

EFEITOS DE UM REMINERALIZADOR DE SOLOS (BIOTITA-XISTO) NA PRODUÇÃO DE DUAS VARIEDADES DE MANDIOCA

**Fred Newton da Silva Souza¹; Aliandeson Piva de Santana²; Juliana Mariano Alves¹;
Marcus Henrique Mateus e Silva²**

1 Professor da Universidade do Tocantins - UNITINS, e pesquisador do Núcleo de Desenvolvimento e Avaliação de Desempenho Ambiental - NUDAM. E-mail: frednss@hotmail.com; junalves@hotmail.com

2 Graduando em agronomia, Universidade do Tocantins - UNITINS. E-mail: aliandeson.piva@gmail.com; marcus.hm@hotmail.com

1 RESUMO

A mandioca é uma planta adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, porém, sua produtividade é fortemente determinada pela disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente o potássio (K). Como os depósitos minerais de sulfetos e cloretos de K são escassos no Brasil, estudos têm sido realizados a fim de verificar a eficiência agrônômica da utilização da rochagem nas mais diversas culturas agrícolas e regiões do país. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de um remineralizador de solos obtido de rejeitos de mineração sobre a produtividade de duas variedades de mandioca industrial. O experimento com delineamento em faixa envolveu duas variedades (Sutinga e IAC-12), seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos envolveram diferentes estratégias de uso do remineralizador: complementação às fontes convencionais de nutrientes; substituição a tais fontes; e doses crescentes. Nas avaliações foram considerados os fatores: produção da parte aérea; produção da raiz tuberosa; índice de colheita; teor de matéria seca e de amido nas raízes. Os resultados obtidos permitem afirmar que o remineralizador avaliado constitui uma fonte alternativa de potássio para a cultura da mandioca, e da mesma forma, apresenta efeitos como condicionador de solo uma vez que potencializou o efeito das fontes convencionais de nutrientes.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, adubação mineral, rochagem, produção

EFFECTS OF SOIL REMINERALIZING (BIOTITE-SHALE) IN PRODUCTION OF TWO CAVASSA VARIETY

2 ABSTRACT

Cassava is a plant adapted to various soil and climatic conditions, however, productivity is

largely determined by the availability of nutrients in the soil, especially potassium (K). In which mineral deposits of sulfides and chlorides K are scarce in Brazil, studies have been conducted to verify the agronomic efficiency of the use of stonemeal in many different crops and regions. This study evaluated the effects of a soil remineralizing obtained mining waste on the productivity of two varieties of industrial cassava. The experiment with range in design involved two varieties (Sutinga and IAC-12), six treatments and three replications. The treatments involved different soil remineralizing using strategies: complement to conventional sources of nutrients; replacing such sources; and increasing doses. In the evaluations were considered the factors: shoot production; production of tuberous root; harvest index; dry matter content and starch in the roots. The results obtained allow to affirm that the estimated soil remineralizing provides an alternative source of potassium for the culture of cassava, and likewise, has effects as a soil conditioner since they potentiate the effect of conventional nutrient sources.

Keywords: Cavassa, mineral fertilizer, stonemeal, production

3 INTRODUÇÃO

A mandioca por ser uma planta facilmente adaptada às mais diversas condições climáticas, e pelo fato de fazer parte da dieta alimentar das populações mais carentes, é uma espécie agrícola cultivada em vários países do mundo (OLIVEIRA et al., 2006). Com uma produção de 23,2 milhões de toneladas em 2014, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de mandioca (FAO, 2014). O Tocantins apresenta um rendimento de 17 Mg ha⁻¹, acima da média nacional (13 Mg ha⁻¹), e produção anual total de aproximadamente 300 mil toneladas de raízes (IBGE, 2008).

Dentre os elementos de nutrição, o potássio (K) é o nutriente extraído em maior quantidade pela planta de mandioca (OTSUBO & LORENZI, 2004), de modo que sua disponibilidade afeta a produtividade da cultura, o vigor e o desenvolvimento das plantas originadas de suas ramas (TAKAHASHI & BICUDO, 2005).

