



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERNANDA RAMALHO DO NASCIMENTO

**DOSES DE FÓSFORO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E TEOR DE
ÁCIDO CIANÍDRICO EM CULTIVARES DE MANDIOCA**

BOA VISTA-RR
2016

FERNANDA RAMALHO DO NASCIMENTO

**DOSES DE FÓSFORO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E TEOR DE
ÁCIDO CIANÍDRICO EM CULTIVARES DE MANDIOCA**

Dissertação apresentada como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima em parceria com a EMBRAPA Roraima.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Catia Pereira Uchôa
Coorientador: Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

N244d Nascimento, Fernanda Ramalho do.

Doses de fósforo nas características agronômicas e teor de ácido cianídrico em cultivares de mandioca / Fernanda Ramalho do Nascimento. – Boa Vista, 2018.

41 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Sandra Catia Pereira Uchôa.

Coorientadores: Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1 – Adubação fosfatada. 2 – Cultivar Aciolina. 3 – Cultivar Amazonas. 4 – Manihot esculenta. 5 – Produção da mandioca. I – Título. II – Uchôa, Sandra Catia Pereira (Orientadora). III – Alves, José Maria Arcanjo (coorientador).

CDU – 631.81

Ficha Catalográfica elaborada pela: Bibliotecária/Documentalista:
Marcilene Feio Lima - CRB-11/507-AM

FERNANDA RAMALHO DO NASCIMENTO

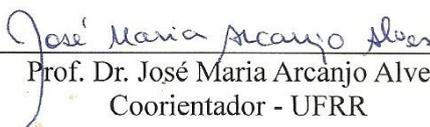
Doses de fósforo nas características agrônômicas e teor de ácido cianídrico em duas cultivares de mandioca

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Aprovado: 15 de abril de 2016.



Prof. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa
Orientador - UFRR



Prof. Dr. José Maria Arcânjo Alves
Coorientador - UFRR



Prof. Dr. José de Anchieta Alves de Albuquerque
UFRR



Pesquisadora Dra. Kedma da Silva Matos
Pós-Doc. PNP/DCAPES



Pesquisadora Dra. Karine Dias Batista
Embrapa Roraima

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus pela dádiva da vida e por proporcionar a oportunidade de me trazer a este ambiente.

A minha família por estar sempre presente apesar da distância, sem eles esta caminhada não seria possível.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia (POSAGRO) e todo corpo docente, pela oportunidade de realização do mestrado, contribuindo grandemente para minha formação profissional e pessoal.

Agradeço fortemente a minha orientadora Profa. Dra. Sandra Catia Pereira Uchôa e meu coorientador Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves pelo acompanhamento e todo apoio e ensinamento dado em toda minha formação.

À banca pelas orientações fundamentais para a melhora do trabalho.

Aos colegas de trabalho e amigos Lais, Cineone, Raiovane, Hiran, Williams, Glauber, Dayse e Nádia que fazem parte da “turma da mandioca” pelo apoio durante a execução dos trabalhos de campo e análise de resultados.

Aos meus colegas e amigos da turma 2014.1, pela amizade e parceria durante todo período do mestrado.

Meus grandes amigos e irmãos paraibanos Edgley, Pedro, Augusto, Igor, Renan e aos demais, paraibanos, roraimenses, paraenses e maranhenses e demais estados.

Pela estrutura, equipamentos e livros utilizados neste trabalho, gostaria de agradecer a Universidade Federal de Roraima, a EMBRAPA Roraima, as técnicas de laboratório, pelo suporte.

E por fim, à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

FERNANDA RAMALHO DO NASCIMENTO, filha de Francisca dos Santos Ramalho do Nascimento e Francisco Neves do Nascimento, nasceu na cidade de São Bento, Paraíba, no dia 30 de maio de 1991.

Concluiu o ensino médio na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio João Silveira Guimarães, no ano de 2006.

Ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Agrárias no ano de 2008, pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), concluindo em 2011.

Durante a graduação foi bolsista do programa de iniciação científica do CNPq em parceria com a UEPB (PIBIC), desenvolvendo atividades na área de Conservação do Solo e Água.

Em março de 2014, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia do Programa de Pós-graduação em Agronomia (POSAGRO) da UFRR em parceria com a EMBRAPA/RR, e conclusão em abril de 2016.

NASCIMENTO, Fernanda Ramalho. **Doses de fósforo nas características agronômicas e teor de ácido cianídrico em cultivares de mandioca.** 2016. 41f. Dissertação de Mestrado/ Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016.

RESUMO

O fósforo (P), embora seja essencial para o fornecimento de energia para o metabolismo da planta, é pouco estudado na cultura da mandioca. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de fósforo na produtividade e qualidade de raízes de mandioca das cultivares Aciolina e Amazonas, em ambiente de savana em Boa Vista, Roraima. O experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo aleatorizadas cinco doses de fósforo (0, 45, 90, 180 e 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅) nas parcelas e duas cultivares (Aciolina e Amazonas) nas subparcelas. Aos doze meses avaliou-se três plantas na área útil da parcela para a análise das seguintes variáveis: altura da planta, número de hastes por planta, produtividade da massa da matéria fresca da parte aérea, número de raízes por planta, número de raiz comercial, diâmetro e comprimento médio da raiz comercial, massa média de matéria fresca de raiz comercial, massa média de matéria fresca de raiz comercial por planta, produtividade de raiz tuberosa, índice de colheita e teor de ácido cianídrico (HCN) no córtex e na polpa da raiz. As doses de fósforo influenciaram positivamente as características agronômicas das cultivares Aciolina e Amazonas, sendo descritas, de modo geral, por modelo quadrático. A produtividade de raízes tuberosas alcançada foi de 84 e 53 t ha⁻¹ para cv. Amazonas e cv. Aciolina, com doses de máxima eficiência técnica de 207 e 192 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. A cultivar Amazonas foi mais produtiva e apresentou maior eficiência na utilização do fósforo na Savana de Roraima.

Palavras-chave: Adubação fosfatada; cultivar Aciolina; cultivar Amazonas; *Manihot esculenta*; produção da mandioca; savana de Roraima.

NASCIMENTO, Fernanda Ramalho. **Phosphorus doses in agronomic characteristics and cyanoid acid content in cassava cultivars**. 2016, 41f. Master's Degree Dissertation in Agronomy – Federal University of Roraima, Boa Vista, 2016.

ABSTRACT

Phosphorus (P), although essential to energy supply to plant metabolism, is little studied in manioc. In this sense, the objective of this work was to evaluate the phosphorus doses effect on yield and quality of manioc roots of the cultivars Alciolina and Amazonas, in Savannah environment in Boa Vista, Roraima. The experiment was carried out in a randomized complete block design, in a subdivided plots scheme, being allocated five doses of phosphorus (0, 45, 90, 180 e 360 kg ha⁻¹ of P₂O₅) in the plot and both cultivars (Alciolina e Amazonas) in subplots. Twelve months after planting, three plants were harvested in useful area of the plot to analyze the following variables: plant height, quantity of stems per plant, yield of fresh shoot matter, quantity of roots per plants, commercial root quantity, diameter and average length of the commercial root, average fresh mass of commercial roots, average fresh mass of commercial roots per plant, tuber root yield, harvest index and hydrocyanic acid content (HCN) in the cortex and pulp of the root. Phosphorus doses positively affect the agronomic characteristics of the cultivars Alciolina and Amazonas, being described, in general, by quadratic model. The yield of tuberous roots reached was 84 and 52 t ha⁻¹ for cv. Amazonas and cv. Aciolina, with doses of maximum technical efficiency of 208 and 191 kg ha⁻¹ of P₂O₅, respectively. The content of HCN, both in the pulp and in the cortex, tended to decrease due to greater availability of phosphorus. The cultivar Amazonas was more productive and showed greater efficiency in use of phosphorus on Roraima's Savannah.

Key words: Phosphate fertilization; Cultivar Aciolina.; Cultivar Amazonas; *Manihot esculenta*; Production of manioc; Savannah of Roraima.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral.....	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Cultura da mandioca.....	11
3.2 Características morfológicas.....	12
3.3 Adubações na mandioca.....	13
3.4 Efeito do fósforo na cultura da mandioca	14
3.5 Ácido cianídrico (HCN).....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Condução do experimento.....	18
4.2 Análises estatísticas.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família Euphorbiaceae, sendo um dos alimentos mais cultivados nos trópicos. No estado de Roraima, a cultura tem se mostrado promissora, principalmente para pequenos e médios produtores, com área cultivada de 7.971 ha, produção de 177.445 toneladas e rendimento médio de 22.261 kg ha⁻¹ (IBGE, 2016). Grande parte da produção é destinada à fabricação da farinha, de ampla aceitação local. Outra parte é utilizada para o consumo de mesa (mandioca mansa) e para a extração artesanal da goma fresca (fécula) para tapioca (OLIVEIRA et al., 2011).

Embora a mandioca seja mais produtiva do que a maioria das outras culturas quando cultivada em solos de baixa fertilidade, a cultura também é sensível quanto à disponibilidade de nutrientes, podendo exigir altos níveis de adubação para alcançar seu máximo potencial de rendimento (ADEKAYODE; ADEOLA, 2009).

A quantidade adequada de nutrientes para uma produção satisfatória torna-se cada vez mais necessário, pois a aplicação em excesso de nutrientes pode ter impactos ambientais negativos, como por exemplo, a lixiviação de nutrientes móveis para o lençol freático, além de aumentar o custo de produção (BURNS et al., 2010).

O fósforo (P) encontra-se entre os nutrientes com maior capacidade de limitar a produtividade das plantas, por estar envolvido em vários processos metabólicos, tais como: transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, respiração, síntese e estabilidade de membranas, ativação e desativação de enzimas, reação redox e metabolismo de carboidratos (VANCE et al., 2003). No solo, o mecanismo de difusão é o principal responsável pelo contato entre o fosfato e as raízes, sendo que seu coeficiente de difusão é baixo (BARBER, 1984).

Além da importância do P na fisiologia da planta, afetando sua produção, esse nutriente tem sua disponibilidade limitada nos solos tropicais, devido a processos de sorção (VALLADARES et al., 2003; MANFREDINI et al., 2004), tendo em vista sua rápida passagem para formas não lábeis (FERNANDES et al., 2004).

O teor de fósforo nas plantas é significativamente reduzido em relação ao potássio (K) e nitrogênio (N), entretanto, o suprimento adequado desse nutriente tem grande importância no crescimento, desenvolvimento e no resultado final da lavoura. O P não é absorvido em grandes quantidades pela mandioca (MATTOS; BEZERRA, 2003), sendo em média, para uma produção de 25 t ha⁻¹ de raízes, extraídos 123 kg de N, 27 kg de P, 146 kg de K, 46 kg de Ca e 20 kg de Mg, assim, a ordem decrescente de absorção de nutrientes é a seguinte:

K>N>Ca>P>Mg. Santos et al. (2014), ao avaliarem doses de nitrogênio no desenvolvimento da mandioca, determinaram as concentrações de nutrientes na folha, aos 120 dias após o plantio, para a cultivar Aciolina, estabelecendo a seguinte ordem decrescente de nutrientes no tecido vegetal: N>Ca>K>Mg>P>S.

