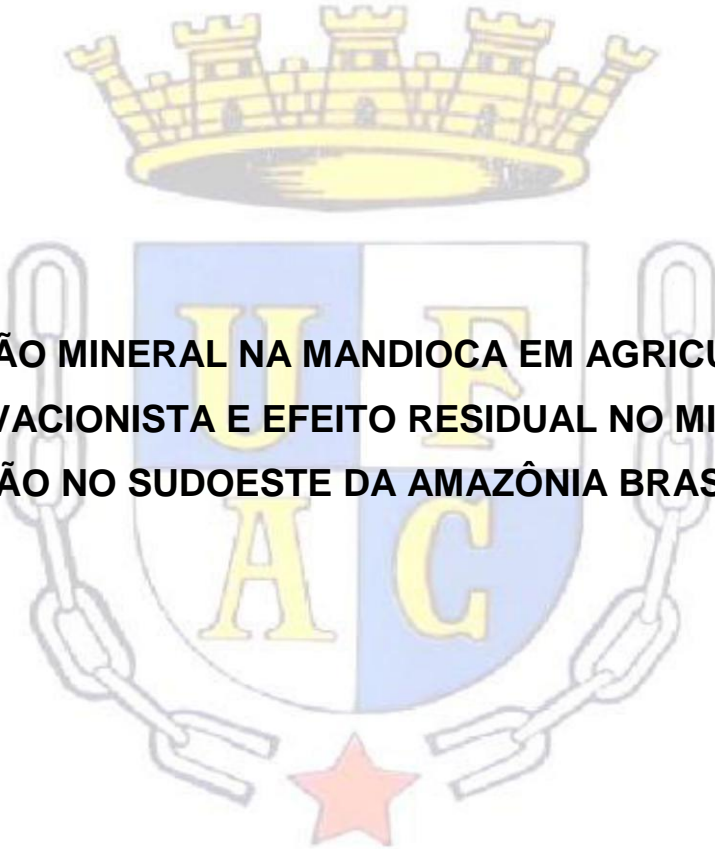


JOAB FERREIRA DE SOUZA



**ADUBAÇÃO MINERAL NA MANDIOCA EM AGRICULTURA
CONSERVACIONISTA E EFEITO RESIDUAL NO MILHO EM
SUCESSÃO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

RIO BRANCO/AC

2019

JOAB FERREIRA DE SOUZA

**ADUBAÇÃO MINERAL NA MANDIOCA EM AGRICULTURA
CONSERVACIONISTA E EFEITO RESIDUAL NO MILHO EM
SUCESSÃO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Barreto
Tavella

RIO BRANCO/AC

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

S729a Souza, Joab Ferreira de, 1991 -

Adubação mineral na mandioca em agricultura conservacionista e efeito residual no milho em sucessão no sudoeste da Amazônia Brasileira / Joab Ferreira de Souza; orientador: Dr. Leonardo Barreto Tavella. – 2019.
88 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rio Branco, 2019.
Inclui referências bibliográficas, anexos e apêndices

1. Parcelamento da adubação. 2. Amazônia Ocidental. 3. Produtividade. I. Tavella, Leonardo Barreto (orientador). II. Título.

CDD: 338.1

JOAB FERREIRA DE SOUZA

**ADUBAÇÃO MINERAL NA MANDIOCA EM AGRICULTURA
CONSERVACIONISTA E EFEITO RESIDUAL NO MILHO EM
SUCESSÃO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

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

APROVADA em 27 de junho de 2019.

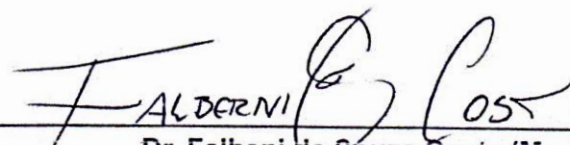
BANCA EXAMINADORA



Dr. Leonardo Barreto Tavella (Orientador)
Universidade Federal do Acre



Dra. Máisa Pinto Bravin (Membro)
Universidade Federal do Acre



Dr. Faibeni de Souza Costa (Membro)
Embrapa Acre

Aos meus pais

Amarizio Amorim de Souza e Darci Maria Ferreira de Souza

Ao meu filho

Lucas Lyan Silva de Souza

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente à Deus, pois sem ele nada é possível. À toda a minha família.

À Universidade Federal do Acre, todo o corpo docente e administrativo do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal (PPGA).

Gostaria também de fazer um agradecimento todo especial ao meu orientador de pesquisa Prof. Dr. Leonardo Barreto Tavella, por seus ensinamentos, instruções e por ter me proporcionado essa oportunidade de trabalhar nesta área de pesquisa (Manejo de Grandes Culturas).

Aos bolsistas do PET João Marin, Cleilson Junior, Charniele Costa, Sebastina Amorim, Railene, Niquele Sales, Aniquely Moraes, Kecy Dhones, Allana, Vitória Filgueira, Arthur Santos e Gabriela Souza, pela ajuda e apoio nas atividades transcorridas.

Aos servidores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Acre) Daniel Moreira Lambertucci e Manoel Delson Campos Filho pelo apoio direto na condução do experimento em campo, como também aos colaboradores Cowboy e Zaire.

Meu agradecimento ao produtor rural Sebastião por ceder a área para desenvolver nossas atividades de campo, sem ele nada disso seria possível.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Pela parceria com a Embrapa Acre via projetos de pesquisa: SEG 23.16.05.027.00.00 ("Manejo conservacionista do solo na produção familiar para a agricultura de baixa emissão de carbono no oeste do Estado do Acre, Brasil - Juruá Produz - JuruáPro") e SEG 24.17.01.014.03.00 ("Projeto Componente 3 - Estratégias diferenciadas de manejo e conservação do solo para o cultivo de mandioca na Amazônia").

RESUMO GERAL

O manejo da adubação interfere na velocidade de crescimento e desenvolvimento das culturas. O parcelamento da adubação inorgânica de cobertura com aplicação em sincronia com a necessidade da cultura, pode aumentar o rendimento desta, bem como de cultivos em sucessão pela ação da adubação residual. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos da adubação parcelada sobre o rendimento da mandioca e a ação residual desta adubação sobre o cultivo do milho em sucessão. O estudo foi dividido em dois capítulos, sendo que em ambos adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados completos, com quatro repetições. No capítulo I avaliou-se o desempenho agrônômico da mandioca em resposta ao parcelamento da adubação inorgânica, adotando-se seis tratamentos constituídos por seis formas de parcelamento: T1 (controle) - Calcário; T2 - Calcário | K+P 100% no plantio | N 100% aos 30 dias após o plantio (DAP); T3 - Calcário | K+P 50% no plantio e 50% aos 60 DAP | N 50% aos 30 e 60 DAP; T4 - Calcário | K+P 50% no plantio e 50% aos 90 DAP | N 50% aos 30 e 90 DAP; T5 - Calcário | K+P 50% aos 30 DAP e 50% aos 90 DAP | N 50% aos 30 e 90 DAP; T6 - Calcário | K+P 50% aos 60 DAP e 50% aos 120 DAP | N 50% aos 60 e 120 DAP. No segundo capítulo abordou-se o efeito residual teórico da adubação sobre os aspectos produtivos do milho, em que os tratamentos foram os resíduos da adubação parcelada descrita para a mandioca. O ensaio foi conduzido em plantio direto, sem o uso do fogo e com uso do feijão guandu anão como cultura intercalar entre a mandioca e o milho. A variabilidade das amostras foi uma desvantagem para obtenção de respostas significativas para os tratamentos aplicados em campo, entretanto, os parcelamentos realizados entre T3 e T6 se destacaram para a maioria das variáveis, entretanto não diferiram do tratamento controle (T1). No cultivo do milho, embora, a maioria das variáveis não tenham apresentado diferenças significativas, observou-se a tendência de aumento dos rendimentos conforme a aplicação dos fertilizantes era realizada mais tardia na cultura da mandioca (60 e 120 DAP). Dessa forma, os resíduos destas adubações mais tardias tiveram uma tendência em favorecer o milho cultivado em sucessão, proporcionando produtividade superior à média observada na região de estudo.

Palavras-chave: parcelamento da adubação, fenologia, adubação residual, Amazônia.

GENERAL ABSTRACT

Fertilization management interferes with the rate of growth and development of crops. The splitting of the inorganic fertilization of cover with application in sync with the need of the crop can increase the yield of this crop, as well as crops in succession by residual fertilization action. The objective of this work was to evaluate the effects of split fertilization on cassava yield and the residual action of this fertilization on succession corn crop. The study was divided into two chapters, in which both were randomized complete blocks with four replications. Chapter I evaluated the agronomic performance of cassava in response to the split of inorganic fertilization, adopting six treatments consisting of six split forms: T1 (control) - Limestone; T2 - Limestone | K + P 100% at planting | N 100% at 30 days after planting (DBH); T3 - Limestone | K + P 50% at planting and 50% at 60 DAP | N 50% at 30 and 60 DAP; T4 - Limestone | K + P 50% at planting and 50% at 90 DAP | N 50% at 30 and 90 DAP; T5 - Limestone | K + P 50% at 30 DAP and 50% at 90 DAP | N 50% at 30 and 90 DAP; T6 - Limestone | K + P 50% at 60 DAP and 50% at 120 DAP | N 50% at 60 and 120 DAP. The second chapter addressed the theoretical residual effect of fertilization on the productive aspects of maize, in which the treatments were the residues of split fertilization described for cassava. The trial was conducted in no-tillage, without the use of fire and with the use of dwarf guandu beans as an intercrop between cassava and maize. The variability of the samples was a disadvantage to obtain significant responses to the field treatments, however, the splittings performed between T3 and T6 stood out for most variables, however they did not differ from the control treatment (T1). Although most of the variables showed no significant differences in maize cultivation, there was a tendency to increase yields as fertilizer was applied later in cassava cultivation (60 and 120 DAP). Thus, the residues of these late fertilizers tended to favor maize grown in succession, yielding higher than the average observed in the study region.

Keywords: fertilization split, phenology, residual fertilization, Amazon.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Dados pluviométricos durante os anos agrícolas OUT/2016 a OUT/2017. Mâncio Lima/AC, 2016.....	44
Figura 2 - Acúmulo do material vegetal dessecado sobre a área de estudo. Mâncio Lima /AC, 2017.....	46
Figura 3 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria da altura de plantas (m) e diâmetro do caule (mm), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017.....	49
Figura 4 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria das massas frescas da maniva (kg planta^{-1}) e parte aérea (kg planta^{-1}) em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017.....	51
Figura 5 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria do comprimento (cm) e diâmetro (mm) das raízes, em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017.....	52
Figura 6 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria da massa fresca das raízes (kg planta^{-1}), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017.....	53
Figura 7 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria do número de raízes comerciais (planta^{-1}), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017.....	55
Figura 8 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria da produtividade de raiz (kg ha^{-1}), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017.....	56

CAPÍTULO II

Figura 9 -	Dados pluviométricos durante os meses agrícolas de março a junho de 2018. Mâncio Lima/AC, 2018.....	68
Figura 10 -	Barplot dos valores médios da altura de plantas (m), altura da inserção de espigas (m), número de espigas (ha^{-1}) e número de grãos (espigas^{-1}) sobre efeito residual da adubação parcelada na mandioca. Mâncio Lima /AC, 2018.....	73
Figura 11 -	Barplot dos valores médios de prolificidade (planta^{-1}) sobre efeito residual da adubação parcelada na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2018.....	75
Figura 12 -	Barplot dos valores médios de massa de 100 grãos (g), massa de grãos por espigas (g) e produtividade sobre efeito residual da adubação parcelada na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2018.....	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Composição dos tratamentos. Mâncio Lima/AC, 2017.....	45
Tabela 2 - Caracterização química do solo da área experimental nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, antes do estabelecimento dos tratamentos. Mâncio Lima/AC, 2017.....	45
Tabela 3 - Análise da composição bromatológica da <i>Pteridium aquilinum</i> (Pluma). Mâncio Lima/AC, 2017.....	47

CAPÍTULO II

Tabela 4 - Composição dos tratamentos. Mâncio Lima/AC, 2017.....	69
--	----

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Análise de variância das variáveis altura de plantas (ALT) e diâmetro do caule (DC), em função do parcelamento da adubação na mandioca.....	86
Apêndice B - Análise de variância das variáveis massas frescas de manivas (MFM) e parte aérea (MFPA), em função do parcelamento da adubação na mandioca.....	86
Apêndice C - Análise de variância das variáveis comprimento (CR) e diâmetro (DR) das raízes, em função do parcelamento da adubação na mandioca.....	86
Apêndice D - Análise de variância das variáveis massa fresca das raízes (MFR), número de raízes comerciais (NRC) e Produtividade de raiz (PROD), em função do parcelamento da adubação na mandioca.....	87
Apêndice E - Análise de variância das variáveis altura de planta (ALTP), altura da inserção de espigas (ALTE), número de espigas por hectare (NEH) e número de grãos por espiga (NGE), sobre o efeito residual da adubação parcelada na mandioca.....	87
Apêndice F - Análise de variância das variáveis prolificidade (PROLI), massa de 100 grãos (M100G), massa de grãos por espigas (MGE) e produtividade (PROD), sobre o efeito residual da adubação parcelada na mandioca.....	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DIVERSIDADE DA MANDIOCA	15
2.2 CLASSIFICAÇÃO E ASPECTOS BOTÂNICOS	16
2.3 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA MANDIOCA	18
2.4 FENOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	20
2.5 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS, ADUBAÇÃO DE BASE E PARCELAMENTO... ..	22
2.6 EFEITO DO CULTIVO DA MANDIOCA NA QUALIDADE DO SOLO	25
2.7 ADUBAÇÃO RESIDUAL TEÓRICA EM CULTURAS SUCESSORAS	27
2.8 BOXPLOT: DIAGRAMA DE CAIXA PARA A ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	29
REFERÊNCIAS.....	30
3 CAPÍTULO I – EFEITO DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO MINERAL SOBRE A CULTURA DA MANDIOCA	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT	41
3.1 INTRODUÇÃO	42
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.4 CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
4 CAPÍTULO II – EFEITO RESIDUAL TEÓRICO DA ADUBAÇÃO MINERAL NA MANDIOCA E DO FEIJÃO GUANDU ANÃO SOBRE O MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO	63
RESUMO.....	64
ABSTRACT	65
4.1 INTRODUÇÃO	66
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	68
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.4 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS.....	81

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
APÊNDICES.....	85

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) ocupa lugar de destaque entre as raízes tuberosas mais cultivadas e consumidas nos trópicos úmidos. No Brasil tem ampla importância por ser a principal fonte de subsistência de algumas regiões carentes do país, principalmente Norte e Nordeste.

A previsão para os próximos anos é de queda de produção da cultura, tendo em vista a redução de áreas plantadas, como observa-se nos levantamentos sistemáticos do IBGE e CONAB dos anos anteriores. Embora não haja muitos relatos sobre o que tem causado a queda de rendimento da cultura, sabe-se que falta de informações técnicas, principalmente sobre o manejo correto da fertilidade do solo tem dificultado cultivo desta espécie em várias regiões do país.

No Estado do Acre o aumento do consumo *in natura* e o crescimento das exportações da “farinha de Cruzeiro do Sul”, demanda cada vez mais matéria-prima da cultura. Este cenário promissor para a cultura, faz com que os produtores manajem o solo sem aplicação de práticas conservacionistas sustentáveis, tendo em vista, as fragilidades edáficas da região, aumentando ainda mais os riscos de desperdícios dos recursos naturais.

Na região uma prática agrônômica que requer um manejo diferenciado é a adubação que, quando realizada pelos produtores, ocorre simultaneamente com o plantio das manivas sementes, favorecendo a concentração dos nutrientes altamente solúveis somente em uma época dentro do ciclo da cultura, deixando-a em situação de vulnerabilidade, diminuindo suas vantagens aos fatores bióticos e abióticos do ambiente. A época ideal da realização da adubação é um fator importante que influencia diretamente na produtividade da cultura.

Na maioria dos manuais e outros materiais disponíveis de recomendação de adubação para a cultura da mandioca se verifica uma universalidade relacionado a adubação mineral inorgânica para a cultura. Pouco se recomenda sobre o parcelamento da adubação. A busca por técnicas no manejo da adubação é compatível com os atuais problemas encontrados na região, devido ao tipo e as formas de uso tradicional do solo (corte-queima), disponibilidades e valor dos insumos praticado no mercado local e ciclo longo e diferenciado da espécie quando comparada a outras culturas anuais.

Compreender o melhor manejo para adubação da cultura torna-se ferramenta fundamental, a qual pesquisas têm evidenciado de que a cultura exporta elevada quantidade de nutrientes do solo, pelo fato de todo material colhido (raiz e parte aérea) ser retirado do campo, sendo considerada uma das culturas que mais extraem nutrientes dos solos tropicais, principalmente pelo uso intensivo do solo com seu cultivo sucessivo ou rotacional a outras culturas, sem reposição de nutrientes.

A qualidade do solo é imprescindível para manter o suprimento de nutrientes para as plantas e, portanto, o uso de técnicas sustentáveis no manejo da fertilidade do solo pode contribuir na melhoria da agricultura em diversos locais. A busca por novas técnicas para diminuir a supressão de novas áreas, com vista a garantir a sustentabilidade da produção se torna um desafio para o setor agrícola. Nesse contexto, com a consolidação de técnicas sustentáveis de manejo da fertilidade do solo haveria a diminuição dos custos de produção e a redução dos efeitos da degradação do solo derivadas do uso inadequado de áreas antropizadas.

Uma alternativa que deve ser considerada quando se trabalha com os benefícios da adubação parcelada sobre a fertilidade do solo, especialmente os adubos minerais inorgânicos, é o reflexo desta adubação no rendimento de cultivos posteriores, uma vez que os custos de produção relacionados à baixa disponibilidade de fertilizantes em algumas regiões, não viabilizam a adubação de plantios sucessivos na mesma área.

No contexto apresentado e buscando contribuir com pesquisas relacionadas ao manejo da adubação de uma cultura de elevado interesse econômico para a região do estudo o objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos da adubação parcelada sobre o rendimento da mandioca e a ação residual desta adubação sobre o cultivo do milho em sucessão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A mandioca desde sua domesticação é utilizada tanto para alimentação humana quanto animal, apresentando grande importância socioeconômica (OTSUBO et al., 2008), e de acordo com relatório da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), umas das culturas mais cultivada e consumida nas regiões tropicais ultimamente (FAOSTAT, 2014).

A ampla demanda no cultivo desta espécie se deve ao fato da planta reter grandes quantidades de reservas nutritivas, como também, ótima adaptabilidade, rusticidade e pouca restrição à fertilidade do solo (CONAB, 2017b; VIEIRA, 2011). De acordo com Adjei-Nsiah e Sakyi-Dawson, (2012) para exploração sustentável da cultura são necessárias melhorias no manejo da adubação como forma de repor os nutrientes extraídos do solo, complementando o plantio com adubos minerais ou orgânicos com a finalidade de maximizar a produção da cultura, e manter a fertilidade do local para cultivos subsequentes.

2.1 ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DIVERSIDADE DA MANDIOCA

A cultura da mandioca há anos tem sido alvo de discussão entre pesquisadores (ROGERS; APPAN, 1973; ALLEM, 1987) a respeito de sua origem e domesticação, no entanto, o maior número de estudos tem direcionado os países dos trópicos, principalmente pertencentes à América Sul como domesticadores dessa cultura (RIVAL; MCKEY, 2008). Com o passar dos anos pesquisas realizadas por Allen (2002) e Colombo et al. (2000) sugeriram que a mandioca teria se originado de três prováveis ancestrais comuns da espécie, sendo estes, *Manihot esculenta* Crant ssp, *Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia* (pohl) Cifferi e *Manihot esculenta* ssp. *peruviana* (Mueller) Allem.

