

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE  
CURSO DE AGRONOMIA

**FERTILIDADE DO SOLO, EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E  
RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO PARA  
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) CULTIVADA NA  
COMUNIDADE TUKANO DE TAPIRA PONTA, SÃO  
GABRIEL DA CACHOEIRA, AM**

**Aluna: Adriana Braga Ferreira**

Humaitá-AM  
Agosto de 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE  
CURSO DE AGRONOMIA

**FERTILIDADE DO SOLO, EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E  
RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO PARA  
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) CULTIVADA NA  
COMUNIDADE TUKANO DE TAPIRA PONTA, SÃO  
GABRIEL DA CACHOEIRA, AM**

**Aluna: Adriana Braga Ferreira**

**Orientador: Ms. Luiz Carlos da Silva**

“Trabalho apresentado como parte  
das exigências do curso de  
Agronomia para obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo”.

Humaitá-AM  
Agosto de 2014

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B813f Braga Ferreira, Adriana  
Fertilidade do Solo, Exigências Nutricionais e Recomendação de Calagem e Adubação para Mandioca (Manihot esculenta Crantz) Cultivada na Comunidade Tukano de Tapira Ponta, São Gabriel da Cachoeira, AM / Adriana Braga Ferreira. 2014  
53 f.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Luiz Carlos da Silva  
TCC de Graduação (Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Tapira Ponta. 2. Calagem. 3. Adubação. 4. Nutrição da Mandioca. 5. Sustentabilidade Rural. I. Silva, Luiz Carlos da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

“Deus nunca disse que a jornada seria fácil, mas Ele disse que a chegada valeria a Pena.” (*Max Lucado*)

“Dedico exclusivamente a Deus, por ter me conduzindo neste caminho para realização do meu sonho. Que a minha adoração de agradecimento pela sua grandeza; pela sabedoria; pelas alegrias proporcionadas; por me manter firme nos meus propósitos e não me deixar desanimar; por amparar-me nos momentos difíceis; e acima de tudo obrigada pelo seu amor incondicional para comigo e com minha família. Que minha gratidão chegue a tua presença como cheiro suave.”

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Manuel e Hozani que são a base da minha vida, o meu agradecimento não pode ser dito com palavras pois não existe para mim descrever minha gratidão, mais obrigada pelo amor e dedicação na constituição do meu caráter.

Aos meus irmãos Andréia, Jefferson e Jeanne: pelo estímulo e por estarem comigo em todos os momentos, sempre me apoiando. Por isso, essa conquista é nossa, pois, contribuíram com muito amor em todos os aspectos possíveis da minha vida para que este sonho se concretizasse.

Aos meus avós, tios e primos: o meu obrigada por colaborar de forma direta e indireta com suas orações, incentivos, força e amor. Que as bênçãos do Senhor esteja com todos, e que eu possa retribuir a todos da melhor forma possível.

A todos meus amigos de Rondônia: pela alegria, pelos abraços, pelas intercessões, pelos momentos incríveis vividos nas minhas férias e pela fidelidade da amizade.

Aos meus amigos que conquistei durante o curso: Jefferson, Junior Cesar, Laura, Marcos Vinicius e, especialmente, à Josélia: por ser amiga e companheira. À amizade de vocês levarei no meu coração até fim e que Deus possa dar-lhes em dobro do melhor desta vida.

À UFAM (Universidade Federal do Amazonas) e a todos os professores do colegiado do curso de Agronomia e dos outros colegiados que por meio de seus ensinamentos contribuíram para minha formação profissional. Ao orientador Prof. Luiz Carlos e ao Prof. Douglas obrigada pela confiança.

A todos os que direta e indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica: que Deus possa derramar suas bênçãos sobre a vida de cada um e que possam receber em dobro de tudo que contribuíram para minha conquista.

**SHALON!**

## RESUMO

A produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma atividade de suma importância socioeconômica para a comunidade indígena Tukano de Tapira Ponta em São Gabriel da Cachoeira, AM. A cultura é usada para o próprio consumo tanto “*in natura*”, quanto subproduto da mandioca como a farinha. A produtividade de mandioca na comunidade é menor do que o esperado, isso ocorre devido as práticas de cultivos ser sucessivas na mesma área, sem calagem e adubação para manutenção da fertilidade dos solos. Por isso, métodos de calagem e adubação devem ser realizados nas áreas de cultivo de mandioca na busca da melhoria da fertilidade do solo, e conseqüentemente, melhorando a disponibilidade dos nutrientes necessários para suprir as exigências da cultura da mandioca. Logo diminuindo as perdas na produtividade e desgaste dos solos, levando essas áreas a ter maior sustentabilidade rural. Objetivou-se com este trabalho interpretações de laudos de análises químicas de solo frente às exigências nutricionais da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) bem como efetuar recomendação de calagem e adubação necessárias a produções satisfatórias da cultura na comunidade Tukano de Tapira Ponta em São Gabriel da Cachoeira, AM. Todos os solos das áreas avaliadas mostraram um *status* de baixa fertilidade. São solos que apresentam elevada acidez, altos teores de  $Al^{3+}$  e baixa disponibilidade dos macronutrientes e micronutrientes com exceção do ferro. Todos deverão ser corrigidos pela incorporação de corretivo e fertilizantes nas doses recomendadas.

Palavras-chave: Tapira Ponta, adubação, calagem, nutrição da mandioca, sustentabilidade rural.

# SUMÁRIO

## PÁGINA

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
2.1. Objetivo Geral .....	11
2.2. Objetivos Específicos.....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
3.1. Cultura da Mandioca.....	12
3.2. Fertilidade do Solo, Exigências Nutricionais e Métodos de Recomendações de Calagem e Adubação para Cultura da Mandioca ..	14
3.2.1. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Nitrogênio para Mandioca .....	15
3.2.2. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Fósforo para Mandioca .....	17
3.2.3. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Potássio para Mandioca .....	19
3.2.4. Disponibilidade e Exigência de Cálcio para Mandioca.....	20
3.2.5. Disponibilidade e Exigência de Magnésio para Mandioca.....	21
3.2.6. Disponibilidade e Exigência de Enxofre para Mandioca .....	21
3.2.7. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Micronutrientes para Mandioca .....	22
3.2.8. Exigência e Método de recomendação de Calagem para Mandioca.....	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODO</b> .....	28
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
5.1. Interpretação e caracterização química das áreas analisadas, de acordo com a CFS/MG (1999) 5º Aproximação .....	30
5.1.1. pH.....	30
5.1.2. Matéria Orgânica e Complexo de Troca Catiônica .....	31
5.1.3. Interpretação da Disponibilidade dos Macronutrientes .....	33
5.1.4. Interpretação da Disponibilidade dos Micronutrientes.....	35
5.2. Recomendações de Calagem e Adubação para os Solos Analisados, de acordo com a CFS/MG (1999) 5º Aproximação .....	37
5.2.1. Recomendação de calagem .....	37
5.2.2. Determinação de Necessidade de Calagem e Quantidade De Calcário Necessário.....	38



5.2.3.	Recomendação de Adubação de Plantio .....	38
5.2.4.	Recomendação de Adubação em Cobertura.....	41
5.2.5.	Recomendação de Adubação Verde .....	41
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>44</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>48</b>

# 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta de origem da América do Sul, pertencente à família Euphorbiaceae, cultivada desde à antiguidade pelos povos nativos do continente americano. Apresenta raízes tuberosas ricas em amido, sendo de grande importância socioeconômica por ser a principal fonte de carboidratos para população de baixa renda (FIALHO & VIEIRA, 2011).

A segurança alimentar é um dos maiores desafios para a humanidade e para as futuras gerações, pois, no cenário atual há pelo menos 800 milhões de pessoas subnutridas e outros 2 bilhões de pessoas com disponibilidade intermitente de alimentos. A mandioca constitui-se na terceira maior fonte de alimento, ficando atrás somente do arroz e milho (FAOSTAT, 2012).

O Brasil é o terceiro maior produtor de mandioca do mundo, atrás somente da Nigéria e Indonésia. Segundo dados de produção mundial de mandioca continua em ritmo de crescimento contínuo tendo uma produção total de 262.585.742 toneladas em 2012, com rendimento médio de 12,88 t/ha (FAO, 2012).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é de fácil adaptação, onde é cultivada e consumida em todo território brasileiro, estando entre os oitos primeiros produtos agrícolas do país em termo de área cultivada, e o sexto em valor de produção. Possui ampla diversidade genética (EMBRAPA, 2014).

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2012 a região Norte teve a maior participação da produção nacional com 32,20%, seguidas da região Nordeste com 26,12%, região Sul com 24,26%, região Sudeste com 11,76% e região Centro-Oeste com 5,66%. Onde os três maiores Estados produtores do Brasil são: Pará 4.617.543 t, Paraná com 3.869.080 t e Bahia com 2.200.806 t, estando o Amazonas em sétimo lugar com uma produção de 926.297 toneladas (EMBRAPA, 2014).

No Amazonas o cultivo de mandioca tem uma importância significativa do ponto de vista socioeconômico. É uma das culturas anuais mais cultivada por pequenos produtores no estado. Atualmente a produção de mandioca no Amazonas não consegue atender a demanda pelo produto para produção do

principal subproduto de maior consumo no Estado que é a farinha, levando-o a importar de outros Estados (IDAM, 2013).

A mandioca pode ser cultivada entre latitudes de 30° Norte e 30° Sul, embora sua maior concentração de cultivo esteja entre latitudes de 15° Norte e 15° Sul. Mas é bom levar em consideração as condições mais ideais para a cultura da mandioca são altitudes de 600 m a 800 m; temperatura média anual entre 20°C e 27°C; precipitação de 1.000 mm a 1.500 mm por ano bem distribuídos, e insolação de 12 horas por dia, onde dias com períodos de luz mais longos favorecem a parte vegetativa e os períodos diários de luz mais curtos promovem o crescimento das raízes tuberosas (EMBRAPA, 2014).

As características físicas do solo são de suma importância para o cultivo de mandioca, devido as raízes tuberosas serem seu principal produto. Os solos ideais são os profundos e friáveis, ou seja, os arenosos ou de textura média, por facilitarem o desenvolvimento das raízes e o processo de colheita. Com relação à topografia do solo, os mais indicados são aqueles que apresentam terrenos planos ou levemente ondulados, com declividade de até 5% (FIALHO & VIEIRA, 2011).

A fertilidade do solo está relacionada com a capacidade que um solo tem de fornecer nutrientes às plantas em quantidades adequadas, que pode ser conduzida a condições ideais através de práticas de calagem e adubação para uma melhor produtividade. A mandioca é uma cultura que absorve grandes quantidades de nutrientes e exporta da área de cultivo quase tudo. É mínima a porcentagem que retorna ao solo na forma de resíduos culturais. Os nutrientes mais absorvidos pela mandioca são: K (potássio), N (nitrogênio), Ca (cálcio), F (fósforo), Mg (magnésio) (EMBRAPA, 2014).