Trabalhos sobre resposta da mandioca a adubação fosfatada são escassos, sendo mais comuns pesquisas voltadas para recomendação de NPK. Pereira et al. (2012) verificaram resposta crescente da mandioca na produção de raízes até a dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

De acordo com Fidalski (1999), a produção de raízes de mandioca não apresentou resposta à calagem, adubação nitrogenada e potássica, mas a adubação fosfatada aumentou a produção e os teores de P no solo após seu cultivo, sendo considerada essencial para a produção de mandioca nos solos arenosos do noroeste do Paraná. No Pará, Alves et al. (2012) verificaram que 600 kg ha⁻¹ da fórmula 10-28-20 determinaram maiores produtividades de raízes e ramas, porém a dose econômica foi de 200 kg ha⁻¹ da fórmula.

Devido evidências do controle genético nos mecanismos de absorção de nutrientes, estudos com cultivares de mandioca devem ser considerados, sobretudo em condições de solos intemperizados brasileiros, que em geral apresentam baixa disponibilidade de P (EPSTEIN, 1975).

Bamidele et al. (2010) verificaram que a qualidade nutricional de raízes e folha de mandioca pode estar ligada a cultivar. Esses relatos conduzem a hipótese que a variação na composição mineral do tecido vegetal entre cultivares pode estar ligada ao controle genético, sendo relevante investigar o comportamento de cultivares em resposta a diferentes níveis de fósforo.

Em Roraima, duas cultivares de mandioca se destacam na preferência dos produtores para suas lavouras, sendo a Aciolina, para consumo *in natura* e produção de amido (goma fresca) e a Amazonas para a produção de farinha d'água ou farinha amarela. Diante disso, pesquisas relacionadas à produtividade e qualidade dessas cultivares relacionando com a adubação são fundamentais na região, visando à importância econômica, cultural e social que a mandioca apresenta aos produtores.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito de doses de fósforo nas características agronômicas e teor de ácido cianídrico em duas cultivares de mandioca, cultivadas em ambiente de savana em Boa Vista, Roraima.

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1. Avaliar as características agronômicas da mandioca em função de doses de fósforo nas cultivares Aciolina e Amazonas;

2.2.2. Avaliar o efeito de doses de fósforo no teor de ácido cianídrico de raízes de mandioca das cultivares Aciolina e Amazonas;

2.2.3. Definir doses de máxima eficiência técnica e econômica de fósforo para as características agronômicas das cultivares de mandioca Aciolina e Amazonas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), família Euphorbiaceae, é originária da região Amazônica (CAGNON et al., 2002). É uma cultura com grande importância econômica e social, sendo cultivada nas mais diversas condições edafoclimáticas, constituindo-se na base da alimentação das populações rurais de regiões intertropicais do planeta, visto que a cultura exige sol e chuva para seu cultivo (ALBUQUERQUE, 1970; LOZANO et al., 1976; CARDOSO, 1993). A mandioca é a terceira maior fonte de alimento nas regiões tropicais, após o arroz e o milho (FAOSTAT, 2014).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial, atrás da Nigéria, Tailândia e Indonésia (FAOSTAT, 2014). Apesar da mandioca ser cultivada em todo o Brasil, a produção se concentra em três regiões: Norte, Nordeste e Sul, com menores produções no Sudeste e Centro-Oeste (CONAB, 2015). A produção nacional, em 2015, foi de 22.756.807 toneladas, em uma área de 1.494.498 ha, com rendimento médio de 15.227 kg ha⁻¹ (IBGE, 2016). Essa produção tem sido conduzida tanto para consumo direto quanto para indústria de transformação.

Na região Norte, além de ser uma importante fonte de alimentação, a mandioca se transforma em atividade econômica para pequenas áreas da agricultura, permitindo a diversificação da produção nestas propriedades (ROSA NETO; MARCOLAM, 2010).

As raízes tuberosas da mandioca possuem uso difundido, tanto para processamento, de onde são extraídos a fécula, polvilho doce, polvilho azedo, e outros, quanto para consumo, cozida, frita ou na confecção dos mais variados pratos doces e salgados. Dentre os diversos produtos dessa raiz, a fécula se destaca, sendo utilizada na confecção de produtos amiláceos para alimentação humana ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como: alimentos embutidos, embalagens, colas, papéis, mineração, têxtil e farmacêutico (SOUZA et al., 2006). A grande diversidade de produtos oriundos da mandioca justifica a importância econômica da sua cadeia produtiva.

As atividades do setor da mandiocultura proporcionam uma receita bruta anual de 2,5 bilhões de dólares e uma contribuição tributária de 150 milhões de dólares, aproximadamente, sendo que a produção de mandioca transformada em farinha e fécula gera uma receita equivalente a 600 e 150 milhões de dólares, respectivamente (OLIVEIRA e REBOUÇAS, 2008).

A mandioca apresenta tolerância à seca e a solos com baixa fertilidade, sendo cultivada, principalmente, em áreas marginais, utilizando poucos insumos, o que limita seu potencial de produção de raízes e parte aérea (SILVA et al., 2012). Sua capacidade de tolerar situações estressantes, como: déficit hídrico e fertilidade do solo podem ser explicada em parte por mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, como controle do fechamento dos estômatos, elevado potenciais fotossintéticos e amplo sistema radicular (EL-SHARKAWY, 2012).

Para a melhor expressão do potencial produtivo, a mandioca necessita de quantidades substanciais de nutrientes, principalmente potássio e requer grandes quantidades de nitrogênio e fósforo. No Brasil, no entanto, normalmente é cultivada em regime de monocultura por agricultores de baixo poder aquisitivo, sem o aporte mínimo de insumos, o que leva a degradação dos solos pelo esgotamento dos nutrientes (VANLAUWE et al., 2008).

3.2 Características morfológicas da mandioca

A mandioca é uma espécie monóica e protogênica onde suas flores femininas são encontradas na base da inflorescência e as flores masculinas na parte superior. Com a polinização da flor inicia então a formação do fruto, sendo ele, em forma de cápsula deiscente oval, chegando o seu estado de maturação com três a cinco meses (CARVALHO; FUKUDA, 2006).

A mandioca vem sendo propagada vegetativamente por interferência humana desde tempos remotos, entretanto, ainda continua a reprodução sexuada com a intenção de aumentar a viabilidade genética e ajudar os melhoristas a selecionar genótipos com maior importância agrônômica (SILVA et al., 2004).

O caule da mandioca na fase adulta é botanicamente denominado de herbáceo – lenhoso, sendo o principal meio de propagação assexuada. Em seu caule e ramificações são encontradas cicatrizes deixadas pelas folhas. Quando o caule é ferido, excreta um látex branco e leitoso, ao entrar em contato com o ar é facilmente coagulado (FARALDO et al., 2000).

As folhas da mandioca são simples, constituída de limbo foliar e pecíolo, seu limbo é partido dando origem de três a onze lóbulos, com uma diversidade de forma, largura, cor, comprimento, bordas, características que diferenciam as cultivares (CARVALHO; FUKUDA, 2006). As raízes da mandioca possuem capacidade de armazenar amido (fécula), por essa razão possuem alto valor econômico, entretanto, não são todas as raízes produzidas que se convertem em órgão de armazenamento (VALLE; LORENZI, 2014).

Para Matthews e Hunt (1994), o principal estágio de desenvolvimento da planta se dá no início do acúmulo de amido nas raízes tuberosas, é nesse estágio que marca o início da translocação de fotoassimilados para seu principal órgão de reserva, modificando a partir de então a relação fonte/dreno da planta.

3.3 Adubações na mandioca

O declínio da fertilidade do solo é grave principalmente nas regiões tropicais devido à lixiviação e erosão do solo por chuvas intensas, onde o solo necessita de nutrientes e matéria orgânica, adequados para as plantas (AYOOLA; MAKINDE, 2007).

A mandioca é uma planta que está adaptada aos baixos níveis de P disponível, com isso, a associação com fungos micorrízicos é eficaz para o crescimento normal dessa cultura nesses solos, entretanto, exige elevados níveis de outros nutrientes, especialmente quando é produzida continuamente durante muitos anos na mesma área (HOWELER, 2002; AYOOLA; MAKINDE, 2007). Com a intensificação do uso do solo, há um aumento dos riscos de depleção dos nutrientes e degradação desse solo. Com isso, para tornar o solo explorável, a partir da reabilitação da sua fertilidade, o uso de fertilizantes torna-se fundamental (CARR, 2001).

Embora a mandioca seja mais produtiva do que a maioria das outras culturas quando cultivada em solos de baixa fertilidade, é também uma cultura muito sensível quanto à disponibilidade de nutrientes, podendo exigir altos níveis de adubação para alcançar seu máximo potencial de rendimento (ADEKAYODE; ADEOLA, 2009).

Para Burns et al. (2010) saber qual a quantidade adequada de nutrientes para uma produção satisfatória torna-se cada vez mais necessário, pois a aplicação em excesso de nutrientes pode ter impactos ambientais negativos, como por exemplo, a lixiviação de nutrientes móveis para o lençol freático, além de aumentar o custo de produção.

Geralmente, o uso de adubos orgânicos garante a eficácia e eficiência no sistema de manejo do solo. O fornecimento de nutrientes na quantidade e proporções corretas irá beneficiar em particular o ambiente e o solo (GRUHN et al., 2000). Tem sido relatado que a aplicação de compostos orgânicos promove aumento no rendimento da cultura (SCHWENGBER et al., 2006). Isso está ligado ao fato dos adubos orgânicos ocasionarem melhorias na fertilidade do solo, apresentando a capacidade de aumentar a biomassa e atividade microbiana (FRASER et al., 1998), possivelmente favorecendo a maior proliferação de micorrizas.

Segundo Burns et al. (2010), além de melhorar o rendimento de mandioca, o uso adequado de fertilizantes também contribuiu para aumentar o teor de nutrientes nos tubérculos, satisfazendo assim os aspectos nutricionais e garantindo a segurança alimentar dos consumidores.

Nesse intuito, Susan John (2010) menciona que a realização de pesquisas referentes aos aspectos da dinâmica de nutrientes na cultura da mandioca, torna cada vez mais evidente, que embora seja uma cultura tolerante a solos pobres, a mandioca responde positivamente a utilização adequada de fertilizantes. Ainda segundo o mesmo autor, uma colheita de mandioca com rendimento de 30 t ha⁻¹ de massa fresca de raiz tuberosa remove 180 a 200 kg ha⁻¹ de N, 15 a 22 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 a 160 kg ha⁻¹ de K₂O. Já Fidalski (1999) indicou a necessidade de 123 kg ha⁻¹ de N, 27 kg ha⁻¹ de P, 146 kg ha⁻¹ de K, 46 kg ha⁻¹ de Ca e 20 kg ha⁻¹ de Mg, em média, para uma produção de 25 t ha⁻¹ de massa fresca de raízes e parte aérea, ressaltando que basicamente os nutrientes absorvidos são exportados, podendo ser considerada como uma cultura esgotante da fertilidade do solo.

Em vista disso, verifica-se que a produção de mandioca pode ser limitada por suprimento inadequado de nutrientes para as plantas, fazendo-se necessário a realização de trabalhos que visem identificar quais nutrientes e em quais quantidades podem vir a limitar a produção.

Manoharan e Malliga (2013), testando fertilizantes orgânicos, inorgânicos e combinados em mandioca, demonstraram que o melhor crescimento foi encontrado em plantas adubadas com fertilizantes orgânicos, posteriormente um menor crescimento com a combinação de adubos inorgânicos e orgânicos, e por fim, o menor crescimento foi obtido com o fertilizante inorgânico.