O gênero *Manihot* conforme Rogers e Appan (1973) contém 98 espécies, onde 19 são nativas do continente norte americano e o restante é encontrado nas Américas do Sul e Central. Os mesmos autores propõem a ideia de que a origem da mandioca tenha como ponto de partida a espécie *Manihot aesculifolia*. Porém resultados diferentes foram propostos por Allem (1999) onde enfatizou outro possível ancestral para a cultura, sendo esta originaria da espécie *Manihot pruinosa*.

De acordo com Léotard et al. (2009) utilizando o gene *G3pdh* para analisar algumas espécies silvestres do gênero *manihot*, sugeriram que a mandioca tenha sido domesticada a partir da espécie *Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia* (pohl) Cifferi, indicando ainda a região Norte do Brasil como possível local desta domesticação.

Os povos pré-colombianos de acordo com Lefèvre (1989), já haviam domesticado a espécie mesmo antes da chegada dos europeus às Américas, logo, os nativos destas regiões acabaram por disseminar a cultura por todo continente americano. No entanto, após o descobrimento das Américas no século XV, portugueses e espanhóis foram os responsáveis pela súbita dispersão da espécie, principalmente nos continentes africanos e asiáticos, na qual a espécie se adaptou e difundiu-se rapidamente, sobretudo na África, que é considerada por alguns pesquisadores o segundo maior centro de diversidade da cultura (MUHLEN et al., 2000).

A América Latina e o Caribe somam juntos hoje a maior diversidade genética da cultura. A propagação desta espécie é bastante expressiva a nível mundial, com cerca de 8.500 acessos conservados em bancos de germoplasma espalhadas por todos os continentes, nos quais 7.500 encontram-se na América do Sul (COSTA; MORALES, 1994). Calcula-se que a diversidade da espécie encontrada no Brasil é de aproximadamente 4.132 acessos, catalogados e mantidos em banco de germoplasma espalhados por várias regiões do País (FERREIRA et al., 2012).

2.2 CLASSIFICAÇÃO E ASPECTOS BOTÂNICOS

A *Manihot esculenta* Crantz conhecida popularmente como, mandioca, macaxeira e aipim é uma espécie monoica, pertence à classe das Dicotyledôneas, família Euphorbiaceae, a qual é composta por 7.200 espécies, desta família deriva-se uma das mais importantes tribos, a Manihoteae, constituída pelo gênero *Manihot* onde encontra-se distribuída por várias regiões do mundo (ORLANDIM; LIMA, 2014).

As espécies pertencentes à família Euphorbiaceae apresentam hábitos de crescimento diferenciados, desde arbustivos, arbóreo e herbáceo ou até mesmo escandente (crescem emitindo novos brotos). A composição das folhagens varia entre alternas e opostas, como também, raramente encontra-se verticiladas (simples ou compostas). Na inflorescência as gemas axilares ou terminais podem formar panículas, pseudantos ou tirsos. As emissões florais podem ser zigomorfas,

actinomorfas, diclinas ou raramente monoclamídeas ou diclamídeas. Apresenta frutos geralmente do tipo cápsula septícida ou loculícida, com carpóforo endurecido (JUDD et al., 2009).

O gênero *Manihot* por ser abundante em países tropicais é considerado uma planta neotropical, com aproximadamente 98 espécies distribuídas nesta região. Contudo, de acordo com relatórios da Flora do Brasil (2017), este gênero apresenta grande diversidade no país, com cerca de 92 espécies das quais destas 69 são nativas. Este gênero devido sua grande adaptabilidade é encontrado por todo o Brasil, principalmente no Centro-Oeste do país, onde segundo levantamento realizado por Duputié et al. (2011) foram encontradas 41 espécies distribuídas entre os Estados do Distrito Federal e Goiás.

A mandioca é um arbusto, que apesar de ser comercialmente cultivada por período de um ciclo é uma espécie perene, possui ramificações definidas e pode atingir até 5 metros de altura, embora seu tamanho máximo em geral não ultrapasse os 3 m. O caule é rígido de coloração marrom, sendo essa parte muito importante para a propagação vegetativa. As folhas são do tipo simples e lombada, onde o tamanho e a cor mudam de acordo com variedade utilizada (CHAVARRIAGA-AGUIRRE; HALSEY, 2005).

A planta desenvolve flores femininas no terço inferior em menor quantidade e flores masculinas no terço superior em maior número. Na inflorescência as flores masculinas abrem sete dias após as femininas, no entanto, pode haver abertura simultânea das flores masculinas e femininas ocorrendo, assim, a autofecundação (RIOS, 2006).

Estudos realizados por Nolasco (2011) evidenciou que há intensa depressão endogâmica causada pela autofecundação da planta. Os frutos são deiscentes separados por três lóculos, as sementes podem ter ou não arilo (possui alto teor de lipídios) que variam em tamanho.

O componente mais importante desta espécie é a raiz, na qual é aproveitada de diversas maneiras, na alimentação humana e animal, assim como, na indústria de alta tecnologia. As raízes são ricas em amido, apresentando diversos formatos desde cilíndrico-cômicos a globulares (MCCALLUM et al., 2017).

As variedades de mandioca segundo Schwengber et al. (2005) são divididas em dois principais grupos conforme o número de glicosídeos cianogênicos

(açúcares) produtores de HCN (ácido cianídrico): mandiocas mansas, onde estas apresentam baixo teor de HCN e mandiocas bravas, com altos teores de HCN.

Na região norte do país, principalmente no sudoeste da Amazônia brasileira, as cultivares que apresentam altos conteúdos de HCN, são destinadas à produção de farinha de mandioca, enquanto as com pouco teores desse ácido são consumidas *in natura*, cozidas, fritas, ou até mesmo na fabricação de bolos e outras modalidades (Mendonça et al., 2003). As mandiocas com baixo teor de HCN não são utilizadas na produção de farinhas de mandioca, pois, segundo Carvalho et al. (1995), derivam um subproduto com sabor adocicado de baixa aceitação nos mercados

2.3 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA MANDIOCA

A mandioca é uma das raízes mais consumidas no mundo, destacando-se nas regiões tropicais e subtropicais como fonte de alimento para mais de 500 milhões de pessoas, sendo umas das mais importantes reservas energéticas dos trópicos (FREITAS et al., 2011). Com produção de aproximadamente 270,28 milhões de toneladas no ano de 2014, de acordo, com levantamento da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), esta cultura torna-se umas das principais tuberosas do mundo, perdendo apenas para a batata (FAO, 2014).

Há muitas décadas o Brasil liderou a produção de raízes de mandioca, no entanto, foi superado pela República Federal da Nigéria em 1991. Segundo o levantamento da FAO em 2014 o Brasil já havia caído para a quarta posição, com produção de 23,24 milhões de toneladas. Produzindo 54,83 milhões de toneladas, a República Federal da Nigéria manteve-se em primeiro lugar como a maior produtora, seguida por Indonésia e Tailândia, Brasil, República Democrática do Congo e Gana (FAO, 2014).

A nível nacional, a produção brasileira de raízes de mandioca conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016 chegou a marca de 23,71 milhões de toneladas, com 1,55 milhões de hectares de área colhida. Nos próximos anos devido à diminuição do número de área plantada, de acordo, com levantamento sistemático da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a previsão é que a safra decresça em 11,8%, sendo estimada em 20,90 milhões de toneladas (IBGE, 2016).

Em áreas agrícolas, segundo FAO (2014) a mandioca apresenta potencial tecnológico elevado, onde têm demonstrado nos últimos anos possuir viabilidade na fabricação de diversos derivados, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil. Do mesmo modo, CONAB (2017) afirma que esta espécie vem ganhado cada vez mais espaço na área agrícolas por apresentar ótima adaptabilidade, rusticidade e pouca restrição à fertilidade do solo.

A mandioca pode ser consumida *in natura*, no entanto, é de fácil processamento, geralmente utilizada para produção farinha, biscoitos, tapioca, pães, ração animal, bebidas, amidos ou fécula, além disso, é promissora para obtenção biodiesel derivado das variedades com alto teor de glicose (CAMACHO; CABELLO, 2012; ZHANG, et al., 2017).

Pesquisas realizadas por Rogers e Appan (1973) estudando uma espécie do gênero *Manihot* apresentaram resultados significativos na utilização desta espécie para fabricação de borrachas destinadas a ornamentação. Observa-se também nesta espécie o potencial para produção de biodiesel a partir das sementes (LÍNS et al., 2014) e de acordo com Alves et al. (2011) e Patil et al. (2009) é muito aproveitada no melhoramento vegetal da cultura para transferência de resistência à virose do mosaico.

No Brasil especialmente em algumas regiões há o aproveitamento de praticamente toda planta, as raízes da mandioca são destinadas principalmente para industrialização (fécula, farinha e outros produtos) já a parte aérea pode ser aproveitada em plantios (maniva-semente) ou para suplementação alimentar de animais ruminantes e não ruminantes (FERNANDES et al., 2017). As raízes são convencionalmente utilizadas, mas uso das folhas vem se destacando nos últimos anos por proporcionar boa estabilidade nutricional, uma vez que são fonte de fibra, minerais e vitaminas. É importante salientar que o aproveitamento das folhas demanda baixo custo de produção, uma vez que são utilizadas mais para fins residuais e não competem diretamente com as raízes na esfera comercial (WOBETO et al., 2006)

A produção desta cultura se faz presente em todas as regiões do país inclusive nas pequenas áreas de agricultura familiar. Apesar de ser considerada uma cultura esgotante da fertilidade do solo, é avaliada por pesquisadores como uma espécie completa com suas raízes tuberosas ricas em carboidratos, assim como, suas folhas com alto teor de proteínas e vitaminas (FUKUDA, 2006).

Dentre as variedades existentes, as 'mansas' podem ser consumidas simplesmente cozidas ou assadas e são denominadas de 'macaxeira' ou 'aipim', segundo a região do país a qual são encontradas. As cultivares 'bravas' são encontradas em maior quantidade na região Norte, as 'mansas' no Sul e Centro-oeste, já em outras regiões, encontram-se os dois tipos de variedades (EMPERAIRE, 2001).

As cultivares de mandioca utilizadas pelos produtores do Vale do Juruá são constituídas em sua maioria por mansas, havendo relatos de apenas duas variedades com alto teor de Ácido Cianídrico, as quais são usadas na fabricação de farinha. Conforme Velthem e Katz (2012) os seringueiros que se estabeleceram como agricultores após o período de fabricação da borracha na década 40 provavelmente utilizavam variedades locais em seus plantios, porém não é impossível que algumas cultivares tenham sido trazidas da região nordeste do país.

2.4 FENOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

A Identificação dos estádios fenológicos de uma planta torna-se ferramenta fundamental, principalmente para o planejamento do manejo da adubação da cultura. Desta forma, observações fenológicas são vitais para estabelecimento das relações entre determinadas condições ambientais (temperatura, precipitação, umidade e fotoperíodo) no comportamento das espécies, sendo que, as características de desenvolvimento fornecem informações importantes para construção de critérios técnicos no momento da condução da cultura (RÓS et al., 2011).

A espécie apresenta cinco fases fenológicas vegetativas, quatro ativas e uma de repouso vegetativo, sendo que a influência e a duração de cada fase dependem de fatores ambientais, genéticos, hormonais e até mesmo nutricionais. De acordo com alguns pesquisadores (ALVES, 2002; CONCEIÇÃO, 1987; VIÉGAS, 1976) as fases acontecem na seguinte ordem fenológica: brotação da maniva, formação do sistema radicular, desenvolvimento da parte aérea, engrossamento das raízes e repouso fisiológico.

As brotações ocorrem ao sétimo dia do plantio, em condições favoráveis de temperatura e umidade, neste período aparecem as primeiras raízes fibrosas localizadas próximas às gemas das manivas-sementes. Logo após o sistema

radicular atingir aproximadamente 8 cm de comprimento, ocorre a primeira brotação, onde dos 10 aos 12 dias aparecem as primeiras folhas, acabando assim o estágio de brotação (TERNES, 2002).

As brotações da cultura podem diminuir drasticamente atrelada a dois principais fatores, sendo o primeiro vinculado a temperatura, onde faixas inferiores a 15 °C e superior a 38 °C no estágio inicial é prejudicial a espécie, interferindo nos parâmetros fisiológicos como as taxas fotossintéticas, condutância estomática, transpiração entre outros. O outro fator está ligado a baixa fertilidade natural do solo, pois há um consenso popular de que a cultura por se tratar de uma espécie rustica não necessita de eventuais correções na fertilidade do solo, fatores este que podem reduzir as brotações e comprometer o desenvolvimento inicial da planta, como também, aumentar o período de duração e emissão de novas folhas (FAGUNDES et al., 2009).

O estágio de formação do sistema radicular se inicia uma semana após o plantio no final da fase de brotação, dura em média de 70 a 80 dias, neste período formam-se as primeiras raízes fibrosas da planta. Essas raízes são responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo no início deste estágio, e são delas que irão formar as primeiras raízes reservas após 60 a 90 dias do plantio, formando cerca de cinco a doze raízes (CONCEIÇÃO, 1987).

O estágio de desenvolvimento da parte aérea dura 90 dias, neste período cada variedade desenvolve seus aspectos típicos, formando um só caule ou ramificações. As folhas atingem seu desenvolvimento máximo entre 10 a 12 dias após a emergência, permanecendo na planta entre 60 a 100 dias. O engrossamento de algumas das raízes fibrosas acontece consonante a esta fase (ENYI, 1972).

De acordo com Ternes (2002) quanto maior for o período de permanência das folhas na planta, menos produtos da fotossíntese serão deslocados para formação de novos ápices e como resultado mais energia será transportada e alocada nas raízes de armazenamento, conseqüentemente aumentando a produtividade da cultura pelo acúmulo de amido nas raízes.

Na fase de engrossamento das raízes de reserva os carboidratos são direcionados das folhas para as raízes de armazenamento. No período de enchimento das raízes que tem seu início no estágio anterior aumentando de intensidade no 5º mês, já não há mais o desenvolvimento das raízes em comprimento, mas sim em diâmetro (CONCEIÇÃO, 1987).

No último estágio fenológico desta cultura a perda da folhagem ocorre naturalmente, marcando o encerramento das atividades vegetativas da planta, continuando somente a translocação de substâncias de reserva para o sistema radicular. É durante este período que a mandioca armazena a maior quantidade de reservas nutritivas (principalmente o amido) nas raízes (TERNES, 2002).

2.5 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS, ADUBAÇÃO DE BASE E PARCELAMENTO

O manejo da adubação é uma prática eficiente de promover melhorias na qualidade química do solo, sendo um dos fatores determinante para ganhos de rendimento das culturas. Com a consolidação dos manejos conservacionistas do solo, houve mudanças na maneira de manejo da adubação de várias culturas, visando disponibilizar os nutrientes nas épocas de maior necessidade da planta, com o propósito de elevar a produção associada ao manejo mais eficaz da adubação (SILVA; LAZARINI, 2014).

A mandioca por se tratar de uma planta rústica que obtém razoáveis rendimentos em solos com baixa fertilidade originou a concepção de que a cultura não necessita de adubos minerais, nem mesmo responde a fertilização, mas pesquisas realizadas pela FAO (2013) apontam que algumas variedades de mandioca apresentam boas respostas à adubação.

As lavouras de mandioca têm sua produtividade incrementada ao combinar o manejo adequado da fertilidade do solo, com o estabelecimento de épocas para adubação (RIMOLDI et al., 2006; ADEKAYODE; ADEOLA, 2009). Segundo Nguyen et al. (2002), atender as exigências nutricionais da mandioca de forma adequada, resulta tanto em aumento da produtividade quanto na qualidade das raízes.

Estes fatos mencionados corroboram de que esta cultura, embora tenha capacidade produtiva regular em condições adversa, ou seja, em situações de baixa oferta de água e nutrientes, expressa aumento significativo na produtividade, quando estes aspectos de produção são ofertados de acordo com suas exigências, otimizando seu potencial produtivo, como observado em algumas regiões do Brasil, assim como, em alguns países pertencentes ao continente africano e asiático (CRAVO et al., 2008; MIRANDA et al., 2005; SOUZA et al., 2009).

Referente à fertilização mineral, pesquisas apontam aumento significativo da produção desta cultura em vários continentes (FAO, 2013), principalmente na

América do Sul (MATTOS; CARDOSO, 2003; MIRANDA et al., 2005; SOUZA et al., 2009). De acordo com Cravo et al. (2014), conduzindo um experimento em Latossolo Amarelo na porção oriental da Amazônia brasileira, em áreas de vegetação secundária (capoeira), relataram em suas pesquisas aumento de 90% na produtividade de raízes ($37,3 \text{ t ha}^{-1}$) de mandioca, com aplicação de 100 kg ha^{-1} de fósforo em base.

Os mesmos autores em outro experimento trabalhando também em áreas de segundo ciclo, relataram que ao utilizarem crescentes doses de potássio a lanço e incorporadas ao solo, houve aumento da produtividade de 23 t ha^{-1} (tratamento controle) para $39,2 \text{ t ha}^{-1}$ (tratamento com dose 90 kg ha^{-1}), havendo incremento de 70% no rendimento da cultura em relação aos tratamentos que receberam outros nutrientes, com ausência do potássio.

Resultados semelhantes foram achados por Miranda et al. (2004), com a utilização de 300 kg ha^{-1} da fórmula NPK 4-30-6 + 10 kg ha^{-1} de FTE BR-12 e 4 t ha^{-1} de húmus de minhoca, aplicados em base. Porém, em valores comparativos conforme os próprios autores, a utilização dos húmus nas regiões Norte e Nordeste seria 8 vezes mais onerosa do que o uso de fertilizantes químicos, tornando seu uso inviável, indicando ainda como forma de minimizar os custos de produção a aplicação de fertilizantes minerais de forma parcelada durante a condução da lavoura.

As plantas de mandioca, mesmo que cultivadas em áreas com baixo teor de matéria orgânica, de acordo com Mattos e Cardoso (2003) têm demonstrado pouca resposta à fertilização nitrogenada, fato este relacionado à presença de bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio atmosférico no solo. Os mesmos autores indicam a aplicação da dose de 40 kg ha^{-1} de N, sendo em cobertura, divididas em duas ocasiões, 30 e 60 dias após a brotação.

Dentre os macronutrientes, o fósforo (P) é um dos minerais menos exigidos pela cultura da mandioca, porém, nos últimos anos no Brasil vem sendo utilizado em grande quantidade pela agricultura (BENEDITO, 2007). A explicação para esse fato está na baixa concentração do fósforo natural nos solos brasileiros, sendo este um nutriente facilmente fixado pela fração argila, formando assim compostos menos solúveis as plantas (LAVIOLA et al., 2007).

Diferente do fósforo, o potássio é o nutriente mais extraído dos solos pela mandioca (MATTOS; CARDOSO, 2003; SOUZA et al., 2009) e, por isso, há o

esgotamento em poucos anos das reservas nutritivas do potássio com o plantio contínuo da mandioca na mesma área, sem a aplicação do potássio, diminuindo assim gradativamente a produtividade da cultura.

A sugestão (WADT, 2005) é que se aplique 60 kg ha⁻¹ de adubo fosfatado e potássico para a cultura da mandioca conforme posterior análise de solo. Segundo o mesmo autor, todo fósforo deve ser aplicado em base, por ocasião do plantio. Já o potássio é recomendado sua aplicação tanto em base como em cobertura aos 30 ou 60 dias após a brotação das plantas, podendo ser aplicado juntamente com o nitrogênio.

Para a adubação potássica as fontes mais utilizadas para a cultura são o cloreto e o sulfato de potássio (GOMES; SILVA, 2006). Pesquisas evidenciam que para ganhos de rendimento em solos arenosos é recomendada a aplicação do potássio sempre que possível parcelado em duas ocasiões, sendo metade no momento do plantio e o restante em cobertura aos 30 ou 60 dias da brotação juntamente com o nitrogênio (SOUZA et al., 2009). Enquanto que para o fósforo, estudos realizados em Queensland Austrália indicaram que a adição deste nutriente fracionado em dois períodos proporcionou aumento entre 11% e 26% na produtividade da mandioca (LEONG, 2016).