Objetivou-se com este trabalho realizar interpretações de laudos de análises químicas de solo frente às exigências nutricionais da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) necessárias a produções satisfatórias da cultura na comunidade Tukano de Tapira Ponta em São Gabriel da Cachoeira-AM.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Realizar interpretações de laudos de análises químicas de solo frente às exigências nutricionais da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

### **2.2. Objetivos Específicos**

Realizar revisão de literatura sobre:

- i)** A teoria em Fertilidade do Solo que embasa recomendações de calagem e adubação da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz);
- ii)** As exigências nutricionais da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz);
- iii)** Interpretar laudos de análises químicas de solos a fim de embasar uma discussão de seu *status* de fertilidade frente às exigências nutricionais da mandioca e;
- iv)** Efetuar as recomendações técnicas necessárias à construção e manutenção da fertilidade de alguns solos cultivados com mandioca na Comunidade Indígena Tukano de Tapira Ponta, São Gabriel da Cachoeira, AM.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Cultura da Mandioca

Segundo Léotard, 2009 o centro de origem da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) ainda não está claro, apesar de vários estudos terem abordado esta questão, alguns estudos moleculares tem mostrado que a mandioca foi domesticada apenas uma vez na América do Sul, na região sul da Amazônia, mostrando que é uma das mais antigas cultura cultivada pelo homem. *Manihot* é um gênero da Família Euphorbiaceae nativo de regiões tropicais das Américas, com centros da diversidade, no Brasil e no México.

A mandioca é uma planta perene de crescimento indefinido e pode alternar períodos de crescimento vegetativo, armazenamento de amido nas raízes e até períodos de quase dormência devido condições climáticas severas como temperatura elevada e déficit água longo (ALVES, 2006).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura de grande importância devido à sua adaptabilidade e seu bom desempenho em diferentes condições de solos em diferentes regiões do Brasil. É cultivada predominantemente em pequenas propriedades familiares, por ser importante fonte de carboidratos na alimentação humana, animal (SCHONS, 2009) e produção de bioetanol (SRIROTH et, 2010).

A mandioca é propagada vegetativamente através de pedaços do caule denominados manivas, onde as manivas que apresentam maior velocidade e porcentagem de emergência são as com 20 cm de comprimento e 0,2 cm de diâmetro, e retiradas das ramificações primárias e hastes principais (CÂMARA & GODOY, 1998).

O sistema foliar da mandioca é composto por folhas simples e incompletas inseridas no caule em disposição alterno-espiralada, lobada e longamente peciolada, onde o lobo apresenta variação quanto à cor, formato, número e tamanho. As folhas da mandioca também são constituídas de pecíolo, onde seu comprimento e cor variam com a cultivar e estágio de desenvolvimento. Sua cor pode ser verde, rosada, vermelha, amarelo clara, etc. (MATTOS,2006).

A mandioca apresenta um sistema radicular tuberoso com grande quantidade de amido, tendo presença de raízes de absorção formadas a partir das raízes tuberosas. Onde essas raízes não têm pêlos absorventes e quando os têm, é em pequena quantidade. Por conseguinte, torna-se importante sua associação com fungos endomicorrízicos, pois, seus esporos germinam e suas hifas invadem os tecidos radiculares da mandioca, levando a formação de micorrizas que faz o papel dos pêlos absorventes na absorção de fósforo, zinco e outros nutrientes, onde em contrapartida os fungos recebem energia da planta na forma de carboidratos (MATTOS, 2006).

As condições climáticas ideais para a cultura da mandioca, uma faixa média de latitude de 30° N e 30° S, com uma altitude 600 m a 800m, altitude elevada desfavorece o acúmulo de amido. A faixa pluviométrica variável de 600 a 1.200 mm de chuvas bem distribuídas e uma temperatura média de em torno de 20 a 27°C (CEPLAC, 2012).

As características do tipo de solo para a mandioca é de suma importância devido ao fato de que seu principal produto são as raízes, necessitando de solos profundos e friáveis, mostrando-se ideais os solos de textura arenosa ou média. Esse fato possibilita fácil crescimento das raízes, boa drenagem e facilidade de colheita. Já os solos argilosos não são ideais por serem mais compactados, o que dificulta o crescimento da raízes, podendo levar a um maior risco de encharcamento e apodrecimento das raízes (FIALHO & VIEIRA, 2011).

A resposta da mandioca à adubação depende das condições do solo, pois quando a mandioca é cultivada em solos com fertilidade média a alta, sua resposta geralmente é pequena ou nenhuma à adubação. Já em solos de baixa fertilidade, a resposta da cultura apresenta aumento de produtividade, quando há o uso de fertilizantes. Mas sempre é necessário à adubação para manter os níveis de teores de nutrientes no solo, independentemente da resposta da cultura da mandioca (RÓS, 2013).

O preparo do solo para o cultivo de mandioca é importante, pois visa melhorar as condições físicas do solo da área de plantio que é bom para a fase de brotação das manivas, o crescimento e engrossamento das raízes e o desenvolvimento vegetativo. Esse preparo é realizado tradicionalmente uma aração e duas gradagens, levando ao aumento da aeração e da infiltração de

água e redução da resistências do solo ao crescimento das raízes, também ajudando no controle de plantas daninhas e a incorporação e disponibilidade de nutrientes para as plantas (SILVA, 2007).

### **3.2. Fertilidade do Solo, Exigências Nutricionais e Métodos de Recomendações de Calagem e Adubação para Cultura da Mandioca**

Fertilidade do solo é a capacidade que o solo tem de fornecer nutrientes em forma assimiláveis, tanto em quantidade e proporção adequadas às plantas, para o seu desenvolvimento e produtividade, e também possuir propriedades físicas e químicas satisfatórias, e livres de materiais tóxicos (NICOLODI, 2008).

Na conservação do solo para o cultivo da mandioca dois aspectos devem ser considerados: o crescimento inicial é muito lento e o espaçamento usado é amplo, onde o solo fica por muito tempo exposto a erosão; e o solo tende ao esgotamento, pois quase tudo que se produz na área de cultivo é exportado, sendo muito pouco reincorporada sob a forma de resíduos. A recomendação de conservação do solo são: adubação verde, cobertura morta, consórcio e rotação. Essas técnicas propicia condições mais favoráveis à manutenção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo com o cultivo, mais disponibilidade de nutrientes e resultados no rendimento da cultura (FIALHO & VIEIRA, 2011).

A mandioca é exigente em nutrientes. Tais exigências variam de acordo com as condições de fertilidade do solo da área de plantio, pois é uma cultura que produz grande massa vegetativa e também absorve altas quantidades de nutrientes que são exportados para outros locais, uma baixíssima porcentagem desses nutrientes retornam para área de cultivo, por isso, essa exigência por nutrientes. Os picos de absorção e assimilação de nutrientes na mandioca, ocorrem durante todo o ciclo da cultura como o P, K e Mg que aumentam durante o desenvolver do ciclo, já o nitrogênio tem um pico de maior absorção e assimilação no período de 4 a 6 meses nas folhas e ficando estável depois (MATTOS, 2006).

A mandioca é uma cultura que absorve grandes quantidades de nutrientes exportando praticamente tudo da área de cultivo o que foi absorvido, onde as raízes tuberosas e a parte aéreas como manivas e folhas são destinadas a alimentação humana, alimentação animal e manivas-sementes para novos plantios. Para uma produção de mandioca com 25 toneladas de raízes mais parte aérea por hectare são extraídos em média 146 kg de K, 123 kg de N, 46 kg de Ca, 27 kg de P e 20 kg de Mg. Assim a calagem e adubação prevêm a reposição da extração desses nutrientes (EMBRAPA, 2014).

Os métodos de recomendação de adubação e calagem para a cultura da mandioca devem ser definidos em função da análise química do solo, utilizando calcário e fertilizantes, lembrando que a eficiência da calagem e da adubação usado é incrementada por processos biológicos. A adubação é a reposição no solo dos principais nutrientes extraídos pela cultura da mandioca como K, N, Ca, P e Mg. E quanto aos micronutrientes, poucos estudos foram realizados com a mandioca, mas a resposta mais comum tem sido ao Zn (FIALHO & VIEIRA, 2011).

### **3.2.1. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Nitrogênio para Mandioca**

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes minerais requerido em maior quantidade pelas plantas. É um importante constituinte das células vegetais, pois está relacionado a composição da estrutura e das funções metabólicas essenciais das plantas, tais como fotossíntese, respiração e crescimento. É responsável pela constituição da clorofila, dos hormônios vegetais, da proteína e da sínteses de vitaminas (CARDOSO JÚNIOR, 2005).

A disponibilidade do N no solo depende do balanço entre os processos de mineralização e os de imobilização, pois esse balanço pode variar com o tempo e principalmente com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiana do solo (AITA & GIACOMINI, 2007).

O processo de mineralização do N orgânico para inorgânico, é feito pela ação dos microrganismos heterotróficos do solo. A primeira etapa desse processo é denominada de aminação, onde ocorre a hidrólise de proteína com liberação de amina e aminoácidos, a segunda etapa que é a amonificação, a



amina e aminoácidos são utilizados pelos microrganismos com a liberação de amônio que tornam-se disponível para as plantas (ALFAIA, 2006).

A Matéria Orgânica do Solo (MOS) constitui a principal fonte de nitrogênio para as plantas, contudo ela não consegue atender a alta demanda desse nutriente pela cultura, principalmente em solos degradados, onde o baixo teor de MOS torna a disponibilidade de N ainda menor. Por isso, a importância da adição de fertilizantes nitrogenados ou utilização de adubação verde se faz necessária para o aumento da disponibilidade de nitrogênio (WEBER & MIELNICZUK, 2009).

O N é importante para a cultura da mandioca, pois favorece o seu desenvolvimento vegetativo em doses adequadas, mas quando essas doses são aplicadas em excesso gera uma redução na porcentagem de amido e conseqüentemente, o aumento de proteína. O excesso de N disponível pela MOS em solos de áreas ou matas recém abertas, leva a indução excessiva do crescimento da parte aérea em detrimento da produção de raízes de reserva (MATTOS, 2006).

Os sintomas de deficiências do N na cultura da mandioca reduz significativamente tanto o crescimento da planta como a produtividade de raízes; provoca o amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta (EMBRAPA, 2009).

Quanto a exigência de N a mandioca tem apresentado pequenas resposta à aplicação desse nutriente, mesmo em solos com teores de matéria orgânica baixo e sendo o segundo nutriente mais absorvido pela cultura. Isso possivelmente, deve-se a presença de bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio atmosférico no solo, nas raízes absorventes, nas raízes tuberosas e nas manivas da mandioca (EMBRAPA, 2014).

Quando o cultivo da cultura da mandioca está voltado para produção de folhas ou hastes, para realização de vários cortes anuais da parte aérea, a exigência da cultura pelo N se torna maior, pois o esse elemento é fundamental para crescimento vegetativo mais acelerado. Sendo necessário uma manutenção de adubação nitrogenada mineral (SOUZA, 2009).