Todavia, os solos brasileiros são em sua maioria ácidos e pobres em nutrientes, e para torná-los produtivos são utilizadas quantidades elevadas de fertilizantes, os quais somam cerca de 40 % dos custos variáveis de produção. Além disso, e como apontam Vilela et al. (2002) e Curi et al. (2005), os solos brasileiros são pobres em minerais contendo K e apresentam baixa capacidade de retenção de cátions, favorecendo as perdas por lixiviação dos fertilizantes de alta solubilidade.

Em quantidade, o K é o segundo elemento mineral mais utilizado no Brasil, correspondendo a cerca de 30 % do mercado de adubos (SILVA et al., 2014), e como cerca

de 90 % do potássio utilizado na agricultura é importado, em 2007 isso gerou um déficit de US\$ 1,5 bilhão na balança comercial (OLIVEIRA, 2008). De acordo com a Associação Nacional de Difusão de Adubos, mais de 90 % do potássio consumido na agricultura brasileira é proveniente de importações, o que gera um déficit de mais de US\$ 1,6 bilhões para a balança comercial (ANDA, 2012).

Desta forma, torna-se de grande importância a busca por fontes alternativas de nutrientes a fim de reduzir a dependência dos fertilizantes importados, sobretudo os potássicos. Nesta perspectiva diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com foco na Rochagem, técnica de remineralização dos solos utilizando-se rochas moídas (MARTINS et al., 2010), que permite o rejuvenescimento e o equilíbrio da fertilidade dos solos (LEONARDOS, 1976).

Os resultados dessas pesquisas levaram em conta a eficiência agrônômica das rochas estudadas, e indicaram que essa depende da sua origem e composição, de fatores de solo, do tempo de incubação, do tratamento químico ou térmico aplicado e das culturas utilizadas (NASCIMENTO & LAPIDO-LOUREIRO, 2004). Outros estudos evidenciaram que a liberação de K contido em rochas silicáticas pode atender à demanda inicial das culturas, permanecendo ainda considerável efeito residual do nutriente para cultivos subsequentes (RESENDE et al., 2005; MACHADO et al., 2005), característica desejável quando se considera o efeito fertilizante mais duradouro e o menor risco de perdas, comparativamente aos adubos de alta solubilidade.

O presente trabalho avalia os efeitos potenciais da aplicação de um remineralizador de solos (Biotita-Xisto), obtido de resíduos de mineração homogeneizados e moídos, em substituição e complementação aos fertilizantes convencionais, sobre a produtividade de duas variedades de mandioca.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características do remineralizador

O remineralizador foi obtido da moagem dos rejeitos gerados no garimpo de esmeraldas de Monte Santo - TO, o qual é constituído basicamente de rochas vulcânicas máfico-ultramáficas, predominantemente de biotita-gnaiss e anfibólito. As características do remineralizador foram detalhadamente descritas em Souza (2014), cuja composição geoquímica para elementos maiores encontra-se resumida na Tabela 1. Além desses, outros elementos constituintes considerados micronutrientes estão presentes em teores consideráveis (ppm): Mo (2,8); Cu (27,0); Zn (53,0); Co (34,3) e B (3,0). Os elementos traços deletérios a saúde humana estão presentes em níveis considerados baixos (FADIGAS et al.,

2006): As (0,6); Cd (<0,1); Pb (3,2); Cr (0,09); e Ni (83,2). O material finamente moído apresenta 99,8 % de partículas < 0,8 mm e 85,6 % < 0,3 mm, e preenche todas as especificações e garantias estabelecidas na Instrução Normativa MAPA Nº 05 (BRASIL, 2016).

Tabela 1. Teores dos elementos maiores totais no remineralizador (% em massa).

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	PF ¹	C ²	S ³	Soma ⁴
RT-PR	50,9	13,0	8,6	9,8	7,9	3,0	2,2	0,1	0,2	3,2	0,5	0,1	99,7

¹ PF – perda ao fogo, relativo ao teor total de voláteis (CO₂ + SO₃ + H₂O); ² C – carbono total medido pelo Leco; ³ S – enxofre total medido pelo Leco; ⁴ Soma relativa aos óxidos e à PF.

