

Uso da rochagem na produção de duas variedades de mandioca (*Manihot esculenta*)⁽¹⁾.

Fred Newton da Silva Souza⁽²⁾; **Juliana Mariano Alves**⁽³⁾;
Aliandeson Piva de Santana⁽⁴⁾; **Candice Colombo dos Santos**⁽⁵⁾;
Marcus Henrique Mateus e Silva⁽⁶⁾; **Leandro Ferreira Araújo**⁽⁷⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos dos Projetos RockBiocom (FINEP/MCTI) e Agricultores Experimentadores (CNPq).
⁽²⁾Professor/Pesquisador, Fundação Universidade do Tocantins – UNITINS/NUDAM, Palmas-Tocantins, fred.ns@unitins.br; ⁽³⁾Professora/Pesquisadora, UNITINS/NUDAM; ⁽⁴⁾Estudante, UNITINS; ⁽⁵⁾Pesquisadora, Bolsista/CNPq/UNITINS; ⁽⁶⁾Estudante, UNITINS; ⁽⁷⁾Pesquisador, Bolsista/CNPq/UNITINS.

RESUMO: A rochagem compreende uma técnica de remineralização do solo pela aplicação direta de rochas moídas ao solo, sobretudo daquelas pertencentes ao grupo das rochas silicáticas multinutrientes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de um pó de rocha como fonte alternativa de nutrientes na produção da cultura da mandioca. O experimento foi conduzido em Palmas-TO, região central do Estado do Tocantins, em um solo considerado de baixa fertilidade natural, e os tratamentos definidos em função de duas estratégias de uso da rochagem: uma em substituição e outra em complementação à fonte convencional de potássio, o cloreto de potássio (KCl). Também foram consideradas doses crescentes de pó de rocha a fim de verificar qual a dose ótima para a cultura. Os resultados confirmaram que o pó de rocha pode ser utilizado como fonte de potássio, com efeitos semelhantes à fonte convencional, e que as variedades responderam positivamente ao aumento das doses de pó de rocha. Os resultados demonstraram ainda que as variedades consideradas apresentam alta produtividade de raízes, e com efeitos importantes sobre o teor de amido e rendimento de farinha, além de alto potencial de produção de álcool.

Termos de indexação: pó de rocha; teor de amido; produção de etanol.

INTRODUÇÃO

Desde há muito tempo rochas moídas são utilizadas como corretivos e fertilizantes de solos para fins agrícolas. A rochagem consiste na remineralização do solo a partir de rochas silicáticas (Campe et al., 1996).

Como o território brasileiro é constituído, na sua maior parte, por solos ácidos e pobres em nutrientes, para torná-los produtivos são utilizadas quantidades elevadas de fertilizantes, os quais correspondem a cerca de 40% dos custos variáveis de produção. Além disso, e como apontam Curi et al. (2005), soma-se o fato de os solos brasileiros

serem pobres em minerais contendo K e apresentarem baixa capacidade de retenção de cátions, favorecendo perdas por lixiviação do K oriundo dos fertilizantes de alta solubilidade. Em quantidade, o potássio (K) é o segundo elemento fertilizante mais consumido na agricultura brasileira. Como praticamente inexistem no Brasil depósitos econômicos de potássio-K na forma de cloretos ou sulfetos, cerca de 90% do potássio utilizado como fertilizante no país é importado, gerando um déficit de US\$ 1,5 bilhão na balança comercial (Oliveira, 2008).

Os fertilizantes são fundamentais para agricultura brasileira, inclusive na produção de matéria-prima para a indústria de biocombustíveis (etanol), segmento no qual o Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial, sobretudo, para a garantia dos índices de produtividade e da competitividade do agronegócio. Neste sentido, o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI respaldado pela comunidade científica elegeu e priorizou alguns temas como o melhor uso do solo e agrominerais, e também o aproveitamento de resíduos e de subprodutos agroindustriais, fatores que afetam diretamente a produtividade da fase agrícola e industrial da cadeia produtiva de álcool.