3.4 Efeito do fósforo na cultura da mandioca

A adaptação das plantas à baixa disponibilidade de P pode ser alcançada mediante utilização mais eficiente do nutriente presente no tecido vegetal para a produção de biomassa (eficiência de utilização) ou por meio da maior capacidade de aquisição de P do solo (WANG et al., 2010). Com isso, para que o P orgânico possa ser utilizado como fonte para as plantas, é necessário que haja solubilização do P inorgânico por meio da ação da fosfatase ácida. Dessa maneira, a variação na atividade da enzima nas raízes pode se relacionar com a capacidade

das plantas para aproveitamento do P orgânico, atendendo a demanda pelo nutriente (ASMAR, 1997; RICHARDSON et al., 2000; ZHANG et al., 2009).

Trabalhos com recomendação de NPK para a mandioca são mais comuns do que sobre a adubação fosfatada. Normanha (1951) verificou que a adubação fosfatada teve efeito positivo na produção de raízes de mandioca, em solos com baixa fertilidade em São Paulo.

De acordo com Fidalski (1999), a adubação fosfatada aumentou a produção de raízes de mandioca e os teores de P no solo após seu cultivo, sendo considerada essencial na produção nos solos arenosos do noroeste do Paraná. A aplicação de fertilizantes fosfatados promoveu maior crescimento da parte aérea de plantas de mandioca, com o aumento da disponibilidade de fósforo (PEREIRA et al., 2012).

No Pará, Alves et al. (2011) verificaram que 600 kg ha⁻¹ da fórmula 10-28-20 determinou maior produtividade de raízes e de ramas de mandioca, porém a dose econômica foi a de 200 kg ha⁻¹. Pereira et al. (2012) verificaram resposta crescente da mandioca até a dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na produção de raízes de mandioca.

Conforme Oliveira (2011) a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em área de abertura de savana com baixa disponibilidade de P, atendeu a demanda nutricional da planta que atingiu produtividade de 61,7 t ha⁻¹ de raízes, 22,0 t ha⁻¹ de massa fresca da parte aérea e índice de colheita de 80,9%. Porém, Taufiq et al. (2009), trabalhando com resposta da mandioca a adubação de K em solos com pouca disponibilidade de água, relataram que a produtividade da cultura de 63 t ha⁻¹ pode ser obtida através da aplicação de 70; 30 e 115 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Esses resultados contraditórios para resposta da mandioca a doses de P podem estar relacionados ao nível de fertilidade do solo de cada estudo.

Embora a cultura seja considerada tolerante a condições de baixa fertilidade, é importante atender as necessidades da planta por meio de utilização de adubos em quantidade economicamente viável (NGUYEN et al., 2002).

A utilização eficiente de fósforo é outro aspecto que deve ser considerado em estudo com cultivares, pois a eficiência de aquisição é definida como a relação entre a capacidade de um genótipo em absorver fósforo do solo e produzir grãos ou massa seca (PARENTONI; SOUZA JUNIOR, 2008). Assim, os maiores valores de eficiência de fósforo podem ser obtidos aumentando a eficiência de aquisição e utilização.

Segundo Trolove et al. (2003) o fósforo é aplicado ao solo na forma de fertilizantes fosfatados, porém, somente 5 a 30% são utilizados pelas plantas, o restante é indisponibilizado por reações físico-químicas no solo. Conforme Omar (1998), grande parte de fosfato inorgânico (Pi) solúvel, aplicado ao solo como adubo químico, é rapidamente

imobilizado sob as formas de fosfato de cálcio (CaHPO_4), fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), fosfato de ferro (FePO_4) e fosfato de alumínio (AlPO_4). Sob tais formas, o fosfato não é assimilado de forma eficiente pelas plantas, demandando aplicação excessiva de adubos fosfatados nas áreas de cultivo.

Os recursos de fertilizantes fosfatados economicamente acessíveis, podem se esgotar em um futuro próximo, acarretando aumento do custo dos mesmos, bem como na sua escassez (ISHERWOOD, 2000).

Para evitar essa possível escassez de P, principalmente em economias menos competitivas, estratégias de melhoria da produtividade das diversas culturas devem ser desenvolvidas com abordagens sustentáveis de adaptação de cultivares em ambientes de baixa fertilidade, melhorando, para tanto, sua capacidade de aquisição de nutrientes, sendo relevante envolver no estudo de disponibilidade de nutrientes as cultivares, considerando que o efeito genotípico influencia na capacidade de absorção do nutriente (EPSTAIN, 1975; LYNCH, 2007; BENEDDINGTON, 2010).

3.5 Ácido cianídrico (HCN)

A mandioca é uma planta cianogênica, pois contém compostos cianoglicosídeos e enzimas, linamarina e linamarinase, liberando ácido cianídrico (HCN), que é o principal princípio tóxico da planta. Esse composto está relacionado à defesa da planta contra a ação de pragas, doenças e feridas por picadas de insetos ou outras injúrias. Na planta, o HCN encontra-se em concentrações elevadas nas folhas novas (330 mg kg^{-1}) e pecíolos jovens (750 mg kg^{-1}), ou hastes velhas (680 mg kg^{-1}). Essas concentrações chegam a ser sete a doze vezes superiores às concentrações na polpa da raiz (55 mg kg^{-1}). O HCN produzido na mandioca protege a planta contra animais e insetos predadores, mas também é um importante determinante da qualidade das raízes tuberosas (SAUNDERS, 2012).

As cultivares de mandioca são classificadas com relação ao teor de HCN da polpa das raízes como mansas (doces), intermediárias e bravas (amargas), sendo as mansas com teor de HCN menor que 100 mg kg^{-1} na polpa das raízes; as intermediárias contendo de 100 a 200 mg kg^{-1} , e as bravas com mais de 200 mg kg^{-1} (LORENZI et al., 1993).

Outra classificação para mandioca quanto ao teor de HCN na raiz foi estabelecida por Sánchez (2004). As cultivares com teores abaixo de 180 mg kg^{-1} de HCN, são classificadas como doces, as que possuem entre $180\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$ são classificadas como intermediárias e as que contém mais que 300 mg kg^{-1} de HCN são consideradas como amargas.

Existem diversos tratamentos possíveis para diminuir os teores de HCN na planta, como fermentação, prensagem, lavagem e calor a 180°C, o que provoca a volatilização do ácido cianídrico, tornando-a própria para o consumo humano e animal (LORENZI, 2012).

As cultivares de mandioca amargas são mais tolerantes à seca e as raízes são processadas, ocorrendo durante o processamento a redução do teor de HCN em seus subprodutos, como a farinha. Cultivares de mandioca doce são usadas principalmente para o consumo *in natura*, porém, apesar do baixo teor de HCN, essas cultivares podem ser perigosas em razão do mau processamento (BRAIDOTTI, 2011).

Conforme Cardoso et al. (2005) e Braidotti (2011), o consumo contínuo de produtos de mandioca mal processados, juntamente com baixa ingestão de proteína pode causar Konzo, uma doença crônica causada pela dieta de alta concentração de HCN da mandioca que afeta principalmente mulheres jovens e crianças em países pobres produtores de mandioca na África oriental. O branqueamento, lavagem, e fermentação (NAMBISAN, 2011) são os métodos, mais comuns, utilizados para baixar o teor de HCN presente nas raízes tuberosas (LAMBRI et al., 2013).

Outro ponto importante refere-se à correlação entre a disponibilidade de nutrientes e a concentração de glicosídeos cianogênicos produzidos pela planta. Cadavid et al. (1998) relataram em seus estudos que o uso combinado de N, P e K resultou na diminuição da concentração de glicosídeos cianogênicos totais em raízes de mandioca e aumento da biomassa radicular. Oliveira et al. (2012b) verificaram que a maior disponibilidade de nitrogênio no solo eleva os teores de HCN na planta, mas que são reduzidos linearmente com a idade da planta. O córtex e a polpa da raiz acumulam maiores e menores teores de HCN, respectivamente. Para fósforo não há estudos que relacione a disponibilidade desse nutriente com teor de HCN.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Condução do Experimento

O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2015, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima – CCA/UFRR, município de Boa Vista, Roraima – Brasil (latitude de 2° 52' 20,7" N, longitude 60° 42' 44,2" W e altitude de 90 m). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw. A precipitação média anual é de 1.678 mm, umidade relativa do ar de 70% e a temperatura média anual de 27,4 °C (Figura 1) (ARAÚJO et al., 2001).

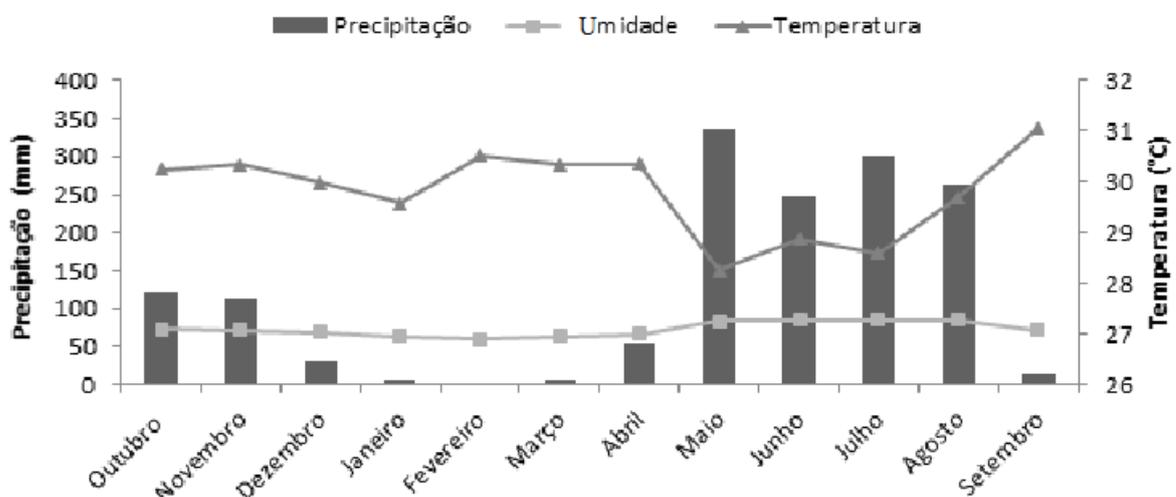


Figura 1. Dados climáticos coletados durante a condução do experimento entre outubro de 2014 e setembro de 2015, Boa Vista, Roraima.

O solo da área experimental pertence a classe Latossolo Amarelo distrocoeso típico (LAdx) (EMBRAPA, 2013), apresenta textura franco-argilo-arenosa, relevo suave ondulado, cuja vegetação dominante é do tipo savana parque (BENEDETTI et al., 2011).

A área experimental foi aberta em 2009, a vegetação natural foi dessecada e o plantio de mandioca foi realizado em covas, sem o revolvimento do solo. Depois da colheita da mandioca, em 2010, a área foi deixada em pousio até outubro de 2011, onde novamente foi plantada a mandioca, e colhida em abril de 2014. Em maio de 2014, a área foi cultivada com milho por 60 dias, ponto de milho verde, com finalidade de uniformizar a fertilidade do solo, e em outubro foi implantado o experimento.

As doses de fósforo foram definidas partindo-se da recomendação geral da EMBRAPA-RR (SCHWENGBER; SMIDERLE; MATTIONI, 2006). As cultivares de mandioca empregadas nesse estudo foram a Aciolina e Amazonas, que são as mais difundidas no estado

de Roraima. O preparo do solo da área experimental consistiu, inicialmente, na dessecação da vegetação existente na área, empregando-se o produto comercial Roundup Original (princípio ativo Glifosato).

