**. Foz do Iguaçu: SBM, 2015.

FREITAS, R. M. O. de; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L. de; NOGUEIRA, N. W.; PROCÓPIO, I. J. S. Produção de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3683-3690, 2013.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, abr./jun. 2008

FUJISAKI, K.; PERRIN, A. S.; DESJARDINS, T.; BERNOUX, M.; BALBINO, L. C.; BROSSARD, M. From forest to cropland and pasture systems: a critical review of soil organic carbon stocks changes in Amazonia. **Global Change Biology**, v. 21, n. 7, p. 2773-2786, Jul. 2015.

GONÇALVES, V. A.; MELO, C. A. D.; ASSIS, I. R. de; FERREIRA, L. R.; SARAIVA, D. T. Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p. 1-8, 2019.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, Princeton, v. 11, n. 1, p. 1-21, Feb. 1969

HOBBS, P. R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 543-555, 2008.

HOFFMANN, R. B.; MOREIRA, E. E. A.; HOFFMANN, G. S. da S.; ARAÚJO, N. S. F. Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 168-178, jul./set. 2018.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R. J. et al. (Eds.). **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, CAB International: Wallingford, Oxon, UK. p. 115-147, 2002.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12 month growth cycle of cassava. **Field crops Research**, v. 7, p. 123-129, 1983.

HUANG, J.; HARTEMINK, A. E. **Soil and environmental issues in sandy soils**. **Earth-Science Reviews**, v. 208, set. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em 14 dez. 2020.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2020.

JESUS, J. C. S. de; OLIVEIRA, E. de; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L.; SIVIERO, A. Sistemas produtivos utilizados no Vale do Juruá. In: MATTAR, E. P. L.; OLIVEIRA, E. de; SANTOS, R. C. dos; SIVIERO, A. (org.). **Feijões do Vale do Juruá**. Rio Branco, AC: IFAC, 2016. p. 191-198.

KASPAR, T. C.; SINGER, J. W. The Use of Cover Crops to Manage Soil. In: Hatfield, J. L., Sauer, T. J., (ed.). **Soil Management: Building a stable base for agriculture**. Madison, WI: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. 2011. p. 321-337.

LEITE, L. F. C. **Matéria orgânica do solo**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 31 p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 97)

LOIOLA, T. O.; SILVA, P. A.; CAVALCANTE FILHO, P. G. Produção de lavoura branca na Amazônia: uma avaliação econômica da produção familiar rural do Acre. **Espacios**, v. 37, n. 8, 2016.

MACIEL, R. C. G.; LIMA JUNIOR, F. B. Inovação e agricultura familiar rural na Amazônia: o caso da mandioca no estado do Acre. **REDES - Rev. Des. Regional**, Santa Cruz do Sul, v.19, n.2, p. 202-223, maio/ago. 2014.

MAIA JÚNIOR, S. de O.; ANDRADE, J. R. de; REIS, L. S.; ANDRADE, L. R. de; GONÇALVES, A. C. de M. Soil management and mulching for weed control in cowpea. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 4, p. 453-460, out./dez. 2018.

MANOS, M. G. L.; OLIVEIRA, M. G. de C.; MARTINS, C. R. **Informações Técnicas para o Cultivo do Feijoeiro Comum na Região Nordeste Brasileira 2012 - 2014**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 199 p.

MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S.; BORGES, W. L. Correção da acidez, adubação e fixação biológica. In: VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2017. p. 89-112.

MATTAR, E. P. L.; OLIVEIRA, E. de; SANTOS, R. C. dos; SIVIERO, A. (org.). **Feijões do Vale do Juruá**. Rio Branco, AC: IFAC, 2016.

MATTOS, P. L. P de; FARIAS, A. R. N.; FERREIRA FILHO, J. R. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 176 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas)

MESQUITA, R. O.; PINHO, J. L. N. de; BRAGA, M. de M. Preparo do solo e plantio. . In: VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2017. p. 70-88.

MICHELON, C. J.; JUNGES, E.; CASALI, C. A.; PELLEGRINI, J. B. R.; ROSA NETO, L.; OLIVEIRA, Z. B. de; OLIVEIRA, M. B. de. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, SC, v. 18, n. 2, p. 230-239, 2019.

MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Crop systems and topdressing nitrogen on grain yield and technological attributes of common bean under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, e54003, 2019.

MODESTO JUNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B.; SILVA, E. S. A. Produtividade de mandioca cultivada por agricultores familiares em áreas de mata de Paragominas, Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 6, n. 11, p. 179-190, jul./dez. 2010.

MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. da S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 2, p. 63-68, abr./jun. 2017.

MOREIRA, P. X.; BARBOSA, M. M.; GALLÃO, M. I.; LIMA, A. C.; AZEREDO, H. M. C. de; BRITO, E. S. de. Estrutura e Composição Química do Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). In: BRITO, E. S. **Feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria tropical, 2008. 97 p.

NASCIMENTO, I. S. B. do; BARRADAS, J. de O.; ARAÚJO, L. B.; PACHECO, M. J. B.; VIANA, T. C.; JESUS, A. M. B. S. de; GALVÃO, J. R. Variáveis fitométricas de macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz) em resposta à aplicação de calagem e gesso agrícola. **Revista Sustinere**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 381-393, jul./dez. 2019.

NIJOHOLT, J. A. Absorption of nutrients from the soil by a cassava-drop. Buitenzorg. Algemeen proedstation voor den Landbowun. **Korte Mededeelingen**, n. 15. 1935

NOVAIS, R. B.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

NTAWURUHUNGA, P.; DIXON, A. G. O. Quantitative variation and interrelationship between factors influencing cassava yield. **Journal of Applied Biosciences**, Ruiru, v. 26, p. 1594-1602, 2010.

OLIVEIRA, E. A.; MATTAR, E. P. L.; NAGY, A. C. G.; ARAÚJO, M. L.; JESUS, J. C. S. de. Feijão- aspectos econômicos. In: MATTAR, E. P. L.; OLIVEIRA, E. de; SANTOS, R. C. dos; SIVIERO, A. (org.). **Feijões do Vale do Juruá**. Rio Branco, AC: IFAC, 2016. p. 67-110.

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 Amazônica**, Manaus, v. 45, n. 3, p. 243-254, 2015.

OLIVEIRA, L. B. de; OLIVEIRA JUNIOR, A. do R.; MACHADO, E. B. N.; SILVA, B. M. A.; CARVALHO, G. P. de; SILVA, B. C. R.; OLIVEIRA, L. B. de. Avaliação da produtividade de mandioca em função de diferentes doses de fósforo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p.72441-72452, sep. 2020.

OLIVEIRA, M. G. de C.; OLIVEIRA, L. F. C. de; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. da C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. da. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 59 p.

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, P. C.; MORAES, R. N. de S. Atributos químicos do solo sob diferentes plantas de cobertura na implantação do sistema plantio direto. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 8, n. 1, dez. 2004.

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, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002.

OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F. da; MERCANTE, F. M. **Produtividade de mandioca cultivada em plantio direto sobre diferentes plantas de cobertura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. De S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 182-190, 2011.

PASSOS, A. A. dos; TEIXEIRA, A. L.; MENDES, A. M.; ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, D. M. de; LEONIDAS, F. das C.; BOTELHO, F. J. E.; FERRO, G. de O.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; ARAUJO, L. V. de; COSTA, R. S. C. da; FERNANDES, S. R. **Cultivo da mandioca no estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2018. 74 p.

PENHA FILHO, N. da; SOUSA, L. L.; SANTOS, T. M. dos; RODRIGUES, W. A. D.; CAMARA, F. T. da. Estudo sobre a produtividade de feijão caupi “verde” consorciado com milho em função da colheita parcelada das vagens. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 4, n. 7, p. 246-254, 2017.

PEREIRA, G. A. M.; LEMOS, V. T.; SANTOS, J. B. dos; FERREIRA, E. A.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, M. C. de; MENEZES, C. W. G. de. Crescimento da mandioca e plantas daninhas em resposta à adubação fosfatada. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 5, p. 716-722, set./out. 2012.

PEREIRA, L. S.; OLIVEIRA, G. S. de; COSTA, E. M.; SOUSA, G. D. de; SILVA, J. N.; SILVA, H. F. da; JAKELAITIS, A. Manejo de plantas daninhas e rendimento de feijão caupi utilizando plantas de cobertura do solo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 23044-23059, maio. 2020.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, maio. 2010.