Um método de recomendação de adubação nitrogenada para mandioca que apresenta respostas satisfatória em termo de produção de raízes e parte aérea é à aplicação de adubos orgânicos como: esterco, tortas, compostos,

adubos verdes e outros, principalmente em função das melhorias das condições físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem no solo. Por isso, é recomendado como fonte de N e podem ser aplicados em cova, sulco ou a lanço em alguns dias antes caso não esteja curtido, para que ocorra o processo de fermentação, no caso da torta de mamona ou aplicar na hora do plantio (FIALHO & VIEIRA, 2011).

Um método de recomendação é a adubação mineral na formas de uréia ou sulfato de amônio. Esse método deve ser realizado no período de 30 a 60 dias após a brotação das manivas. Em solos argilosos recomendam adubação em cobertura e também o parcelamento, uma metade da dose nos sulcos de plantio e a outra metade uma aplicação em cobertura. Nos solos arenosos a dose total de N deve ser aplicado em cobertura, com menores aplicações quando as plantas da mandioca apresentarem mais verdes em áreas de cultivo novas (TAKAHASHI, 2003).

### **3.2.2. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Fósforo para Mandioca**

Dentre os macronutrientes o fósforo (P) é o exigido em menores quantidade pelas plantas, porém trata-se do nutriente usado em maiores quantidades em adubação no Brasil, onde a explicação para este fato relaciona-se com a baixa disponibilidade de P nos solos do Brasil e também com a forte tendência deste elemento aplicado ao solo de reagir com componentes do mesmo para formar composto de baixa solubilidade (fixação de fósforo), o que reduz a eficiência da adubação fosfatada (FAQUIM, 2005).

O P no solo é encontrado na forma mineral ou inorgânico que compreendem a proporção relativa dos colóides inorgânicos, por meio de ligações com ferro, alumínio e cálcio é condicionada pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração argila, e cuja energia de ligação com os colóides aumenta a sua labilidade. Na forma de P orgânico ocorre em teores proporcionais à matéria orgânica, e sua labilidade está diretamente relacionada suscetibilidade de decomposição do radical orgânico ao qual o fosfato está ligado (GATIBONI, 2003).

O processo de adsorção de P pelos óxidos, hidróxidos e oxidróxidos de Fe e Al é um dos principais fatores envolvidos na imobilização desse nutriente nos solos. Isso se deve à facilidade de acesso do ânion fosfato diácido aos grupos OH<sup>-</sup> (Hidróxido) de superfície. Quanto mais ácido, quanto maior teor de argila, e principalmente quanto maior o predomínio de óxidos de ferro e alumínio na fração da argila maior é a capacidade de fixação (POZZA, 2008).

O P é de suma importância na produção de mandioca, embora não seja extraídos em quantidades grandes, é um dos principais elementos da produção dessa cultura. Os solos brasileiros, e, em particular os cultivados com a cultura, são pobres em P, por isso, a resposta da mandioca à adubação fosfatada é grande, onde a presença do P no solo em doses equilibradas leva a uma atuação direta no aumento da produção de raízes e do teor de amido (MATTOS, 2006).

Os sintomas de deficiência de P na cultura da mandioca apresentam crescimento reduzido da planta, folhas pequenas, estreitas e com pouco lóbulos e hastes finas; as plantas apresentam folhas de cor verde mais escura, e de cor purpúrea mais pronunciada nos pecíolos. Sob condições severas de deficiência do fósforo ocorre o amarelecimento das folhas inferiores que se tornam flácidas e necróticas levando a sua queda (MATTOS, 2006).

A exigência da mandioca ao P é de grande importância, embora seja o quarto elemento mais extraídos, mesmo que em pequena quantidade em comparação ao K, N e Ca. Mas a resposta a adubação fosfatada é grande, devido os solos brasileiros serem pobres nesse nutriente (EMBRAPA, 2014).

A recomendação de P é realizada de acordo com a disponibilidade do mesmo na análise do solo, onde o método de análise normalmente utilizado é o método de Mehlich 1, e a interpretação dos resultados da análise para P é efetuada de acordo com o teor de argila do solo (FIALHO & VIEIRA, 2011).

Para a cultura da mandioca o método de recomendação de adubação fosfatada (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a ser aplicada: o superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20% de Ca e 11% de S) que possui uma vantagem de conter cerca de 11% de enxofre na sua composição e que será fornecido paralelamente como nutriente, e o superfosfato triplo (42% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 14% de Ca), esses adubos fosfatados são os mais utilizados na recomendação de fósforo (SOUZA, 2009).

### **3.2.3. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Potássio para Mandioca**

O potássio (K) é absorvido pelas plantas em grandes quantidades, pois para algumas culturas esse elemento é o mais requerido dos macronutrientes. No solo o K está nas formas não-trocáveis, trocáveis e solúveis que estão em equilíbrio dinâmico, de modo que qualquer alteração nos teores de potássio na solução do solo provocada pela adubação, absorção da planta ou perda por lixiviação, serão alterados os teores das demais formas no solo, principalmente das trocável e não-trocável (MEDEIROS, 2014).

A disponibilidade de K para as plantas é realizada pela estimativa de seus teores na forma trocável, utilizando o extrator Mehlich. No entanto, para um método ser eficiente na avaliação da disponibilidade de um determinado nutriente no solo, deve apresentar alto grau de relação com a planta, como rendimento, quantidade absorvida, ser rápido, de baixo custo, boa precisão e exatidão e com ampla capacidade extrativa (BORTOLON, 2010).

A importância da ação do K para a cultura da mandioca na produção de raízes é menor do que a ação do P e N, apesar de ser o nutriente extraído em maior quantidade pela mandioca, onde seu esgotamento é atingido rapidamente após 2 a 4 cultivos sucessivos na mesma área de plantio. É um nutriente essencial no processo de translocação dos carboidratos produzidos nas folhas e acumulados nas raízes (MATTOS, 2006).

A deficiência de K caracteriza-se pelo crescimento e vigor da planta reduzido, entrenós curtos, pecíolos curtos e folhas pequenas; e em condições muito severas da falta desse elemento leva a ocorrência de manchas avermelhadas, amarelecimento e necrose dos ápices e bordas das folhas inferiores, onde ocorre o envelhecimento prematuro e caem, também acontece a necrose e finas ranhuras nos pecíolos e na parte superior das hastes (EMBRAPA, 2014).

A exigência da cultura da mandioca ao K é grande, devido ser o nutriente extraído em maior quantidade, com isso, seu esgotamento de disponibilidade é rápido, isto ocorre após dois a quatro cultivos sucessivos na mesma área (EMBRAPA, 2014).

A recomendação de K é realizada de acordo com a disponibilidade do mesmo na análise do solo, onde o método de análise normalmente utilizado é o método de Mehlich 1 (FIALHO & VIEIRA, 2011).

O método de recomendação de adubação potássica ( $K_2O$ ) a ser aplicada: os adubos potássicos mais usados são o cloreto de potássio (58% de  $K_2O$  e 45% de Cl) e o sulfato de potássio (50% de  $K_2O$  e 16% de S),

A aplicação desse nutriente deve ser feito junto com o P, em cova ou nos sulcos, no fundo e cobrindo para que não haja queima das manivas, quando for aplicar em solos arenosos é necessário realizar o fracionamento da dose em duas aplicações, uma no plantio e a outra em cobertura juntamente com o N aos 30 a 60 dias após a brotação (EMBRAPA, 2009).

#### **3.2.4. Disponibilidade e Exigência de Cálcio para Mandioca**

O cálcio (Ca) ocorre no solo apenas na forma catiônica ( $Ca^{2+}$ ), e tem sua origem primária nas rochas ígneas, estando contido em minerais como a dolomita, calcita, apatita, feldspatos cálcicos e anfibólios, que ocorrem em rochas sedimentares e metamórficas. Em solos especialmente ácidos de clima tropical, esses minerais são intemperizados e parte do cálcio é perdido por lixiviação (FAQUIM, 2005).

O Ca apesar de ser bastante exigido pelas plantas a sua deficiência não é muito comum, mesmo em solos ácidos ou arenoso. É o nutriente mais abundante nas raízes e folhas, por ser elemento formador de parede celular, garantindo o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular (MALAVOLTA, 2006).

O Ca está adsorvido aos colóides e componentes da MOS, sob condições de pH elevado pode insolubilizar-se como carbonatos, fosfatos ou sulfato. O Ca disponível às plantas é aquele adsorvido aos colóides e presente na solução do solo (FAQUIM, 2005).

A deficiência do Ca na cultura da mandioca provoca redução do crescimento da planta, folhas superiores pequenas com amarelecimento, queima e deformação do ápice dos lobos foliares das folhas mais velhas e no limbo das folhas jovens, e escassa formação de raízes (EMBRAPA, 2014).

### **3.2.5. Disponibilidade e Exigência de Magnésio para Mandioca**

O magnésio (Mg) no solo depende da textura do solo e do conteúdo de MOS. A concentração de magnésio na solução é maior em solos arenosos do que em solos argilosos, porque os solos com grande conteúdo de argila têm maior capacidade adsorvente. Contudo, a liberação de Mg do complexo trocável em solos argilosos é geralmente inferior à demanda pelas culturas, exigindo grandes quantidades desse elemento disponível para um melhor desenvolvimento das plantas (WIEND, 2007).

A disponibilidade de Mg, contudo, não depende somente do potencial do solo para armazenar e liberar este cátion, mas também da proporção que ocupa o Mg nos sítios de troca (saturação). A membrana plasmática tem pouca afinidade pelo Mg, pois ele pode ser suprimido pela presença de outros cátions. Os desequilíbrios gerados por Mg com outros cátions também podem produzir deficiência, principalmente em solos calcínicos, onde se apresenta excesso de Ca, ou em solos ácidos, onde a saturação por  $Al^{3+}$  limita a absorção de Mg (WIEND, 2007).

A deficiência de Mg provocada na cultura da mandioca tem sintomas de clorose inter-nerval acentuada nas folhas inferiores, onde inicia nos ápices ou nas bordas das folhas e avançam até o centro; em condições severas de deficiência as margens podem tornar-se necróticas; também ocorre pequena redução na altura da planta (EMBRAPA, 2014).

### **3.2.6. Disponibilidade e Exigência de Enxofre para Mandioca**

No solo o enxofre (S) é encontrado predominantemente na forma orgânica. Assim, a capacidade do solo em suprir a demanda da planta pelo nutriente está estreitamente relacionada ao teor de MOS e sua mineralização, que, gradualmente, disponibilizará o S na forma de sulfato para a solução do solo, o qual poderá ser absorvido pelas plantas (TIECHER, 2012).

A disponibilidade de S em termos físico químicos pode ser explicada pela inter-relação entre os fatores quantidade (Q), que mede a reserva lábil, intensidade (I), que avalia a concentração desse elemento na solução do solo; e capacidade-tampão (CT), que estima a capacidade de reposição do S lábil para

a solução. Além dessas inter-relações, também existe reposição, mais lenta, entre as formas lábeis e não lábeis (UCHÔA, 2013).