4.2 Condições edafoclimáticas da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrária (CCA), da Fundação Universidade do Tocantins, localizado no município de Palmas-TO. O clima no local é do tipo C2WA (úmido/sub-úmido) conforme a classificação climática de Köppen (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004), com precipitação média anual de 1.350 mm e pequena deficiência hídrica. A sazonalidade climática da região é marcada por um período de estiagem que se estende de junho a outubro.

A precipitação total durante o período de condução do experimento foi de 1.923 mm, e conforme ilustrado na Figura 1, as máximas temperaturas foram registradas no mês de setembro (37 °C) e as mínimas em agosto (11 °C).

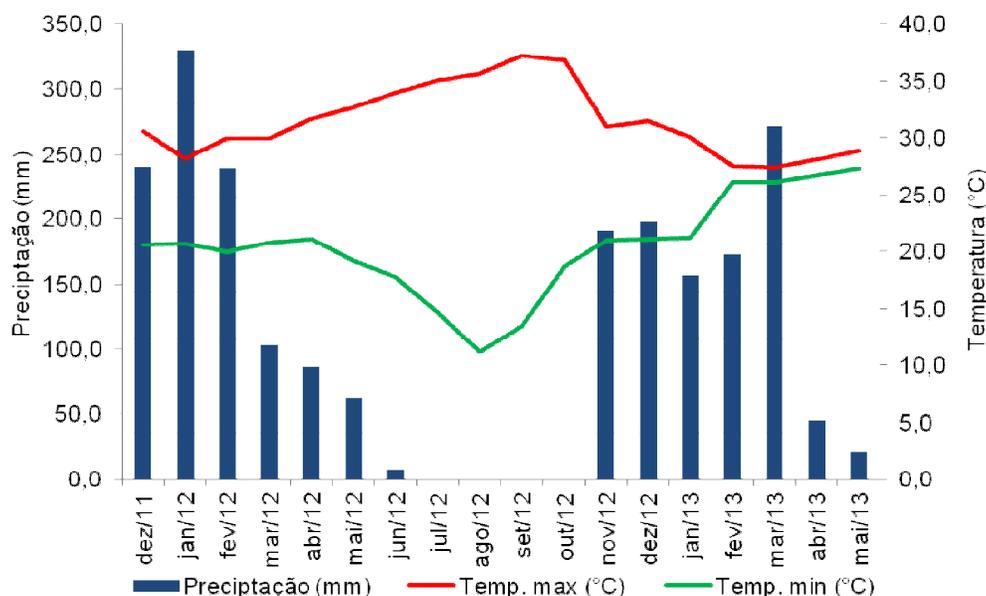


Figura 1. Precipitação e temperatura na área do experimento (INMET, 2015).

Os resultados da análise físico-química do solo, realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Cerrados (EMBRAPA, 1997; RAIJ et al., 2001), permite classificá-lo como Neossolo Quartzarênico, de textura franco-arenosa e baixa fertilidade (Tabela 2). A composição mineralógica determinada a partir de análises de difratometria de raios-X, no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, revelou presença de caulinita, gibbsita e quartzo (SOUZA, 2014).

Tabela 2. Características mineralógicas e físico-químicas do Neossolo Quartzarênico antes da instalação do experimento. Palmas, TO.

Classe	Mineralogia ¹	Areia ²	Silte	Argila	MO ³	pH ⁴	K ⁵	Ca ⁶	Mg ⁶	CTC	V	m ⁶
RQ	Ct/Gb/Qz g Kg ⁻¹			H ₂ O	mg dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³			%		
		856	24	120	20	4,7	17,0	0,4	0,1	2,4	45,2	67

¹ Difratometria Raio-X: Ct-Caulinita, Gb-Gibbsita, Qz-Quartzo; ² Embrapa (1997); ³ Oxidação via úmida; ⁴ pH em H₂O 1:2,5; ⁵ Mehlich-1; ⁶ KCl 1 mol L⁻¹.

4.3 Procedimento experimental

O experimento com delineamento de blocos em faixa foi composto de duas variedades, seis tratamentos e três repetições. As parcelas de 7 x 4 m (28 m²) foram constituídas de três linhas com sete plantas cada. Os tratamentos representam o manejo tradicional da adubação com fontes convencionais para a cultura na região (EMBRAPA, 2003), a combinação das fontes convencionais com a fonte alternativa, e a variação crescente nas doses da fonte alternativa (Tabela 3).