PITTELKOW, C., LIANG, X., LINQUIST, B. A.; KOENIGEN, K. J. V.; LEE, J.; LUNDY, M. E.; GESTEL, N. V.; SIX, J.; VENTEREA, R. T.; KESSEL, T. V. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture, **Nature**, v. 517, p. 365-368, 2015.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 713-721, 1998.

RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, I. R.; DANTAS, J. S.; SILVA, C. V.; SILVA, G. B.; AZEVEDO, J. R. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob

sistemas de manejo convencional e de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n.9, p.1699-1702, set. 2016

RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina, PI. Embrapa Meio Norte, 2002, 108 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção: 2)

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.; LI, Y.; GARCIA, R. A.; Soil carbon as affected by cover crops under no-till under tropical climate. *Soil Use and management*, 2016.

RUSU, T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. **International Soil and Water Conservation Research**, Beijing, v.2, n.4, p.42-49, 2014.

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

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. 248 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas)

SANTOS, H. G *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. rev e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

SCOPEL, E.; TRIOMPHE, B.; AFFHOLDER, F.; SILVA, F. A. M. da; CORBEELS, M.; XAVIER, J. H. V.; LAHMAR, R.; RECOUS, S.; BERNOUX, M.; BLANCHART, E.; MENDES, I. de C.; TOURDONNET, S. de. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n.1, p. 113-130, 2012.

SENA, J. O. A. de; CASTRO, P. R. de C. e; KLUGE, R. A. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. 2. ed. Maringá: Eduem, 2019, 296 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality complete samples. **Biometrika**, Boston, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SILVA, A. J. da; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V. dos; OLIVEIRA, J. M. F. de; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação em Latossolo Amarelo no Estado de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 31-36, 2010.

SILVA, J. de F.; COSTA, F. de S.; LAMBERTUCCI, D. M.; CAMPOS FILHO, M. D.; TAVELLA, L. B.; MOREIRA, W. C. de L. Componentes da Produção de Raízes de Mandioca sob Sistemas de Preparos do Solo e de Culturas no Sudoeste da Amazônia Brasileira. **Anais... SEMINÁRIO DA EMBRAPA ACRE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO**. p. 27-32, 2019

SILVA, J. V. de S.; CRUZ, S. C. S.; ALOVISI, A. M. T.; KURIHARA, C. H.; XAVIER, W. D.; MARTINEZ, M. A. Adubação fosfatada no feijoeiro cultivado sob palhada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 65, n. 2, p. 181-188, mar./abr. 2018b.

SILVA, L. E. B.; SANTOS, J. K. B. dos; BARBOSA, J. P. F.; LIMA, L. L. C.; SILVA, J. C. de S. Aspectos gerais e peculiaridades sobre a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 8, n. 1, p. 18-29, jan./abr. 2018a.

SILVA, M. P. da; ARF, O.; SÁ, M. E. de; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. de. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017.

SILVA, P. C. G.; TIRITAN, C. S.; ECHER, F. R.; CORDEIRO, C. F. dos S.; REBONATTI, M. D.; SANTOS, C. H. dos. No-tillage and crop rotation increase crop yields and nitrogen stocks in sandy soils under agroclimatic risk. **Field Crops Research**, Netherlands, v. 258, Nov. 2020.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, abr. 2005.

SIMÃO, E. de P.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTOS, E. A. dos; WENDLING, I. J. Produção de biomassa e composição bromatológica de duas cultivares de milho semeadas em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.14, n. 2, p. 196-206, 2015.

SIMON, C. P. **Emissão de CO<sub>2</sub> e atributos físicos em diferentes sistemas de preparo do solo**. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018.

SIVIERO, A. Trinta anos de pesquisas com mandioca no Acre. In: GONÇALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. de (ed.). **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. cap. 5, p. 111-122.

SIVIERO, A.; SANTOS, V. B. dos; SANTOS, R. C. dos; MARINHO, J. T. de S. Caracterização das principais variedades de feijão comum e caupi no Acre. In: MATTAR, E. P. L.; OLIVEIRA, E. de; SANTOS, R. C. dos; SIVIERO, A. (org.). **Feijões do Vale do Juruá**. Rio Branco, AC: IFAC, 2016. p. 129-166.