Antes do plantio da mandioca o solo foi amostrado, sendo coletadas vinte amostras simples da camada de 0-20 cm para compor uma amostra composta, esta foi encaminhada para laboratório de análises de solos para a caracterização química, físico-química, cujos resultados são: pH (H₂O) - 5,44; P e K (Mehlich 1) - 1,7 e 8,0 mg dm⁻³, respectivamente; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) - 0,98; 0,18 e 0,30 cmol_c dm⁻³, respectivamente; H+Al (Acetato de cálcio, 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0) - 1,5 cmol_c dm⁻³, Matéria Orgânica (Carbono orgânico x 1,724 – Walkley-Black) - 1,03 dag kg⁻¹; Fósforo remanescente – 41,6 mg L⁻¹. A adubação da área foi realizada conforme recomendação baseada na análise do solo, exceto para o fósforo, fator em estudo.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo alocadas cinco doses de fósforo (0, 45, 90, 180 e 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅) nas parcelas e duas cultivares de mandioca, Aciolina e Amazonas, nas subparcelas.

A parcela experimental foi constituída por dez fileiras simples de mandioca com espaçamento de 0,8 x 0,8 m entre plantas e 6,4 m de comprimento, perfazendo um total de 80 plantas por parcela. Adotou-se uma densidade de plantio de 15.625 plantas ha⁻¹. A subparcela foi constituída por cinco fileiras simples com 6,4 m de comprimento, perfazendo um total de 40 plantas por subparcela. A área útil foi composta por 12,96 m², utilizadas pelas três plantas das fileiras centrais da subparcela.

O preparo do solo consistiu da dessecação da vegetação com glifosato. A calagem foi aplicada a lanço, concentrada na linha onde seriam abertas as covas, empregando 380 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT corrigido para 100%). Como adubação de base foi aplicado 50 kg ha⁻¹ de N (Ureia), 70,3 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 28,38 kg FTE BR-12, sendo os adubos aplicado de modo localizado na linha das covas.

Para o plantio das cultivares Amazonas e Aciolina foram coletadas as plantas da Coleção de Germoplasma de Mandioca do Departamento de Fitotecnia do CCA/UFRR, processadas as manivas com tamanho de 20 cm, e plantadas na posição horizontal em covas abertas manualmente, por meio de enxada, em uma profundidade de 10 cm, aproximadamente.

As adubações de cobertura foram realizadas aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP), a lanço na quantidade de 50 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônia) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de

potássio). Os demais tratos culturais foram realizados conforme necessidade da planta. Foi empregado irrigação por aspersão entre outubro a abril.

Aos 12 meses após o plantio foi realizada a colheita de três plantas, que representou a amostra, da área útil de cada subparcela, sendo avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP) - medida na inserção do caule com a cepa até a extremidade do ponteiro, expressa em centímetros; número de hastes por maniva (NH) - foram contadas todas as hastes da planta; produtividade da massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA) - estimada pela obtenção da massa de matéria fresca da parte aérea por área, expresso em toneladas por hectare; número de raízes por planta (NRP) - foram contadas todas as raízes tuberosas da planta; número de raízes comerciais por planta (NRCP) - unidades de raízes tuberosas com diâmetro superior a 5 cm, medido no centro da raiz; diâmetro de raiz comercial (DRC) - obtido por meio de paquímetro; comprimento de raiz comercial (CRC) - mensurado com régua milimétrica e medida de uma extremidade a outra da raiz, expresso em centímetros; massa da matéria fresca da raiz comercial (MFRC) - medida nas raízes com diâmetro igual ou superior a 3 cm, pesadas em balança de precisão e expresso em kg; massa da matéria fresca da raiz comercial por planta (MFRCP) - medida nas raízes com diâmetro igual ou superior a 5 cm, avaliadas em balança de precisão, expresso em kg; produtividade de raiz tuberosa (PRT) - estimada pela obtenção da massa de matéria fresca da raiz por área, expresso em toneladas por hectare; índice de colheita (IC) - relação entre a massa de matéria fresca das raízes tuberosas e a massa de matéria fresca total da planta, expressa em percentagem; teor de ácido cianídrico (HCN) - avaliado na polpa da raiz e córtex da raiz, empregando metodologia estabelecida por Egan et al. (1998); Dose de Máxima eficiência Técnica (DMET) - Obtido por meio da distância entre o ponto máximo da curva em função da produção e a reta, caracterizando o custo total de produção, este resultado apresenta máximo retorno econômico de produção, a fórmula para encontrar a DMET é o valor de $X/(2 \cdot X^2)$.

4.2 Análises Estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade. Realizou-se a análise de regressão nos casos de efeito significativo das doses de P. A escolha do modelo selecionado para cada variável baseou-se na significância dos parâmetros e nos valores do R^2 (ALVAREZ V.; ALVAREZ, 2006). O teste “F” foi utilizado para testar os coeficientes da regressão no mesmo nível de probabilidade. Empregou-se para análise dos dados o programa estatístico SISVAR.

A dose de máxima eficiência técnica (DMET) de P_2O_5 foi calculada com base na derivada primeira da equação de regressão, igualando-se à zero. A dose de máxima eficiência econômica (DMEE) de P_2O_5 foi calculada, igualando-se à relação entre preços do insumo (R\$ 2,00/kg de P_2O_5) e do produto (R\$ 0,50/kg de raízes), descrito por Oliveira et al. (2007; 2009) e Rajj (1991). Os preços adotados foram pesquisados em sítios que fazem cotação (<http://www.indexmundi.com/pt/pre%27os-de-mercado/?mercadoria=superfosfato-triplo> para o preço do insumo e <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/diversos/mandioca> para o preço do produto). Em razão da variação dos preços do insumo e produto conforme demanda e oferta, trabalhou-se com uma relação de troca ao invés de moeda corrente, procurando-se assim dados mais estáveis. Portanto, a “moeda” utilizada nos cálculos, foi kg de raízes, considerando-se a seguinte relação de equivalência: kg de P_2O_5 por kg de raízes igual a 4, sendo a dose mais econômica calculada por meio da relação de $dy/dx = a_1 + 2a_2x$. A dose mais econômica (x') foi então calculada por: $x' = (a_1 - \text{relação de equivalência})/2(-a_2)$, a_1 representa a taxa de incremento e a_2 , o ponto de máxima produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância (Tabela 1), houve interação significativa ($p \leq 0,05$) entre os fatores estudados, apenas, para número de haste (NH). Para as demais variáveis foi realizado o estudo do efeito médio de cada fator.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da altura da planta (AP-cm), número de hastes (NH), massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), número de raízes tuberosas por planta (NRP), e valores médios de cada cultivar, em função de doses de P_2O_5 . Boa Vista-RR, 2014/2015

F.V.	G.L.	Quadrado Médio do Resíduo			
		AP	NH	MFPA	NRP
Bloco	3	2.298,19	1,39*	74,05	2,70
Dose (D)	4	5.037,78*	0,67	99,67*	12,01*
Erro 1	12	1.231,46	0,49	24,96	3,18
Cultivar (C)	1	3.231,44***	2,18**	46,16	27,78**
D x C	4	301,41	0,65*	28,25	1,95
Erro 2	88	217,51	0,17	11,05	2,86
CV 1 (%)		15,99	29,81	22,41	20,26
CV 2 (%)		6,95	13,03	14,93	19,19
Médias					
Aciolina		213,2b	2,98a	-	7,98b
Amazonas		225,6 ^a	2,33b	-	9,65a
Média		-	-	22,26	-
DMS		6,66	0,23	2,24	1,14

F.V.- Fontes de Variação; G.L. – Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação. *,** - Significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

Independentemente da cultivar, o efeito das doses de P na altura das plantas (AP) foi melhor descrito por modelo quadrático (Figura 2A). A dose de máxima eficiência técnica (DMET) de $190,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 proporcionou a altura máxima de 237,7 cm. A adubação fosfatada proporcionou um incremento médio de 34,7 cm na altura das plantas. Observou-se, ainda que as cultivares se diferenciaram em altura, tendo a cv. Amazonas alcançado altura média de 225,6 cm, superior a cv. Aciolina (Tabela 1).

A altura da planta é uma característica que pode estar mais relacionada ao genótipo, o que explica a diferença estatística encontrada entre as cultivares. Estudos realizados por Oliveira et al. (2009) e Guimarães et al. (2013), constataram diferenças em altura entre as cultivares estudadas, que ultrapassam a 100 cm, independentemente da idade da avaliação. Em experimentos realizados por Albuquerque et al. (2009), ao caracterizar 10 cultivares de mandioca de mesa aos 390 DAP em Roraima, constataram que as alturas das plantas variaram

de 133 a 262 cm. Verificou-se, portanto que a maior disponibilidade de P favoreceu incrementos no crescimento das duas cultivares, apesar delas se manterem distintas em altura devido as suas características genéticas.

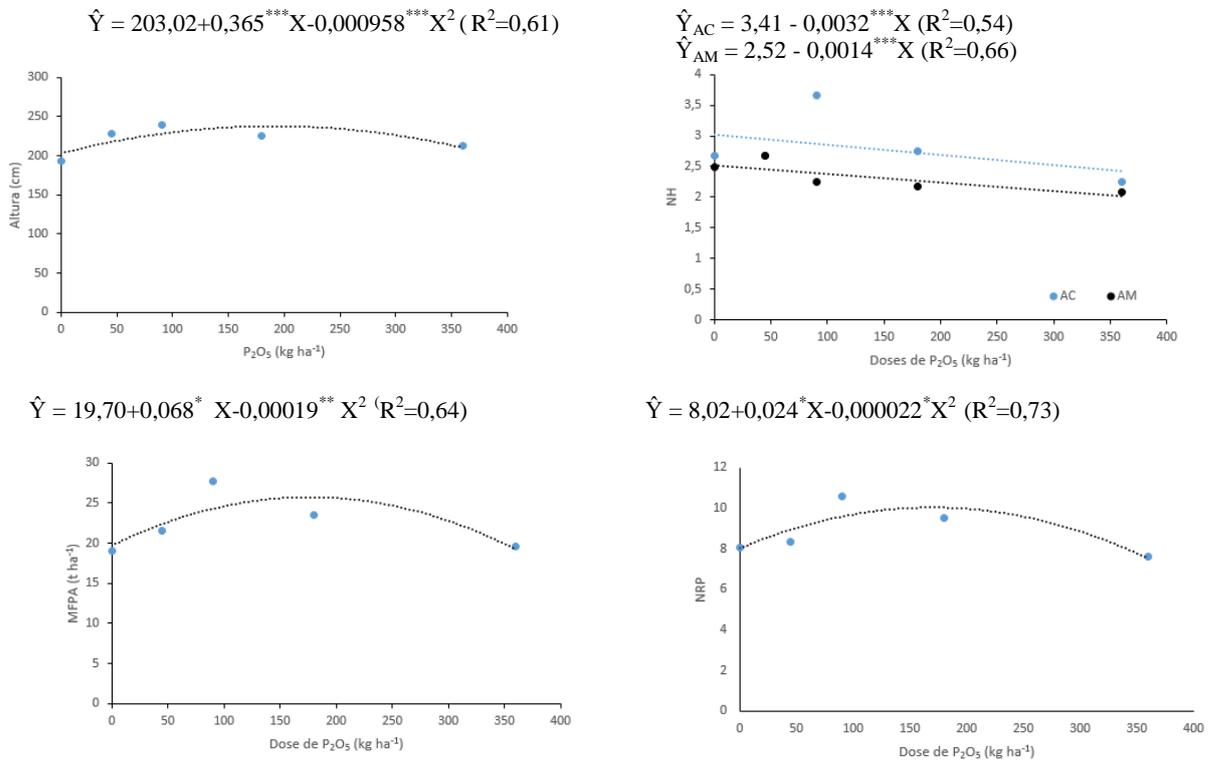


Figura 2. Altura da planta (AP), número de haste por planta (NH), massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e número de raízes por planta (NRP) da cv. Aciolina (AC) e da cv. Amazonas (AM) em função de doses de fósforo, aos doze meses, Boa Vista-RR, 2014/2015.