A deficiência de S na cultura da mandioca causa amarelecimento uniforme das folhas superiores, também podem ser observados sintomas parecido algumas vezes nas folhas inferiores; sintomas esses que é parecido com a deficiência de N (EMBRAPA, 2009).

### **3.2.7. Disponibilidade, Exigência e Método de Recomendação de Micronutrientes para Mandioca**

Os micronutrientes ocorrem em teores muito baixos no solo, que pode ser considerado como exceção o Fe, e o Mn em alguns solos. Os fatores que determinam os teores dos micronutrientes são: material de origem; estágio de intemperismo; teor de MOS; textura do solo; potencial de oxi-redução; atividade microbiológica e pH (ABREU, 2007).

A importância dos micronutrientes para as plantas é evidenciada quando se observam as quantidades extraídas desses elementos, que são relativamente requeridos em menores quantidades em comparação a extração dos macronutrientes, mas com uma importância fundamental no desenvolvimento das culturas. Em termo de exigências das plantas para esses elementos são: Fe>Mn>B> Zn> Cu, onde são dividido em dois grupos: os micronutrientes catiônicos como Fe, Mn, Zn e Cu os micronutrientes aniônicos como B e Cl (ORLANDO FILHO, 1993).

Os micronutrientes são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois tem ação como constituintes da: parede celular, membrana celular, constituinte de enzimas, ativadores de enzimas e na fotossíntese. Estudos de pesquisas vêm mostrando um crescente interesse pelos micronutrientes em consequência de sua importância para a produção das culturas de um modo geral. A disponibilidade inadequada desses elementos, não só limita o desenvolvimento da planta como também reduz a eficiência do uso de fertilizantes com macronutrientes, pois os mesmos estão envolvidos também na determinação da produtividade e qualidade do produto colhido (KIRKBY & ROMHELD, 2007).

O zinco (Zn) está ligado a biossíntese do triptofano que atua diretamente na divisão celular, no crescimento das plântulas, no uso eficiente da água e de outros nutrientes, principalmente os de maior mobilidade, como o nitrogênio e o potássio. Ele possui um alto efeito residual em solos muito intemperizados, ligando-se preferencialmente a fração argila, aliado ao seu alto poder residual, o Zn tem uma alta afinidade pela MOS. Em solos com alto teor de carbono orgânico pode aparecer a deficiência de Cu e Zn, mesmo em quantidades suficientes, devido à alta energia de ligação (FERRAZ, 2010).

O Zn desempenha um papel fundamental na produção de auxinas (hormônio vegetal promotor de crescimento), pois ativa a enzima sintetase do triptofano que é essencial no processo de ativação de várias enzimas essenciais no metabolismo vegetal (CAKMAK, 2008).

Os fatores que afetam a disponibilidade do Zn são: pH (o aumento do pH); MOS (o Zn é o segundo dentre os micronutrientes que mais interagem com os compostos orgânicos do solo, formando complexos estáveis); textura do solo (a disponibilidade de Zn é menor em solos arenosos) e reações de oxi-redução (o Zn em algumas situações de ações oxi-redução é afetado indiretamente pelo aumento do pH) (ABREU, 2007).

As deficiências do Zn na cultura da mandioca são: manchas amarelas ou brancas entre as nervuras nas folhas jovens, as quais com o tempo tornam-se cloróticas, com lóbulos muito pequenos e estreitos, podendo crescer agrupadas em roseta; manchas necróticas nas folhas inferiores e crescimento reduzido da planta (EMBRAPA, 2014).

O manganês (Mn) desempenha um papel importante nos processos redox, tais como no transporte de elétrons na fotossíntese e na desintoxicação de radicais livres de oxigênio, e também é ativador de várias enzimas. O Mn também atua como um importante co-fator para várias enzimas-chave na biossíntese dos metabólitos secundários da planta associados com a via do ácido chiquímico, incluindo aminoácidos aromáticos fenólicos, cumarinas, ligninas e flavonoides (KIRKBY & ROMHELD, 2007).

Os fatores que afetam a disponibilidade do Mn são: o pH (valores baixos favorecem a redução e oxidação favorecida pelo pH alto); MOS (substâncias húmicas pode reduzir o Mn facilmente, pois ele forma complexos estáveis com ligantes orgânico, onde a estabilidade desses complexos é tal que a incidência



de deficiência de Mn acima de pH 6,5 é muito menor em solos com níveis apreciáveis de MOS do que em solos com baixo teor de MOS); textura do solo (solos arenosos afetam a sua disponibilidade) e reações de oxi-redução (é dependente do pH, aeração e atividade microbológica. Solos bem drenados e arejados têm potencial de oxi-redução maiores do que solos inundados) (ABREU, 2007).

As deficiências do Mn na cultura da mandioca são: clorose entre as nervuras nas folhas superiores ou intermediárias completamente expandidas; clorose uniforme em deficiência severa; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas, porém em formato normal (EMBRAPA, 2014).

O ferro (Fe) é o maior elemento em abundância nos solos, na crosta terrestre o Fe ocorre principalmente como  $Fe^{+2}$  e na forma de  $Fe^{+3}$  como óxidos, onde o mais encontrado nos solos é a goetita, seguida em condições aeróbicas, pela hematita, mineral tipicamente tropical. A presença desses óxidos no solo tem uma grande importância, pois praticamente controlam a solubilidade do ferro, que é muito influenciada pelo pH e pelo potencial de oxi-redução do solo. A maior disponibilidade de Fe ocorre na faixa de pH 4,0 a 6,0, pois a deficiência de Fe, na maioria das vezes, é causada por desequilíbrio em relação a outros micronutrientes como Mo, Cu e Mn. O excesso de P no solo, pH elevado, encharcamento, baixas temperaturas e altos níveis de bicarbonato leva a diminuição da disponibilidade do Fe no solo (ABREU, 2007).

Há dois grupos principais de proteínas contendo Fe as proteínas heme que são caracterizadas pela presença de um complexo ferro heme-porfirina, no qual age como um grupo prostético dos citocromos que facilitam o transporte de elétrons na respiração. A proteína Fe-S mais conhecida é a ferridoxina, a qual é o primeiro composto redox estável na cadeia de transporte de elétrons durante o processo de fotossíntese, essa proteína tem um alto potencial redox negativo significando um forte redutor de transferência de elétrons para vários processos metabólicos básicos (KIRKBY & ROMHELD, 2007).

Os fatores que afetam a disponibilidade do Fe são: pH (a solubilidade do ferro é controlada pelos óxidos hidratados. Essa solubilidade diminui pelo aumento do pH); MOS (formam complexos estáveis com a MOS diminuindo a sua solubilidade devido a formação de complexo com ácido húmico); textura do solo (menor em solos arenosos) e reações de oxi-redução (em solo arenosos é

menor a disponibilidade de ferro, já em solos argilosos aumenta a solubilidade do Fe no solo, reduzindo o Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup>, aumentando a disponibilidade de Fe<sup>2+</sup>, forma absorvida pelas plantas) (ABREU, 2007).

As deficiências do Fe na cultura da mandioca são: Clorose uniforme das folhas superiores e dos pecíolos, os quais se tornam brancos em deficiência severa; inicialmente as nervuras e os pecíolos permanecem verdes, tornando-se de cor amarela-pálida, quase branca; o crescimento reduzido da planta e folhas jovens pequenas, mas em formato normal (EMBRAPA, 2014).

O cobre (Cu) é absorvido na forma de íon Cu<sup>2+</sup> pois é a mais importante e também na forma de complexos orgânicos solúveis. O Cu é o micronutriente menos móvel devido a sua forte adsorção nos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, na matéria orgânica o Cu é retido principalmente pelos ácidos húmicos e fúlvicos, formando complexos estáveis, onde esses complexos exercem um papel importante na mobilidade e disponibilidade deste elemento nas plantas (ABREU,2007).

Quando há deficiência de Cu, todas as atividades das enzimas ficam drasticamente reduzidas, diminuindo a taxa de fixação de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), de tal modo que o teor de amido e de carboidratos solúveis é diminuído, onde esse é o principal fator que causa a redução da produção de matéria seca em plantas que sofrem deficiência de Cu durante o crescimento vegetativo. Também diminui a atividade de algumas enzimas, levando ao acúmulo de fenóis, diminuição da lignificação e de substâncias melanóticas (KIRKBY & ROMHELD, 2007).

Fatores que afetam a disponibilidade do Cu são: pH (o aumento do pH reduz a disponibilidade do cobre); MOS (o cobre é o micronutriente que mais interage com os compostos orgânicos do solo, formando complexos estáveis, especialmente com grupos carboxílicos e fenólicos, onde alguns desses complexos são tão estáveis que a maioria das deficiências de Cu tem sido associada com solos orgânicos); textura do solo (a disponibilidade é menor nos solos arenosos) e reações de oxi-redução (é afetado indiretamente pelo aumento do pH em algumas situações de oxi-redução) (ABREU,2007).

As deficiências do Cu na cultura da mandioca são: deformação e clorose uniforme das folhas superiores; ápices foliares tornam-se necróticos e as margens das folhas dobram-se para cima ou para baixo; pecíolos largos e

pendentes nas folhas completamente desenvolvidas e crescimento reduzido da raiz (EMBRAPA, 2014).

Os estudos realizados em relação as exigências de micronutrientes pela a cultura da mandioca são poucos. Segundo a EMBRAPA os períodos de estiagens longas, principalmente no Nordeste tem-se observado sintomas de deficiências de Zn e de Mn, e para evitar possíveis prejuízos na produção, é recomendado fazer uma adubação de manutenção no solo desses nutrientes juntamente com P e K. Quando os sintomas de deficiências já estiverem manifestadas nas folhas recomenda realizar uma adubação foliar com uma solução contendo 2 a 4% dos elementos de sulfato de zinco e sulfato de manganês diluído em água (EMBRAPA, 2009).

A recomendação de micronutrientes para a cultura da mandioca é bem restrita, devido aos poucos estudos realizados sobre micronutrientes em mandioca. Em áreas com a cultura implantada e que apresentam deficiências de micronutrientes, a recomendação que se tem é a realização de uma adubação de acordo com a disponibilidade desses nutrientes no solo, feito em cova ou nos sulcos cobrindo com uma camada de solo esses elementos para que não cause queima das manivas (EMBRAPA, 2003).

### **3.2.8. Exigência e Método de recomendação de Calagem para Mandioca**

No Brasil a produção da mandioca não se tem conseguido aumentos significativo pela aplicação de calcário, mas após vários cultivos na mesma área, a cultura da mandioca pode responder à aplicação, também a calagem proporciona o aumento da disponibilidade de nutrientes considerados essenciais, além de fornecer alguns como o Ca e Mg (terceiro e quinto nutrientes mais absorvidos pela cultura (FIALHO & VIEIRA, 2011).