SOARES, M. R. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; NUNES, R. T. C.; SILVA, R. de A.; CAETANO, A. P. O.; OLIVEIRA, D. S. de.; NOLASCO, C. de A.; RAMPAZZO, M. C. Períodos de interferência de plantas infestantes na cultura da mandioca, submetida ou não à adubação NPK, em Vitória da Conquista - BA. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 237-247, 2019.

SOUZA, J. M. L.; ALVARES, V. S.; NÓBREGA, M. S. (Ed.). **Indicação geográfica da farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul, Acre**. Brasília: Embrapa Acre, 2017. 153p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B. de; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 497-505, 2010.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 867-876, jun. 2011.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. v.2. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.448-504.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. de A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. da S. Cultivo de milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 117-125, out./dez. 2014.

TUKEY, J. W. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, Washington, v. 5, n. 2, p. 99-114, June 1949.

VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2017.

VIANA, T. de O.; VIEIRA, N. M. B.; MOREIRA, G. B. L.; BATISTA, R. O.; CARVALHO, S. J. P. de; RODRIGUES, H. F. F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 1, p. 115-120, jan./fev. 2011.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hiberna na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 5, p. 374-382, maio. 2015.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – Pressupostos da análise de variância para os componentes de produção e produtividade de mandioca, plantas de cobertura e feijão-caupi, pelo teste de Grubbs.**

Variável	Mandioca											Gt	Conclusão
	Grubbs (Gc)										T		
	Média	LGPC		LGC		LGP		LG					
	PD	PCr	PD	PCr	PD	PCr	PD	PCr	PD	PCr			
Altura de plantas	Menor	1,10	0,95	1,15	1,15	0,97	1,14	1,15	0,83	0,85	0,85	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,86	1,04	0,66	0,70	1,03	0,72	0,70	1,11	1,10	1,10	1,15	NR <sup>1</sup>
Diâmetro do caule	Menor	1,01	0,81	0,70	1,14	0,78	1,15	1,12	0,73	0,94	1,09	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,99	1,12	1,15	0,71	1,13	0,67	0,79	1,14	1,05	0,88	1,15	NR <sup>1</sup>
Massa fresca parte aérea	Menor	0,77	0,79	1,04	0,99	0,59	1,13	1,01	0,64	0,70	0,73	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	1,13	1,12	0,95	1,01	1,15	0,77	0,99	1,15	1,15	1,14	1,15	NR <sup>1</sup>
Massa fresca manivas	Menor	0,92	0,58	1,09	0,91	0,79	1,15	1,08	1,07	0,58	0,58	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	1,06	1,15	0,88	1,07	1,12	0,62	0,89	0,92	1,15	1,15	1,15	NR <sup>1</sup>
Massa de raízes	Menor	1,15	1,12	0,92	1,11	0,59	1,06	0,96	0,77	0,65	1,09	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,59	0,79	1,07	0,83	1,15	0,92	1,03	1,13	1,15	0,87	1,15	NR <sup>1</sup>
Número de raízes	Menor	1,15	1,09	0,83	1,08	0,74	1,12	1,02	0,93	0,87	1,04	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,67	0,87	1,11	0,90	1,14	0,81	0,98	1,06	1,09	0,95	1,15	NR <sup>1</sup>
Comprimento de raiz	Menor	1,14	0,88	1,14	0,99	1,13	0,78	0,83	1,14	1,15	0,80	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,72	1,09	0,72	1,01	0,76	1,13	1,11	0,72	0,58	1,12	1,15	NR <sup>1</sup>
Diâmetro raiz	Menor	1,08	1,11	0,87	0,89	1,10	0,79	1,07	0,65	1,14	0,60	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,89	0,84	1,09	1,08	0,85	1,12	0,91	1,15	0,72	1,15	1,15	NR <sup>1</sup>
Produtividade	maior	1,15	1,12	0,92	1,11	0,59	1,06	0,96	0,77	0,65	1,09	1,15	NR <sup>1</sup>
Plantas de cobertura													
Produtividade de massa fresca	Menor	1,14	1,15	0,66	0,94	0,78	0,60	0,63	0,80	1,09	0,59	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,74	0,66	1,15	1,05	1,13	1,15	1,15	1,12	0,87	1,15	1,15	NR <sup>1</sup>
Produtividade de massa seca	Menor	0,78	1,12	0,83	0,98	0,63	1,04	0,69	0,59	1,14	0,58	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	1,13	0,80	1,11	1,02	1,15	0,95	1,15	1,15	0,71	1,15	1,15	NR <sup>1</sup>
% massa seca	Menor	1,15	0,89	0,74	1,00	0,80	1,15	1,04	1,05	1,03	1,14	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,65	1,08	1,14	1,00	1,12	0,67	0,96	0,95	0,96	0,73	1,15	NR <sup>1</sup>
Feijão-caupi													
Número vagens por planta	Menor	0,78	1,13	1,08	1,12	1,13	0,98	0,73	1,12	1,10	1,13	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	1,13	0,76	0,90	0,79	0,79	1,02	1,14	0,81	0,85	0,78	1,15	NR <sup>1</sup>
Número de grãos por vagem	Menor	1,04	1,02	1,05	0,59	1,03	0,62	1,04	1,15	1,05	0,81	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	0,95	0,98	0,94	1,15	0,97	1,15	0,96	0,68	0,94	1,12	1,15	NR <sup>1</sup>
Massa 100 grãos	Menor	0,92	0,58	0,88	0,70	1,12	0,89	1,04	1,13	0,97	1,12	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	1,06	1,15	1,09	1,15	0,79	1,08	0,95	0,76	1,02	0,80	1,15	NR <sup>1</sup>
Produtividade	Menor	0,67	1,15	1,11	1,12	1,13	0,81	0,80	0,99	1,09	1,15	1,15	NR <sup>1</sup>
	maior	1,15	0,62	0,83	0,81	0,78	1,12	1,12	1,01	0,88	0,63	1,15	NR <sup>1</sup>