A altura da planta é uma importante característica agrônômica, por estar relacionada com a produção de fotoassimilados e propagação vegetativa da planta. Plantas com maior altura apresentam maior produção de parte aérea, conseqüentemente, maior produção de manivas sementes, além da possibilidade de que a parte aérea seja utilizada na alimentação animal, como forragem (OTSUBO et al., 2007; CHAIB et al., 2008).

Não há nenhum indício que afirme qual a melhor altura para plantas de mandioca, porém, sabe-se que plantas mais alta favorecem a realização de alguns tratos culturais e colheita. Por outro lado, plantas maiores são mais suscetíveis ao acamamento, dificultando o processo de colheita, pois a altura está relacionada à produção de parte aérea e raiz (GOMES et al., 2007).

O número de hastes (NH) por planta foi afetado pela interação entre doses e cultivares, sendo o modelo linear negativo que melhor explicou a relação entre NH e doses de fósforo para cada cultivar (Figura 2B). A maior disponibilidade de fósforo promoveu redução no NH, nas duas cultivares, sendo mais evidente na cv. Aciolina, diminuindo em média 0,0032 haste

por kg de P_2O_5 adicionado. É possível que essa redução possa estar relacionada com uma maior inversão de reservas para a formação de raízes, o que beneficiaria a produção final.

Estudos com cultivares têm registrado diversos valores para NH, variando de 1,52 a 3,75 (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005; FOLONI et al., 2010; GUIMARAES, 2013). O conhecimento do NH médio do genótipo é importante para a implantação e condução do plantio. Genótipos de mandioca com apenas uma haste e que não apresentam ramificações podem ser plantadas em menores espaçamentos, o que resulta em uma elevação do rendimento e redução do tempo para o fechamento da cultura na linha, como também na entrelinha, diminuindo os custos com o controle de plantas infestantes (IROLIVEA et al., 1998). Rós et al. (2011), afirmam que os genótipos que se ramificam, tendem a apresentar menor rendimento, em espaçamentos mais adensados, pois necessitam de maior espaço para desenvolver suas ramas e, conseqüentemente, expressar seu potencial de produção de fotoassimilados.

Não houve interação entre os fatores estudados para a produtividade de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA). O efeito médio das doses de P, para essa variável, foi descrito por modelo quadrático. A DMET foi de 176,8 kg ha^{-1} de P_2O_5 para atingir uma produtividade média de 25,8 t ha^{-1} (Figura 2C). Verifica-se que o fator P proporcionou aumento na MFPA de até 6,1 t ha^{-1} , equivalente em até 31% do potencial produtivo. As cultivares não se diferenciaram estatisticamente, alcançando 22,26 t ha^{-1} de produtividade média (Tabela 1). A ausência de significância entre as cultivares pode estar relacionada às suas características morfológicas. A cv. Aciolina tem menor altura, mas maior número de hastes, enquanto que a cv. Amazonas tem maior altura e menor número de haste.

Pereira et al. (2012) constataram aumento da área foliar e acúmulo de massa seca em plantas de mandioca que receberam doses de fósforo. O aumento linear nessas características proporcionou a formação de um dossel mais denso, que, em condição de campo, reduziu a interferência inicial imposta pelas espécies infestantes, além de elevar a área fotossintética (SEVERINO et al., 2004). Segundo Falqueto et al. (2009), as folhas em desenvolvimento recebem mais fotoassimilados, pois estão incluídas no grupo de drenos metabólicos, ao longo do desenvolvimento da planta, estas folhas passam a ser fontes, refletindo na mobilização de compostos fotoassimilados para outras partes da planta.

O número de raízes tuberosas por planta (NRP) foi influenciado pelas doses e cultivares de modo isolado. A cv. Amazonas produziu, em média, 9,65 raízes por planta, superior a cv. Aciolina que obteve 7,98 raízes por planta (Tabela 1). O NRP em função das doses de P foi descrito por modelo quadrático. A DMET, 169,3 kg ha^{-1} de P_2O_5 , proporcionou a produção

máxima de 10 raízes por planta e incremento de até 2 raízes por planta. Verifica-se que a cv. Amazonas, para essa variável, foi pouco dependente da adubação fosfatada, já que o efeito isolado da cultivar determinou 9,65 raízes por planta, sendo a cv. Aciolina mais favorecida por esse insumo.

O NRP é uma característica ligada ao genótipo. No entanto, estresses bióticos ou abióticos podem afetar essa característica, resultando em diminuição no número de raízes, como mostra os resultados obtidos por Oliveira et al. (2015), ao analisarem o efeito do déficit hídrico sobre as características e valores genéticos da mandioca, constataram redução de cerca de 42% do número de raízes.

Estudos com adubação fosfatada em mandioca determinaram aumento no desenvolvimento (SOUZA et al., 2003) e no número de raízes. Gomes et al. (2007), verificaram que a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio de 100 clones de mandioca e colheita efetuada aos 11 meses após a emergência das plantas, a média do NRP foi de 6,7, com 52% dos clones superando esse valor para o intervalo de 8,5 a 12 raízes tuberosas por planta.

A Tabela 2 apresenta a análise de variância para as características de raízes comerciais. Não houve interação entre os fatores para nenhuma variável, passando-se a estudar os efeitos médios dos fatores doses de fósforo e cultivares.

Tabela 2. Resumo da análise de variância do número de raiz comercial por planta (NRC), diâmetro da raiz comercial (DRC - mm), comprimento da raiz comercial (CRC - cm), massa da matéria fresca da raiz comercial (MFRC - kg) e massa da matéria fresca da raiz comercial por planta (MFRCP - kg), das cultivares Aciolina e Amazonas, em função de doses de P₂O₅. Boa Vista-RR, 2014/2015.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio do Resíduo				
		NRC	DRC	CRC	MFRC	MFRCP
Bloco	3	1,27	112,61	27,28	0,003451	0,54
Dose (D)	4	5,44**	97,31*	67,62 ^Δ	0,004025**	1,27**
Erro 1	12	0,49	30,22	24,51	0,000376	0,19
Cultivar (C)	1	33,63***	1761,19**	79,41*	0,002103	15,52***
D x C	4	0,17	22,04	2,34	0,000640	0,08
Erro 2	88	0,50	38,69	15,65	0,002054	0,16
CV 1 (%)		21,39	9,96	18,23	7,50	27,71
CV 2 (%)		21,74	11,27	14,57	17,51	25,45
Médias						
cv. Aciolina		2,37b	48,56b	25,74b	0,25a	0,98b
cv. Amazonas		4,20a	61,84a	28,56a	0,27a	2,14a
DMS		0,48	4,19	2,67	0,03	0,24

F.V.- Fontes de Variação; G.L. – Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação. ^Δ,*,**, *** - Significativos a 10, 5, 1 e 0,01% de probabilidade pelo teste F.

O número de raízes comerciais de mandioca foi superior na cv. Amazonas, produzindo em média 4,2 raízes por planta (Tabela 2). A DMET, 199,1 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 2A), proporcionou incrementos médios de 2,10 raízes comerciais por planta, independentemente da cultivar. Evidencia-se, portanto, que as cultivares apresentam comportamento diferenciado quanto a dependência do P, sendo a cv. Aciolina mais dependente desse insumo que a cv. Amazonas. O NRC médio obtido nesse estudo, encontra-se abaixo dos valores obtidos por outras cultivares e condições (TIRONI et al., 2015; MEZETTE; VEASEY, 2013). A cv. Aciolina, de modo geral, desenvolve poucas raízes comerciais quando comparada a outras cultivares. Alves et al. (2008) mostraram que, independentemente da época de colheita, o número de raízes comerciais da mandioca cv. Pão com média de 7,2 raízes foi superior a cv. Aciolina, com média de 4,2 raízes.

Para o diâmetro de raízes comerciais (DRC), as cultivares estudadas apresentaram diferenças significativas, tendo a cv. Amazonas DRC de 61,83 mm, superior ao da cv. Aciolina (Tabela 2). O comportamento médio do DRC em função das doses de fósforo foi descrito por uma função quadrática (Figura 3B). Houve incremento no DRC com o aumento da disponibilidade de P até 222,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (DMET), sendo o incremento máximo foi de 8,1 mm. O menor DRC observado na cv. Aciolina, também foi constatado por Alves et al. (2008), quando avaliaram as cultivares Pão e Aciolina. A raiz da cv. Pão apresentou média de 55 mm de diâmetro, enquanto que a cv. Aciolina foi de 41 mm.

Conceição (1981) e Fukuda (1998) verificaram que o diâmetro da raiz é um dos principais componentes determinante da produção da cultura da mandioca. Pinho et al. (1995) verificaram que o diâmetro da raiz aumenta continuamente até o momento da colheita e enfatizam que essa característica é a que mais se correlaciona com a produtividade de raiz tuberosa.

Os comprimentos médios das raízes comerciais foram de 25,74 cm para a cv. Aciolina e 28,56 cm para a cv. Amazonas, em que a cv. Amazonas apresentou comprimento de raiz comercial superior (Tabela 2). O efeito médio das doses de fósforo no CRC foi descrito por modelo quadrático (Figura 3C). A DMET foi de 221,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅, proporcionando um incremento de 8,0 cm no CRC.

Alguns fatores podem influenciar o comprimento das raízes de mandioca, como: fatores genéticos, condições de cultivo, fertilidade do solo, clima, idade da planta, entre outros, podendo-se encontrar raízes com até 100 cm de comprimento (CONCEIÇÃO, 1981; ALBUQUERQUE et al., 2009). Portanto, os valores encontrados para as cultivares em conjunto com o diâmetro, podem ser determinantes para a produtividade final das plantas de

mandioca. Raízes de mandiocas muito compridas não são vantajosas, pois dificultam a colheita e podem levar a perdas.