De acordo as análises físico-químicas do solo não foi necessária a aplicação de calcário pelo fato da saturação de bases (V %) estar acima de 25 %. Todos os tratamentos receberam adubação de plantio na cova com fósforo (80 kg ha⁻¹ na forma de superfosfato simples) e com potássio conforme as fontes e doses que compõem os respectivos tratamentos (40 a 160 kg ha⁻¹). Depois de 45 dias do plantio foi realizada capina manual e adubação de cobertura com nitrogênio (80 kg ha⁻¹ na forma de sulfato de amônio).

Tabela 3. Descrição dos tratamentos que compõem o experimento.

Tratamento	Fonte de K	Dose	Outros nutrientes
1. Testemunha	-----	0	+
2. Químico	KCl	80	+
3. Químico + REM(I)	KCl+Remineralizador	40 + 40	+
4. REM(I)	Remineralizador	40	+
5. REM(II)	Remineralizador	80	+
6. REM(III)	Remineralizador	160	+

As variedades utilizadas foram recomendadas pelo Centro de Estudos de Raízes e Amidos Tropicais – CERAT/UNESP, por estarem adaptadas às condições edafoclimáticas do Estado do Tocantins, mas também, por apresentarem alto teor de amido e alta produtividade. O plantio das variedades IAC-12 e Sutinga foi realizado no dia 23/12/2011, com espaçamento de 01 (um) metro entre plantas e 01 (um) metro entre linhas conforme recomendações técnicas para a cultivo de mandioca na região do Cerrado (EMBRAPA, 2003). A colheita ocorreu no dia 07/05/2013, totalizando 16 meses e 15 dias de ciclo de cultivo.

4.4 Parâmetros avaliados

As avaliações envolveram diferentes caracteres cultura realizadas por ocasião da colheita de acordo com os procedimentos descritos a seguir:

- AP: altura da planta medida do solo ao topo superior das mesmas;
- PPA: produção da parte aérea corresponde ao peso da parte aérea das plantas;
- PRT: produção da raiz tuberosa representa a produtividade de cada tratamento;
- IC: índice de colheita é expresso pela relação entre o peso das raízes tuberosas e o peso total da planta, calculado de acordo com a equação 1.

$$IC = (PRT/PRT+PPA).100 \quad \text{(Equação 1)}$$

- MSRT: matéria seca das raízes tuberosas é determinada de acordo com método da balança hidrostática (Grossmann e Freitas, 1950), calculado pela equação 2.

$$MSRT = 15,75 + (0,0564 R) \quad \text{(Equação 2)}$$

onde:

R = o peso de 3 Kg de raízes em água.

- PART: percentagem de amido das raízes tuberosas é determinada a partir do teor de matéria seca (MSRT) conforme equação 3.

$$PART = MSRT - 4,65 \quad \text{(Equação 3)}$$

Os dados foram sistematizados e submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias (SCOTT-KNOTT, 1974) a 5 % de probabilidade, realizado com o auxílio do Software SISVAR. Os resultados foram descritos com base nas respostas das variedades em relação aos parâmetros e os efeitos dos diferentes tratamentos avaliados. Os resultados obtidos nos tratamentos com remineralizador para produtividade de raízes tuberosas foram ajustadas por meio de equações de regressão, de acordo com as doses aplicadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação dos resultados para os parâmetros avaliados revelam diferenças significativas entre as variedades e tratamentos, e demonstram também a ocorrência de interação variedade-tratamento. Na Tabela 4 são resumidos os resultados da análise de variância conjunta para os diferentes parâmetros, variedades e tratamentos avaliados. Os efeitos dos tratamentos entre as variedades avaliadas não foram significativos apenas para a produção da parte aérea (PPA), e de maneira análoga, a interação tratamento-variedade só não se manifestou sobre a produção da parte aérea (PPA) e o índice de colheita (IC).