No que se refere à adubação mineral com nitrogênio para mandioca, existem diversos estudos indicando sua aplicação somente em cobertura, entretanto, conforme Oliveira et al. (2017) a aplicação da dose de 30 kg ha⁻¹ nitrogênio alguns dias antes do plantio proporcionou maior ganho em altura do que o tratamento sem cobertura. Os mesmos autores ratificaram que as doses de 150 e 330 kg ha⁻¹ se destacaram em relação às demais para a variável massa fresca das raízes, sendo que esses ganhos estão relacionados ao aumento do tecido fotossintético, o que favorece a produção de carboidratos pelas raízes (VIANA et al., 2001).

A grande maioria dos manuais de recomendações de adubação para cultura tem indicado a aplicação do nitrogênio em cobertura aos 30 ou 60 dias e o potássio e fósforo apenas na época de plantio (LORENZI et al., 1997; NOGUEIRA et al., 1999; SOUSA; LOBATO, 2004; SOUZA et al., 2009), sendo escassos trabalhos com indicações de parcelamento com adubação de cobertura (MATTOS et al., 2002). Porém, de acordo com Mokankumar (1971) o parcelamento do potássio no plantio e aos 60 dias após as brotações, apresentaram raízes com maiores teores de amido e massa fresca.

De acordo com Burns et al. (2010) conhecer a quantidade e o período correto de aplicação desses nutrientes vem se tornando um mecanismo fundamental, pois a não aplicação ou aplicação de forma demasiada pode promover impactos ambientais negativos, a exemplo disso, o aumento exponencial em algumas situações dos custos de produção, pois os nutrientes móveis disponíveis de uma só vez ao solo podem ser totalmente lixiviados aos lenções freáticos.

Neste contexto buscar formas apropriadas para otimizar o uso dos fertilizantes torna-se ferramenta necessária em algumas regiões do país, utilizando criteriosamente o manejo correto da adubação, com vista a maximizar a produtividade das áreas e manter boa fertilidade desses locais, considerando o plantio de culturas sucessoras (rotação de cultura), na mesma área, sem a supressão de novas áreas com vegetações primária ou secundária, principalmente no sistema corte-queima, a qual vem causando sérios danos ambientais (CRAVO et al., 2014).

2.6 EFEITO DO CULTIVO DA MANDIOCA NA QUALIDADE DO SOLO

O cultivo da mandioca no Brasil tem requerido maior atenção em função da dificuldade ligada à conservação do solo. Por se tratar de uma cultura de desenvolvimento inicial lento combinada com plantio geralmente nas épocas de maior precipitação, vem provocando sérios danos ao solo vinculado aos processos erosivos, conseqüente com perda da matéria orgânica e fertilidade, resultando na queda de produtividade da cultura (SILVA; MURRIETA, 2014).

Os solos tropicais já são característicos por apresentar baixa fertilidade natural e potencial produtivo limitado para a maioria das culturas, sendo que grande parte dos produtores de mandioca dos trópicos não utilizam adubação de forma a ocasionar melhorias ao solo. Isso indica que as plantas de mandioca têm seu desenvolvimento comprometido, sendo cultivadas sob condições de deficiência de alguns minerais essenciais, limitando seu potencial produtivo (CRUZ et al., 2006). Essa problemática já é vista com grande importância no Noroeste acreano (grande produtora de mandioca), onde as áreas cultivadas em sua maioria apresentam pouca fertilidade natural e elevada acidez no solo (MIRANDA et al., 2005).

A mandioca absorve dos solos alta quantidade de nutrientes onde exporta boa parte destes no momento da colheita, devolvendo praticamente nada na forma de

restos culturais ao solo. As raízes são utilizadas para produção de fécula ou amido e farinha, já a parte aérea é reutilizada em novos plantios com uso do material vegetal propagativo (manivas-sementes) ou destinada na forma de silagem como complemento da dieta animal (folhas) (EMBRAPA, 2019).

Em solos brasileiros a mandioca é cultivada habitualmente sem ou com pouca utilização de insumos agrícolas, principalmente na região Amazônica (SOUZA et al., 2009) e no Nordeste, onde as lavouras são conduzidas em sistemas arcaico de corte-queima, aproveitando como complemento da fertilização das áreas as cinzas da queima da vegetação primária (CRAVO et al., 2005). Todavia, mesmo apontada como uma cultura rustica, altamente adaptável a solos com baixa fertilidade e expressiva acidez (FAO, 2013; MIRANDA et al., 2005; SOUZA et al., 2009), seu constante cultivo na mesma área, sem a mínima reposição dos nutrientes altamente exportado pela cultura, pode promover depleção total das reservas nutritivas destes solos.

A produtividade pode diminuir quando a mandioca é cultivada continuamente na mesma área sem o uso de adubos químicos ou orgânicos, devido ao esgotamento dos nutrientes e perda parcial do solo por erosão (HOWELER, 2002). Sittibusaya (1993) relatou em seus estudos diminuição do rendimento da cultura, mesmo com a utilização do sistema de corte-queima após 20 anos de cultivo no mesmo local sem o uso de fertilizantes, com perdas de produtividade de 30 t ha⁻¹ para 10 t ha⁻¹.

Na Colômbia quando a mandioca foi cultivada por oito anos sem uso de adubos químicos ou orgânicos a produtividade diminuiu gradativamente ao longo dos anos, declinando de 22 t ha⁻¹ no primeiro ano para 13 t ha⁻¹ no último ano do estudo. O declínio na produtividade se deu pela perda de potássio sem a mínima reposição em área, sendo que com a aplicação deste nutriente os rendimentos se mantiveram ao longo dos anos, enquanto com a aplicação anual de 100 kg de Ureia, 200 kg de P₂O₅ e 150 kg de K₂O ha⁻¹ os rendimentos aumentaram de 32 t ha⁻¹ para 40 t ha⁻¹ (HOWELER; CADAVID, 1990).

Estudos indicam que plantios sucessivos de mandioca no mesmo local promove a redução das reservas nutritivas, principalmente o potássio, elemento mais extraído dos solos pela cultura (MATTOS et al., 2002). Portanto, cultivos sucessivos na mesma área ao longo dos anos ocasionam a redução de teor dos nutrientes, principalmente dos macronutrientes (em ordem decrescente: K - N - Ca - P - Mg –

S), passando a limitar o rendimento da mandioca, ainda que rotacionada com outras culturas (SOUZA et al., 2009).

Experimento com adubação realizado a longo prazo por Susan John et al, (2013), na cultura da mandioca, apontou que o uso contínuo da área em plantios sucessivos com aplicação apenas do nitrogênio e fósforo promoveu a redução de rendimento de algumas variáveis da cultura, entre elas a massa seca e produtividade de raízes. Os mesmos autores relatam ainda que, a fertilização somente com fósforo na ausência do potássio ocasionou efeito negativo à altura, pois o potássio foi o nutriente mais exaurido do solo no primeiro ciclo, a julgar que grande parte deste nutriente seja exportado pelas raízes.

Na região do Vale do Juruá, por exemplo, observa-se que a demanda intensiva por farinha de mandioca vem causando severas perturbações aos solos desta região. Pois, o plantio intensivo da cultura sem usos de corretivos tem ocasionado a depleção do solo, seguido de posterior abandono das áreas (RIZZI, 2011; COSTA et al., 2014).

Nos últimos anos, técnicas conservacionistas como o sistema de plantio direto (SPD) tem sido empregada por parte de alguns produtores da região do Vale do Juruá, ocasionando melhoria na qualidade do solo, práticas que tem aumentado a sustentabilidade dos sistemas de produção de mandioca, além de proporcionar condições mais ideais ao desenvolvimento das culturas de interesse econômico (COSTA et al., 2014).

Os resultados relatados por Otsubo et al. (2012) demonstraram que mandioca cultivada sobre palhada de aveia apresentou maior altura de plantas e melhor teor de amido nas raízes do que no cultivo sob sistema convencional de preparo de solo. Recalde (2013), desenvolvendo trabalho em SPD, realizado num sistema manejado sob bases ecológicas, verificou que a mandioca apresentou melhor desenvolvimento quando cultivada em sucessão à mistura de adubos verdes, estabelecendo uma alternativa de enorme potencial para cultivos de culturas tuberosas.

2.7 ADUBAÇÃO RESIDUAL TEÓRICA EM CULTURAS SUCESSORAS

São poucos os estudos relacionados à influência dos resíduos de adubação ou mesmo de restos culturais deixado no solo com o aumento da produtividade em cultivos de sucessão (SILVEIRA et al., 2005). Todavia, trabalho sobre a influência

positiva dos resíduos da adubação de cobertura da mandioca sobre a cultura do feijoeiro de inverno foram verificadas por Garcia et al. (2003) onde relataram que a produtividade dos grãos variou em razão da aplicação dos fertilizantes químicos na cultura antecessora.

O efeito residual do milho adubado em base foi testado por Wutke et al. (1998) onde também relataram incremento na produtividade da cultura sucessora (feijoeiro). Assim, uma via a ser considerada quando se pesquisa o efeito dos adubos sobre a fertilidade do solo, especialmente os adubos minerais, é o êxito da adubação anterior no rendimento da cultura sucessora, uma vez que os custos de produção correlacionada à baixa disponibilidade de fertilizantes em algumas regiões, não viabilizam a adubação anual das áreas (SANTOS et al., 2010).

Os resíduos da adubação do milho sobre a produtividade da soja em sucessão foram verificados por Kurihara et al. (2011), os quais observaram que o efeito da adubação residual no milho com fósforo e potássio pode se prologar e refletir positivamente nos rendimentos de grãos de soja em cultivo de sucessão, apresentando aumento de até 528 kg ha⁻¹.

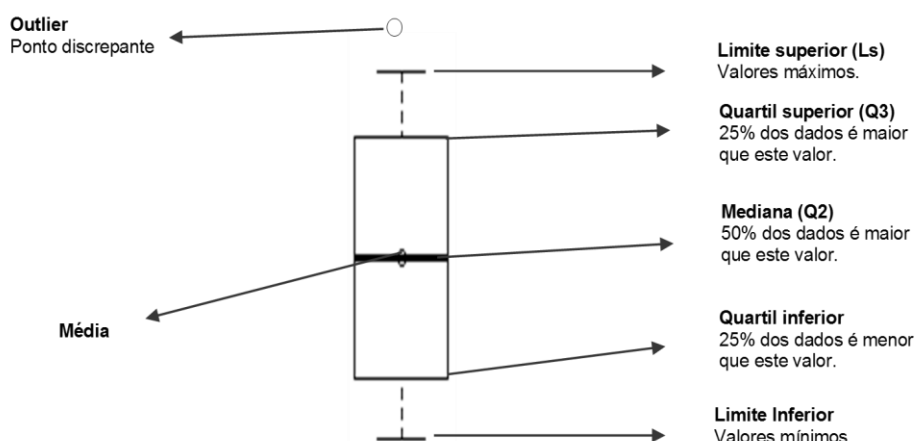
O desempenho residual do potássio aplicado no azevém foi observado por Simonete et al. (2002) sobre a cultura subsequente (arroz), onde ratificaram que houve efeito equivalente a 56% dos resíduos da adubação potássica aplicados no azevém.

Estudo realizado em Latossolo Vermelho com adubação fosfatada na cultura do milho apontaram ganhos na produção de matéria seca da soja, quando aplicados o superfosfato triplo na cultura antecessora (RICHART et al. 2006). Pesquisas conduzidas no Estado de Minas Gerais testando o efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro indicou maior produtividade, quando o girassol recebeu resíduos da adubação fosfatada da cultura antecessora, com aplicação do adubo de forma parcelada 40% na semeadura e o restante aplicado em cobertura aos 35 dias após o plantio do algodoeiro (SILVA et al., 2011).

De acordo com Aquino, (2009) o uso de fertilizantes minerais que visem maneiras eficientes de aplicação, pode promover aumento nos rendimentos das plantas, não somente das culturas onde os nutrientes foram disponibilizados, como também sobre os cultivos de sucessão. Desta maneira, o parcelamento dos nutrientes na cultura antecedente pode ocasionar efeito benéfico em cultivos subsequentes.

2.8 BOXPLOT: DIAGRAMA DE CAIXA PARA A ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

O boxplot é um tipo de gráfico utilizado principalmente em pesquisa científica, podendo ser reproduzido por meio de inúmeros softwares estatísticos. Aos gráficos comumente reproduzidos podem ser incrementadas algumas modificações, desde a forma como as hastes são delineadas, inclusive a inserção de indicadores como média, desvio padrão e intervalo de confiança, por exemplo. Este tipo de gráfico possui duas desvantagens, sendo a primeira atrelada a pouca inserção de informações numéricas e a outra ligada a difícil compreensão e interpretação do gráfico por boa parte dos pesquisadores.



O gráfico de caixa boxplot e sua estrutura básica incide de uma linha que se prolonga do valor máximo ao mínimo, em uma caixa com linhas verticais, delimitando o primeiro quartil (Q1), a mediana (Q2) e o terceiro quartil (Q3). Os quartis são formados por três valores que dividem os dados em quatro grupos com aproximadamente 25% dos valores em cada grupo. No meio científico, este gráfico é comumente utilizado para identificação de valores discrepantes (outliers).

REFERÊNCIAS

- ADEKAYODE, F. O.; ADEOLA, O. F. The response of cassava to potassium fertilizer treatments. *Journal of food. agriculture & environment*, v. 7, n. 2, p. 279-282, 2009.
- ADJEI-NSIAH, S.; SAKYI-DAWSON, O. Promoting Cassava as an Industrial Crop in Ghana: Effects on Soil Fertility and Farming System Sustainability. **Hindawi Publishing Corporation**, Londres, v. 2012, n. 1, p. 1-8, Jan. 2012.
- ALLEM, A. C. Cassava: biology, production and utilization. In: HILLOCKES, R. J. THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (Ed.) **The origins and taxonomy of cassava**. Greenwich: University of Greenwich, 2002. p. 1-16.
- ALLEM, A. C. Closest wild relatives of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Euphytica**, Netherland, v. 107, n. 2, p. 123-133, June. 1999.
- ALLEM, A. C. *Manihot esculenta* as a native os the neotropics. **Plant Genetc Resource**, Cambridge, v. 71, n. 1, p. 22-24, Jan. 1987.
- ALVES, A. A. C. **Cassava: botany and physiology**. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (Ed.). Cassava: biology, production and utilization. Wallingford: CABI, p. 67-89, 2002.
- ALVES, A. A. C.; DITA, M. A.; NORONHA, A. C. S.; MENDES, R. A. Pré-melhoramento da mandioca: utilização de espécies silvestres como fonte de resistência a fatores bióticos e abióticos. In: Lopes, M.A.; Fávero, A. P.; Ferreira, M.A.J.F.; Faleiro, F. G.; Folle, S.M.; Guimarães, E.P (**Editores Técnicos**). Pré-melhoramento de Plantas: estado da arte e experiências de sucesso. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
- AQUINO, L. A. **Parcelamento do fósforo na cultura do algodão irrigado em neossolo quartzarênico**, 2009. 86f. (Tese de doutorado - Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- BENEDITO, D. da S. **Eficiência agrônômica de fontes alternativas de fósforo e modelo de predição do uso de fosfatos naturais**. 2007. 122 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - SP.
- BURNS, A.; GLEADOW R.; CLIFF, J.; ZACARIAS, A.; CAVAGNARO, T. Cassava: The Drought, War and Famine Crop in a Changing World. **sustainability**, v. 2, n. 1, p. 3572-3607, 2010.
- CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G.; CRUZ, P. J.; COSTA, J. A. Avaliação agrônômica e tecnológica de cultivares de mandioca para consumo '*in natura*'. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 14 n. 1, p. 7-15, jan. 1995.
- CAMACHO, I. A. O.; CABELLO, C. Caracterização dos resíduos do processamento de mandioca para produção de Bio-etanol. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 1, p. 82-88, jan./mar. 2012.

CHAVARRIAGA-AGUIRRE, P.; HALSEY, M. **Cassava (*Manihot esculenta* Crantz):** Reproductive biology and practices for confinement of experimental field trials. Report Prepared for the Program for Biosafety Systems. Washiton, D. C.: Program for Biosafety Systems, p. 1-25, 2005.

COLOMBO, C.; SECOND, G.; CHARRIER, A. Diversity within American cassava germplasm based on RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 2, p. 189-199, Feb. 2000.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjunturas da agropecuária**, Brasília, maio, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_28_16_58_41_17.pdf>. Acesso em: 02 set. 2017.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987. 382 p.

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

COSTA, I. R. S.; MORALES, E. A. V. Cassava genetics in South America, In: MEETING OF THE INTERNATIONAL NETWORK FOR CASSAVA GENETIC RESOURCES, 1., 1992, Cali. **Proceeding...** Rome: IPGRI, 1994, P. 16-20.

CRAVO, M. da S.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. de S. **Cultura da Mandioca**: calagem e adubação para a cultura da mandioca. Castanhal, PA: 2014. Embrapa Amazônia Oriental, 63-76.

CRAVO, M. S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. **Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 93 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 218).

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Atributos físico-químicos e limitações dos solos de áreas produtoras de feijão-caupi no Nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM. CRAVO, M. S.; GALVÃO, E. U. P.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. Sistema Bragantino: alternativa inovadora para produção de alimentos em áreas degradadas na Amazônia. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, Belém, PA, v. 4, n. 7, p. 221-239, 2008.

CRUZ, L. J.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, v. 65, n. 3, p. 467-475, 2006.

DUPUTIÉ, A.; SALICK, J.; MCKEY, D. Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae), a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. **Journal of Biogeography**, v. 6, n. 38 p. 1033-1043, Set. 2011.

EMBRAPA. **Cultivo da Mandioca para a Região dos Tabuleiros Costeiros**. Disponível em < https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Mandioca/mandioca_tabcosteiros/index.htm > Acesso em: 10 Fev. 2019.

EMPERAIRE. **Elementos de discussão sobre a conservação da agrobiodiversidade: o exemplo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na Amazônia brasileira**. In: CAPOBIANCO, J. (coord.) Biodiversidade da Amazônia. São Paulo: Estação Liberdade, ISA, 2001.

ENYI, B. A. C. Effect of shoot number and time of planting on growth, development and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Horticultural Science**, Sierra-Leone, v. 47, p. 457-456, Jan. 1972.

FAGUNDES, L. K.; STRECK, N. A.; LOPES, S. J.; WALTER, H. A. DA; ZANON, T. da. Desenvolvimento vegetativo em diferentes hastas da planta de mandioca em função da época de plantio. **Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 657-663, maio/jun. 2009.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil: um retrato multidimensional**. Relatório 2014. Brasília, DF: FAO.

FAO. **Produzir mais com menos: Mandioca – Um guia para a intensificação sustentável da produção**. [Rome], 2013. (Informe de Política). Disponível em: <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pdf/FAOMandioca.pdf>. Acesso em: 27 set. 2014.

FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE NATIONS. **Production crops**. 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

FERNANDES, A. M., GAZOLA, B., NUNES, J. G. D. S., GARCIA, E. L., & LEONEL, M. Yield and nutritional requirements of cassava in response to potassium fertilizer in the second cycle. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 20, p. 2785-2796, 2017.

FERREIRA, C. F.; SOUZA, R. M. S.; SILVA, P. H. LEDO, C. A. S. uso de marcadores RAPD e SSR na detecção de acessos duplicados de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 14.; FEIRA BRASILEIRA DA MANDIOCA, 1., 2011, Maceió. Mandioca: fonte de alimento e energia: **anais...** Maceió: ABAM: SBM, 2011. 1 CD-ROM. 2012.

FLORA DO BRASIL. ***Manihot in***. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17591>>. Acesso em: 29 Set. 2017.

FREITAS, C. G. de; FARIAS, C. S. de; VILPOUX, O. F. A produção camponesa de farinha de mandioca na Amazônia sul ocidental. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 29-42, jul./dez. 2011.

FUKUDA, W. M. G.; Desenvolvimento da indústria de fécula de mandioca no Brasil tem demandado novas variedades com teores de amido mais elevados nas raízes e qualidade que agregue valores ao produto. **Revista Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, nov. 2006.