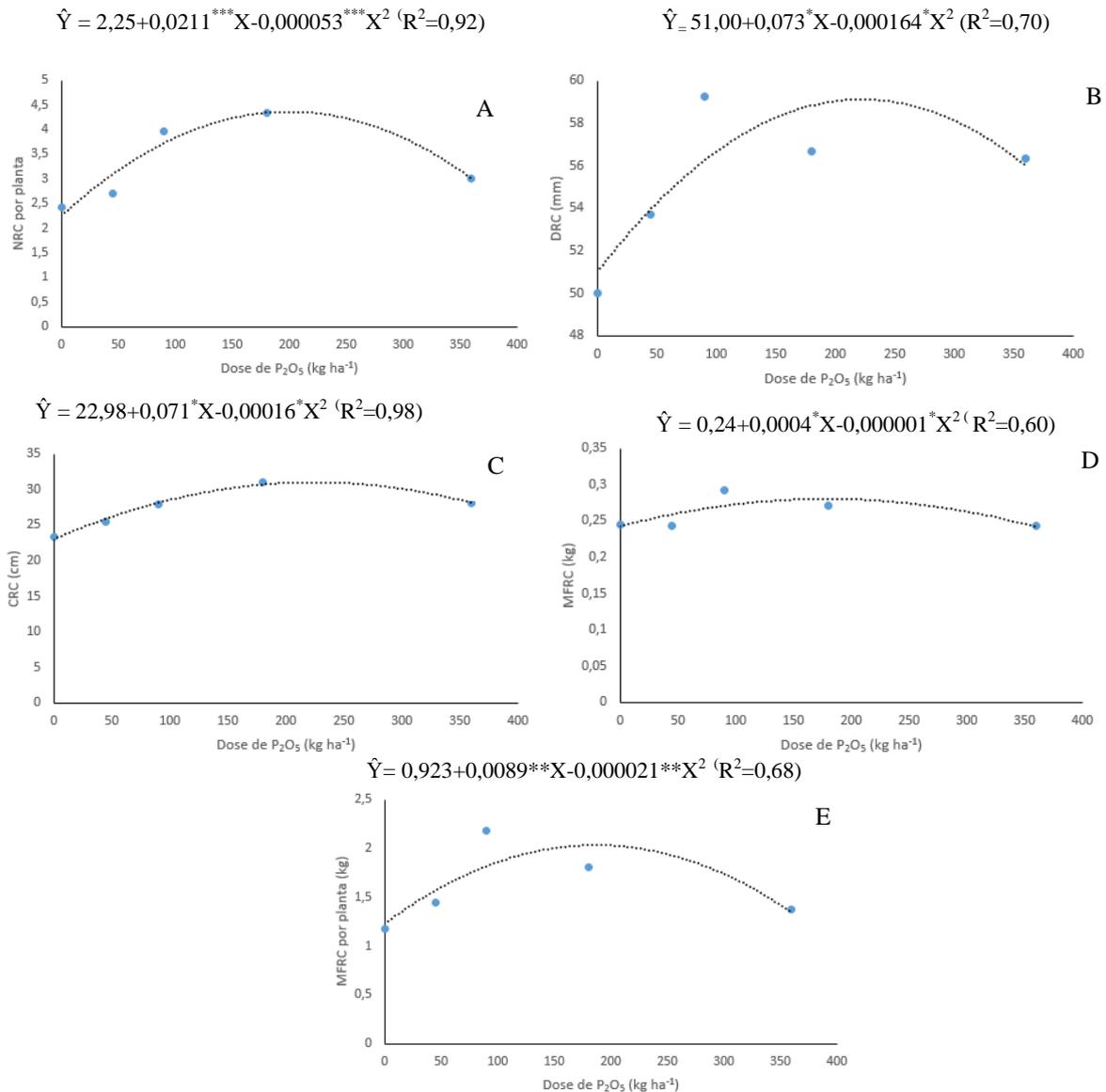


Figura 3. Número de raízes comerciais por planta (A), diâmetro da raiz comercial (B), comprimento da raiz comercial (C), massa da matéria fresca da raiz comercial (D), massa da matéria fresca da raiz comercial por planta (E) de cultivares de mandioca, cv. Aciolina (AC) e cv. Amazonas (AM), em função de doses de fósforo, aos doze meses, Boa Vista-RR, 2014/2015.

Conforme pode ser observado na Figura 3D, as doses de fósforo influenciaram na massa de matéria fresca média das raízes comerciais (MFRC), independente da cultivar. Na DMET de fósforo (200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) a MFRC média foi 0,28 kg por planta, determinando um incremento médio de 40 g por raiz na DMET. Já a MFRC por planta foi significativamente afetada pelas cultivares e pelas doses de fósforo (Tabela 2), sendo que a cv. Amazonas produziu 2,22 kg de raízes por planta, enquanto que cv. Aciolina 0,98 kg por planta. O efeito

médio da MFRC por planta em função das doses de fósforo foi descrito por modelo quadrático. Na DMET (212 kg ha⁻¹ de P₂O₅) a planta produziu em média 1,86 kg de massa de raízes frescas (Figura 2E) e incremento de 0,94 kg por planta.

Gomes et al. (2007), estudando a caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres de componentes da produção em mandioca, observaram que os clones de mandioca mais produtivos apresentaram produção de raízes tuberosas por planta de 2,72 kg, enquanto os menos produtivos foram de 2,08 kg por planta. Por outro lado, Mezette e Veasey (2013) observaram valores médio de 0,576 kg de MFRC por planta, em estudo com 79 genótipos. Esses resultados contrastantes devem-se possivelmente às condições edafoclimáticas de onde foram realizados os ensaios e especificidades dos genótipos. Com isso, os resultados obtidos nesse estudo encontram-se mais próximos dos clones de mandioca estudados por Gomes et al. (2007).

A Tabela 3 apresenta a análise de variância para produtividade de raiz tuberosa, índice de colheita, teor de HCN no córtex e na polpa da raiz das cultivares Aciolina e Amazonas, submetidas a cinco doses de fósforo. Não houve interação entre os fatores ($p \geq 0,05$) para essas variáveis, passando-se a estudar o efeito médio dos fatores.

Tabela 3. Resumo da análise de variância da produtividade de raiz tuberosa (PRT- t ha⁻¹), índice de colheita (IC-%), teor de HCN no córtex (HCNC) e na polpa (HCN) da raiz tuberosa das cultivares Aciolina e Amazonas, em função de doses de P₂O₅. Boa Vista-RR, 2014/2015.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio do Resíduo			
		PRT	IC	HCNc	HCNp
Bloco	3	311875284	29,45	4917,06	3121,98
Dose (D)	4	1,39***	28,96	4464,71	15257,63
Erro 1	12	120395445	86,95	5761,72	8964,07
Cultivar (C)	1	8,21***	2979,24***	529,32	10314,69
D x C	4	42385542	17,34	314,71	2599,14
Erro 2	88	124330879	15,49	350,95	3401,84
CV 1 (%)		21,39	15,21	51,09	57,55
CV 2 (%)		21,73	6,42	12,61	35,46
cv. Aciolina		37,0a	52b	-	-
cv. Amazonas		66,0b	69a	-	-
Média		-	-	149	165
DMS		7,15	2,65	-	-

F.V.- Fontes de Variação; G.L. - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação. *, **, *** - Significativos a 5, 1 e 0,01% de probabilidade pelo teste F.

Para estudar o efeito das doses de P dentro de cada cultivar, fez-se o desdobramento dos graus de liberdade, obtendo-se efeitos significativos pelo teste F ($p \leq 0,1$) para os parâmetros do modelo quadrático (Figura 4) do desdobramento de doses dentro de cada cultivar.

$$\hat{Y}_{AC} = 23.116,97 + 305,71^{**} X - 0,7962^{***} X^2 \quad (R^2=0,95)$$

$$\hat{Y}_{AM} = 47.235,58 + 354,09^{**} X - 0,8544^{**} X^2 \quad (R^2=0,88)$$

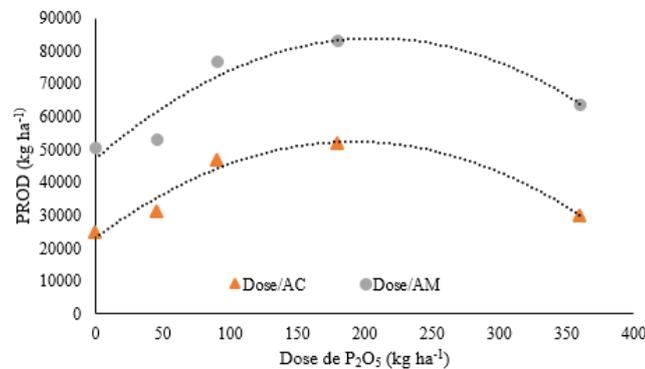


Figura 4. Produtividade de raiz de cultivares de mandioca, cv. Aciolina (AC) e cv. Amazonas (AM), em função de doses de fósforo, aos doze meses, Boa Vista-RR, 2014/2015.

As doses de P₂O₅ que proporcionaram a máxima produtividade de raízes para a cv. Aciolina (53 t ha⁻¹) e cv. Amazonas (84 t ha⁻¹) foram de 192 e 207 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. As cultivares demonstraram elevada resposta as doses de P, sendo evidente o efeito genético da cultivar na maximização do insumo aplicado (Figura 4). Com isso, observa-se por meio da curva de resposta às doses de P, que as cultivares de mandioca não entraram na faixa de consumo de luxo para esse nutriente. Logo, doses superiores a DMET provocaram redução na produtividade de raiz tuberosa da mandioca, possivelmente, em razão de desbalanço nutricional. A absorção do zinco, por exemplo, pode ser afetada pela maior disponibilidade P, dada a relação antagônica entre eles, portanto, cuidados com o equilíbrio entre nutrientes devem ser tomados (POLITI et al., 2013).

Estudos com P para a cultura da mandioca no Brasil são escassos, mas tem-se verificado que nas formulações empregadas, dose acima de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ propicia produtividade que supera a média nacional. Pereira et al. (2012) verificaram resposta crescente da mandioca na produção de raízes até a dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Oliveira et al. (2012a) trabalhando com épocas de colheita e doses de adubação nitrogenada para a cv. Aciolina, alcançou produtividade máxima de 61.678,0 kg ha⁻¹, empregando a recomendação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Alves et al. (2012), obtiveram produção máxima de 47,51 t ha⁻¹ de raiz com a dose de 400 kg ha⁻¹ de NPK, formulação 10:28:20, utilizando a variedade paulozinho, no município de Mojú, PA. A adubação fosfatada aumentou significativamente a produção de raízes de mandioca em 28 e 39%, com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em dois municípios no Paraná (FIDALSKI,1999).

O estudo dos efeitos da cultivar sobre a produtividade é mais comum na literatura. Ponte (2008), estudando cinco genótipos no município de Vitória da Conquista - BA, observou variação de produtividade de 14,89 t ha⁻¹ a 22,72 t ha⁻¹, com média de 18,54 t ha⁻¹. Guimarães et al. (2013), avaliando genótipos de mandioca na Bahia, constataram que, dos 28 genótipos avaliados, nove apresentaram produtividade de raízes tuberosas superiores aos demais, com produtividade variando de 17,50 t ha⁻¹ a 29,27 t ha⁻¹. A cultivar Caitite apresentou produtividade de 22,72 t ha⁻¹. Alves et al. (2011), avaliando 22 genótipos no município de Parnamirim - RN, obtiveram produtividade de raízes tuberosas entre 15 e 48 t ha⁻¹, com média de 33 t ha⁻¹. Esses resultados indicam que em estudos de cultivares, a recomendação de adubação empregada não leva em conta o potencial produtivo de cada material. Quando não se tem conhecimento desse potencial, o uso de adubações gerais podem causar prejuízos econômicos, para a cultura e para o solo.

As doses de máxima eficiência econômica de P₂O₅ (DMEE) foram de 190 e 205 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a cv. Aciolina (52,5 t ha⁻¹) e cv. Amazonas (83,9 kg ha⁻¹) respectivamente. Esses resultados representam um incremento de 30 e 37 t ha⁻¹ de raízes, em relação à ausência de P₂O₅. Considerando que as DMET foram próximas as DMEE, os incrementos obtidos representam o superávit. Logo, o uso de adubação fosfatada na cultura da mandioca é viável economicamente.