Calagem é a prática que visa diminuir a acidez do solo, aumentar o Ca e Mg e neutralizar o alumínio que se apresenta em quantidade e forma que prejudicam o crescimento radicular e a nutrição das plantas. Sem uma análise do solo a calagem pode conduzir a desequilíbrios entre Ca, Mg e K, e também reduz a solubilidade de outros nutrientes, principalmente os micronutrientes causando danos à produção (MARTINS, 2005).

A recomendação de calagem para a mandioca é estabelecida com o resultado da análise de solo da área onde será realizada o cultivo, após o cálculo da necessidade calagem do determinado solo. Recomenda a aplicação do calcário na área de plantio antes do processo de aração e num período de 60 dias antes do plantio, usando o calcário dolomítico de preferência dolomítico pois além de corrigir a acidez do solo, e disponibilizar o Ca e Mg. A incorporação do calcário deve ser de 0 a 20 cm de profundidade com um a três meses antes do plantio para reagir no solo e neutralizar a acidez (SOUZA, 2009).

## 4. MATERIAL E MÉTODO

As amostragem de solos foram realizadas na Comunidade Tukano de Tapira Ponta, no município de São Gabriel da Cachoeira, AM.

Os solos foram amostrado com trado holandês em cinco diferentes áreas com cultivo de mandioca, com exceção da área 1, e com três repetições cada. Área 1 (Floresta Amazônica Natural); Área 2 (0 ano de pousio/recém colhida); Área 3 (1 ano de pousio); Área 4 (2 ano de pousio); e Área 5 (3 ano de pousio). Foram analisadas quimicamente para fins de fertilidade no Laboratório de Solos e Plantas da Embrapa, Amazônia Ocidental, em Manaus (Tabela 1 e 2).

Para as interpretações dos laudos e recomendação de calagem e adubação foram geradas médias das repetições de cada área, das variáveis analisadas para cada área em questão, onde os solos das áreas são de textura média.

**TABELA 1.** Laudos de análise química de rotina de solos cultivados com mandioca em Tukano de Tapira Ponta em São Gabriel da Cachoeira, AM

Descrição/áreas	Área	Repetição	pH	C	M.O.	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
				g/kg <sup>-1</sup>			Mg/dm <sup>-3</sup>						Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup>				
Área (Floresta Amazônica Natural)	1	1	4,26	29,21	50,2	2	17	6	0,03	0,05	2,65	10,53	0,13	2,78	10,7	1,22	95,34
	1	2	4,31	27,39	47,1	3	18	4	0,03	0,09	2,21	10,76	0,12	2,33	10,9	1,13	94,71
	1	3	4,34	24,72	42,5	2	27	3	0,15	0,15	1,7	8,28	0,38	2,08	8,67	4,41	81,65
Área (0 ano de pousio/recém colhida)	2	1	4,03	13,41	23,1	3	17	6	0,03	0,05	2,01	6,86	0,13	2,14	6,99	1,85	93,94
	2	2	3,77	17,84	30,7	2	17	1	0,05	0,06	2,35	7,85	0,15	2,5	8	1,85	94,08
	2	3	4,23	8,26	14,2	1	18	2	0,03	0,04	1,7	5,26	0,11	1,81	5,38	2,13	93,68
Área (1 ano de pousio)	3	1	4,73	29,77	51,2	4	26	4	0,03	0,06	3,33	12,56	0,14	3,47	12,7	1,13	95,86
	3	2	4,78	19,05	32,8	10	15	2	0,03	0,05	1,84	7,43	0,11	1,95	7,53	1,42	94,5
	3	3	4,54	12,51	21,5	1	13	1	0,02	0,04	1,99	6,37	0,08	2,07	6,45	1,2	96,25
Área (2 anos de pousio)	4	1	4,4	26,13	45	7	10	1	0,03	0,04	2,68	11,17	0,09	2,77	11,3	0,8	96,75
	4	2	4,46	18,91	32,5	3	10	4	0,04	0,05	1,78	6,81	0,12	1,9	6,94	1,77	93,54
	4	3	4,89	17,48	30,1	2	10	3	0,03	0,04	1,44	5,79	0,1	1,54	5,89	1,67	93,59
Área (3 anos de pousio)	5	1	4,62	14,42	24,8	1	31	4	0,05	0,08	2,1	5,81	0,2	2,3	6	3,28	91,44
	5	2	4,33	10,23	17,6	1	18	3	0,02	0,03	1,1	3,68	0,1	1,2	3,78	2,62	91,74
	5	3	4,44	8,42	14,5	1	14	2	0,02	0,05	2,58	3,43	0,08	2,66	3,52	2,4	96,83

SB: soma de bases; H+Al: acidez potencial; t: CTC efetiva; T: CTC pH 7; m: saturação por Al<sup>3+</sup>; V: saturação por bases

**TABELA 2.** Laudos de análise química de micronutrientes de solos cultivados com mandioca em Tukano de Tapira Ponta em São Gabriel da Cachoeira, AM

Descrição/áreas	Área	Repetição	Fe	Zn	Mn	Cu
			mg/dm <sup>3</sup>			
	1	1	136	0,57	0,31	0,11
	1	2	109	0,42	0,28	0,07
	1	3	259	0,65	0,46	0,12
Área (Floresta Amazônica Natural)						
	2	1	279	0,2	0,2	0,09
	2	2	190	0,22	0,36	0,09
	2	3	317	0,19	0,18	0,06
Área (0 ano de pousio/recém colhida)						
	3	1	145	0,42	0,16	0,05
	3	2	345	0,54	0,37	0,11
	3	3	311	0,22	0,11	0,09
Área (1 ano de pousio)						
	4	1	130	0,16	0,25	0,07
	4	2	90	0,3	0,26	0,03
	4	3	100	0,33	0,5	0,04
Área (2 anos de pousio)						
	5	1	207	0,42	0,86	0,09
	5	2	314	0,3	0,58	0,09
	5	3	300	0,16	0,16	0,06
Área (3 anos de pousio)						

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Interpretação e caracterização química das áreas analisadas, de acordo com a CFS/MG (1999) 5º Aproximação

#### 5.1.1. pH

**TABELA 3.** Médias de pH das áreas analisadas

Área	1	2	3	4	5
pH	H <sub>2</sub> O				
	4,3	4,01	4,68	4,58	4,46

Na (Figura 1) as médias dos valores de pH dos solos das áreas analisadas, demonstraram pH baixo e acidez elevada a muito elevada, de acordo com a interpretação de pH CFS/MG (1999) (Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais) (Tabela 3 e 4). Isto ocorre devido aos teores de MOS presente nos solos, onde no processo da decomposição os ácidos do solos entram em contato com a solução aquosa com a água dissociando em ânion e hidrogênio.

Também o cultivo excessivo de mandioca nesses solos é outro fator importante no aumento da acidez do solo, pois a cultura começa absorver as baixas reservas de cátions trocáveis ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) existente, aumentando a concentração de Al e íons de hidrogênio. Em relação ao tempo de pousio não houve diferença nas medias dos valores de pH, conseqüentemente não houve aumento na produtividade e também na disponibilidade dos nutrientes.

Onde a faixa favorável de pH é de 5,5 a 7, sendo o ideal 6,5 para a cultura da mandioca, mesmo tendo respostas satisfatória em solos com acidez elevada, em comparação com outras culturas. A qualificação desses solos segundo as médias de pH (Tabela 3 e 4), estão inadequados por estarem baixo a muito baixo agronomicamente.

**TABELA 4.** Classes de interpretação para a acidez ativa do solo (pH)

Classificação Química						
Ac. Muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5 – 5,0	5,1 – 6,0	6,1 – 6,9	7,0	7,1 – 7,8	> 7,8
Classificação Agronômica						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5 – 5,4	5,5 – 6,0	6,1 – 7,0	> 7,0		

Fonte: CFS/MG (1999)

### 5.1.2. Matéria Orgânica e Complexo de Troca Catiônica

De acordo com CFS/MG (1999) os teores de MOS das áreas (Tabela 5 e 8), mostram uma classificação alta para área 1 e médio para as áreas 2, 3 e 4, e baixo para área 5. Esse fato deve-se que no caso da área 1 de floresta amazônica natural, apresenta alto teor de MOS devido ao processo de decomposição, incorporação e acúmulo de MOS (Figura 1).

**TABELA 5.** Média de teores de matéria orgânica dos solos das áreas analisadas

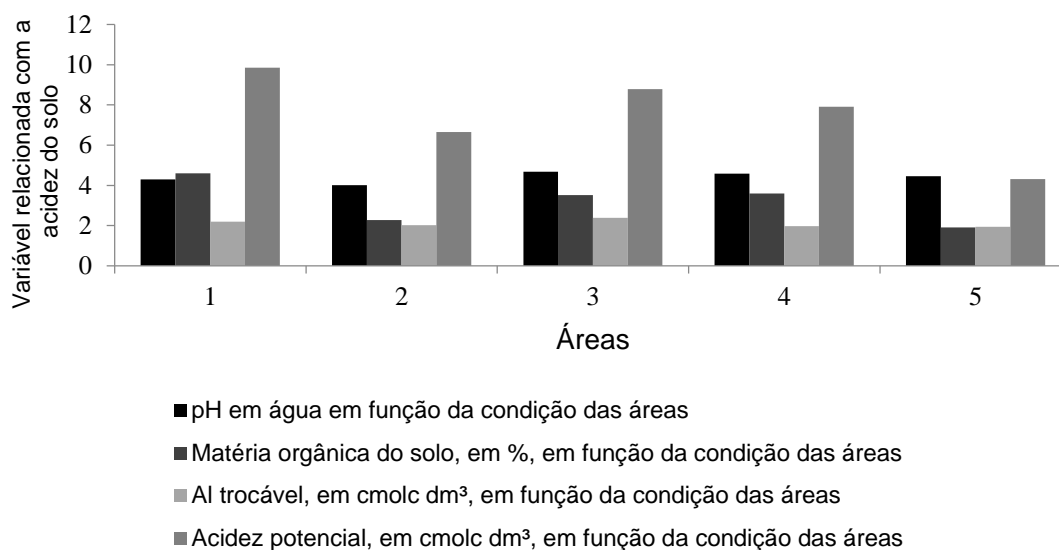
Área	1	2	3	4	5
MOS	dag/kg				
	4,6	2,27	3,52	3,59	1,9

Na (Figura 1) de modo geral as médias das acidez: a acidez trocável ( $Al^{3+}$ ), estão alto a muito alto (1,01 a > 2,00); e os da acidez potencial (H + Al), estão médio a muito alto (2,51 a > 9) (Tabela 6 e 8). Os teores de acidez trocável ( $Al^{3+}$ ) estão altos devido os teores de MOS no solo, a acidez do solo converte as formas não trocáveis de Al para as trocáveis ( $Al^{3+}$ ) em solos de floresta natural desmatada e cultivada continuamente sem uso de corretivos e fertilizantes, principalmente nas áreas 1 e 2 (MARTINS, 2006).