Tabela 4. Resumo das análises de variância conjunta para Altura da Planta AP (m), Produção da Parte Aérea PPA (Kg/ha), Produção da Raiz Tuberosa PRT (Kg/ha), Índice de Colheita IC (%), Matéria Seca das Raízes Tuberosas MSRT (%), Porcentagem de Amido das Raízes Tuberosas PART (%) para duas variedades (VR) de mandioca (IAC-12 e Sutinga) com seis tratamentos (TR), no município de Palmas-Tocantins.

Fontes de Variação	Quadrados Médios						
	GL	AP	PPA	PRT	IC	PART	MSRT
Variedade (VR)	1	3729,54*	11,22	114,73	10492,22*	55,13*	55,13*
Tratamento (TR)	5	1137,42*	85,77*	112,89	17,47	37,76*	37,76*
Interação (VR x TR)	5	39,82	22,08	71,69	8,15	10,86	10,86
Bloco	2	240,8	0,1	87,36	15,83	7,7	7,7
Resíduo	22	123,57	0,28	30,1	24,24	4,56	4,56
CV (%)		9,1	26,2	32,0	6,1	7,3	6,3
Média		126,3	19,5	33,9	79,8	30,1	34,7

*= significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Os efeitos dos tratamentos foram significativos sobre a altura das plantas da variedade Sutinga, mas somente o tratamento testemunha diferiu estatisticamente dos demais, demonstrando que o elemento potássio é um fator limitante ao crescimento da parte aérea dessa variedade. Os resultados obtidos por Viana et al. (2001) também demonstram que a adição de K_2O influenciou positivamente o crescimento das plantas em altura, o que adquirir especial significado, seja quando a mandioca é utilizada com finalidade de fornecer material para propagação (manivas) ou produção de forragem para a alimentação animal (VIDIGAL FILHO et al., 2000), mas especialmente, pelo fato do crescimento e produção da parte aérea favorecer o aumento da atividade fotossintética, com efeitos sobre a produção e acúmulo de carboidratos nas raízes (TAKAHASHI e BICUDO, 2005).

Os tratamentos também não apresentaram efeitos significativos sobre o índice de colheita (IC) de ambas as variedades avaliadas, o qual expressa relação entre a produção

de raízes e a produção total da planta. Alguns estudos (Conceição, 1983; Cock & El-Sharkaway, 1991) sugerem que valores de IC acima de 60 % são considerados satisfatórios por não representarem limitação ao rendimento da cultura. Todavia, como bem apontam Cardoso Júnior et al. (2005), os valores de IC isoladamente não fornecem informações relevantes sobre a produção e desenvolvimento da planta de mandioca.

A produção de raízes tuberosas (PRT) da variedade Sutinga não apresentou diferenças entre os tratamentos avaliados, embora a média geral de produção tenha sido maior que da IAC-12 (Tabela 5). Para a variedade IAC-12, os efeitos dos tratamentos foram significativos, sendo as maiores médias de PRT obtidas com os Tratamentos 3 (40 kg ha⁻¹ K₂O de KCl + 40 kg ha⁻¹ K₂O de remineralizador) e 5 (80 Kg/ha K₂O de remineralizador). Os resultados mostram que os efeitos da estratégia de associação da fonte convencional ao remineralizador (Tratamento 3), apresentou resultado superior ao Tratamento 2 que envolve apenas fonte convencional de K (80 Kg/ha K₂O de KCl), evidenciando o efeito condicionador do remineralizador sobre o potencial dos fertilizantes convencionais.

Tabela 5. Produção de Raízes Tuberosas PRT (t ha⁻¹) para as duas variedades em função dos tratamentos avaliados.

Tratamento	PRT (t ha ⁻¹)		Média
	SUTINGA	IAC-12	
1. Testemunha	32,9 a A	21,7 b B	27,3 A
2. Químico	34,3 a A	30,6 b B	32,4 A
3. Químico + REM(I)	36,0 a A	39,7 a A	37,8 A
4. REM(I)	33,1 a A	30,4 b B	31,7 A
5. REM(II)	36,2 a A	40,7 a A	38,4 A
6. REM(III)	42,2 a A	30,8 b B	36,5 A
Média	35,8 a	32,2 a	

Médias entre as variedades que segue a mesma letra maiúscula na linha e as médias entre os tratamentos que segue com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5 % de probabilidade.