GARCIA, R.N.; FORNASIERI FILHO, D.; ROSSATO JÚNIOR, J.A. de S. Influência de cultura de cobertura morta e nitrogênio sobre os componentes produtivos da cultura do feijoeiro de inverno em sucessão a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CDROM.

GOMES, J. de C.; SILVA, J. da. **Correção da acidez e adubação**. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P. de; FUKUDA, W.M.G. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 9, p. 215-247.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. (Ed.). **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Wallingford: CABI, 2002. p. 115-147.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F. Short- long-term fertility trials in Colombia to determine the nutritional requirements of cassava. **Fertilizer Research**, v. 26, p. 61-80, 1990.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 02, p. 1-82, dezembro 2016. Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/2016/lspa_201612_20170222_133000.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2016/lspa_201612_20170222_133000.pdf)>. Acesso em: 23. Set. 2017.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F. **Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético**. Porto Alegre: 2009. Artmed, 103-124.

KURIHARA, C.; CECCON, G.; PELLIN, D. M. P.; FREITAS, L. A.; TROPALDI, L.; TSUJIGUSHI, B. P. Efeito residual de adubação de milho safrinha sobre a massa seca de *Brachiaria ruziziensis* cultivada em consorciação e produtividade de soja em sucessão. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11, 2011, Lucas do Rio Verde. De safrinha a grande safra: **anais...** Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde; ABMS, 2011. p. 3355-3360.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B. de; ALVAREZ VENEGAS, V. H. Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, p.319-329, 2007.

LEFÉVRE, F. **Resources génétiques e amelioratin du manioc, *Manihot esculenta* Cranz em Afrique.** Paris: Orstom, 1989, 175 p.

LEONG, G. J. M. **Mineral Nutrient Calibration for Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Grown in Dry-Tropical North-Eastern Queensland, Australia: with a focus on Phosphorus and Boron.** 2016. 154 f. Dissertação (School of Agriculture and Food Sciences) - The University of Queensland, Queensland.

LÉOTARD, G.; DUPUTIÉ, A.; KJELLBERG, F.; DOUZERY, E. J. P.; DEBAIN, C.; GRANVILLE, J. J.; MCKEY, D. Phylogeography and the os cassava: new insights from the northern rim of the Amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Michigan, v. 53, n. 1, p. 329-334, Sep. 2009.

LÍNS, F. F. T.; MAGALHÃES, A. S. G., SANTOS, L. E. T.; BARROSO, M. D. F. Perspectiva da utilização do óleo da maniçoba do Ceará (*Manihot glaziovii* MUELL. ARG.) na produção de biodiesel. **Química: ciência, tecnologia e sociedade**, Açu, v. 3, n. 1, p. 02-08, jan. 2014.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônômico, p. 221-229. (Boletim Técnico, 100). 1997.

MATTOS, P. L. P.; CARDOSO, E. M. R. **Cultivo da mandioca para o Estado do Pará.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de produção, 13).

MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C.; FARIAS, A. R. N.; FUKUDA, C. Cultivo da mandioca nas regiões norte e nordeste do Brasil. In: CEREDA, M.P. (coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 274-301.

MCCALLUM, E. J.; ANJNAPPA, R. B.; GRUISSEM, W. Tackling agriculturally relevant diseases in the staple crop cassava (*Manihot esculenta*). **Current Opinion in Plant Biology**, New York, v. 38, n. 4, p. 50-58, Aug. 2017.

MENDONÇA, H. A.; MOURA, G. M.; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 761-769, abr. 2003.

MIRANDA, L. N.; FIALHO, J. F.; CARVALHO, J. L. H.; MIRANDA, J. C. C. **Utilização do húmus de minhoca como adubo orgânico para mandioca em solo de Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 111).

MIRANDA, L. N.; FIALHO, J. F.; MIRANDA, J. C. C.; GOMES, A. C. **Manejo da calagem e da adubação fosfatada para a cultura da mandioca em solo de cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 118).

MOKANKUMAR, B.; MANDAL R. C.; MAGOON M. L. Influence of potash on cassava. **Indian Jornal Agronomy**, New Delhi. v. 16, p. 82-84, 1971.

MUHLEN, G. S.; MARTINS, P. ANDO. Variabilidade genética de etnovariedades de mandioca, avaliadas por marcadores de DNA. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 319-334, abr./jun. 2000.

NGUYEN, H.; SCHOENAU, J. J.; NGUYEN, D.; REES, K. V.; BOEHM, M. Effects of long-term nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on cassava yeld and plant nutrient composition in north Vietnam. **Journal of plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 3, p. 425-442, 2002.

NOGUEIRA, F. D.; GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Mandioca. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes**. 5., 1999, Viçosa. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. p. 312-313.

NOLASCO, C. A. **Caracterização citogenética e morfológica de híbridos de mandioca (*Manihot esculenta*)**. Dissertação: Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista - BA, 2011.

OLIVEIRA, N. T. de; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; ALBUQUERQUE, J. de A. A. de; RODRIGUES, G. S. Effect of Harvest Time and Nitrogen Doses on Cassava Root Yield and Quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 41, p. 1-12, Aug. 2017.

ORLANDIM, P.; LIMA, L. R. de. Sinopse do gênero *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 51-60, jan. 2014.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. **Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campinas: IAC; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 116p. 2004.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. da; BORGES, C. D. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 327-332, mar. 2008.

OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R.; PASSOS, D. P.; ARAÚJO, H. S. de; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, V. N. Formas de preparo de solo e controle de plantas daninhas nos fatores agronômicos e de produção da mandioca. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2241-2246, nov./dez. 2012.

PATIL, B. L.; FAUQUET, C. Cassava mosaic geminiviruses: actual knowledge and perspectives. **Molecular Plant Pathology**, New York, v. 10, n. 5, p. 685-701, 2009.

RECALDE, K. M. G. **Cultivo da mandioca sob bases agroecológicas: estado da arte, adubação verde e supressão de plantas espontâneas no Território do cone Sul de Mato Grosso do Sul**. 2013. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

RICHART, A.; LANA, M. C.; SCHULZ, L. R.; BERTONI, J. C.; BRACCINI, A. L. Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 695-705, 2006.

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; VIDIGAL, M. C. G.; CLEMENTE, E.; PEQUENO, M. G.; MIRANDA, L.; KVITSCHAL, M. V. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 63-69, 2006.

RIOS, L. L. Descriptores para la caracterización del cultivo de la Yuca. In: INIEA (Ed.) **Manual para caracterización in situ de cultivos nativos, conceptos y procedimientos**. Lima, 2006. p. 106-118.

RIVAL, L.; MCKEY, D. Domestication and diversity in manioc (*Manihot esculenta* Crantz ssp. *esculenta*, Euphorbiaceae). **Current Anthropology**, Merced, v. 49, n. 6, p. 1119-1128, Fev. 2008.

RIZZI, R. **MANDIOCA**: Processos biológicos e socioculturais associados no Alto Juruá, Acre. 2011. 177 f. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

ROGERS, D. J.; APPAN, S. G. Manihot and Manihotoides (Euphorbiaceae). **Flora Neotropica**, New York, v. 13, n. 1, p. 1-272, Jan. 1973.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; ARAUJO, H. S. de; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 552-558, out./dez. 2011.

SANTOS, A. de F.; MENEZES, R. S. C; FRAGA, V. S.; PEREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 12, p. 1267-1272, set. 2010.

SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J.; MATTIONI, J. A. M. **Mandioca**: recomendações para plantio em Roraima. Embrapa Roraima, Boa Vista, Roraima. 30 p. 2005. (Circular técnica, 5).

SILVA, A. F. da; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 179-192, jan./fev. 2014.

SILVA, H. A. da; MURRIETA, R. S. S. Mandioca, a rainha do Brasil? Ascensão e queda da *Manihot esculenta* no estado de São Paulo. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 9, n. 1, p. 37-60, jan./abr. 2014.

SILVA, H. R. F.; AQUINO, L. A. de; BATISTA, C. H. Efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 786-793, Sept./Oct. 2011.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; HUBERTO, J. K.; 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.

SIMONETE, M. A.; VAHL, L. C.; FABRES, R. T.; COUTO, J. R. R.; LUNARDI, R. Efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subsequente em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 721-727, jul./set. 2002.

SITTIBUSAYA, C. Progress report on soil research on field crop fertilization. **Annual Cassava Review of the Program**, Rayong, v. 3, p. 19-20 Jan. 1993.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes**. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 283-315, 2004.

SOUZA, L. da S.; SILVA, J. da; SOUZA, L. D. **Recomendação de Calagem e Adubação para o Cultivo da Mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico, 133).

SUSAN JOHN, K.; RAVINDRAN, C. S.; JAMES GEORGE, M.; MANIKANTAN NAIR; G. **Potassium: A Key Nutrient for High Tuber Yield and Better Tuber Quality in Cassava Better Crops**, South Asia, 2013.

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

VELTHEM, L. H. V.; KATZ, E. A 'farinha especial': fabricação e percepção de um produto da agricultura familiar no vale do rio Juruá, Acre. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.**, Belém, v. 7, n. 2, p. 435-456, maio-ago. 2012.

VIANA, A. E.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, P. R.; SILVA, A. A. Efeito do comprimento e de incisões no córtex da maniva sobre o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 9, 2001.

VIÉGAS, A. P. **Estudo sobre a mandioca**. Campinas: Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo/BRASCAN Nordeste, 1976. 214p.

VIEIRA, J. M. **Caracterização de espécies de *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoides de ovos de *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae)**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em entomologia) - Universidade de São Paulo, Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2011.

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

WOBETO, C.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. dos; ABREU, J. R. de. Nutrients in the cassava (*manihot esculenta* crantz) leaf meal at three ages of the plant. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 865-869, out./dez. 2006.

WUTKE, E. B.; FANCELLI, E. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, v.57, p.325- 338, 1998.

ZHANG, T.; XIE, X. HUANG, Z. The policy recommendations on cassava ethanol in China: Analyzed from the perspective of life cycle "2E &W. **Resources, Conservation & Recycling**, New York, v. 126, n. 1, p. 12-24, Oct. 2017.

3 CAPÍTULO I

EFEITO DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO MINERAL SOBRE A CULTURA DA MANDIOCA

RESUMO

No Acre o cultivo da mandioca é a principal atividade agrícola familiar. Porém vários fatores ameaçam o fortalecimento desta cultura na região, destacando-se dentre eles o manejo da adubação. O objetivo desse trabalho foi avaliar o rendimento da mandioca em resposta ao parcelamento da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio aplicados em diferentes períodos. O experimento foi realizado a campo, no município de Mâncio Lima, AC durante o ano agrícola de 2016/2017. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram seis formas de parcelamento da adubação: T1 (controle) - Calcário; T2 - Calcário | K+P 100% no plantio | N 100% aos 30 dias após o plantio (DAP); T3 - Calcário | K+P 50% no plantio e 50% aos 60 DAP | N 50% aos 30 e 50% aos 60 DAP; T4 - Calcário | K+P 50% no plantio e 50% aos 90 DAP | N 50% aos 30 e 50% aos 90 DAP; T5 - Calcário | K+P 50% aos 30 DAP e 50% aos 90 DAP | N 50% aos 30 e 50% aos 90 DAP; T6 - Calcário | K+P 50% aos 60 DAP e 50% aos 120 DAP | N 50% aos 60 e 50% aos 120 DAP. O ensaio foi conduzido sem uso do fogo, adotando-se o manejo do solo em plantio direto, sendo a palhada constituída de aproximadamente 90% de pluma. Foram avaliadas altura de planta, diâmetro do caule, comprimento das raízes, diâmetro das raízes, número de raízes comerciais por planta, massa fresca da parte área da planta, massa fresca de maniva, massa fresca das raízes e produtividade de raízes. Antes da análise de variância os dados foram submetidos a uma análise exploratória para verificação dos parâmetros de dispersão, posição e simetria das amostras, em seguida foram analisados estatisticamente através da ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Com relação às variáveis analisadas, tanto na ausência como na presença da adubação, não houve efeito das formas de parcelamento para todas as variáveis, no entanto, mesmo com as amostras apresentando alta variabilidade, em termos numéricos os parcelamentos realizados T3 e T6 se destacaram para a maioria das variáveis. O fracionamento da adubação mineral, não é uma estratégia de manejo efetiva para aumentar o rendimento da mandioca, especialmente em áreas de primeiro ano de cultivo, entretanto, as adubações de cobertura, principalmente as aplicadas entre 60 e 120 DAP devem ser consideradas, dada a baixa vulnerabilidade à perda devido serem disponibilizadas para as plantas quando estas já possuem sistema radicular desenvolvido, momento em que inicia-se a fase de engrossamento das raízes de reserva.

Palavras-chave: *manihot esculenta*, adubação fracionada, raízes tuberosas.

ABSTRACT

In Acre cassava cultivation is the main family farming activity. However, several factors threaten the strengthening of this crop in the region, among them the management of fertilization. The objective of this work was to evaluate cassava yield in response to split fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium applied at different periods. The experiment was carried out in the field, in the municipality of Mâncio Lima, AC during the 2016/2017 agricultural year. The experimental design was randomized blocks with four replications. The treatments were six forms of fertilization installment: T1 (control) - Limestone; T2 - Limestone | K + P 100% at planting | N 100% at 30 days after planting (DBH); T3 - Limestone | K + P 50% at planting and 50% at 60 DAP | N 50% at 30 and 50% at 60 DAP; T4 - Limestone | K + P 50% at planting and 50% at 90 DAP | N 50% at 30 and 50% at 90 DAP; T5 - Limestone | K + P 50% at 30 DAP and 50% at 90 DAP | N 50% at 30 and 50% at 90 DAP; T6 - Limestone | K + P 50% at 60 DAP and 50% at 120 DAP | N 50% at 60 and 50% at 120 DAP. The trial was conducted without the use of fire, adopting the soil management in no-tillage, and the straw consisted of approximately 90% of plume. Plant height, stem diameter, root length, root diameter, number of commercial roots per plant, fresh mass of plant area, fresh mango mass, fresh root mass and root yield were evaluated. Prior to the analysis of variance, the data were subjected to an exploratory analysis to verify the dispersion, position and symmetry parameters of the samples, then were statistically analyzed by ANOVA by the F test and the means compared by the Tukey test ($p < 0, 05$). Regarding the variables analyzed, both in the absence and in the presence of fertilization, there was no effect of the split forms for all variables, however, even with the samples showing high variability, in numerical terms the T3 and T6 splittings stood out. most variables. Mineral fertilizer fractionation is not an effective management strategy to increase cassava yield, especially in first year cultivation areas, however, topdressing fertilizers, especially those applied between 60 and 120 DAP should be considered, given the low vulnerability to loss due to being made available to plants when they already have a developed root system, at which time the phase of reserve root thickening begins.

Keywords: *manihot esculenta*, fractionated fertilization, tuberous roots.

3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil as regiões Norte e Nordeste, têm como uma das principais atividades agrícola familiar o cultivo da mandioca, onde muitos agricultores dessas regiões cultivam essa espécie para fins alimentícios ou econômicos, sendo a farinha o principal produto, principalmente no noroeste acreano. A farinha de mandioca produzida no Vale do Juruá (farinha de Cruzeiro do Sul) é considerada um produto estratégico para a economia, despontando como um dos alavancadores do seu desenvolvimento sustentável.

Produzida e consumida em todo o Brasil, em algumas regiões do Norte e Nordeste pode ser considerada a principal fonte energética. A participação da região Norte em relação a produção nacional é de 33,5%, desta o Estado do Acre colabora com aproximadamente 4,5%, com produção de 22,06 t ha⁻¹, aproximadamente 33% superior à média nacional que é de 14,72 t ha⁻¹ (AGRINUAL, 2015). Neste contexto territorial a cultura da mandioca no Estado do Acre destacou-se como a principal cultura em termos de área plantada, produção e produtividade.

O cultivo da mandioca na região do vale do Juruá, até pouco tempo, seguia o sistema tradicional de uso do solo, com o corte-queima para limpeza da área e com o uso de grade para preparo do solo em algumas áreas, sem aplicação de corretivos e adubo. O solo é utilizado até que as suas reservas naturais de nutrientes e matéria orgânica sejam esgotadas, sendo a redução no rendimento de raízes o indicativo para qual o seu cultivo não é mais viável economicamente o que culmina na abertura de novas áreas de vegetação primária. Sendo assim, são vários os fatores limitantes que podem ser apontados como ameaça ao fortalecimento desta cultura em algumas regiões, destacando-se dentre eles o manejo da adubação.

A resposta à adubação da cultura da mandioca depende do teor dos nutrientes existentes no solo, sendo as recomendações baseadas na análise de fertilidade do solo e a época de adubação depende do nutriente a ser aplicado.

A mandioca expressa alto potencial produtivo apresentando ótimo desenvolvimento mesmo em solos com baixa fertilidade, porém há claras evidências que esta cultura extrai elevadas quantidades de minerais do solo e expressa aumento significativo de seus rendimentos em resposta à adubação no início ou durante a condução dos plantios. A importância do manejo da adubação na cultura da mandioca é devido às altas taxas de exportação dos nutrientes do solo, em

relação a sua parte comercial (raízes) e o seu modo de propagação vegetativa (manivas-sementes) removerem todo a cultura da área de cultivo.

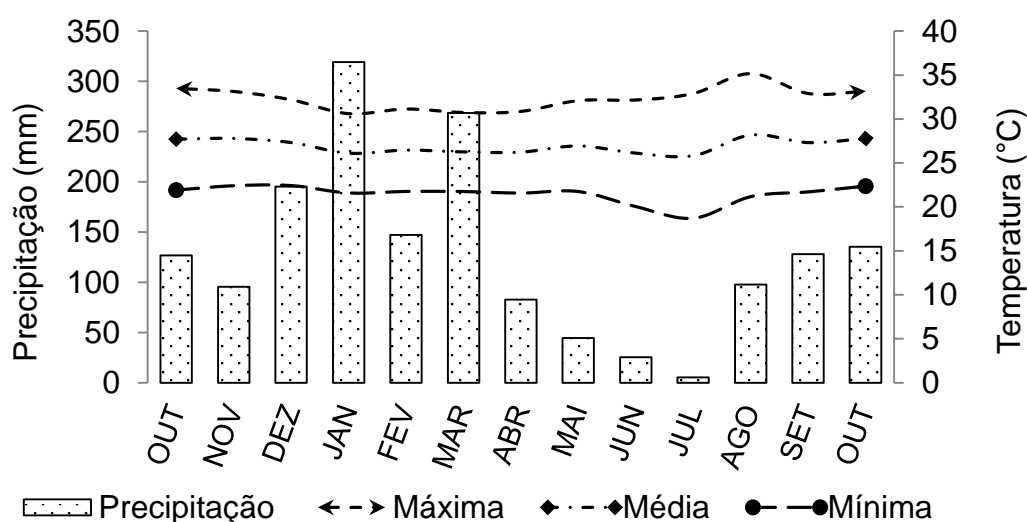
A grande exportação dos nutrientes e os preços elevados dos adubos químicos em algumas regiões, fazem com que o manejo correto da adubação seja uma prática essencial para obter razoáveis rendimentos, com maior eficácia econômica. Atrelado ainda a real necessidade de uma época adequada à sua recomendação para que cultura possa atingir altas produtividades.