Diante dessas constatações, o Projeto RockBiocom coordenado pela Embrapa Cerrados, e cujas ações no Estado do Tocantins são lideradas pela UNITINS/NUDAM, tem como objetivo ampliar e potencializar as ações e resultados bem sucedidos das pesquisas científicas sobre a identificação e caracterização de rochas e rejeitos minerais para uso na agricultura, e com isso promover o desenvolvimento de novas fontes e rotas tecnológicas de agrominerais para a produção de biocombustíveis líquidos. Soma-se ainda, o fato de encontrar-se em implantação uma Usina de Álcool no município de Porto Nacional - TO, onde se prevê a integração de 300 agricultores familiares, e o fomento a produção de 900 ha de mandioca como matéria-prima para a indústria.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial da rochagem como fonte

alternativa de nutriente na produção de mandioca na região central do Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias – CCA/UNITINS. O pó de rocha utilizado consiste em um rejeito de mineração gerado pelo Garimpo de Esmeraldas de Monte Santo-TO (Biotita Xisto). Esse material apresenta em sua composição química 3% de K_2O , 9% de CaO e 15% de MgO , elementos esses presentes nos minerais Biotita, Feldspatos e Anfibólios.

O experimento foi conduzido em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico, cujo teor de argila é menor que 16%. A **Tabela-1** resume a análise de caracterização do solo, o qual apresenta moderada acidez e baixo teor de potássio (K). Com base na análise físico-química do solo, não foi necessária calagem, especialmente pelo fato da saturação de bases (V%) situar-se acima de 50%.

O experimento de blocos em faixas envolveu duas variedades (Sutinga e IAC-12), seis tratamentos e três repetições. O plantio da mandioca seguiu o espaçamento padrão da região, ou seja, 1,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas. Os tratamentos (**Tabela-2**) foram definidos em função da fonte e da dose “D” de K_2O ($D= 80 \text{ Kg.ha}^{-1}$ de K_2O), ou seja: (1) testemunha absoluta; (2) cloreto de potássio (dose D); (3) cloreto de potássio associado ao pó de rocha (dose D+D); e (4, 5 e 6) pó de rocha (doses D, 2D e 4D). Todos os tratamentos receberam adubação de fósforo no plantio (80 Kg.ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples). Aos 45 e 90 dias após o plantio foi realizada capina mecânica e adubação de cobertura com nitrogênio ($40 + 40 \text{ Kg.ha}^{-1}$ de N na forma de sulfato de amônio).

O plantio da mandioca foi realizado no dia 23/12/2011. As variedades utilizadas (Sutinga e IAC-12) foram recomendadas pelo Centro de Estudos de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT/UNESP), sobretudo por apresentarem alta produtividade e alto teor de amido, o que favorece a produção de álcool.

Parâmetros avaliados

A avaliação levou em conta todas as plantas das parcelas/tratamentos, e os seguintes aspectos fisiológicos e produtivos da cultura:

AP: altura de plantas do nível do solo até a extremidade mais alta da planta;

APR: altura da primeira ramificação desde o nível do solo;

DR: diâmetro da rama a 5 cm do nível do solo;

PPA: peso da parte aérea das plantas cortadas a 5 cm do solo convertidos para $t.ha^{-1}$;

PRT: peso das raízes convertidos para $t.ha^{-1}$;

IC: índice de colheita obtido pela relação $(PRT/PRT+PPA) \times 100$;

MS: matéria seca das raízes tuberosas determinada pelo método da balança hidrostática e aplicação da equação $MS = 15,75 + 0,0564 R$, onde R = peso de 3 Kg de raízes imersa em água (Grossmann e Freitas, 1950);

PA: percentagem de amido das raízes tuberosas determinada pela subtração da constante 4,65 do teor de matéria seca (Grossmann e Freitas, 1950);

RF: rendimento de farinha calculado através da equação $Y = 2,56576 + 0,075261 X$, onde X = R (Fukuda e Guevara, 1998).