Os efeitos dos tratamentos sobre a PART da variedade Sutinga também não foram significativos (Tabela 6), apesar da média geral dos tratamentos ter sido maior do que o registrado na variedade IAC-12. Na variedade IAC-12 houve diferença no efeito dos tratamentos sobre a PART, porém, o tratamento testemunha foi o único a se distinguir dos demais. De todo modo, ainda que a PART obtida para ambas as variedades esteja dentro da variação apontada como satisfatória por Fukuda et al. (2006), a variação na PART entre cultivares pode também ser influenciada por fatores como umidade do solo e idade da cultura (TORO & CAÑAS, 1982).

Tabela 6. Média para porcentagem de amido das raízes tuberosas PART (%) para os seis tratamentos em duas variedades de mandioca

Tratamento	PART				Média
	SUTINGA		IAC-12		
1 Testemunha	28,5	a A	21,5	b B	25,0 B
2 Químico	31,0	a A	29,0	a A	30,4 A
3 Químico + REM(I)	32,2	a A	31,1	a A	31,6 A
4 REM(I)	31,7	a A	30,0	a A	30,5 A
5 REM(II)	31,5	a A	32,0	a A	31,7 A
6 REM(III)	32,8	a A	28,8	a A	30,8 A
Média	31,3	a	28,9	b	

Médias entre as variedades que segue a mesma letra maiúscula na linha e as médias entre os tratamentos que segue com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5 % de probabilidade.

Os resultados apresentados na Tabela 7 resumem os efeitos dos tratamentos sobre a produção de MSRT, e assim como discutido sobre PART, não houve diferença significativa para a variedade Sutinga, enquanto que a diferença registrada na variedade IAC-12 foi registrada apenas no tratamento testemunha. Ainda assim, como a característica que determina o maior ou menor rendimento industrial dos diversos produtos derivados da mandioca é a matéria seca das raízes (SARMENTO, 1997), tornando desejável a obtenção de maiores teores de matéria seca associada à alta produtividade (VIDIGAL FILHO et al., 2000).

Tabela 7. Produção média de Matéria Seca das Raízes Tuberosas MSRT (%) para os seis tratamentos em duas variedades de mandioca.

Tratamento	MSRT				Média
	SUTINGA		IAC-12		
1 Testemunha	33,2	a A	26,1	b B	29,7 B
2 Químico	35,6	a A	34,5	a A	35,1 A
3 Químico + REM(I)	36,8	a A	35,7	a A	36,2 A
4 REM(I)	36,3	a A	34,0	a A	35,2 A
5 REM(II)	36,1	a A	36,7	a A	36,4 A
6 REM(III)	37,4	a A	33,5	a A	35,4 A
Média	36,0	a	33,5	b	

Médias entre as variedades que segue a mesma letra maiúscula na linha e as médias entre os tratamentos que segue com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5 % de probabilidade.

A análise de regressão demonstra a variação de produtividade das raízes tuberosas (PRT) em função da dose aplicada de remineralizador para a variedade Sutinga (Figura 2a) e IAC-12 (Figura-2b).