Para fins de quantificação do fortalecimento da cultura, o manejo da época da adubação apresenta dificuldades quanto à precisão das informações disponíveis na agricultura de base familiar, havendo assim, carências de pesquisas sobre essa prática de manejo, de maneira que estudos básicos a respeito dessas informações são necessários para determinar o seu potencial de produção da cultura. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar as exigências nutricionais da mandioca cultivadas em solos arenosos com adubações parceladas dentro das fases fenológicas vegetativas da cultura.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em parceria com Embrapa Acre na comunidade Paraná do Pentecoste, localizado no município de Mâncio Lima - AC (latitude 7° 30,116' S, longitude 72° 55,260' W e altitude de 189 m) no período de outubro de 2016 a outubro de 2017. O solo é classificado como Argissolo amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), o clima da região é equatorial, com temperatura média anual de 25°C e precipitação anual em torno de 2.000 mm (INMET, 2019). Os dados pluviométricos do período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Dados pluviométricos durante os anos agrícolas OUT/2016 a OUT/2017. Mâncio Lima/AC, 2017.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com quatro repetições e os tratamentos foram seis formas de parcelamento da adubação na cultura da mandioca. A unidade experimental foi composta por 64 plantas dispostas em espaçamento 1 x 1 m, com 8 linhas de plantio e 8 plantas por linha, sendo a área útil ocupada pelas seis fileiras centrais, foram descartadas as plantas de cada extremidade das linhas, como efeito de bordadura.

A seguir é apresentada a composição de cada um dos seis tratamentos instalados em campo:

Tabela 1 - Composição dos tratamentos. Mâncio Lima/AC, 2017.

Tratamentos	Plantio	30 DAP	60 DAP	90 DAP	120 DAP
T1	-	-	-	-	-
T2	100% K 100% P	100% N	-	-	-
T3	50% K 50% P	50% N	50% K 50% P 50% N	-	-
T4	50% K 50% P	50% N	-	50% K 50% P 50% N	-
T5	-	50% K 50% P 50% N	-	50% K 50% P 50% N	-
T6	-	-	50% K 50% P 50% N	-	50% K 50% P 50% N

Antes da instalação do experimento a vegetação predominante era *Pteridium aquilinum* (pluma). Para instalação foi realizada a passagem do rolo faca sobre o material vegetal e 15 dias após houve a aplicação de herbicida Glyphosate (3 L ha⁻¹) e em seguida foi realizada coleta de solo para análise química e física (Tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização física e química do solo na profundidade 0-20 cm, antes do estabelecimento dos tratamentos. Mâncio Lima/AC, 2017.

Características	Profundidades	
	0 - 10 cm	10 - 20 cm
pH (H ₂ O)	5,2	5,04
H+Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	4,87	5,46
Alumínio (cmolc dm ⁻³)	1,28	1,44
Ca (cmolc dm ⁻³)	0,05	0,13
Mg (cmolc dm ⁻³)	0	0,04
K (cmolc dm ⁻³)	0,07	0,1
P (mg dm ⁻³)	2,22	3,46
SB (cmolc dm ⁻³)	0,12	0,27
CTC Efetiva (cmolc dm ⁻³)	1,4	1,71
V (%)	2,42	4,67
m (%)	91,39	84,32
Areia total (%)	87,58	82,20
Silte (%)	7,25	10,70
Argila (%)	5,17	7,10

Com base nos resultados da análise de solo e seguindo o manual de recomendações para os solos do Estado do Acre para a cultura da mandioca (WADT, 2005) as doses fornecidas foram de 40 kg ha⁻¹ Nitrogênio (N), 60 kg ha⁻¹ Fósforo (P) e 60 kg ha⁻¹ Potássio (K), disponibilizadas por planta em base ou cobertura, conforme as formas de parcelamento descritas nos tratamentos.

Para adubação utilizou-se com fontes a ureia (45% (NH₂)₂CO), cloreto de potássio (60% K₂O) e superfosfato simples (18% de P₂O₅). A calagem foi realizada 30 dias antes do plantio sem incorporação em todos os tratamentos, a fim de que ocorressem as reações de correção da acidez do solo, sendo o cálculo de necessidade de calagem feito pelo método da saturação por base (V%) elevando, portanto, a saturação a 40% com a dose de 3,0 t ha⁻¹ de calcário com o PRNT de 80%.

Na instalação do experimento o manejo do solo foi feito utilizando preparo em plantio direto, sem uso de fogo, com aplicação do herbicida Glyphosate para dessecar a vegetação existente em 05 de setembro de 2016. O material vegetal presente na área apresentou 42 t ha⁻¹ de matéria seca, composta por 90 % de *Pteridium aquilinum* (pluma) e 10% *Brachiaria brizantha* (Figura 2).

Figura 2 - Acumulo do material vegetal dessecado sobre a área de estudo. Mâncio Lima/AC, 2017.



Fonte: Tavella (2016).

Antes da instalação do experimento foi recolhida uma amostra do material vegetal predominante (Pluma) e enviada ao laboratório da Embrapa Acre para análise da composição bromatológica (Tabela 3), tendo em vista, que esta espécie é considerada uma cosmopolita, adaptando-se a solos de baixa fertilidade e ácidos, sendo uma indicadora de solos dessa natureza (ARAÚJO et al., 2011).

Tabela 3 - Análise da composição bromatológica da *Pteridium aquilinum* (Pluma).
Mâncio Lima/AC, 2017

Características	Identificação da amostra		
	Raiz	Talo	Folha
Massa seca	96,17	95,41	95,29
Proteína Bruta	3,18	3,09	10,34
Celulose	18,83	37,62	19,46
Lignina	19,34	19,05	23,09
Ca	1,01	1,35	3,75
Mg	1,07	0,95	1,52
P	1,54	1,49	1,75
K	7,96	12,52	11,90
Na	0,19	0,28	0,26

Após o preparo inicial da área, fez-se a abertura das covas com 10 cm de profundidade para realização do plantio, este feito de forma manual utilizando manivas-semente do cultivar mansa-brava com 15 cm de comprimento, retiradas do terço médio de plantas sadias com 10 meses de idade. O experimento foi instalado no início da estação chuvosa em 26 de outubro 2016, sendo que na sua condução os tratamentos culturais como capina e controle de pragas foram realizados conforme as necessidades da cultura.

A colheita do experimento foi realizada em 20 de setembro de 2017 ao 11º mês após o plantio. A colheita foi conduzida manualmente em toda a área experimental, sendo utilizadas para fins de avaliação duas linhas selecionadas da parte central das parcelas, as quais se encontravam dentro da área útil, descartando as bordaduras. Oito plantas tiveram as raízes tuberosas e a parte aérea destacadas e avaliadas no campo.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: Altura de planta (m), medida da base da planta até a inserção da última folha; diâmetro do caule (mm), medido na base do terço inferior da planta; comprimento das raízes (cm), medido de uma extremidade a outra das raízes; diâmetro das raízes (mm), determinado na região do terço médio das raízes com auxílio de um paquímetro; número de raízes comerciais (n° planta⁻¹)

; massa fresca da parte aérea da planta (kg planta^{-1}); massa fresca de maniva (kg planta^{-1}); massa fresca das raízes (kg planta^{-1}); produtividade de raízes (kg ha^{-1}).

A produtividade total de raízes foi calculada utilizando-se as amostras das raízes frescas das plantas de mandioca de uma área útil de 48 m^2 , sendo a produtividade, posteriormente, transformada em kg ha^{-1} de raízes. Nas oito plantas colhidas separaram-se as folhas (terço superior), maniva e raízes tuberosas, sendo todo material pesado separadamente com auxílio de uma balança digital para obtenção da massa fresca da parte aérea, manivas e de raízes, respectivamente.

A primeira fase de análise dos resultados de cada variável se iniciou com uma análise exploratória (gráfico boxplot). Após, os dados foram submetidos à análise da estatística descritiva, para verificação da presença de pontos discrepantes (outliers) e sua influência quanto às medidas de posição e de dispersão. Verificou-se ainda os pressupostos da análise de variância, por meio dos testes de Shapiro e Wilk e de Bartlett. Os pressupostos foram atendidos para todas as variáveis, não necessitando de proceder com as transformações dos dados. Por fim os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias foram feitas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

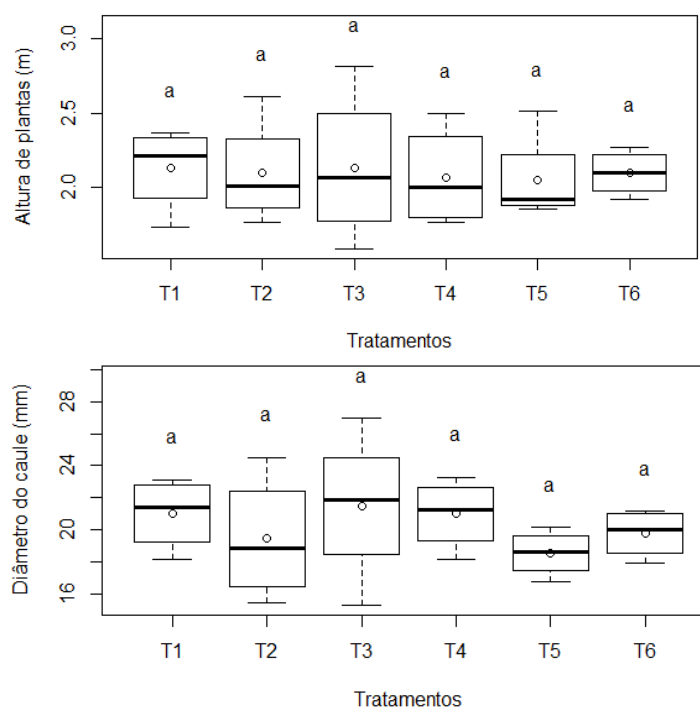
Para as análises estatísticas, foi utilizado o software R Studio. Neste trabalho, foram usados os pacotes MULTCOMPVIEW e MULTCOMPLATTERS, que possuem as mesmas características para as análises e confecções dos gráficos de caixa boxplot.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise inicial por meio do diagrama de caixa boxplot foi imprescindível para representar graficamente a distribuição dos dados amostrais de todas as variáveis analisadas em função dos tratamentos aplicados em campo. Os valores apresentados pelos boxplots foram importantes por apresentar dispersão, posição e simetria de distribuição dos dados coletados, pois estes parâmetros levam em consideração toda a variabilidade que ocorreu dentro dos grupos de tratamentos estudados para cada uma das variáveis respostas.

No gráfico boxplot (Figura 3) para as variáveis altura de plantas e diâmetro do caule foi possível observar pouca variabilidade interna das amostras que compõem cada grupo, exceto T3 a qual indica maior dispersão, e T5 para a variável altura de plantas indicando assimetria se estendendo ao 3º quartil, com média e mediana distantes. Para as duas variáveis verificou-se também pouca variabilidade externa entre os grupos, com medidas de posição equivalentes.

Figura 3 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria da altura de plantas (m) (A) e diâmetro do caule (mm) (B), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017 ⁽¹⁾ ⁽²⁾



⁽¹⁾ Análise de variância no Apendice A

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste Tukey

Por outro lado, com a aplicação do teste Tukey confirmou-se que as médias entre os grupos para as duas variáveis foram estatisticamente iguais e que, portanto, os métodos de aplicação do parcelamento das adubações dentro dos períodos pré-estabelecidos se equivalem.

Conforme Valle (1990) e Fukuda et al. (1998) a variável altura de plantas é muito importante, tendo em vista que está correlacionada positivamente com os incrementos das raízes tuberosas, como também, exercendo papel de grande importância para o manejo da lavoura, sendo preferida pelos produtores plantas que apresentem maiores alturas, em função, da facilidade na aplicação dos tratos culturais (VIDIGAL FILHO et al. 2000).

Com relação as variáveis massa fresca da maniva e da parte aérea (Figura 4) notou-se comportamento similar entre as duas variáveis. Observa-se que a amplitude interquartilica dos dados foi mais acentuada para os tratamentos T2 e T3 denotando também maior variabilidade interna na dispersão de seus valores. Em T2 a distribuição dos dados foi assimétrica com a maior parte dos valores concentrados entre a mediana e o 1º quartil, com mediana distante da média e próxima aos valores mínimos, já no tratamento T3 a amplitude interquartil revelar-se mais suave com uma cauda superior (3º quartil) longa e uma mediana próxima a média, indicando boa simetria.

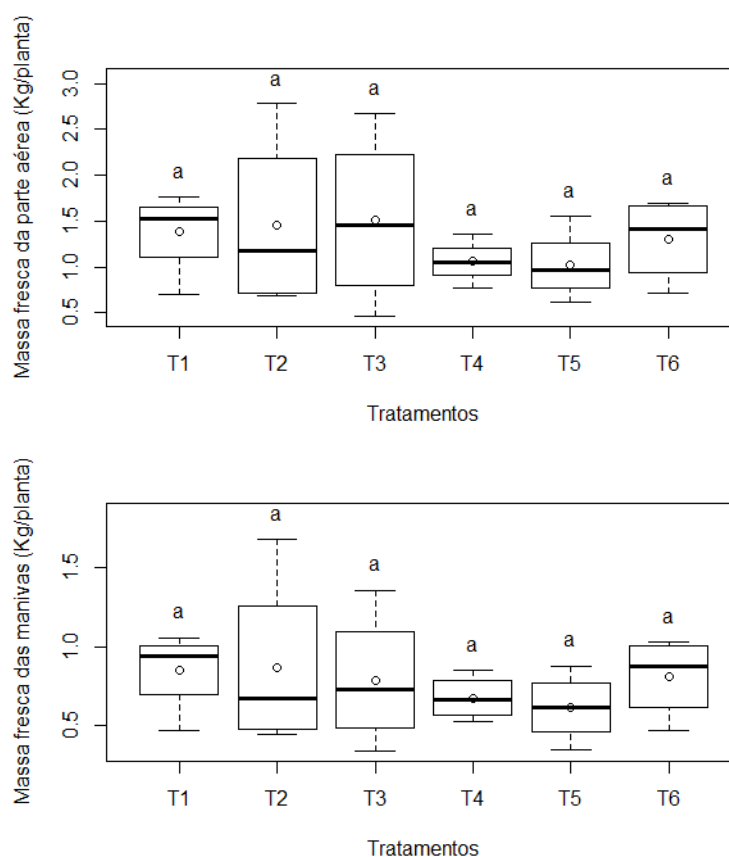
O teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, apontou que não houve diferença significativa entre os grupos para as massas frescas de parte aérea e de manivas (Figura 4). Por outro lado, embora estatisticamente iguais, ao comparar os tratamentos T1, T2 e T3 em termos percentuais com os grupos que apresentaram os menores resultados, observa-se ganhos nos incrementos de 23% a 30% para massa fresca das manivas e de 26 a 32% massa fresca da parte aérea, corroborando com a ideia de que a aplicação do calcário, possivelmente tenha suplementado no acréscimo para estas variáveis respostas, tendo em vista que essas aplicações coincidem com o estágio de desenvolvimento da parte aérea.

A massa fresca da parte aérea e das manivas também apresentam valores razoáveis com resultados semelhantes aos trabalhos experimentais de Otsubo et al. (2008). Este tipo de adubação mineral mesmo que parcelada disponibiliza nutrientes na forma pronta para ser absorvida pela planta, por ocasião em que os nutrientes estejam na solução do solo.

Otsubo et al. (2009), ressaltou a importância da produção da parte aérea tanto como material de propagação, como também, para produção de forragem na

alimentação animal. Embora o método não seja difundido o uso da parte aérea da mandioca como forragem entra como boa alternativa em algumas regiões. De acordo com Valle et al. (2018), 10 ha de mandioca produzem massa fresca da parte aérea suficiente para alimentação de 100 animais por até três meses.

Figura 4 – Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria das massas frescas da maniva (kg planta^{-1}) e parte aérea (kg planta^{-1}) em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017 ⁽¹⁾ ⁽²⁾



⁽¹⁾ Análise de variância no Apêndice B

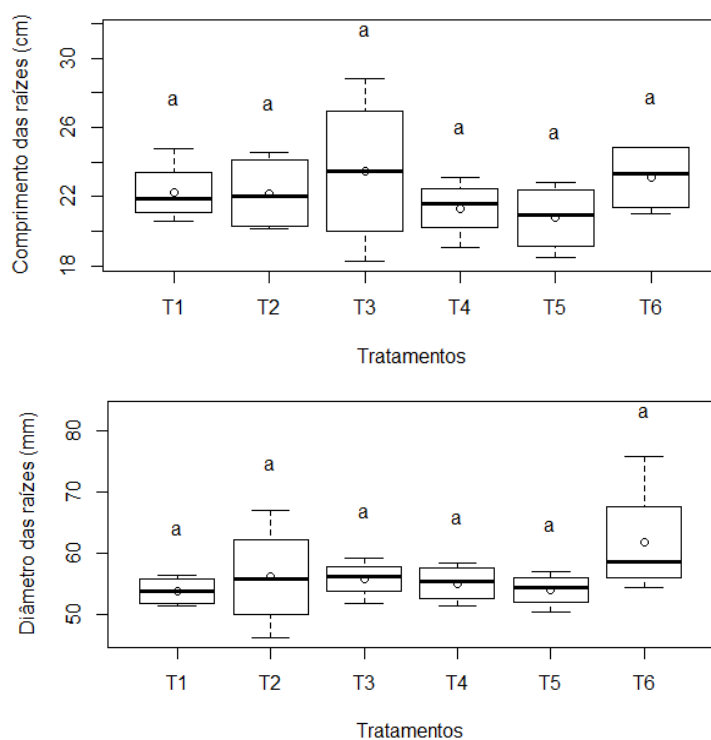
⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste Tukey

Conforme Alves et al. (2012) a utilização da parte aérea da mandioca deve ser difundida nas regiões tropicas, tendo em vista o enorme desperdício deste material nos plantios. Pesquisas evidenciam que o teor de proteína da parte aérea da mandioca pode alternar entre 29,3 % a 32,4 % (AWOYINKA, 1995), podendo este material servir como complemento na engorda de animais.

A caixa de diagrama boxplot na Figura 5 evidencia leve variabilidade interna de alguns tratamentos para a variável comprimento das raízes, onde valores baixos e

com menor dispersão foram observados na maioria dos tratamentos, exceto de T3 na qual se encontra mais disperso em relação à média e mediana. Já para a variável diâmetro das raízes os tratamentos menos dispersos (T1, T3, T4 e T5) foram os que apresentaram melhor simetria, com a média próxima da mediana o que indica boa distribuição dos dados dentro dos quartis, embora T6 com maior variabilidade aponte enviesada assimetria para o 3º quartil com média e mediana muito distantes.

Figura 5 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria do comprimento (cm) e diâmetro (mm) das raízes, em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017 ^{(1) (2)}



(1) Análise de variância no Apêndice C

(2) Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste Tukey

Apesar de visualmente o tratamento T3 e T6 apresentarem os maiores valores para o comprimento e diâmetro das raízes, respectivamente, não foi detectada significância entre os tratamentos com a aplicação do teste de Tukey, ou seja, tanto na ausência quanto na presença de adubação não houve tratamentos diferentes.

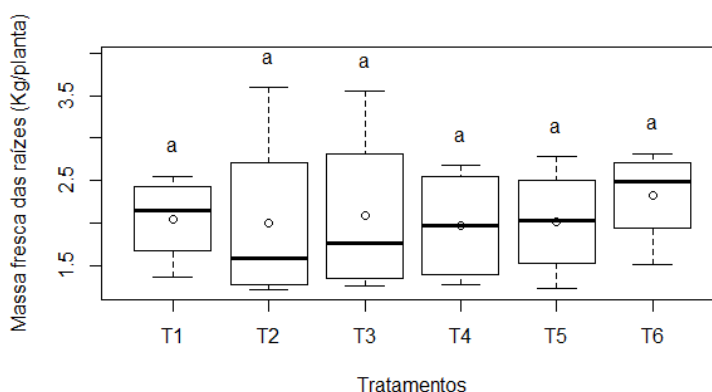
No tratamento T3 foi observado os maiores valores para comprimento das raízes mesmo que não significativos, este fato provavelmente ocorreu pela adição dos adubos parcelados no plantio e aos 60 DAP, correspondendo ao período de maior intensidade metabólica do estágio de formação do sistema radicular tendo em

vista que o desenvolvimento radicular em comprimento se inicia na fase de brotação e dura em média 70 a 80 dias.