**TABELA 6.** Média da acidez trocável e potencial dos solos das áreas analisadas

Área	1	2	3	4	5
	Cmolc/dm <sup>3</sup>				
Al <sup>3+</sup>	2,19	2,02	2,39	1,97	1,93
(H + Al)	9,86	6,66	8,79	7,92	4,31

**FIGURA 1.** Variáveis relacionadas com a acidez do solo em função das áreas analisadas**TABELA 7.** Média da saturação por bases das áreas analisadas

Área	1	2	3	4	5
	%				
V	2,25	1,94	1,25	1,41	2,77

As médias dos valores de saturação por bases dos solos das áreas são muito baixos (Tabela 7 e 8). Isto ocorre devido aos baixos teores de bases trocáveis como Ca, Mg e K que estão ocupando a CTC (Capacidade de Troca de Cátions) do solo. Essa baixa porcentagem nas médias significa a predominância de hidrogênio e alumínio no complexo de troca. O que significa que esses solos necessitam de uma calagem para se obter uma boa produção, pois o H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> eleva a acidez no solo, e isso indisponibiliza os nutrientes no solo.

**TABELA 8.** Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica

Característica	Unidade <sup>1/</sup>	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Carbono orgânico (C.O.)	dag/kg	≤ 0,40	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O.)	dag/kg	≤ 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00	> 2,00
Soma de bases (SB)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
Acidez potencial (H + Al)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00	> 9,00
CTC efetiva (t)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,80	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
Saturação por Al <sup>3+</sup> (m)	%	≤ 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0	> 75,0
Saturação por bases (V)	%	≤ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,0

Fonte: CFS/MG (1999)

### 5.1.3. Interpretação da Disponibilidade dos Macronutrientes

**TABELA 9.** Média do Ca e Mg

Área	1	2	3	4	5
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				
<b>Ca</b>	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03
<b>Mg</b>	0,1	0,05	0,05	0,04	0,05

**TABELA 10.** Média da disponibilidade do P disponível e do K

Área	1	2	3	4	5
	mg/dm <sup>3</sup>				
<b>P</b>	2,33	2	5	4	1
<b>K</b>	20,7	17,3	18	10	21

**TABELA 11.** Interpretação da disponibilidade para o P de acordo com o teor de argila do solo e para o K

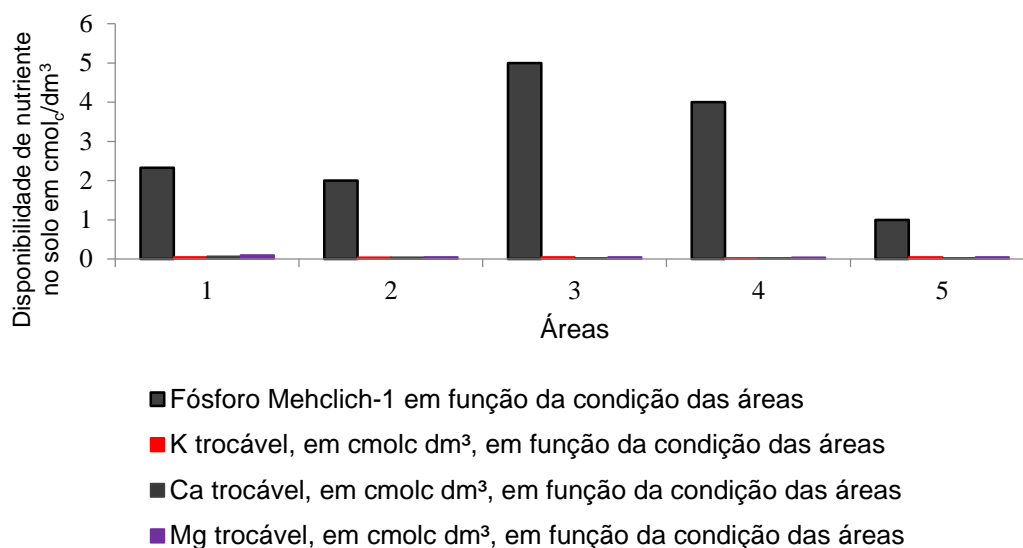
Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
----- (mg/dm <sup>3</sup> ) -----					
Argila (%)	Fósforo disponível (P)				
60 - 100	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0	8,1 - 12,0	> 12,0
35 - 60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 - 35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 15	≤10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
	Potássio disponível (K)				
	≤ 15	16 - 40	41 - 70	71 - 120	> 120

Fonte: CFS/MG (1999)

Na (Figura 2) mostra que as médias dos teores de disponibilidade de K, Ca e Mg estão muito baixos em todas as áreas (Tabela 8, 9, 10 e 11), o K e Ca são os nutrientes exigidos em maiores quantidades. Isso deve-se a necessidade de correção do solo e adubação de manutenção, ou seja, reposição dos nutrientes ao solo que foram absorvidos pela cultura em plantios anteriores. Esses nutrientes podem ter um uso maximizado pelas plantas em função da incorporação do material decomposto ao solo após o processo de queima, uma prática bastante comum para o pequeno produtor na Região Amazônica. Os solos analisados mostraram que estão inadequados para o cultivo, com isso, visando produtividade e qualidade, independente da área, a falta de correção e de adubação de manutenção, torna-se inadequado a disponibilidade desses nutrientes e, conseqüentemente, a degradação desses solos.

As médias do P também estão baixos a muitos baixos em todas as áreas (Tabela 10 e 11) de acordo com a % de argila dos solos das áreas analisadas que são de 20%. Os solos do Brasil apresentam baixa disponibilidade desse elemento, e o cultivo contínuo esgota a baixa concentração disponível de P no solo, sendo necessário a reposição P através da adubação para aumentar ou manter a disponibilidade do nutriente.

**FIGURA 2.** Disponibilidade do P, K, Ca e Mg



#### 5.1.4. Interpretação da Disponibilidade dos Micronutrientes

**TABELA 12.** Média da disponibilidade dos micronutrientes

Área	1	2	3	4	5
	mg/dm <sup>3</sup>				
Zn	0,55	0,2	0,39	0,26	0,29
Mn	0,35	0,25	0,21	0,34	0,53
Cu	0,1	0,08	0,08	0,05	0,08
Fe	168	262	267	107	274

**TABELA 13.** Interpretação da disponibilidade para os micronutrientes

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
	----- (mg/dm <sup>3</sup> ) -----				
Zinco disponível (Zn)	≤ 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn)	≤ 2	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
Ferro disponível (Fe)	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
Cobre disponível (Cu)	≤ 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
Boro disponível (B)	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,90	> 0,90

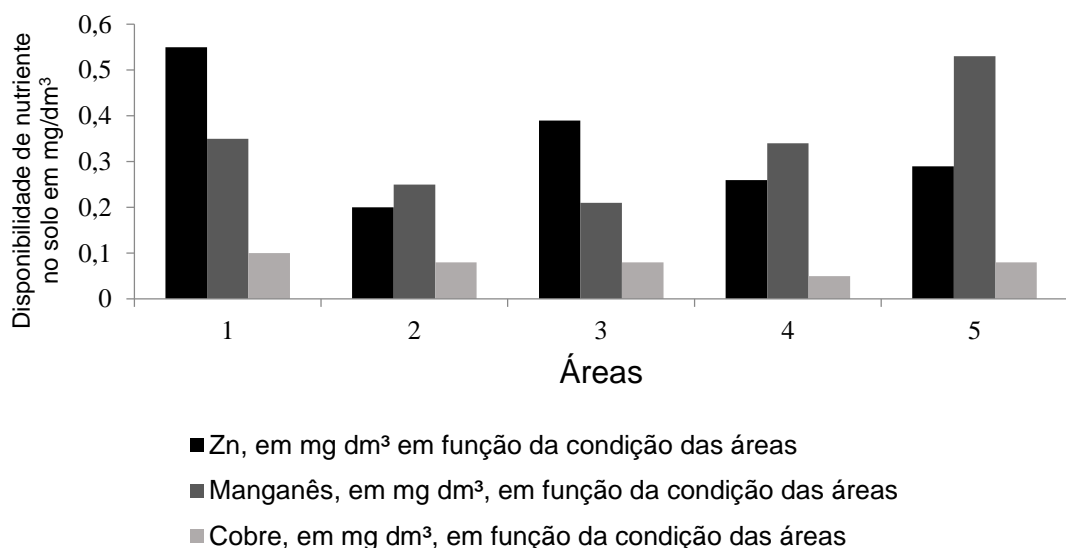
Fonte: CFS/MG (1999)

As médias dos teores da disponibilidade dos micronutrientes nos solos das áreas analisadas, apresentam teores muito baixos, com exceção do ferro (Tabela 12 e 13).

Na (Figura 3), observa-se que os teores da disponibilidade de Zn, Mn e Cu estão baixos de uma forma geral. As áreas 2, 3 e 4 com menos tempo de pousio mostram teores muito mais baixos, em comparação com a área de floresta natural e com 3 ano de pousio. O que mostra que independente do tempo que um solo fique em pousio, não haverá recuperação da fertilidade do solo sem que haja técnicas de adubação necessária para disponibilidade de nutrientes nesses solos.

Essa baixa disponibilidade deve-se pelos teores de MOS nos solos, os micronutrientes interagem com os compostos orgânicos e formam complexos estáveis; outro fator importante que está influenciando é a textura do solo quanto mais arenoso menor será a disponibilidade desses nutrientes; o excesso de uso do solo, sem reposição de nutrientes. Os micronutrientes tem um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento cultura, e a falta desses nutrientes, não só limita o desenvolvimento da planta como também reduz a eficiência do uso de fertilizantes com macronutrientes, pois estão envolvidos também na determinação da produtividade e qualidade do produto (ABREU, 2007).

**FIGURA 3.** Disponibilidade de Zn, Mn e Cu



## **5.2. Recomendações de Calagem e Adubação para os Solos Analisados, de acordo com a CFS/MG (1999) 5º Aproximação**

### **5.2.1. Recomendação de calagem**

A mandioca é uma cultura tolerante a acidez do solo, onde apresenta uma produção alta em comparação a outras culturas sob estas condições. A calagem tem expressividade maior na produção de mandioca em aplicações de doses baixas, pois a mesma não responde bem a altas doses, podendo levar a efeitos negativos na produção como exemplo a indução da deficiência de um dos micronutrientes o Zn (MATTOS, 2006).

O método de recomendação de calagem será o mesmo para todas as áreas, usando como fonte o calcário dolomítico a 98% de PRNT. Pois de acordo com CFS/MG (1999) para a cultura da mandioca independentemente da quantidade necessária de calcário, é recomendado não ultrapassar de 2 t/ha. A época de aplicação do calcário deve ser realizada de 2 a 3 meses antes do plantio para que haja as reações necessárias, onde essa reação depende da disponibilidade de água no solo.

A aplicação do calcário deve ser feita a lanço em toda área uniformemente, realizando a incorporação manualmente nas linhas de plantio, numa profundidade de 0-20 cm. A calagem, além de corrigir a acidez e neutralizar o  $Al^{3+}$ , também fornecer o Ca e Mg, também aumenta a disponibilidade de outros nutrientes como P, K e S, e melhora as condições para as atividades da microbiota do solo.