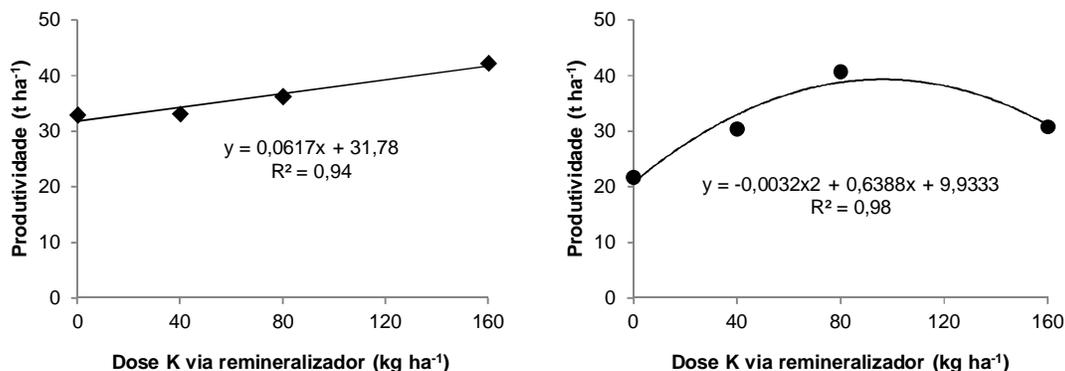


Figura 2. Produtividade de raízes das variedades em função das doses de remineralizador aplicadas na variedade Sutinga (a) e IAC-12 (b), colhidas aos 12 meses, no ano de 2013, no Município de Palmas, TO.

As curvas de respostas descritas pelas equações acima apontam que os melhores resultados de produtividade de raízes (PRT) foram obtidos com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, o que envolve a aplicação de 3,6 t ha⁻¹ do remineralizador. Todavia, conforme já discutido anteriormente, ainda que a produtividade de ambas variedades não tenha sido estatisticamente diferente com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O via remineralizador, a variedade Sutinga produziu 36,2 t ha⁻¹, resultado esse compatível com os registrados por Guimarães et al. (2009), enquanto a IAC-12 produziu 40,5 t ha⁻¹ de raízes tuberosas, muito superior àqueles obtidos por Rós-Golla et al. (2009). De modo geral, a produtividade de ambas variedades foram muito superiores à produtividade média nacional e do Estado do Tocantins (IBGE, 2008).

As estratégias de uso do remineralizador (pó de rocha), ou seja, em complementação (Tratamento 3) e em substituição (Tratamento 5) aos fertilizantes convencionais, apresentaram efeitos semelhantes sobre a produtividade de raízes da variedade IAC-12, resultados os quais revelaram-se superiores aos obtidos com a aplicação de apenas fontes convencionais de nutrientes.

Os resultados demonstram que a utilização do remineralizador (pó de rocha) apresenta efeitos positivos sobre a nutrição, crescimento e produção da cultura da mandioca, seja em substituição ou em complementação às fontes convencionais, nessa última agindo como condicionador de solo por ter aumentado a eficiência da fonte convencional solúvel (KCl).

6 CONCLUSÕES

As variedades mostraram-se adaptadas as condições edafoclimáticas, com produtividades superiores às médias estadual e nacional e com grande potencial para a obtenção de produtos derivados de amido de mandioca.

Os efeitos dos tratamentos foram significativos para a variedade IAC-12, revelando que ambas as estratégias de uso do remineralizador são tecnicamente viáveis e com efeito potencial na produção de raízes.

O remineralizador pode ser considerado uma fonte alternativa de potássio para a cultura da mandioca, e também um condicionador de solos capaz de potencializar os efeitos das fontes convencionais de nutrientes.

As maiores produtividades foram obtidas com a dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, o que corresponde a aplicação de 3,6 t ha⁻¹ do remineralizador na estratégia de substituição, e 1,8 t ha⁻¹ na estratégia de complementação às fontes convencionais.

7 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro à realização do Projeto Agricultores Experimentadores, aos colegas pesquisadores da Embrapa Cerrados e da Universidade de Brasília pela contribuição nas pesquisas de fontes alternativas de nutrientes e condicionadores de solos, e ao CERAT pelas informações que orientaram a escolha das variedades avaliadas.

8 REFERÊNCIAS

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DIFUSÃO DE ADUBOS. (2012). **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. ANDA, São Paulo-SP.

ANDRADE JÚNIOR et al. **Classificação climática do Estado do Piauí**. Embrapa Meio-Norte. Teresina, 2004, (Série Documentos, 86). 86 p.

BRASIL. **Instrução Normativa MAPA Nº 05**. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Publicado no DOU em 14 de maio de 2016.

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

COCK, J. H.; EL-SHARKAWAY, M. A. **Características fisiológicas para la selección de yuca**. In: HERSEY, C.H. (Ed.). Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Cali: CIAT: PNDU, 1991. p. 257-265.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1983. 382 p.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. **Mineralogia e Formas de Potássio em Solos Brasileiros**. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. (ED.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 91-122.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado**. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção, 8 ISSN 1678-8796. Versão eletrônica janeiro de 2003.