O parcelamento em duas ocasiões aos 60 e 120 DAP possivelmente tenha estimulado o desenvolvimento das raízes em diâmetro, pois estas aplicações coincidem ao período que marca o início das maiores intensidades de enchimento radicular (estádio de engrossamento das raízes). O maior diâmetro de raízes (61,77 mm) obtido no tratamento (T6) foi superior aos valores encontrados por Oliveira (2015) e Devede et al. (2009), ao observarem que a incorporação de adubos verdes e suplementação do cultivo com uma única adubação em cobertura proporcionaram diâmetros de 52,68 e 56,4 mm, respectivamente.

O boxplot para a variável massa fresca das raízes é apresentado na Figura 6 demonstrando o comportamento de simetria dos tratamentos. Observa-se que os tratamentos T2 e T3 apresentaram maior dispersão dos valores com assimetria estendendo-se para o 3º quartil, com mediana próxima aos valores mínimos. No tratamento T1 e T6 a maior dispersão ficou distribuída entre a mediana e o 1º quartil, de maneira que a mediana aproximou-se dos valores máximos, indicando assimetria orientada no sentido do quartil inferior.

Figura 6 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria da massa fresca das raízes (kg planta^{-1}), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017 ^{(1) (2)}



⁽¹⁾ Análise de variância no Apêndice D

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste Tukey

O teste de Tukey não apontou diferença entre os tratamentos, indicando que, de modo geral, os tratamentos com parcelamento da adubação são equivalentes ao tratamento controle.

O tratamento T6 responsável pelo máximo diâmetro de raízes, também proporcionou o maior resultado (2,32 kg) de massa fresca das raízes comerciais por planta. De acordo com Figueiredo (2014) estes componentes de produção correlacionam-se positivamente com o aumento da produtividade, sendo o diâmetro e a massa fresca das raízes determinantes para a produção final da cultura.

De acordo com Aguiar et al. (2011), a mandioca é considerada comercial quando apresenta raízes com massa média de 1,21 kg na densidade de 10.000 plantas ha⁻¹. Portanto, todos os tratamentos apresentaram em média massas dentro da faixa comercial. Também as maiores produções de raízes por planta superaram a verificada pelo mesmo autor trabalhando com a mesma densidade de plantio, onde observaram valores que variaram entre 0,40 a 1,87 kg planta⁻¹, a depender do período de colheita.

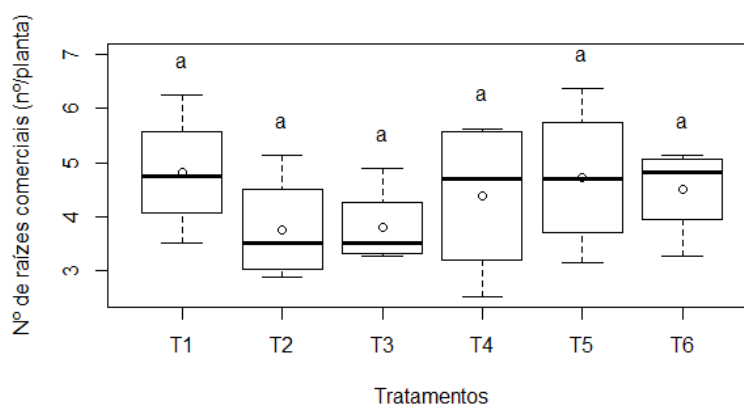
Analisando o boxplot da figura 7 para a variável número de raízes comerciais, levando em consideração do fator variabilidade, observa-se que os tratamentos se reorganizam de modo a compor dois grupos, sendo o primeiro aquele formado pelos tratamentos que apresentaram maior dispersão (T1, T4 e T5) e o segundo os menos dispersos (T2, T3 e T6). Observa-se para o grupo mais disperso que a média e mediana apresentam valores muito próximos, sugerindo boa simetria, exceto T4 (assimétrico), na qual, verifica-se que existe maior concentração dos dados entre o máximo valor observado e a mediana, ou seja, 50% das amostras para este tratamento ficam localizadas entre o limite superior e o 2º quartil.

O número de raízes comerciais por planta observada entre os tratamentos manteve-se semelhantes ao final do experimento, de acordo com o Teste de Tukey (Figura 7), mostrando que a adubação não foi um fator determinante para esta variável. O valor recomendado para a cultura é de cinco raízes comerciais por planta (Cock, 1979), sendo que os valores absolutos obtidos neste trabalho ficaram próximos, variando de 3,8 a 5,1 raízes por planta para o menor e maior grupo, respectivamente.

Os resultados obtidos neste estudo são o oposto dos achados de Pellet e El-Sharkawy (1993) e Kasele (1980) onde relataram aumento no número de raízes comerciais por planta devido à melhoria no manejo da adubação. Assim como os relatados por Pypers et al. (2012) que observaram respostas significativas da cultura a adubação em estudos realizados na República Democrática do Congo. No entanto, os achados de Lema et al. (2004) são semelhantes aos verificados neste trabalho,

pois não observaram efeitos significativos da adubação inorgânica no número de raízes em estudos conduzidos com uma variedade melhorada de mandioca.

Figura 7 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria do número de raízes comerciais (planta^{-1}), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017 ⁽¹⁾ ⁽²⁾



⁽¹⁾ Análise de variância no Apêndice D

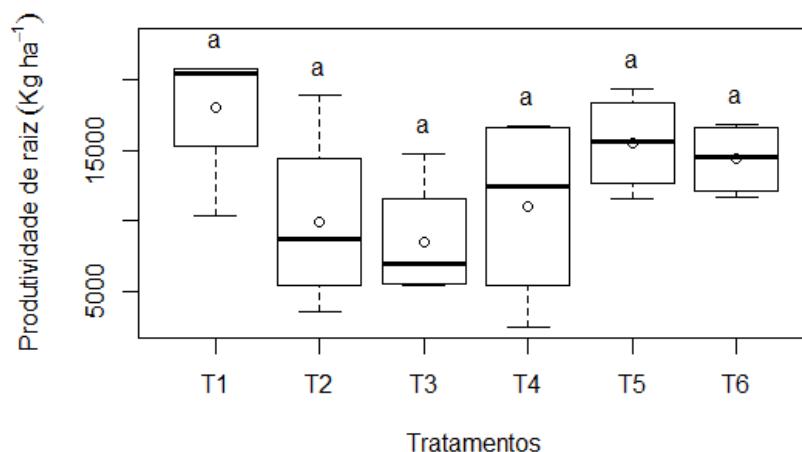
⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste Tukey

A massa fresca e o número de raízes por planta também exerce grande influência na produção final da cultura, onde estes atributos são essenciais para as indústrias de processamento, as quais definem o valor a ser pago da matéria prima no momento comercialização (BARBOSA et al., 2007).

A variável produtividade (Figura 8) apresentou elevada variabilidade entre os tratamentos, onde observa-se por meio dos gráficos, considerável distância entre as medidas de dispersão e posição dentro do tratamento, embora alguns tratamentos apresentem pouca variabilidade entre as medidas citadas anteriormente. Com exceção de T5 e T6 a distribuição dos dados foi relativamente assimétrica para o restante dos tratamentos.

Ao apresentar as estimativas descritivas para a produtividade no gráfico boxplot, identificou-se que T1 apresentou em média o maior valor, porém a média e a mediana apresentaram valores distantes. Na distância interquartil de T1, os dados estão em maior concentração entre a mediana e o 3º quartil com medidas de dispersão (3º quartil) e posição (mediana) bem próximas ao limite superior, denotando enviesada assimetria em direção ao limite inferior.

Figura 8 - Boxplot com medidas de dispersão, posição e simetria da produtividade de raiz (kg ha^{-1}), em função do parcelamento da adubação na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2017 ⁽¹⁾ ⁽²⁾



⁽¹⁾ Análise de variância no Apêndice D

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste Tukey

Comportamento semelhante entre os tratamentos foi verificada após aplicação do teste de Tukey que assim como para as variáveis anteriores, não houve diferença significativa para a produtividade de raiz. Nota-se na Figura 8 que mesmo com superioridade de alguns tratamentos os testes não detectaram as diferenças mínimas significativas entre os mesmos.

Embora estatisticamente as variáveis respostas não tenham apresentado resultados significativos, adotar a prática de aplicação dos adubos em cobertura em duas ou mais ocasiões pode ter melhorado a eficiência dos fertilizantes aplicados, possivelmente pela redução de perdas, que chegam a variar de 50 a 60% (BYJU; ANAND, 2009) e podem ser relacionadas com a lixiviação de nutrientes. Este processo de perda pode ser favorecido em solos de textura mais arenosa e com elevados índices pluviométricos, como é o caso da região de estudo. Em um estudo sobre a eficiência da adubação nitrogenada em cultivares de mandioca de longa e curta duração, Byju e Anand (2009) concluíram que a taxa e o período de aplicação do N são fatores importantes na eficiência de absorção de nitrogênio.

Em geral, todas as variáveis respostas apresentaram elevada variabilidade dentro dos grupos, comprovando a influência de vários fatores e justificando a necessidade de classificação específica da variabilidade de cada tratamento analisado, como também, o que é verificado por outros autores, em características

de plantas a campo (AMARAL et al., 1997), em cultura de tecidos (WERNER et al., 2012) e na experimentação humana e animal (MOHALLEM et al., 2008).

A ausência de resposta da cultura sobre o parcelamento da adubação, ligada à alta variabilidade dentro dos tratamentos, já era provável com observações a campo, a qual um dos motivos estaria relacionado com o histórico de uso do solo.

No caso de plantas tuberosas ou raízes, conforme Raij (2011) deve-se observar o histórico de uso do solo como outro fator determinante na resposta destas culturas a aplicação de nutrientes, onde áreas cultivadas há pouco tempo (primeiro ano de cultivo) pode apresentar menor influência à adubação, principalmente ao N. Fato este que contribui para os resultados do presente trabalho, em que o tratamento controle (T1) que recebeu apenas a calagem, mostrou-se semelhante aos demais tratamentos com diferentes épocas de parcelamento da adubação, em área que não era cultivada anteriormente à instalação do experimento.

Autores como Gazola (2017); Oliveira (2015); Santos (2013) avaliando ensaios de primeiro e segundo ano utilizado tubérculos ou raízes, não verificaram repostas as adubações para a maioria das variáveis quando os fertilizantes foram aplicados no primeiro ano, independente da fonte utilizada ou forma de aplicação dos nutrientes.

Apesar da cultura ser agricultada nos mais variados tipos de solo em virtude de sua habilidade de desenvolver-se mesmo em locais com baixa fertilidade, tolerando solos ácidos e de caráter alumínio, na literatura têm se recomendado que a mandioca estabelece melhor desenvolvimento em solos que apresentem pH na faixa de 5-6 e saturação de no mínimo 40%. Entretanto, o pH da análise química da camada de 0-20 cm manteve-se na faixa recomendada (pH=5,12), porém a saturação por base foi (v%=3,52) muito abaixo dos valores indicados para a cultura, atrelada ainda a levada saturação por alumínio (m%=87,85%).

Nesta perspectiva, verifica-se que o processo de calagem pode ter influenciado o desenvolvimento da cultura, a qual evidenciou que a resposta inicial da mandioca pode estar diretamente vinculada a aplicação apenas do calcário, independente das adubações parceladas em períodos correspondentes as fases vegetativas da cultura.

De acordo com Wadt (2005), o teor mínimo de magnésio do solo deve ser de no mínimo $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valor este muito superior ao que se tinha no solo, como descrito nos resultados da análise de solo (Tabela 2). Possivelmente, a

deficiência de magnésio no solo era mais severa do que a dos demais nutrientes (N, P e K), ou seja, a correção do solo com calcário foi mais eficiente do que a adubação de base, o que justifica o tratamento controle ter apresentado resultados semelhantes aos tratamentos que receberam a adubação de base parcelada. Além disso, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica e potássio no solo, a cultura praticamente não responde à aplicação de nitrogênio e potássio (NOGUEIRA; GOMES, 1999).

3.4 CONCLUSÕES

As diferentes épocas de parcelamento da adubação na cultura da mandioca não influenciam as variáveis produtivas da cultura, em área de primeiro ano de cultivo e nas condições deste estudo.

Apenas a aplicação do calcário proporciona produtividade de raízes de mandioca semelhante à aplicação da adubação parcelada em diferentes épocas, em área de primeiro ano de cultivo.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2015. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP - Consultoria & Agroinformativos, 2015.
- AGUIAR, E. B. **Estudo da poda da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011 144f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, E. R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) variedade paulozinho. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, SP, v. 8, n. 1, p. 65-70, 2012.
- AMARAL, A. M. do; MUNIZ, J. A.; SOUZA, M. de. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão na experimentação com citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1221-1225, 1997.
- ARAÚJO, E. A.; SANTOS, M. V.; ANDRADE, C. M. S.; FRADE JÚNIOR, E. F.; LANI, J. L.; BARDALES, N. G.; AMARAL, E. F. do. **Plantas daninhas em pastagens do Acre: identificação e controle**. Rio Branco, AC: SEMA, 2011. p. 36.
- AWOYINKA, F.; ABEGUNDE, V.; ADEWUSI, S. R. Nutrient content of cassava leaves and assessment of their acceptance as a Green vegetable in Nigeria. **Plant Foods Human Nutrition**, Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 21-28, 1995.
- BARBOSA, C. Z. dos R.; ALVES, J. M. A.; SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J. Características Morfológicas e Agrônômicas de Dez Clones de Mandioca Cultivados no Estado de Roraima. **Agro@ambiente On-line**, vol. 1, n. 1, jun/dez. 2007.
- BYJU, G.; ANAND, M. H. Differential response of short-and long-duration cassava cultivars to applied mineral nitrogen. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 572-6, Aug. 2009.
- COCK, J. H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**, Madison, v.19, p.271-279, 1979.
- DEVIDE, A. C. P; RIBEIRO, R. de L. D; VALLE, T. L; ALMEIDA, D. L. de; CASTRO, C. M. de; FELTRAN, J. C. Produtividade de Raízes de Mandioca Consorciada com Milho e Caupi em Sistema Orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p.145-153, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- FIGUEIREDO, P. G. **Componentes agrônômicos e índices fisiológicos da mandioca correlacionados ao preparo do solo**. 2014. 73f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2014.

FUKUDA, W. M. G.; GUEVARA, C. L. **Descritores morfológicos e agronômicos para caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1998. 38 p. (Documento, 78).

GAZOLA, B. **Produtividade e cozimento da mandioca cultivar IAC 576-70 em resposta à adubação potássica em solo arenoso**. 2017. 93f. Dissertação (Mestrado - Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 10 de jan. 2019.

KASELE, I. N. **Investigation on the effect of shading, potassium, nitrogen, and drought on the development of cassava tubers at the early stage of plant growth**. 1980, 68f. Dissertação (Mestrado) - University of Ibadan, Nigeria. 1980.

LEMA, K. M.; TATA-HANGY, K.; BIDIKA, M. Management of African root and tuber scale using improved cassava genotypes and mineral fertilizers. **African Crop Science Journal**, v. 12, n. 3, p. 217-221, 2004.

MOHALLEM, D.F. et al. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 449-453, 2008.

NOGUEIRA, F. D.; GOMES, J. de C. **Mandioca**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. Aproximação. Viçosa : CFSEMG, 1999. p. 312-313.

OLIVEIRA, J. P. F. **Produção de mandioca em função da adubação verde, biofertilizante e composto orgânico**. 2015. 69f. Dissertação (Mestrado - Produção agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2015.

OTSUBO, A. A. et al. Desempenho de cultivares elites de mandioca industrial em área de cerrado do Mato Grosso do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1155-1162, jan. 2009.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. da; BORGES, C. D. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 327-332, mar. 2008.

Pellet D.; El-Sharkawy M. A. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. II. Phosphorus uptake and use efficiency. **Field Crops Research**, v. 35 n. 1, p. 13-20, 1993.

PYPERS, P.; W. BIMPONDA, J. P.; LODI-LAMA, B.; LELE, R.; MULUMBA, C.; KACHAKA, P.; BOECKX, R.; MERCKX, B. Vanlauwe. Combining mineral fertilizer and green manure for increased, profitable cassava production. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 1, p. 1-10, 2012.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420p.

SANTOS, N. S. dos. **Curva de absorção de nutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio**. 2013. 74f. Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal) Universidade Federal Roraima, Boa Vista, 2013.

VALLE, L. T.; FELTRAN, J. C.; CARVALHO, C. R. L. **Mandioca para Produção de Etanol**. Instituto Agronômico de Campinas, disponível em www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/mandiocaetanol2_000g7fa3wbe02wx5ok0wtedt3i5fuc84.pdf, acesso em 10/11/2018.

VALLE, T. L. **Cruzamentos Dialélicos em Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1990. 180f. Tese (Doutorado) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1990.

VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; SAGRILO, E.; SIMON, A. S.; LIMA, R. S. Avaliação de cultivares de mandioca na região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

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

WERNER, E. T.; MOTTA, L. B.; MARTINS, M. Q.; LIMA, A. B. P.; SCHMILDT, E. R. Coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos de cultura de tecidos de plantas. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, Lavras, v. 8, n. 1-2, p. 27-36, 2012.

4 CAPÍTULO II

**EFEITO RESIDUAL TEÓRICO DA ADUBAÇÃO MINERAL NA MANDIOCA E DO
FEIJÃO GUANDU ANÃO SOBRE O MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO**

RESUMO

O resíduo de adubações de um cultivo pode ser significativo para o rendimento daqueles em sucessão. Objetivou-se avaliar o desempenho dos resíduos do parcelamento da adubação mineral (NPK) na cultura da mandioca sobre os aspectos produtivos do milho cultivado em sucessão. O estudo foi realizado a campo, no município de Mâncio Lima, AC durante o ano agrícola de 2018. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram formados por seis formas de parcelamento da adubação na cultura antecessora: T1 (controle) - Calcário; T2 - Calcário | K+P 100% no plantio | N 100% aos 30 dias após o plantio (DAP); T3 - Calcário | K+P 50% no plantio e 50% aos 60 DAP | N 50% aos 30 e 50% 60 DAP; T4 - Calcário | K+P 50% no plantio e 50% aos 90 DAP | N 50% aos 30 e 50% 90 DAP; T5 - Calcário | K+P 50% aos 30 DAP e 50% aos 90 DAP | N 50% aos 30 e 50% 90 DAP; T6 - Calcário | K+P 50% aos 60 DAP e 50% aos 120 DAP | N 50% aos 60 e 50% 120 DAP. Os fertilizantes foram aplicados na mandioca cultivada no ano agrícola 2016/2017. Entre a mandioca e o milho em 2ª safra foi cultivado o feijão guandu anão como planta de cobertura do solo. Foram avaliadas a altura de planta, altura de inserção de espiga, prolificidade, número de espigas por hectare, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade. Foi possível verificar com exceção da prolificidade de espigas ($P < 0,05$), que não houve diferença significativa em função dos tratamentos aplicados em campo para todas variáveis ($P > 0,05$). Embora, a maioria das variáveis não tenham apresentado diferenças significativas, verificou-se uma tendência no aumento dos rendimentos conforme a aplicação dos adubos foi realizada mais tardia na cultura anterior e que provavelmente deve-se ao fato de que o tempo para as perdas tenha sido menor à medida que a adubação foi mais tardia. A aplicação dos fertilizantes fracionados entre 60 e 120 DAP em cobertura na mandioca proporcionaram ganhos de rendimentos na cultura do milho em sucessão.

Palavras-chave: Região Amazônica, *Zea mays* L., adubação fracionada, ação residual.