O método utilizado para realizar os cálculos da necessidade de calagem e quantidade de calcário a ser aplicado em todas as áreas, foi o método de saturação por base. Onde somente a área 5 (3 ano de pousio) será aplicado 1,67 t/ha, as outras áreas avaliadas deve ser aplicado 2 t/ha, devido a quantidade necessária de calcário ter ultrapassado 2 toneladas (Tabela 14).

### 5.2.2. Determinação de Necessidade de Calagem e Quantidade De Calcário Necessário

O método utilizado para realizar os cálculos de necessidade de calagem (NC) e da quantidade de calcário (QC) a ser aplicado em cada área foi o de Saturação por Base (Anexo), sendo a quantidade necessário de calcário para cada área (Tabela 14).

**TABELA 14:** Necessidade de Calagem e Quantidade de Calcário

Área	1	2	3	4	5
	t/ha				
NC	3,8	2,58	3,43	3,1	1,64
QC	3,88	2,63	3,49	3,16	1,67

### 5.2.3. Recomendação de Adubação de Plantio

A recomendação de adubação de plantio para a cultura da mandioca são: o P, K e Zn em função de suas disponibilidade no solo. Essa adubação deve ser realizada no plantio, aplicando de acordo com as recomendações das doses necessárias dos fertilizantes no fundo das covas ou nos sulcos, e jogando uma camada de solo antes de colocar as manivas para que não haja queima das mesmas.

Como fonte de adubação fosfatada pode ser usado: o SS (superfosfato simples) composto de 18% de  $P_2O_5$  (Pentóxido de Fósforo), 16% de Ca e 8% de S, é um fertilizante com alta eficiência agrônômica por fornecer juntamente com P o Ca e S ao solo, e estar envolvido no processo de aprofundamento do sistema radicular das plantas. Outra fonte fosfatada é o ST (superfosfato triplo) composto de 42% de  $P_2O_5$  e 12% de Ca, que fornecendo P e Ca, esses adubos além de suprir a necessidade do P, também supre a necessidade de outros nutrientes necessários no solo. Todas as áreas apresentaram baixa disponibilidade de P nos solos, sendo necessário uma dose de 80 kg/ha  $P_2O_5$  (Tabela 15). De acordo com os cálculos (Anexos), a quantidade necessária de P para aumentar a disponibilidade desse nutriente no solo para cada área (Tabela 16).

**TABELA 15.** Dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em função da disponibilidade no solo

Disponibilidade	Textura			Dose P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/ha
	Argilosa	Média mg/dm <sup>3</sup>	Arenosa	
Baixa	0 - 3	0 - 5	0 - 7	80
Média	4 - 6	06 - 10	8 - 15	40
Boa	7 - 10	11 - 15	15 - 20	20
Muito Boa	> 10	> 15	> 20	0

Fonte: CFS/MG (1999)

**TABELA 16.** Quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a ser aplicada em cada área

Fonte	Quantidade kg/ha
SS	444,44
ST	190,48

Como fonte de adubação potássica para a cultura da mandioca usar o cloreto de potássio (KCl) com 60% de K e o sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) com 50% de K. A época e forma de aplicação do K é a mesma do P, será uma só aplicação antes do plantio das manivas.

A área 1 (Florestas Amazônica Natural); área 2 (0 ano de pousio/recém colhida); área 3 (1 ano de pousio) e área 4 (2 ano de pousio), apresentaram baixa disponibilidade de K no solo, sendo necessário uma dose de 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Já a área 5 (3 ano de pousio), apresentou uma disponibilidade média de K, apresentando uma necessidade de 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O (Tabela 17). De acordo com os cálculos (Anexos), a quantidade necessária de K para aumentar a disponibilidade desse nutriente no solo para cada área (Tabela 18 e 19).

**TABELA 17.** Dose de K<sub>2</sub>O em função da disponibilidade no solo

Disponibilidade de K	Teor de K mg/dm <sup>3</sup>	Dose K <sub>2</sub> O kg/ha
Baixa	0 - 20	60
Média	21 - 40	40
Boa	41 - 60	20
Muito Boa	> 60	0

Fonte: CFS/MG (1999)



**TABELA 18.** Quantidade de K<sub>2</sub>O (Óxido de Potássio) a ser aplicada em cada das áreas 1, 2, 3 e 4

<b>Fonte</b>	<b>Quantidade</b>
	kg/ha
<b>KCl</b>	100
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	120

**TABELA 19.** Quantidade de K<sub>2</sub>O (Óxido de Potássio) a ser aplicada na área 5

<b>Fonte</b>	<b>Quantidade</b>
	kg/ha
<b>KCl</b>	66,67
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	80

A recomendação de adubação de Zn para a cultura da mandioca segundo CFS/MG (1999) nos solos que apresentarem baixa disponibilidade deste nutriente, sendo necessário uma dose de 5 kg/ha de Zn. Usando como fonte o óxido de zinco (ZnO) com 75% de Zn ou sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>) com 34% de Zn (Tabela 20).

**TABELA 20.** Quantidade de Zn a ser aplicada em cada área

<b>Fonte</b>	<b>Quantidade</b>
	kg/ha
<b>ZnO</b>	6,67
<b>ZnSO<sub>4</sub></b>	14,71

A recomendação de adubação de Cu para a cultura da mandioca em solos que apresentem baixa disponibilidade deste nutriente, é necessário uma dose de 1 kg/ha de Cu. Usando como fonte o sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) com 13% de Cu e 17% de S, um adubo que também supri as necessidade de Cu e de S (Tabela 21).

**TABELA 21.** Quantidade de Cu a ser aplicada em cada área

Fonte	Quantidade
	kg/ha
CuSO <sub>4</sub>	7,69

#### 5.2.4. Recomendação de Adubação em Cobertura

Segundo CFS/MG (1999) a recomendação em cobertura é a adubação nitrogenada na cultura da mandioca, deve ser feita com 30 a 60 dias após a brotação das manivas, fazendo uma aplicação com uma dose 40 kg/ha de N, para todas as áreas. Usando como fonte a úreia, que possui 45% de N. O N é recomendado em cobertura, porque as manivas já soltaram suas primeiras folhas e o N está envolvido no processo de fotossíntese, respiração e crescimento da planta (Tabela 22).

**TABELA 22.** Quantidade de úreia a ser aplicada em cada área

Fonte	Quantidade
	kg/ha
Úreia	88,89

#### 5.2.5. Recomendação de Adubação Verde

A adubação verde é de suma importância no cultivo de mandioca, a utilização de leguminosas: incorpora N<sub>2</sub> (nitrogênio atmosférico) ao solo, através da fixação simbiótica; melhora as condições de conservação do solo, melhora as qualidades físicas do solo, aumenta a fertilidade do solo, reduz o uso de fertilizantes químicos e melhora a produtividade e qualidade da mandioca. Recomenda o uso das leguminosas em consórcio plantadas nas entrelinhas da cultura da mandioca e rotação de culturas incorporando N ao sistema, reduzindo as necessidades nas adubações. Várias espécies podem ser utilizadas: a mucuna preta ou branca, guandu, feijão-de-porco e etc., se estas forem bem manejadas, as leguminosas maximizam os benefícios desejáveis tanto para a

produtividade de mandioca, quanto para melhoria do solo (FIALHO & VIEIRA, 2011).

**TABELA 23.** Demonstrativo da Recomendação de Calagem e Adubação para as cinco áreas analisadas na Comunidade Indígena Tukano de Tapira Ponta

Área	1	2	3	4	5
	t/ha				
<b>NC</b>	3,8	2,58	3,43	3,1	1,64
<b>QC</b>	3,88	2,63	3,49	3,16	1,67
	kg/ha				
<b>SS</b>	444,44	444,44	444,44	444,44	444,44
<b>ST</b>	190,48	190,48	190,48	190,48	190,48
<b>KCl</b>	100	100	100	100	66,67
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	120	120	120	120	80
<b>ZnO</b>	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
<b>ZnSO<sub>4</sub></b>	14,71	14,71	14,71	14,71	14,71
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
	kg/ha				
<b>Úreia</b>	88,89	88,89	88,89	88,89	88,89

## 6. CONCLUSÕES

De acordo com as revisões de literatura feitas e interpretações agronômicas feitas:

- ✓ Todos os solos das áreas avaliadas mostraram um *status* de baixa fertilidade.
- ✓ São solos que apresentam elevada acidez, altos teores de  $Al^{3+}$  e baixa disponibilidade dos macronutrientes e micronutrientes com exceção do ferro.
- ✓ Todos deverão ser corrigidos pela incorporação de corretivo e fertilizantes nas doses recomendadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. **Micronutrientes**. In: NO-VAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NE-VES, J.C.L. (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 645-736.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. **Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola**. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2007. Anais. Piracicaba, IPNI Brasil, 2007. 722p.

ALFAIA, S. S. **Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), VOL. 36(2) 2006: 135 – 140.

ALVES, A. A. C. **Fisiologia da mandioca**. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. Cap. 7 p. 138-169.

Bortolon, L.; Gianello, C.; Schlindwein, J. A. **DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO PARA AS PLANTAS EM SOLOS DO SUL DO BRASIL ESTIMADA POR MÉTODOS MULTIELEMENTARES**. R. Bras. Ci. Solo, 34:1753-1761, 2010.

CAKMAK. **Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification?** Plant Soil (2008) 302:1–17. Disponível em: <http://zinc-crops.ionainteractive.com/publications/Enrichment.pdf>. Acesso em: 08/07/2014.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P. **Desempenho Vegetativo e Produtivo de Cultivares de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) a partir de Manivas com diferentes diâmetros**. Sci. agric. vol. 55 n. 2 Piracicaba, 1998.

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, F. L. C.; PIRES, A. J. V.; RAMOS, P. A. S. **Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca**. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 27, n. 4, p. 603-610, Oct. /Dec., 2005.

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Mandioca**. Distrito Federal: CEPLAC. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/Mandioca.htm>. Acesso em: 30/06/2014.

EMBRAPA, Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Cultivo Mandioca**, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca>. Acesso em: 09/07/2014.

EMBRAPA. **RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO PARA O CULTIVO DE MANDIOCA**. Comunicado técnico 133. ISSN 1809-502 X Cruz das Almas, BA dezembro, 2009.

Faquin, V. **NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS**. CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU” (ESPECIALIZAÇÃO) A DISTÂNCIA SOLOS E MEIO AMBIENTE. Lavras, 2005.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Food and agricultural commodities production**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 30/06/2014.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production, crops**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 30/06/2014.

FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. **Importância dos micronutrientes para a produção de grãos**. In: SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA, 2000.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado – Orientações Técnicas**. Embrapa Cerrados Planaltina/DF, 2011. Disponível em: [http://www.fbb.org.br/data/files/8AE389DB3309CEE001331C7AC60B55C6/manual\\_mandioca\\_no\\_cerrado.pdf](http://www.fbb.org.br/data/files/8AE389DB3309CEE001331C7AC60B55C6/manual_mandioca_no_cerrado.pdf) Acessado em: 01/07/2013.