O índice de colheita (IC) não foi influenciado pelas doses de P₂O₅, mas pelas cultivares. A cv. Amazonas obteve maior IC, independentemente da dose de P₂O₅ aplicada na cultura, com média de 69%, e a cv. Aciolina apresentou média de 53% (Tabela 3). Constatou-se, portanto, que a cv. Amazonas apresenta maior eficiência na produção de raízes que a cv. Aciolina.

De acordo com Peixoto et al. (2005), o índice de colheita considerado ideal, é aquele que apresenta valores acima de 50%, entretanto, Cardoso Júnior et al. (2005), demonstraram que o valor de IC considerado ideal pode variar também em função da utilização do cultivo. Com isso, um baixo IC é aceitável quando o objetivo do cultivo de mandioca é para forragem (alimentação animal). No presente estudo, ambas as cultivares apresentaram valores superiores ao IC considerado ideal por Peixoto et al. (2005). Sousa (2014), trabalhando com doses de potássio e épocas de avaliação na savana de Boa Vista, Roraima, observou maior índice de colheita de 71,5% com 173,1 kg ha⁻¹ de K₂O aos 420 dias após o plantio.

Existem muitas variações entre os valores do IC para a cultura da mandioca. Gomes et al. (2007), avaliando 100 clones de mandioca, em Lavras - MG, observaram média de IC de 61,16%. Otsubo et al. (2009), avaliando oito cultivares de mandioca em São Gabriel do Oeste

– MS, obtiveram média de 57,14%, com variação de 47,08 a 71,04%. Cardoso Júnior et al. (2005) e Soares (2011), avaliando a cultivar Sergipe em Vitória da Conquista, observaram valores inferiores a 50%.

O efeito dos fatores em estudo para o teor de HCN no córtex e na polpa da raiz está apresentado na Tabela 3. Pelos resultados, o P não teve influência sobre essas características qualitativas das cultivares estudadas, sendo os valores médios de 149 e 165 mg kg⁻¹, respectivamente. Resultados obtidos por Barbosa et al. (2007), ao avaliar a cv. Aciolina em cultivo realizado na savana de Roraima, encontraram teores elevados de HCN no córtex da raiz de 150 mg kg⁻¹, valores esses semelhantes aos encontrados no presente estudo. Já Oliveira et al. (2012a), estudando o efeito de doses de N, observaram que o córtex da raiz foi a parte da planta que mais concentrou HCN, com valor de 196,06 mg kg⁻¹ de matéria fresca aos 360 DAP. Esses resultados diferem dos obtidos nesse estudo para a cv. Aciolina. Os altos teores de HCN foram relacionados com os altos teores de N, pelos autores, que foram superiores a 219 kg ha⁻¹. Isso, possivelmente, explique os menores teores de HCN da cv. Aciolina nesse estudo, uma vez que a dose empregada foi de 150 kg ha⁻¹ de N.

Em trabalhos realizados por Oliveira (2011), de acordo com a classificação proposta por Sánchez (2004), a cv. Aciolina foi classificada com toxicidade intermediária, quando colhida aos oito meses. Assim, a classificação da mandioca em mansa ou brava deve levar em consideração a época da colheita da raiz.

Cuvaca et al. (2015) mostraram concentrações de HCN na mandioca sendo influenciadas por diferentes combinações de N, P, K e as taxas de fertilizantes, apresentando concentração de HCN de 46,0 mg kg⁻¹ na polpa quando empregou-se a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Barbosa et al. (2007) encontraram teores de HCN abaixo de 85 mg kg⁻¹ na polpa da raiz fresca para cv. Aciolina. Resultados esses inferiores aos resultados do presente estudo.

Segundo Borges et al. (2002), a identificação de cultivares de mandioca com baixos teores de HCN na polpa crua das raízes é necessária para aumentar a segurança alimentar e diminuir os riscos de intoxicação dos consumidores. No entanto, na prática, a separação entre mandioca mansa e brava é feita pela degustação da polpa crua das raízes. Em geral, as mandiocas bravas são amargas e as mansas são doces. Porém, esse método é subjetivo e a correlação não é exata, o que limita muito o uso dessa classificação (LORENZI et al., 1993).

Se fossem utilizados sistemas de classificação de toxidez de mandioca mais antigos, como proposto por Lorenzi et al. (1993), a cv. Aciolina seria classificada como mandioca brava por apresentar teores acima de 100 mg kg⁻¹ de HCN na polpa das raízes. Entretanto, em

Roraima, esta cultivar é a mais plantada e consumida *in natura*. Nesse caso, a classificação de Sánchez (2004), que considera a cultivar Aciolina como mandioca mansa, parece estar mais de acordo com a realidade do Estado.

6. CONCLUSÕES

As doses de fósforo influenciaram positivamente nas características agronômicas das cultivares Aciolina e Amazonas, sendo descritas, de modo geral, por modelo quadrático.

As produtividades de raízes tuberosas alcançadas foram de 84 t ha⁻¹ para a cv. Amazonas e 53 t ha⁻¹ para a cv. Aciolina, com doses de máxima eficiência técnica de 207 e 192 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

A cultivar Amazonas foi mais produtiva e apresentou maior eficiência na utilização do fósforo na Savana de Roraima.

REFERÊNCIAS

ADEKAYODE, F. O.; ADEOLA, O. F. The response of cassava to potassium fertilizer treatments. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, San Francisco, v. 7, n. 2, p. 279-282, 2009.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da; SEDIYAMA, C. S.; ALVES, J. M. A.; NETO, F. de A. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 388-394, 2009.

ALBUQUERQUE, M. **Mandioca**. Belém: IPEAN (Série: Fitotecnia), 1970, 115p.

ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A.; UCHÔA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 2, n. 2, p. 15-24, 2008.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. DE S.; FERREIRA, E. R. Doses of NPK fertilization on cassava (*Manihot esculenta*) variety in Paulozinho Moju- Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v.8, n.2, p.65-70, 2012.

ALVES, M. C. S.; CARVALHO, H. W. L. de; RANGEL, M. A. S.; SANTOS, V. da S.; SILVA, J. da; RODRIGUES, C. S. Comportamento de Cultivares de mandioca no Rio Grande do Norte. In: Congresso Brasileiro De Mandioca, 14, 2011, Maceió. **Anais...** 2011.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em boa vista, estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.

ASMAR, F. Variation in activity of root extracellular phytase between genotypes of barley. **Plant and Soil**, Dordrechtv. v.195, p. 61-64, 1997.

AYOOLA, O. T. AND E. A. MAKINDE. Fertilizer treatments effects on performance of cassava under two planting patterns in a cassava-based cropping system in south west Nigeria. **Research Journal of Agriculture And Biological Sciences**. Ibadan, v. 3, n. 1, p. 13-20, 2007.

BAMIDELE, M.; AMOS-TAUTUA, W.; MANDUKOSIRI, C. H. Effect of processing on the sodium, potassium and phosphorus content of six locally consumed varieties of *Manihot esculenta* grown in Bayelsa State. **Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry**, Vigo, v. 2, n. 2, p. 301-307, 2010.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: John Wilen & Sons, Inc. , 1984, 398 p.

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. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 1, n.3, p. 28-31, 2007.

BENEDDINGTON, J. Food Security: Contributions from Science to a new and greener revolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 34, n. 365, p. 61-71, 2010.

BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleostocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 299-312, 2011.

BORGES, M. de F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.37, p. 1559-1565, 2002.

BRAIDOTTI, G. (2011). Cassava, cyanide and Konzo disease. **Focus on NGOs**. Disponível em: http://aciar.gov.au/files/node/13748/cassava_cyanide_and_konzo_disease__75809.pdf. Acesso: 23 de jan 2016.

BURNS, A.; GLEADOW, R.; CLIFF, J.; ZACARIAS, A.; CAVAGNARO, T. CASSAVA: The drought, war and famine crop in a changing world. **Sustainability**, Basel, v. 2, n. 11, p. 3572-3607, 2010.

CADAVID, L. F.; EL-SHARKAWY, M. A.; ACOSTA, A.; SANCHEZ, T. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 57, n.1, p. 45-56, 1998.

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 2, 2002.

CARDOSO, A. P.; MIRIONE, E.; ERNESTO, M.; MASSAZA, F.; CLIFF, J.; HARE, M. R.; BRADBURY, J. H. Processing of cassava roots to remove cyanogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 3, p. 451-460, 2005.

CARDOSO, C. E. **Competitividade na cadeia agroindustrial da fécula de mandioca no brasil: uma proposta de análise**. São Paulo: ESALQ/USP, 1993.

CARDOSO JÚNIOR, N. dos S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. de. Efeito do nitrogênio em características agronômicas da mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 651-659, 2005.

CARR, S. J. Changes in African smallholder agriculture in the twentieth century and the challenges of the twenty-first. **African Crop Science Journal**. Kampala, v. 9, n.2, p. 331-338. 2001.

CARVAHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Eds) **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura tropical, p. 170-214. 2006.

CHAIB, A. M. M. C.; FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; SILVA, M. S.; MORAES, S. V.; MOLOVANY, J. B.; PAULA, G. F.; SOUZA, F. R. O. Correlação entre sete caracteres agronômicos aferidos em acessos do banco regional de germoplasma de mandioca do cerrado. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, Brasília, **Anais...** 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Mandioca e Derivados.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_11_21_16_00_02_mandiocanovembro2011.pdf. Acesso: 12 fev 2016.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca.** Cruz das Almas: UFBA/EMBRAPA/BRASCON NORDESTE, 1981. 382p.

CURY, R. **Distribuição da diversidade genética e correlações de caracteres em etnovariedades de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes da agricultura tradicional do Brasil.** 1998. 163p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

CUVACA, I. B.; EASH, N. S.; ZIVANOVIC, S.; LAMBERT, D. M.; WALKER, F.; RUSTRICK, B. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Tuber Quality as Measured by Starch and Cyanide (HCN) Affected by Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilizer Rates. **Journal of Agricultural Science**, Havana, v. 7, n. 6, p. 36-49, 2015.

EGAN, J.; PERFETT, R.; PASSANITI, A; GREIG, N.; HOLLOWAY, H. **Differentiation of non-insulin producing cells into insulin producing cells by glp-1 or exendin-4 and uses thereof.** Application. v.10, 1998.

EL-SHARKAWY, M.A. Stress-Tolerant Cassava: The Role of Integrative Ecophysiology-Breeding Research in Crop Improvement. **Open Journal of Soil Science**, v. 2, n. 2, p.162-186, 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** Brasília- DF. 3ª edição. EMBRAPA, 2013, 353p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas, princípios e perspectivas.** São Paulo. 1975. 341p.

FALQUETO, A. R.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; OLIVEIRA, A. C.; BACARIN, M. A. Partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 453-461, 2009.

FARALDO, M. I. F.; SILVA, R. M.; ANDO, A.; MARTINS, P. S. Variedade genética de etnovariedades de mandioca em regiões geográficas do Brasil. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v.57, n.3, p.499-505, 2000.

FERNANDES, R.B.A.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M.P.F. Quantificação de óxidos de ferro de latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 245-257, 2004.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1353-1359, 1999.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Avaliação de cultivares de mandioca na região Oeste do estado de São Paulo. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 7, p. 44-50, 2010.

FRASER, D. G.; DORAN, J. W.; SAHSH, W.; LESIONG, G. W.; Soil Microbial populations and activities under conventional and organic management. **Journal Environmental Quality**, Madson, v. 17, p. 585-590, 1998.