ABSTRACT

The fertilizer residue from a crop can be significant to the yield of those in succession. The objective of this study was to evaluate the performance of the split fertilization residues (NPK) in the cassava crop on the productive aspects of successively cultivated corn. The study was carried out in the field, in the municipality of Mâncio Lima, AC during the 2018 agricultural year. A randomized complete block design with four replications was adopted. The treatments were formed by six forms of fertilization split in the predecessor culture: T1 (control) - Limestone; T2 - Limestone | K + P 100% at planting | N 100% at 30 days after planting (DBH); T3 - Limestone | K + P 50% at planting and 50% at 60 DAP | N 50% at 30 and 50% 60 DAP; T4 - Limestone | K + P 50% at planting and 50% at 90 DAP | N 50% at 30 and 50% 90 DAP; T5 - Limestone | K + P 50% at 30 DAP and 50% at 90 DAP | N 50% at 30 and 50% 90 DAP; T6 - Limestone | K + P 50% at 60 DAP and 50% at 120 DAP | N 50% at 60 and 50% 120 DAP. Fertilizers were applied to cassava grown in the 2016/2017 crop year. Between cassava and maize in the second crop, dwarf guandu beans were cultivated as a ground cover plant. Plant height, ear insertion height, prolificacy, number of ears per hectare, number of grains per ear, grain weight per ear, 100 grain weight and yield were evaluated. With the exception of ear proliferation ($P < 0.05$), it was possible to verify that there was no significant difference due to field treatments for all variables ($P > 0.05$). Although most of the variables did not show significant differences, there was a tendency to increase yields as fertilizers were applied later in the previous crop and probably due to the fact that the time for losses was higher. lower as fertilization was later. The application of fractionated fertilizers between 60 and 120 DAP in cassava coverage yielded yield gains in corn crop in succession.

Keywords: Amazon Region, *Zea mays* L., fractionated fertilization, residual action.

4.1 INTRODUÇÃO

O cultivo de áreas com milho (*Zea mays* L.) cresce exponencialmente ao longo dos anos e isso se deve ao fato dos grãos reterem quantidades significativas de reservas nutritivas. Apresentando assim, grande importância socioeconômica, despontando como uma das principais culturas utilizadas como subsídio alimentar humano e animal, destacando-se também recentemente como fonte de bioenergia (etanol), tornando o grão uma excelente alternativa para reduzir o uso de fontes não renováveis de energia.

O Estado do Acre não é diferente do restante do país, onde as áreas cultivadas com milho surgem em elevada ascensão nos últimos anos, embora que os aumentos de rendimento da cultura ainda sejam discretos, com produtividade média de 2.360 kg ha⁻¹ no período de primeira safra, de modo que não encontra-se disponíveis os dados para a segunda safra na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018). Conforme Queiroz et al. (2015), com a ampliação da demanda deste cereal pelo mercado interno, haverá a necessidade de reunir informações a respeito da adaptação de alguns materiais genéticos (cultivares), em função das condições locais de clima e solo desta região.

As práticas inadequadas no manejo da adubação associadas às condições de baixa fertilidade natural dos solos do Estado, causam redução significativa da fertilidade do solo desta região, ocasionando deficiência de alguns nutrientes para as plantas, principalmente em razão de seu uso consecutivo para fins agrícolas.

Os solos do Estado do Acre possuem fatores limitantes de caráter químico, físico e morfológico. Coincidentemente estudos realizados Neves (2013) e Gama e Kiehl (1999) verificaram que em boa parte do Estado, principalmente na região do Vale do Juruá, predomina-se a acidez do solo, com baixos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, ocasionado pelos processos de formação a que esses solos foram submetidos.

Há décadas, a agricultura mais utilizada nas propriedades agrícolas do território acreano foi o modelo itinerante aliada à agricultura de subsistência, em que os produtores utilizam o sistema de corte-queima no preparo das áreas para plantio das culturas de base familiar, para tanto, realiza-se a derruba e a queima da vegetação natural para a criação de novas lavouras, sendo estas posteriormente abandonadas com um a dois ciclos de produção, tornando-se capoeiras (áreas de

pousio) e, após alguns anos com sua regeneração passavam a ser utilizadas novamente em cultivos, atrelada ao emprego de uma mínima mecanização e, na maioria dos casos, sem a aplicação de adubações de base e cobertura, contribuindo para a obtenção de produtividades aquém do potencial da cultura

De forma a maximizar e customizar a produção de milho no Estado, principalmente no noroeste acreano, as atividades tecnificadas do uso de fertilizantes em doses fracionadas no cultivo anterior, torna-se uma excelente alternativa para a região, o qual possivelmente deixará resíduos de adubações no solo, sendo estes aproveitados pelos cultivos de sucessão.

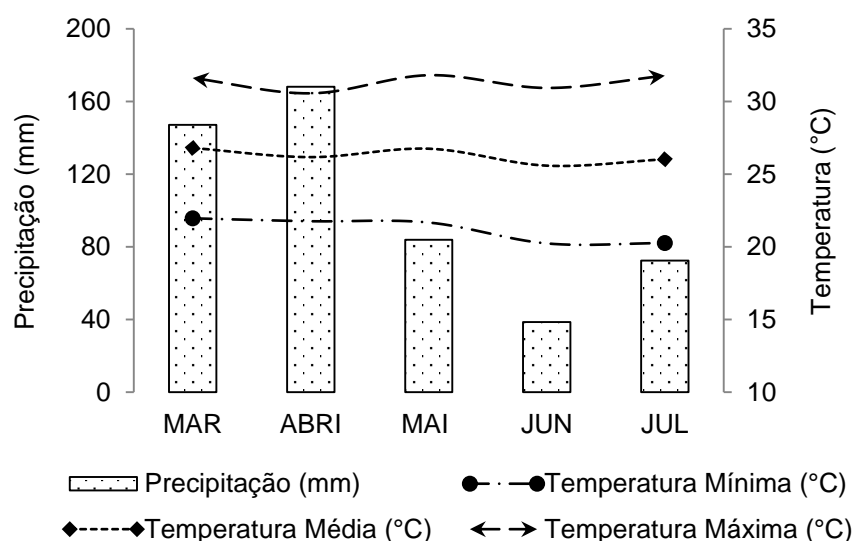
A inserção de modelos conservacionistas do uso do solo, correlacionadas ao manejo da adubação tem minimizado os custos de produção do milho, apresentando benefícios agrônômicos na rotação desta cultura. De forma a diminuir a depleção dos nutrientes no solo com cultivos, pesquisas com efeito da adubação residual tem sido realizada em cultivos de sucessão, especialmente com adubos minerais, onde observações apontam êxito da fertilização anterior no rendimento das culturas sucessoras, uma vez que os custos de produção relacionada à baixa disponibilidade de fertilizantes em algumas regiões do país, não viabilizam a adubação anual das áreas (SANTOS et al., 2010a).

Considerando que estudos relacionados à produção do milho, utilizando resíduos minerais de cultivos anteriores, ainda são incipientes ou até mesmo inexistentes, faz-se necessário à busca por informações, com vista, a aumentar os índices produtivos da cultura e reduzir os custos de produção desse cereal na região de estudo, indicando o possível aproveitamento do milho as adubações fracionadas nos cultivos anteriores. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos produtivos do milho em função da adubação mineral (NPK) parcelada, que foi realizada na cultura antecessora da mandioca.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em sucessão ao cultivo da mandioca, situada na comunidade Paraná do Pentecoste, localizada no município de Mâncio Lima - AC (latitude 7° 30,116' S, longitude 72° 55,260' W e altitude de 189 m) no período de março a julho de 2018. O solo é classificado como Argissolo amarelo distrófico, o clima da região é equatorial, com temperatura média anual de 25°C e precipitação anual em torno de 2.000 mm (ACRE, 2010; INMET, 2019). Os dados mensais referentes às temperaturas durante os meses de condução estão representadas na figura 9.

Figura 9 - Dados pluviométricos durante os meses agrícolas de Março a Julho de 2018. Mâncio Lima, 2018.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

Antes da cultura do milho, como componente da agricultura conservacionista e visando a proteção do solo contra a erosão e variações extremas de temperatura, a conservação da água, bem como a adição de nitrogênio pela fixação biológica deste nutriente, foi cultivado o feijão guandu anão (*Cajanus cajan*), com semeadura em outubro de 2017 e manejo com rolo-faca (acamamento e corte parcial dos resíduos) aos 140 dias após a semeadura. Posteriormente se fez a dessecação com Glyphosate, na dose de 3,0 L ha⁻¹ de produto comercial, quinze dias após o manejo da leguminosa, havendo acúmulo de 7 t ha⁻¹ de matéria seca.

O milho foi semeado em sucessão ao feijão guandu anão em 14 de março de 2018, sem manejo da adubação de base para avaliar o efeito residual da fertilização inorgânica (parcelada) e adubação verde das culturas antecessoras, respectivamente. A semeadura foi realizada no espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas. O perímetro útil analisado foram as duas fileiras centrais de cada parcela, descartando uma planta de cada extremidade das linhas, como efeito de bordadura. Das duas linhas centrais uma foi avaliada, ao acaso. A variedade utilizada foi BRS Caimbé, sendo a semeadura realizada de forma mecanizada, totalizando estande de 62.000 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado DBC com quatro blocos e seis tratamentos, referentes às adubações parceladas na cultura da mandioca, conforme a descrição a seguir:

Tabela 4 - Composição dos tratamentos. Mâncio Lima/AC, 2017.

Tratamentos*	Plantio	30 DAP	60 DAP	90 DAP	120 DAP
T1	-	-	-	-	-
T2	100% K 100% P	100% N	-	-	-
T3	50% K 50% P	50% N	50% K 50% P 50% N	-	-
T4	50% K 50% P	50% N	-	50% K 50% P 50% N	-
T5	-	50% K 50% P 50% N	-	50% K 50% P 50% N	-
T6	-	-	50% K 50% P 50% N	-	50% K 50% P 50% N

* Todos os tratamentos tiveram aplicação 3 t ha⁻¹ de calcário com PRNT de 80% antes do plantio da mandioca.

Na condução do experimento observou-se visualmente deficiência nutricional nas plantas de milho, verificando-se nos estádios vegetativos da cultura sintomas relacionados, principalmente pela ausência de N. Sendo assim, no estágio fenológico V6, quando as plantas apresentavam seis folhas desenvolvidas, realizou-se a adubação nitrogenada de cobertura em todas as parcelas do experimento (100 kg N ha⁻¹), não fazendo esta parte dos fatores testados dentro do experimento, uma

vez que todas as parcelas receberam de forma homogênea a aplicação do nitrogênio em cobertura, tendo como fonte de N a ureia.

Antes da colheita, avaliou-se, em oito plantas por parcela, as seguintes variáveis: altura de planta (m), medida do nível do solo até a inserção da última folha; altura de inserção de espiga (m) medida do nível do solo até a inserção da primeira espiga e; prolificidade, relacionando-se o número total de espigas com o número de plantas.

A colheita foi realizada manualmente aos 120 dias após o plantio, na área útil de cada parcela, tendo sido colhidas todas as espigas com palha. Posteriormente, avaliaram-se as demais variáveis: número de espigas por hectare, estimado através da contagem do número total de espigas colhidas nas plantas em duas fileiras; número de grãos por espiga, por meio da multiplicação entre o número de fileiras e o número de grãos na fileira; massa de grãos por espiga (g), obtido por meio da relação entre a massa total dos grãos e o número de espigas colhidas em duas fileiras, sendo posteriormente, corrigida a 13% de umidade; massa de 100 grãos (g), avaliada por meio da coleta de 4 amostras de 100 grãos por parcela e posterior pesagem, sendo posteriormente, corrigida a 13% de umidade e; produtividade de grãos (kg ha^{-1}), obtida por meio da massa de grãos colhidos e estimando para um hectare, com umidade corrigida a 13%.

Os dados coletados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância para verificação de Outliers, normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk e à homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Logo após foi realizada à análise de variância para verificação dos efeitos entre os tratamentos avaliados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para as análises estatísticas, foi utilizado o software R Studio. Neste trabalho, foi usado o pacote AGRICOLAE para as análises e confecções dos gráficos de barra do tipo Barplot.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos apêndices E e F são exibidos os quadrados médios da análise de variância (Anova) referente as variáveis altura de plantas (m), altura de espiga (m), número de espiga (ha^{-1}), número de grãos (espiga^{-1}), prolificidade de espiga, massa de 100 grãos (g), massa de grãos por espiga (g) e produtividade (kg ha^{-1}) sob influência da adubação residual no milho cultivado em sucessão a mandioca. Pela análise de variância, foi possível verificar com exceção da prolificidade de espigas ($P < 0,05$), que não houve diferença significativa em função dos tratamentos aplicados em campo para todas as variáveis avaliadas ($P > 0,05$).

A cultura do milho expressa seu potencial produtivo com índices pluviométricos entre 400-600mm durante a condução da lavoura, sem a necessidade do uso de irrigações suplementares, de modo que o fornecimento da água permaneça entre 4-6mm dia (FANCELLI, 2002). Neste experimento a precipitação total foi de 438 mm, sendo a disponibilidade de água regular dentro dos estádios iniciais (vegetativo) conforme a exigência da cultura (Figura 9). Todavia, nos estádios reprodutivos (florescimento e enchimento de grãos), além da baixa disponibilidade de água, sua distribuição foi irregular, diminuindo drasticamente em determinados períodos, tornando-se outro provável fator das repostas superficiais entre os tratamentos para a maioria das variáveis.

Almeida (2016) avaliando o déficit e o excesso de água em diferentes estádios fenológicos para a cultura do milho, salientou que o estresse (déficit) hídrico próximo aos estádios reprodutivos inviabilizou a disponibilidade dos nutrientes presentes no solo, onde comprometeu os principais caracteres de produção da cultura, provavelmente pela relação fonte-dreno ter sido deslocado somente ao dreno, devido ao estresse hídrico, prejudicando assim, o enchimento dos grãos dentro dos estádios reprodutivos, ressaltando ainda, que tais nutrientes são melhores absorvidos pelas raízes das plantas quando aplicados sobre meios mais aquosos.

O teste de Tukey apontou que não houve resposta significativa ($P > 0,05$) das adubações residuais aplicadas na cultura da mandioca sobre as

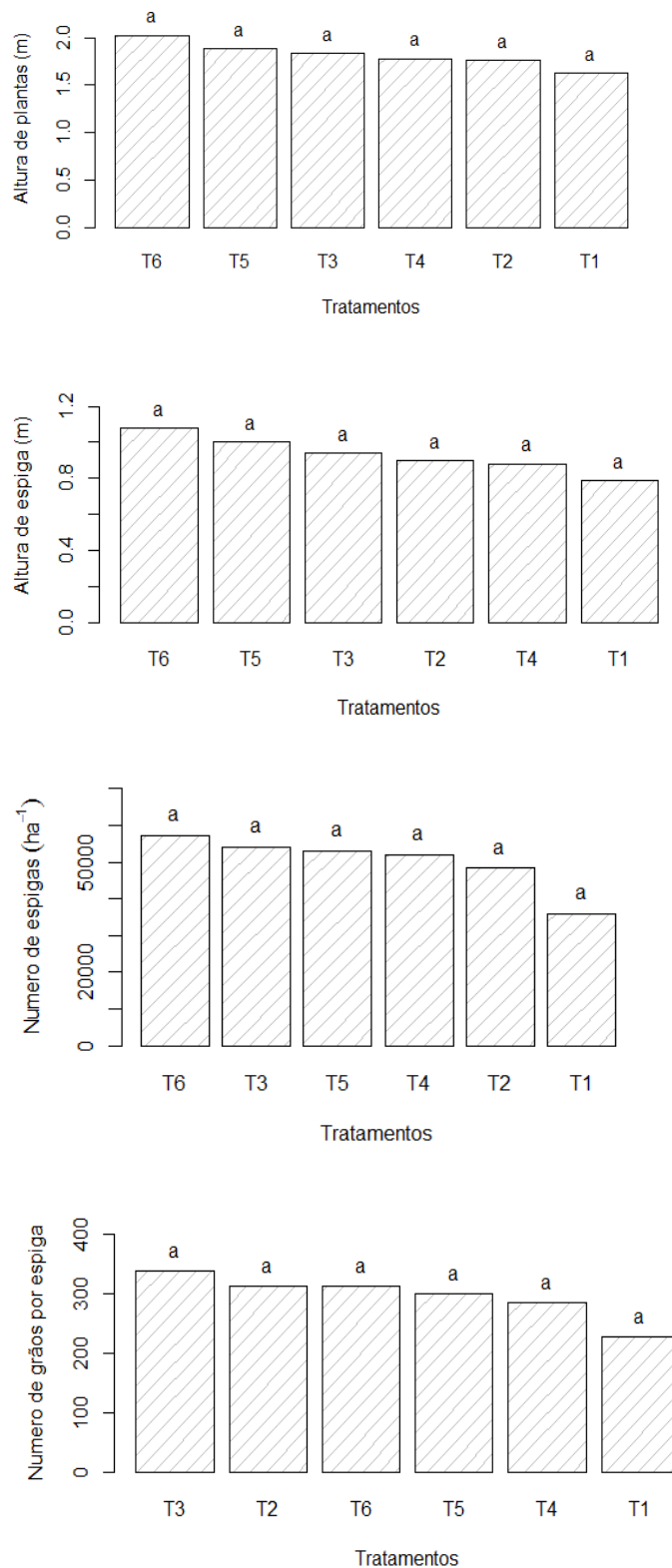
características altura de plantas, altura de espiga, número de espiga (ha^{-1}) e número de grãos (espiga^{-1}) no milho cultivado em sucessão ao feijão guandu anão e a mandioca (Figura 10). Desta maneira, tanto as adubações únicas ou de forma parcelada em cobertura na cultura da mandioca, não apresentaram efeitos residuais significativos sobre a cultura do milho. Possivelmente, parte do efeito residual da adubação na cultura da mandioca pode ter sido consumida pelo feijão guandu anão, bem como o efeito da adubação verde desta leguminosa pode ter sido disponibilizado para o milho e suprimindo parcialmente as necessidades nutricionais.

De modo geral, os teores residuais de nutrientes fornecidos nos tratamentos foram insuficientes para suprir a necessidade do milho, verificando-se nos estádios vegetativos da cultura sintomas correlacionados a deficiências nutricionais, principalmente por P e N. Araújo e Machado (2006) ratificaram que o milho diante da deficiência fósforo, por exemplo, direciona ao sistema radicular a maior parte dos fotoassimilados, estimulando a formação e o desenvolvimento demasiado de novas raízes, comprometendo assim, o enchimento dos grãos.

O desenvolvimento das plantas é afetado quando os teores de N no solo são menores do que os requeridos pela cultura, de modo que nestas condições, o fornecimento insuficiente de N em cobertura pode resultar em plantas com menor altura, comprovando que tal característica é influenciada diretamente pelos níveis de N presentes no solo (SILVA et al., 2013). Segundo Bravin (2018) trabalhando com aplicação de cinco doses crescente de N em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}) no cultivo sequencial do milho por dois anos agrícolas, em área de plantio direto e convencional, observou que a altura da planta e da inserção da espiga foi influenciada pela aplicação da maior dose de N em cobertura.

Resultados observados em vários trabalhos (CORRÊA et al., 2004; VILLALBA, 2008; AQUINO, 2009) apontam que há incrementos no solo dos teores do N, P, K após a aplicação da adubação em cobertura na cultura antecessora. Apesar de não significativos, neste estudo verificou-se maior benefício para as plantas de milho os tratamentos em que a adubação foi realizada entre 60 e 120 DAP na cultura da mandioca, justificando uma possível maior disponibilidade dos nutrientes no solo durante o cultivo do milho em sucessão.

Figura 10 - Barplot dos valores médios da altura de plantas (m), altura da inserção de espigas (m), número de espigas (ha^{-1}) e número de grãos (espigas $^{-1}$) sobre efeito residual da adubação parcelada na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2018



Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey

Mesmo os tratamentos não apresentando efeitos significativos ($p>0,05$), os parcelamentos das doses aplicadas em dois dos seis tratamentos testados, apontaram provável aumento no incremento destas variáveis, destacando-se T6 para as variáveis altura de plantas (2,02m), altura de espiga (1,08m) e número de espiga (ha^{-1}) (57.291 espigas) e T3 para o número de grãos (espiga $^{-1}$) (338 grãos).

Os menores valores numéricos para altura de planta (m) e altura de inserção das espigas (m), número de espiga (ha^{-1}) e número de grãos (espiga $^{-1}$) foram obtidos no tratamento sem a aplicação de fertilizante na mandioca (T1), os quais apresentaram respectivamente, 1,63 m; 0,79 m; 35.937 espigas; 228 grãos.