GATIBONI, L. C. **DISPONIBILIDADE DE FORMAS DE FÓSFORO DO SOLO ÀS PLANTAS**. Tese De Doutorado. Santa Maria, RS, 2003.

IDAM, INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO AMAZONAS. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/sistema-de-producao-de-mandioca>. Acesso:30/06/2014.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Encarte Técnico de Informações Agronômicas Nº 118 – Junho/2007.

LÉOTARD, G. et al. **Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the northern rim of the Amazonian basin**. Molecular Phylogenetics and Evolution, Orlando, v.53, n. 1, p. 329-334, 2009.

MARTINS, C. E.; **Práticas agrícolas relacionadas à calagem do solo.** Comunicado Técnico 47. ISSN 1678-3123 Juiz de Fora, MG Dezembro, 2005.

MARTINS, G.C.; FERREIRA, M.M.; CURI, N.; VITORINO, A.C.T.; SILVA, M.L.N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia.** 30: 221-227, 2006.

MATTOS, P. L. P. et al. MANDIOCA. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF 2006.

MEDEIROS, J. S.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; ARRUDA, J. A.; VIEIRA, M. S. **Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba.** Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 2, p. 417-426, abr-jun, 2014.

NICOLODI et al. **INSUFICIÊNCIA DO CONCEITO MINERALISTA PARA EXPRESSAR A FERTILIDADE DO SOLO PERCEBIDA PELAS PLANTAS CULTIVADAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO.** R. Bras. Ci. Solo, 32:2735-2744, 2008.

ORLANDO FILHO, J. **Calagem e adubação da cana-de-açúcar.** In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Fealq/USP, 1993. p.133-146.

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

POZZA, A. A. A.; CURI, N.; COSTA, E. E. S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; MOTTA, P. E. F. **Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos em gibsita natural de solo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.11, p.1627-1633, nov. 2007.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C.; NARITA, NARITA, N. **Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 3, p. 247-254, jul./set. 2013.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; STORCK, L.; BURIOL, G. A.; ZANON, A. J.; PINHEIRO, D. G.; KRAULICH, B. **Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado:** Crescimento, desenvolvimento e produtividade. Bragantia, v. 68, p.155-167, 2009.

SILVA, R. F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. **Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas**

**de cobertura do solo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.6, p.865-871, jun. 2007.

SOUZA, L. S.; SILVA, J.; SOUZA, L. D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca.** Comunicado Técnico 133. ISSN 1809-502X Cruz das Almas, BA Dezembro de 2009.

SRIROTH, K. et al. **The promise of a technology revolution in cassava bioethanol:** from thai practice to the world practice. Fuel, London, v. 89, n. 7, p. 1333-1338, 2010.

TAKAHASHI, M. **SUGESTÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CULTURAS DE INTERESSE ECONÔMICO NO ESTADO DO PARANÁ.** IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná. Circular N.º 128 ISSN 0100-3356 Agosto/2003.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; RASCHE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. **Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada.** Bragantia, Campinas, v. 71, n. 4, p.518-527, 2012.

UCHÔA, S. C. P.; ALVAREZ, V. H.; & FREIRE, F. M. **DOSES DE ENXOFRE E TEMPO DE INCUBAÇÃO NA DINÂMICA DE FORMAS DE ENXOFRE NO SOLO.** R. Bras. Ci. Solo, 37:678-687, 2013.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. **ESTOQUE E DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO NO SOLO EM EXPERIMENTO DE LONGA DURAÇÃO.** R. Bras. Ci. Solo, 33:429-437, 2009.

WIEND, T. **MAGNÉSIO NOS SOLOS E NAS PLANTAS.** INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS Nº 117 – MARÇO/2007.

YAMADA, T.; **BORO: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?.** Informações Agrônômicas Nº 90 Junho 2000.



## 8. ANEXOS

Onde: “V<sub>2</sub>” é a saturação de base desejada da cultura da mandioca; “SC” é a porcentagem da superfície do terreno a ser coberta; e “PF” é a profundidade de incorporação.

### Área 1 (Floresta Amazônica Natural)

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

$$SB = 0,07 + 0,1 + 0,05 + 0,02$$

$$SB = 0,24 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H + Al)$$

$$CTC = 0,07 + 0,1 + 0,05 + 0,02 + 6,65$$

$$CTC = 10,1 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$V = SB / T \times 100$$

$$V = 0,24 / 10,1 \times 100$$

$$V = 2,38 \%$$

$$NC = (V_2 - V_1) / 100 \times T$$

$$NC = (40 - 2,38) / 100 \times 10,1$$

$$NC = 3,80 \text{ t/ha}$$

$$QC = NC \times SC/100 \times PF/20 \times 100/PRNT$$

$$QC = 3,80 \times 100/100 \times 20/20 \times 100/98$$

$$QC = 3,80 \times 1 \times 1 \times 1,02$$

$$QC = 3,88 \text{ t/ha}$$

### Área 2 (0 ano de pousio/recém colhida)

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

$$SB = 0,04 + 0,05 + 0,04 + 0,01$$

$$SB = 0,1 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H + Al)$$

$$CTC = 0,04 + 0,05 + 0,04 + 0,01 + 6,66$$

$$CTC = 6,8 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$V = SB / T \times 100$$

$$V = 0,14 / 6,8 \times 100$$

$$V = 2,06 \%$$

$$NC = (V_2 - V_1) / 100 \times T$$

$$NC = (40 - 2,06) / 100 \times 6,8$$

$$NC = 2,58 \text{ t/ha}$$

$$QC = NC \times SC / 100 \times PF / 20 \times 100 / PRNT$$

$$QC = 2,58 \times 100 / 100 \times 20 / 20 \times 100 / 98$$

$$QC = 2,58 \times 1 \times 1 \times 1,02$$

$$QC = 2,63 \text{ t/ha}$$

### **Área 3 (1 ano de pousio)**

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

$$SB = 0,03 + 0,05 + 0,05 + 0,01$$

$$SB = 0,14 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H + Al)$$

$$CTC = 0,04 + 0,05 + 0,05 + 0,01 + 8,79$$

$$CTC = 8,93 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$V = SB / T \times 100$$

$$V = 0,14 / 8,93 \times 100$$

$$V = 1,57 \%$$

$$\begin{aligned} \text{NC} &= (V_2 - V_1) / 100 \times T \\ \text{NC} &= (40 - 1,57) / 100 \times 8,93 \\ \text{NC} &= 3,43 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QC} &= \text{NC} \times \text{SC}/100 \times \text{PF}/20 \times 100/\text{PRNT} \\ \text{QC} &= 3,42 \times 100/100 \times 20/20 \times 100/98 \\ \text{QC} &= 3,42 \times 1 \times 1 \times 1,02 \\ \text{QC} &= 3,49 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

#### **Área 4 (2 ano de pousio)**

$$\begin{aligned} \text{SB} &= \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ \\ \text{SB} &= 0,03 + 0,04 + 0,03 + 0,01 \\ \text{SB} &= 0,11 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CTC} &= \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H} + \text{Al}) \\ \text{CTC} &= 0,03 + 0,04 + 0,03 + 0,01 + 7,92 \\ \text{CTC} &= 8,03 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{SB} / \text{T} \times 100 \\ V &= 0,11 / 8,03 \times 100 \\ V &= 1,37 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NC} &= (V_2 - V_1) / 100 \times T \\ \text{NC} &= (40 - 1,37) / 100 \times 8,03 \\ \text{NC} &= 3,10 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QC} &= \text{NC} \times \text{SC}/100 \times \text{PF}/20 \times 100/\text{PRNT} \\ \text{QC} &= 3,10 \times 100/100 \times 20/20 \times 100/98 \\ \text{QC} &= 3,10 \times 1 \times 1 \times 1,02 \\ \text{QC} &= 3,16 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

### Área 5 (3 ano de pousio)

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

$$SB = 0,03 + 0,05 + 0,05 + 0,01$$

$$SB = 0,14 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H + Al)$$

$$CTC = 0,03 + 0,05 + 0,05 + 0,01 + 4,31$$

$$CTC = 4,45 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$$

$$V = SB / T \times 100$$

$$V = 0,14 / 4,45 \times 100$$

$$V = 3,15 \%$$

$$NC = (V_2 - V_1) / 100 \times T$$

$$NC = (40 - 3,15) / 100 \times 4,45$$

$$NC = 1,64 \text{ t/ha}$$

$$QC = NC \times SC / 100 \times PF / 20 \times 100 / PRNT$$

$$QC = 1,64 \times 100 / 100 \times 20 / 20 \times 100 / 98$$

$$QC = 1,64 \times 1 \times 1 \times 1,02$$

$$QC = 1,67 \text{ t/há}$$

### Quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Pentóxido de Fósforo) a ser aplicado em cada área

$$100 \text{ kg SS} \text{ ----- } 18 \text{ kg P}_2\text{O}_5$$

$$X \text{ ----- } 80 \text{ kg P}_2\text{O}_5$$

$$X = 444,44 \text{ kg/ha SS}$$

$$100 \text{ kg ST} \text{ ----- } 42 \text{ kg P}_2\text{O}_5$$

$$X \text{ ----- } 80 \text{ kg P}_2\text{O}_5$$

$$X = 190,48 \text{ kg/ha ST}$$

**Quantidade de K<sub>2</sub>O (Óxido de Potássio) a ser aplicado em cada área**

100 kg KCl ----- 60 kg K<sub>2</sub>O

X ----- 60 kg K<sub>2</sub>O

X = 100 kg/ha KCl para as áreas 1, 2, 3 e 4

100 kg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ----- 50 kg K<sub>2</sub>O

X ----- 60 K<sub>2</sub>O

X = 120 kg/ha K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para as áreas 1, 2, 3 e 4

100 kg KCl ----- 60 kg K<sub>2</sub>O

X ----- 40 kg K<sub>2</sub>O

X = 66,67 kg/ha KCl para área 5

100 kg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ----- 50 kg K<sub>2</sub>O

X ----- 40 K<sub>2</sub>O

X = 80 kg/ha K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para área 5

**Quantidade de Zn a ser aplicado em cada área**

100 kg ZnO ----- 75 kg Zn

X ----- 5 kg Zn

X = 6,67 kg/ha ZnO

100 kg ZnSO<sub>4</sub> ----- 34 kg Zn

X ----- 5 kg Zn

X = 14,71 kg/ha ZnSO<sub>4</sub>

### Quantidade de Cu a ser aplicado em cada área

100 kg CuSO<sub>4</sub> ----- 13 kg Cu

X ----- 1 kg Cu

X = 7,69 kg/ha CuSO<sub>4</sub>

### Recomendação de Adubação em Cobertura para cada área

100 kg úreia ----- 45 kg N

X ----- 40 kg N

X = 88,89 kg/ha úreia