GOMES, C. N.; DE CARVALHO, S. P.; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1121-1130, 2007.

GUIMARÃES, D.G. Avaliação de genótipos de mandioca em Cândido Sales – BA. 2013. 102f. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2013.

GRUHN P, GOLLET F, YUDELMAN M. 2000. **Integrated nutrient management, soil fertility and sustainability Agriculture: current issues and future challenges**. Washington D. C. International Food Policy Research Institute. Food Agriculture and Environment Discussion paper 32.

HOWELER, R. H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. *In: Cassava: Biology, production and utilization*. Eds. HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. p. 115-147.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 29. N. 2. Fevereiro/2016. 79 p. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201602.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2016.

ISHERWOOD, K. F. **Mineral fertilizer use and the environment. International fertilizer industry association, united nations environment programme**, Paris, 2000.

IROLIVEA, E. A. M.; CÂMARA, G. M. S.; NOGUEIRA, M. C. S.; CINTRA, H. S. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 269-275, 1998.

LAMBRI, M.; FUMI, M. D.; RODA, A.; DE FAVERI, D. M. Improved processing methods to reduce the total cyanide content of cassava roots from Burundi. **African Journal Biotechnology**, v.12, n. 19, p. 2685-2691, 2013.

LORENZI, J. O. Mandioca. Campinas: CATI, 2012. 129 p. (Boletim Técnico, n. 245)

LORENZI, J. O.; RAMOS, M. T. B.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; GODOY JÚNIOR, G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.52, p.1-5, 1993.

LOZANO, J. C.; BELLOTTI, A.; VARGAS, O. **PROBLEMAS NO CULTIVO DA MANDIOCA**. Cali, Colômbia: CIAT/Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1976, 127p.

LYNCH, J. P. Roots of the second green revolution. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 55, p. 493–512, 2007.

MANFREDINI, D.; MELO, S. P.; TOALIARI, J. G.; FERNANDES, R. S.; MONTEIRO, F. A. relação silicato – fosfato em um latossolo vermelho-amarelo distrófico. *In: Anais... Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 26, Lages, 2004.

MANOHARAN, G. E.; MALLIGA, P. Effect of individual and combined applications of inorganic and organic fertilizers on *Manihot esculenta* Crantz. **Journal of Applied Sciences and Engineering Research**, v. 2, n. 3, 2013.

MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, p. 69-84, 1994.

MATTOS, P. L. P.; BEZERRA, V. S. Cultivo da mandioca para o Estado do Amapá. **Embrapa mandioca e fruticultura**. Sistemas de Produção, 2. ISSN: 1678-8796 (versão eletrônica), 2003.

MEZETTE, T. F.; E VEASEY, E. A. **Diversidade agrônômica, bioquímica e molecular de acessos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) coletados em diferentes regiões do Brasil**. 2013. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

NAMBISAN, B. Strategies for elimination of cyanogens from cassava for reducing toxicity and improving food safety. **Food Chemical Toxicology**, Exeter, v. 49, n.3, p. 690-693, 2011.

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

NORMANHA, E. S. Adubação da mandioca no estado de São Paulo: efeito da adubação mineral. **Bragantia**, Campinas, v.11, n. 7-9, 1951.

OLIVEIRA, E. J.; AIDAR, S. T.; MORGANTE, C. V.; CHAVES, A. R. M.; CRUZ, R. M.; COELHO FILHO, M. A. Genetic parameters for drought-tolerance in cassava. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.3, p.233-241, 2015.

OLIVEIRA, C. M. G.; TOMAZINI, M. D.; BESSI, R.; INOMOTO, M. M. 2012. Nematoides. *In: EIRAS, M.; GALLETI, S. R. (ed.). Técnicas de diagnóstico de fitopatógenos*, Devir Livraria, São Paulo, p. 103-136, 2012a.

OLIVEIRA, N. T.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T. ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOUZA, E. D.; MELVILLE, C. C.; Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, n. 10, p. 1436-1442, 2012b.

OLIVEIRA, A. N. P.; OLIVEIRA, F. A.; SOUSA, L. C.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A.; SILVA, D. F.; SILVA, N. V.; SANTOS, R. R. Adubação fosfatada em inhame em duas épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 456-460, 2011.

OLIVEIRA, N. T.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; RODRIGUES, S. R.; MELVILLE, C. C.; ALBUQUERQUE, J. A. A. Caracterização e identificação de clones de mandioca

produzidos em Roraima para o consumo *in natura*. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 3, p. 188-193, 2011.

OLIVEIRA, A. M. G.; DINIZ, M. S.; PEREIRA, N. L.; OLIVEIRA, J. L. Comportamento de variedades de mandioca avaliado com agricultores familiares de Guaratinga, BA. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 5, p. 341-345, 2009.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A.; LOPES, E. B.; SILVA, E. É.; ARAÚJO, L. E. A.; RIBEIRO, V. V. (2009). Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, n.2, p. 629-634, 2009. <https://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542009000200042>

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A.; ALVES, A. U.; DORNELES, C. S. M.; ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. N. P.; CARDOSO, E. A.; SILVA CRUZ, I. S. Rendimento de feijão-vagem em função de doses de K₂O. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p. 029-033, 2007.

OLIVEIRA, L.; REBOUÇAS, T. N. H. Perfil higiênico-sanitário das unidades de processamento da farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na região sudoeste da Bahia. **Alimentos e nutrição**, Araraquara, v.19, n. 4, p. 393-399, 2008.

OMAR, S.A. The role of rock-phosphate-solubilizing fungi and vesicular–arbuscular–mycorrhiza (vam) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. **World journal Microbiology Biotechnology**, Dordrecht v. 14, p. 211-218, 1998.

OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, V. H. N.; GONÇALVES, M. A.; TELLES, T. S. Desempenho de cultivares elites de mandioca industrial em área de cerrado do Mato Grosso do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1155-1162, 2009.

OTSUBO, A. A.; SAGRILO, E.; LORENZI, J. O.; GALHARINI, L. G.; OTSUBO, I. M. N.; MATOS, J. S.; UTIDA, D.; FUJINAKA, J. Avaliação de clones de mandioca visando o processamento industrial em Dourados, MS, **Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 3, n.2, p.38-42, 2007.

PARENTONI, S. N. SOUZA JUNIOR, C. L. Phosphorus acquisition and interna utilization efficiency in tropical maize genótipos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.1, p. 893-901, 2008.

PEIXOTO, J. R.; BERNARDES, S. R.; SANTOS, C. M.; BONNAS, D. S.; FIALHO, J. F.; OLIVEIRA, J. A. Desempenho agrônômico de variedades de mandioca mansa em Uberlândia. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 18, n. 1, p. 19-24, 2005.

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

PINHO, J. L. N. de; TÁVORA. F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; QUEIROZ, G. M. de. Componentes de produção e capacidade distributiva da mandioca no litoral do Ceará. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 7, p. 89-96, 1995.

POLITI, L.S.; FLORES, R.A.; SILVA, J.A.S. DA; WADT, P.G.S.; PINTO, P.A. DA C.; PRADO, R. DE M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos Dris e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, p.11-18, 2013. doi: 10.1590/s1415-43662013000100002.

PONTE, C. M. de A. **Épocas de colheita de variedades de mandioca**. 2008. 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista - BA.

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

RICHARDSON, A. E.; HADOBAS, P. A.; HAYES, J. E. Acid phosphomonoesterase and phytase activities of wheat (*Triticum aestivum* L.) roots and utilization of organic phosphorus substrates by seedlings grown in sterile culture. **Plant Cell Environment**, Oxford, v. 23, p. 397-405, 2000.

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

ROSA NETO, C; MARCOLAM, A. L; Estudo exploratório acerca do comportamento do consumo de mandioca e derivados no Brasil, com ênfase na região Norte. *In: Anais... Congresso SOBER, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Campo Grande. 2010.*

SANCHEZ, T. Evaluacion de 6000 variedades de Yuca. Cali, Colômbia: CIAT/Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2004. (Programa de Mejoramiento de Yuca).

SAUNDERS, D. A. When plants bite back: A broadly applicable method for the determination of cyanogenic glycosides as hydrogen cyanide in plant-based foodstuffs. **Chemistry in New Zealand Journal**, New Zealand, v. 76, n. 4, p. 129-132, 2012.

SANTOS, N. S.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; OLIVEIRA, TRAJANO, N.; ALBUQUERQUE, J. A. A. Absorption of macronutrients by cassava in different harvest dates and dosages of nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p. 633-640, 2014.

SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J.; MATTIONI, J. O. M. **Mandioca: recomendações para plantio em Roraima**. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2006. 30 p. (Circular técnica, n. 5).

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, A. P. G.; SANTANA, L. M. DE; OLIVEIRA, A. P. D. DE. Produção da parte aérea de variedades de mandioca em Petrolina/PE. *In: Anais... II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, 2012, Belém-PA.*

SILVA, G. G. C. da; NUNES, C. G. F.; OLIVEIRA, E. M. M; SANTOS, M. A. dos. Toxicidade cianogênica em partes da planta de cultivares de mandioca cultivados em Mossoró-RN. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, p. 56-66, 2004.

SOARES, M. R. S. **Características de variedades de mandioca em função de épocas de colheita**. 2011. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista – BA, 2011.

SOUSA, A. A. **Produtividade e qualidade de raízes de mandioca, cv. Aciolina, sob diferentes doses de potássio e épocas de avaliação na savana de Roraima**. 2014. 74 p. Dissertação de mestrado em agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista - RR, 2014.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. EXIGÊNCIAS EDÁFICAS DA CULTURA DA MANDIOCA. *In*: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G.(EDS). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA mandioca e fruticultura tropical, p. 170-214. 2006.

SOUZA, L.; FIALHO, J. F. **Sistema de produção de mandioca para a região do cerrado**. Cruz das Almas: Embrapa Agropecuária Oeste, 2003.

SUSAN JOHN, K. Dynamics of nutrients under Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) Grown in ultisol of kerala. **Journal Root Crops**, London, v. 36, n.1, p.1-13, 2010.

TAUFIQ, A., RAHMIANNA, A. A.; WISNU UNJOYO. Evaluation of effectiveness of NPK for cassava plants. **Malang**. v. 21, n.3 p45-53, 2009.

TIRONI, L. F.; HLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SAMBORANHA, F. K.; FREITAS, C. P. O.; SILVA, M. R. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p.58-66, 2015.

TROLOVE, S. N.; HEDLEY, M. J.; KIRK, G. J. D.; BOLAN, N. S.; LOGANATHAN, P. Progress in selected areas of rhizosphere research on p acquisition. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 41, p. 471–499, 2003.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de baixa atividade. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p.111-118, 2003.

VALLE, T. L.; LORENZI, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agrônomo De Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-34, 2014.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Oxford, v. 157, p. 423–447, 2003.

VANLAUWE, B.; PYPERS, P.; SANGINGA, N. The Potential of Integrated Soil Fertility Management to Improve the Productivity of Cassava-based Systems. *In*: **Anais...** Cassava: Meeting of the Challenges of the New Millennium. Ghent, Belgium, 2008.

WANG, X.; SHEN, J.; LIAO, H. Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? **Plant science**, Limerick, v. 179, p.302-306, 2010.

ZHANG, H.; HUANG, Y.; YE, X.; SHI, L.; XU, F. Genotypic differences in phosphorus acquisition and the rhizosphere properties of *Brassica napus* in response to low phosphorus stress. **Plant Soil**, The Hague, v. 320, n. 3, p.91-102, 2009.