Quando comparado esses valores em termos percentuais com o tratamento que apresentou os melhores resultados, observa-se uma redução de 20%, 27%, 32% e 37% na altura da planta, altura da inserção da espiga, número de espiga hectare e número de grãos por espiga, respectivamente, demonstrando que a cultura da mandioca possivelmente não esgotou totalmente os teores de nutrientes presentes no solo, principalmente aqueles ofertados em cobertura em duas ocasiões.

Pereira Filho e Borghi (2016) relatam que as alturas de plantas e a altura da inserção das espigas também podem variar conforme a cultivar utilizada, descrevendo alturas entre 2,10-2,4 m e 1,10-1,30 m, respectivamente, utilizando o híbrido triplo GnZ 2005 em suas pesquisas. Os achados deste trabalho são similares aos verificados na literatura para a cultura do milho ao testarem materiais genéticos distintos (BRACHTVOGEL et al., 2012; CARDOSO et al., 2011; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2015).

Esse aumento, mesmo que não significativos destas variáveis (Figura 2), evidenciam a importância da adubação na cultura antecessora, devido ao efeito residual destas que permanecem no solo e torna-se disponível para as culturas sucessoras, como observado no presente trabalho. Silva et al. (2011) verificaram comportamento semelhante para o girassol em sucessão ao algodoeiro, a qual obtiveram maior incrementos de suas variáveis com aplicações dos fertilizantes em cobertura no ciclo anterior.

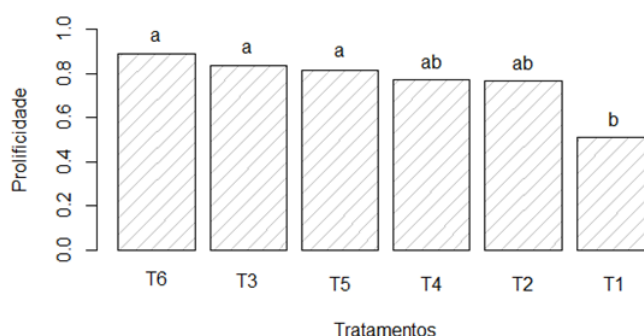
De acordo com Black (1968) alguns nutrientes não são aproveitados prontamente pelas plantas na ocasião de sua aplicação em cobertura, destacando-se entre eles o P, na qual somente 15% a 25% são utilizados pela cultura durante seu ciclo, permanecendo o restante no solo, onde é mineralizado pelos colóides formando compostos menos solúveis, ficando por mais tempo no solo em razão de

sua imobilização por micro-organismos, desta forma sendo aproveitado pelos cultivos subsequentes.

Conforme Souza e Lobato (2003), o efeito residual de fontes solúveis de P segue a seguinte ordem durante ciclos sequencias na mesma área: 60%, 45%, 35%, 15 e 5% no primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto, respectivamente.

Para a variável prolificidade de espiga de milho (Figura 11) foi observada reposta positiva quando as aplicações dos nutrientes foram fracionados em dois períodos na cultura da mandioca, destacando-se T3, T5 e T6, onde foram estatisticamente superiores ($p < 0,05$) ao tratamento controle (T1). Observa-se que a prolificidade foi superior no manejo da adubação em cobertura aos 60 e 120 DAP (T6), ou seja, o período entre a adubação na cultura antecessora e o cultivo do milho foi menor do que nos demais tratamentos.

Figura 11 - Barplot dos valores médios de prolificidade (planta^{-1}) sobre efeito residual da adubação parcelada na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2018



Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey

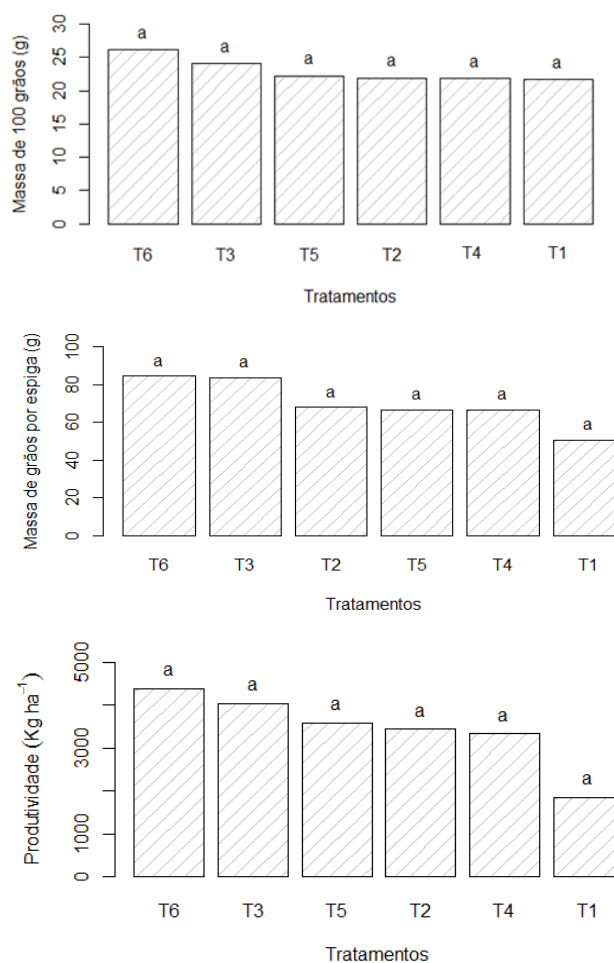
Pesquisas realizadas por Takasu et al. (2014) e Valderrama et al. (2011), utilizando híbrido triplo em seus estudos, não apontaram respostas significativas para prolificidade de espigas com adubação potássica em base na cultura do milho nas maiores concentrações de K_2O (60, 80 e 120 kg ha^{-1}), os autores ratificaram que com aumento das concentrações de potássio no solo, houve a redução do estande final das plantas por área, provavelmente pela incidência leve de efeito salino no solo.

Entretanto, neste estudo com efeito da adubação residual, os tratamentos que receberam doses (60 kg ha^{-1}) de K_2O , fracionadas em dois momentos na cultura antecessora, apresentaram efeito compensatório no cultivo de sucessão, ou seja, apresentando plantas mais robustas e, como consequência, aumento na

prolificidade de espigas por planta. Esse efeito pode ainda ter sido potencializado pela adubação verde com a cultura do feijão guandu, aliada ao efeito residual da adubação na cultura da mandioca. Enquanto que para o tratamento controle, sem a adubação na base, apenas a ação do adubo verde não foi suficiente para que o milho respondesse com maior número de espigas.

Em relação às variáveis massa de 100 grãos, massa de grãos por espiga e produtividade, não houve diferença pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Figura 12). Porém, em termos percentuais os maiores valores, foram verificados nas parcelas que receberam adubação de cobertura aos 60 e 120 dias no cultivo da mandioca, provavelmente pelo efeito da adubação residual de N, P e K presentes ainda no solo durante o cultivo do milho.

Figura 12 - Barplot dos valores médios de massa de 100 grãos (g), massa de grãos por espiga (g) e produtividade sobre efeito residual da adubação parcelada na mandioca. Mâncio Lima/AC, 2018



Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey

Observações sobre as médias atingidas pelos tratamentos para as variáveis massa de 100 grãos, massa de grãos por espiga e produtividade, apontaram maiores valores em T6 com 26,13 g, 84,43 g e 4.388 kg ha⁻¹ para estas variáveis, respectivamente, evidenciando uma primeira aproximação mesmo que não significativa dos efeitos residuais, no tocante ao parcelamento da adubação na cultura da mandioca. Resultados inferiores foram encontrados por Coppo (2017), avaliando diferentes doses de K em base na cultura da soja e efeito residual sobre a cultura do milho, demonstrando assim, que o parcelamento da adubação na mandioca de fato pode ter influenciado no aumento de incrementos das variáveis do milho.

Semelhantes ao encontrado nesse trabalho, Silva et al. (2011), analisando o efeito residual do P sobre a produtividade e teores de nutrientes nas folhas de girassol cultivado em sucessão ao algodoeiro, verificaram rendimentos significativos de suas variáveis quando o fósforo residual foi disponibilizado em cobertura na dose de 120 kg ha⁻¹.

O tratamento que não recebeu adubação na cultura da mandioca (T1), apresentou redução de seus valores para as variáveis massa de 100 grãos (20,04 g), massa de grãos por espiga (50,65 g espigas⁻¹) e produtividade (1.851 kg ha⁻¹) em termos percentuais, possivelmente em virtude do suprimento dos nutrientes ser insuficiente, para o cultivo de sucessão. Estes resultados denotam o possível efeito residual dos nutrientes no solo, principalmente para a ação residual do parcelamento em T6, indicando que não houve depleção total da fertilidade do solo com o cultivo da mandioca, com ganhos de 23% para massa de 100 grãos, 40 % para massa de grãos por espiga e de 137% para produtividade, quando comparados ao tratamento controle.

Embora, a maioria das variáveis não tenham apresentado diferenças significativas, observou-se uma predisposição no aumento dos rendimentos conforme a aplicação dos fertilizantes foi realizada mais tardiamente na cultura da mandioca, ou seja, mais próximas da semeadura do milho. Diferentes estudos encontrados na literatura (GOES et al., 2012; SANTOS et al., 2010b; HEINRICHS et al., 2003) trabalhando com adubações em base e cobertura diretamente aplicadas no cultivo de milho apresentam rendimentos semelhantes para maioria das características verificadas neste trabalho, denotando assim, que adubação parcelada sobre o cultivo anterior pode ser uma excelente alternativa para otimizar as operações de campo, diminuir custos de produção, reduzir as aplicações dos

adubos na semeadura e minimizar perdas por lixiviação, possibilitando assim, maior rendimento para os plantios consecutivos.

Na literatura são raros os estudos referentes ao comportamento da adubação residual sobre os cultivos de sucessão, ainda havendo inúmeras dúvidas a respeito da dinâmica dos minerais aplicados ao solo, à velocidade de sua degradação e o período de efeito destes para diferentes culturas. Talvez esta seja a principal diferença dos resultados aqui apresentados, quando comparados aos encontrados na literatura, como, por exemplo, os verificados por Silva (2007), sobre o desempenho residual das doses crescentes de P aplicadas em base, (0, 100, 200, 300, 400 e 500 kg ha⁻¹) em três plantios consecutivos de feijão-caupi, onde ratificou que no segundo e no terceiro plantio, todas as doses de P aplicadas, apresentaram maiores ($p < 0,05$) rendimentos de vagens.

Para a região de estudo este tipo de manejo na fertilidade do solo deve ser considerado, pois além de reduzir os custos de produção, verificou-se que manteve dentro dos padrões os níveis de rendimento final da cultura, quando comparado este a outros estudos na mesma região (PAIVA et al., 2011; LIMA et al., 2012; BRAVIN, 2018), utilizando adubações na cultura em base e/ou cobertura.

No Acre, onde a maioria das áreas ainda são preparadas de modo convencional devido as técnicas conservacionistas serem ainda pouco difundidas entre os produtores dessa região (QUEIROZ et al., 2015), houve forte redução nas áreas plantadas em relação à produção nacional na safra 2016/2017. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), apontam que a produtividade média de grãos de milho para as primeiras safras 2016/2017 e 2017/2018 no Acre ficaram muito abaixo da média nacional (4.850 kg ha⁻¹) para as mesmas safras, ou seja, 2.350 kg ha⁻¹ e 2.360 kg ha⁻¹, respectivamente.

Mesmo o presente estudo tendo sido conduzido em período de segunda safra, nota-se que a produtividade média (3.441 kg ha⁻¹) encontra-se acima da média do Estado para o período de primeira safra. Este aumento observado neste estudo, é reflexo das técnicas empregadas no manejo da adubação na cultura antecessora e seus possíveis efeitos residuais. Soma-se a isto os benefícios obtidos da sucessão de culturas com adubos verdes e o manejo do solo em plantio direto.

Os resultados aqui apresentados são muito relevantes para região de estudo, por atender tanto os aspectos econômicos, como os aspectos técnicos, pois cultivos intercalares, principalmente com a mandioca, devem ser criteriosamente

conduzidos, a julgar a baixa fertilidade natural de solos desta região, vinculada a supressão das áreas por uma das culturas (mandioca) que mais causam a depleção da fertilidade do solo nestes locais.

4.4 CONCLUSÃO

Para as condições deste estudo o parcelamento da adubação residual entre 60 e 120 DAP na mandioca e o cultivo de feijão guandu anão como planta de cobertura e adubação verde proporciona melhorias na prolificidade de espigas por hectare e maior produtividade de milho em plantio direto do que a média observada na região de estudo.

REFERÊNCIAS

- ACRE, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Zoneamento ecológico econômico do Estado do Acre**: documento síntese, 2ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2010.
- ALMEIDA, B. M. de. **Déficit e excesso hídrico na cultura do milho (*Zea mays* L.) em ambiente protegido**. 2016 124f. Tese (Doutorado Engenharia de Sistemas Agrícolas), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2016.
- AQUINO, L. A. **Parcelamento do fósforo na cultura do algodão irrigado em neossolo quartzarênico**. 2009. 86f. (Tese de doutorado - Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. **Fósforo**. In: FERNANDES, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280
- BLACK, C. A. **Soil-plant relationships**, 2 ed., Wiley, New York. 1968. 792 p.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de; BICUDO, S. J. População arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica Ciências Agrárias e Biológicas**, São Luiz, v. 6, n. 1, p. 75-83, jan./abr., 2012.
- BRAVIN, M. P. **Plantio direto e convencional em cultivo sequencial de milho e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da soja**. 2018 126f. Tese (Doutorado Agronomia), Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2018.
- CARDOSO, S. de M.; SORATTO, R. P.; SILVA, A. H. da; MENDONÇA, C. G. de. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 23-28, jan./mar., 2011.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos. Brasília, DF: CONAB, 2018.
- COPPO, J. C. **Manejo da adubação potássica na cultura da soja e efeito residual na cultura do milho em sistema plantio direto no oeste do Paraná**. 2017. 86f. (Dissertação de mestrado - Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.
- CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.
- FANCELLI, A. L. **Tecnologia da Produção de milho**: módulos 1 e 3: cursos de atualização à distância. Passo Fundo: Aldeia Norte Ed., 2002. 96 p.

GAMA, J. R. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um Podzólico vermelho amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 23, n. 3, p. 475-482, mar. 1999.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2012.

HEINRICH, R.; OTOBONI, J. L. de M.; GAMBA JUNIOR, A.; CRUZ, M. C.; SILVA, C. da; Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, v. 2, n. 4, p. 1-6, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 10 de jan. 2019.

LIMA, A. A. de. **Arranjos de plantio do milho e doses de nitrogênio em cobertura na formação de pastagem em Integração Lavoura-Pecuária em Rio Branco-AC**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 2012.

NEVES, Y. Y. B. **Características de diferentes sistemas de uso do solo em Cruzeiro do Sul, Acre**. 2013. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2013.

PAIVA, C. T. C. **Cultivo de milho em plantio direto e convencional com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura**. 2011. 73f. Dissertação (Mestre em produção vegetal) Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 2011.

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

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

SANTOS, A. de F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PEREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 12, p. 1267-1272, set. 2010a.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, I. R.; MIRANDA, G. V.; FINGER, F. L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15n) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1185-1194, jul./ago., 2010b.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L. de; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. de. Milho para ensilagem

cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 327-340, jan./fev. 2015.

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

SILVA, H. R. F.; AQUINO, L. A. de; BATISTA, C. H. Efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 786-793, Sept./Oct. 2011.

SILVA, J. A. **Aplicação inicial de P_2O_5 no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão-caupi**. 2007. 73f. Dissertação (Mestre em Agronomia: Fitotecnia) Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Piracicaba, n. 102, 2003. 16p. (Informações Agrônômicas. Encarte Técnico).

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, C. J. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 154-161, 2014.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n.1, p. 254-263, 2011.

VILLALBA, E. O. H. **Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai**. 2008, 100 f. (Dissertação de Mestrado, Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi observado no experimento e com base na literatura, pode-se afirmar que a alta variabilidade das amostras, aliada ao hábito de crescimento indeterminado da mandioca são uma desvantagem para os tratamentos com resposta nutricional desta cultura. No entanto, os valores indicados aqui permitem uma primeira aproximação das necessidades nutricionais da cultura para diferentes situações de campo.

O fracionamento da adubação mineral em cobertura na cultura da mandioca é um tema que precisa ser melhor explorado, levando-se em conta que o efeito dessa adubação em um 2º ciclo na mesma área, em diferentes estádios de aplicação e com diferentes doses dos nutrientes podem ser significativos. Somente dessa maneira será possível indicar se o parcelamento da adubação, com fracionamento das doses em cobertura, é uma estratégia eficaz para potencializar o rendimento da mandioca quando essa é cultivada em área de segundo ano.

APÊNDICES

Apêndice A - Análise de variância das variáveis altura de plantas (ALT) e diâmetro do caule (DC), em função do parcelamento da adubação na mandioca

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		ALT	DC
Parcelamento	5	0,004 ^{ns}	5,171 ^{ns}
Blocos	3	0,021 ^{ns}	0,257 ^{ns}
Resíduo	15	0,136	10,444
Total	23	-	-
CV(%)	-	17,57	15,98

Apêndice B - Análise de variância das variáveis massas frescas de manivas (MFM) e parte aérea (MFPA), em função do parcelamento da adubação na mandioca

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		MFM	MFPA
Parcelamento	5	0,041 ^{ns}	0,168 ^{ns}
Blocos	3	0,007 ^{ns}	0,028 ^{ns}
Resíduo	15	0,139	0,492
Total	23	-	-
CV(%)	-	48,62	54,47

Apêndice C - Análise de variância das variáveis comprimento (CR) e diâmetro (DR) das raízes, em função do parcelamento da adubação na mandioca

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		CR	DR
Parcelamento	5	4,254 ^{ns}	34,601 ^{ns}
Blocos	3	4,997 ^{ns}	13,543 ^{ns}
Resíduo	15	6,919	37,042
Total	23	-	-
CV(%)	-	11,85	10,85

Apêndice D - Análise de variância das variáveis massa fresca das raízes (MFR), número de raízes comerciais (NRC) e Produtividade de raiz (PROD), em função do parcelamento da adubação na mandioca

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios		
		MFR	NRC	PROD
Parcelamento	5	0,066 ^{ns}	0,839 ^{ns}	53057393 ^{ns}
Blocos	3	0,022 ^{ns}	0,293 ^{ns}	30834530 ^{ns}
Resíduo	15	0,754	1,478	24687056
Total	23	-	-	-
CV(%)	-	41,95	28,10	38,50

Apêndice E - Análise de variância das variáveis altura de planta (ALTP), altura da inserção de espigas (ALTE), número de espigas por hectare (NEH) e número de grãos por espiga (NGE), sobre o efeito residual da adubação parcelada na mandioca

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		ALTP	ALTE	NEH	NGE
Parcelamento	5	0,069 ^{ns}	0,040 ^{ns}	227719884 ^{ns}	5689,02 ^{ns}
Blocos	3	0,056 ^{ns}	0,023 ^{ns}	28211802 ^{ns}	6913,69 ^{ns}
Resíduo	15	0,040	0,018	98379645	3526,16
Total	23	-	-	-	-
CV(%)	-	11,04	14,73	19,76	20,03

Apêndice F - Análise de variância das variáveis prolificidade (PROLI), massa de 100 grãos (M100G), massa de grãos por espigas (MGE) e produtividade (PROD), sobre o efeito residual da adubação parcelada na mandioca

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		PROL	M100G	MGE	PROD
Parcelamento	5	0,069*	12,603 ^{ns}	641,78 ^{ns}	3053075 ^{ns}
Blocos	3	0,005 ^{ns}	15,357 ^{ns}	688,14 ^{ns}	2074580 ^{ns}
Resíduo	15	0,017	20,085	686,56	1878363
Total	23	-	-	-	-
CV(%)	-	17,19	19,49	37,45	39,82