FADIGAS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C. & FREIXO, A. A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 699-705.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Estatística de dados alimentares e agrícolas – FAO STAT beta: Produção, Cassava, 2014**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>. Acesso em: novembro de 2016.

FUKUDA, W. M. G.; FUKUDA, C.; VASCONCELOS, O.; FOLGAÇA, J. L.; NEVES, H. P.; CARNEIRO, G. T. Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 7, p. 27-30, 2006.

GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agrônômica**, v. 14, p. 75-80, 1950.

GUIMARÃES, D. G.; VIANA, A. E. S.; MUNIZ, W. F.; CARDOSO, A. D.; GOMES, I. R.; FERNANDES, E. T.; MAGALHÃES, G. C.; ANJOS, D. N.; FOGAÇA, J. J. N. L. Avaliação de variedades de mandioca em Vitória da Conquista-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XIII., 2009, Botucatu. **Anais...** Botucatu: CERAT/UNESP, p. 235-239.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática. **Estatística da Produção Agrícola**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201303.pdf / . Acesso em: fevereiro de 2016.

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidades em solos lixiviados e arenosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Belo Horizonte. **Anais...** SBG. p. 137-145.

MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHI, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. J. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005 Recife. **Anais...** Recife: UFRPE/SBCS, 2005. (CD-rom).

MARTINS, E. S.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, C. G.; FURTINI NETO, A. E. (2010). **Materiais Silicáticos como Fontes Regionais de Nutrientes e Condicionadores de Solos**. In: F. R. C. Fernandes; A. B. da Luz; Z. C. Castilhos. (Org.). *Agrominerais para o Brasil*. 1ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, v. 1. p. 89-104.

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 59 p. (Série Estudos e Documentos, 61).

OLIVEIRA, L. A. M. **Potássio, Sumário Mineral – DNPM**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>. Acesso em: julho de 2008.

OLIVEIRA, S. L. de; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, C. C. P. Irrigação. In: SOUZA, L. S. et al. (Ed). **Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 292-300.

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

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; NASCIMENTO, M. T.; SOBRINHO, D. A. S.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SPUZA, A. L.; CORAZZA, E. J. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: I. respostas da soja e do milheto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. Recife, 2005. **Anais...** Recife: UFRPE/SBCS, 2005. (CD-rom).

RÓS-GOLLA, A.; ARAÚJO, H. S.; HIRATA, A. C. S. Produtividade de mandioca para indústria com 18 meses. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XIII., 2009, Botucatu. **Anais...** Botucatu: CERAT/UNESP, p. 529-533.

SARMENTO, S. B. S. **Caracterização da fécula de mandioca (*Manihotesculenta* Crantz) no período de colheita de cultivares de uso industrial.** 1997. 162 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1997.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B.; MENDES, A. M. S.; MORAIS, A. T. **Potencial de rocha silicáticas potássicas no fornecimento de macronutrientes para soja.** Disponível em: http://www.cpatas.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB934.pdf. Acesso em: setembro de 2014.

SOUZA, F. N. S. **Agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical.** Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Geologia. UnB/IGD, Brasília, 2014. 107p. (Tese de Doutorado). Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18064/1/2014_FredNewtondaSilvaSouza.pdf. Acesso em: maio de 2015.

TAKAHASHI, M.; BICUDO, S. J. Efeito da fertilização com nitrogênio, fósforo e potássio na produção e na qualidade nutricional do material de propagação da mandioca. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005, CAMPO GRANDE. **ANAIS...** Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. (CD-Rom).

TORO, J. C.; CAÑAS, A. **Determinación del contenido de materia seca y almidón em yuca por el sistema de gravedad específica.** In: DOMINGUEZ, C. E. (Comp.). Yuca: investigación, producción y utilización. Cali: CIAT, 1982. p.567-575.

VIANA, A. E.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, P. R.; SILVA, A. A. Efeito do

comprimento e de incisões no córtex da maniva sobre o cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1263-1269, 2001.

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

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. **Adubação potássica**. In: Sousa, D. M. G.; Lobato, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002, p.169-183.