NR<sup>1</sup> (não rejeita H<sub>0</sub>): Gc ≤ Gt, não há presença de dados discrepantes pelo teste de Grubbs.

APÊNDICE B – Pressupostos da análise de variância para os componentes de produção e produtividade de mandioca, plantas de cobertura e feijão-caupi, pelos testes Shapiro-Wilk e Cochran.

Variável	Mandioca					
	Shapiro-Wilk		Conclusão	Cochran		Conclusão
	Wc	Wt		Cc	Ct	
Altura de plantas	0,941	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>
Diâmetro do caule	0,972	0,767	NR <sup>2</sup>	0,016	0,684	NR <sup>3</sup>
Massa fresca parte aérea	0,988	0,767	NR <sup>2</sup>	0,004	0,684	NR <sup>3</sup>
Massa fresca manivas	0,987	0,767	NR <sup>2</sup>	0,005	0,684	NR <sup>3</sup>
Massa de raízes	0,950	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>
Número de raízes/planta	0,950	0,767	NR <sup>2</sup>	0,011	0,684	NR <sup>3</sup>
Comprimento de raiz	0,939	0,767	NR <sup>2</sup>	0,004	0,684	NR <sup>3</sup>
Diâmetro raiz	0,983	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>
Produtividade	0,950	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>
	Plantas de cobertura					
Produtividade de massa fresca	0,966	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>
Produtividade de massa seca	0,958	0,767	NR <sup>2</sup>	0,000	0,684	NR <sup>3</sup>
% Massa seca	0,968	0,767	NR <sup>2</sup>	0,012	0,684	NR <sup>3</sup>
	Feijão-caupi					
Número vagens por planta	0,971	0,767	NR <sup>2</sup>	0,003	0,684	NR <sup>3</sup>
Número de grãos por vagem	0,871	0,767	NR <sup>2</sup>	0,000	0,684	NR <sup>3</sup>
Massa 100 grãos	0,815	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>
Produtividade	0,988	0,767	NR <sup>2</sup>	0,001	0,684	NR <sup>3</sup>

NR<sup>2</sup> (não rejeita Ho): Wc>Wt, os erros são normalmente distribuídos; NR<sup>3</sup> (não rejeita Ho) Cc<Ct, as variâncias são homogêneas