Análise estatística

Todos os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, e envolveram análise de variância e teste de médias (Tukey, 5%) realizadas com o auxílio do Software SISVAR. Adicionalmente, foi definida a equação de resposta produtiva ($t.ha^{-1}$) em função da dose ($Kg.ha^{-1}$ de K_2O).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos aspectos fisiológicos de desenvolvimento da cultura estão apresentados na **Tabela-3**, onde se observa que de maneira geral a variedade Sutinga apresenta melhor resposta aos tratamentos do que a variedade IAC-12. Ainda com base nos resultados de altura das plantas (AP), altura da primeira ramificação (APR) e diâmetro da rama (DR) nota-se correlação positiva para as doses de pó de rocha.

Na **Tabela-4** são apresentados os resultados de produção de parte aérea (PPA), produção de raízes tuberosas (PRT) e o índice de colheita (IC) para ambas as variedades, os quais foram estatisticamente semelhantes para todos os tratamentos. Assim como nos aspectos fisiológicos, nota-se que o aumento da dose de pó de rocha resultou em ganhos proporcionais na produção da parte aérea e de raízes. Os resultados de produção de raízes tuberosas (PRT) de ambas as variedades superam a produtividade média brasileira que é de $14 t.ha^{-1}$ (FAO, 2012).

A análise de regressão mostrou que a produção de raízes tuberosas em função das doses de pó de rocha aplicadas (80, 160 e 320 Kg.ha^{-1} de K_2O) foi linear na variedade Sutinga, enquanto que para a variedade IAC-12 os resultados ajustaram-se melhor à equação de 2º grau conforme descrito a seguir:

Sutinga: $y=0,0309x+31,78$ e $r^2 = 0,94$

IAC-12: $y=-0,0003x^2+0,1663x+21,01$ e $r^2=0,97$

As curvas de respostas descritas pelas equações acima apontam que ambas as variedades apresentam produção de raízes acima de 35 t.ha^{-1} com a dose de 105 Kg.ha^{-1} de K_2O , obtida com a aplicação de $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$ do pó de rocha.

Os resultados de teor de matéria seca (MS), teor de amido (PA) e rendimento de farinha (RF) são apresentados na **Tabela-5**, onde se constata que a exceção do tratamento testemunha, todos os outros tratamentos foram estatisticamente semelhantes. Ainda em relação ao teor de amido (PA) ambas as variedades apresentaram resultados que podem ser considerados interessantes do ponto de vista da produção de álcool. Isso, pois tomando por base os valores de referência de Salla (2008), onde 01 tonelada de mandioca com 33% de amido produz 210 litros de etanol (99,5 GL), os resultados obtidos indicam que a variedade IAC-12 proporcionaria produção de 6,3 a 8,4 mil L.ha^{-1} , enquanto a variedade Sutinga de 6,9 a 8,8 mil L.ha^{-1} de álcool.

Os resultados de rendimento de farinha (RF) são considerados adequados, pois independente dos tratamentos situaram-se sempre acima de 25%. Assim, aliando-se teor de amido (PA) e rendimento de farinha (RF), ambas as variedades são apropriadas à indústria de farinha.

CONCLUSÕES

As diferenças no desenvolvimento fisiológico das plantas não resultou com efeito sobre o comportamento produtivo das variedades.

As variedades mostraram-se adaptadas as condições adafoclimáticas, com produtividades superiores às médias estadual e nacional.

As variedades são consideradas de alta produtividade de raízes e rendimento de farinha, com grande potencial para a produção de álcool.

A inexistência de diferença estatística significativa entre os tratamentos permite afirmar que o pó de rocha pode ser considerado fonte alternativa de potássio para a cultura da mandioca.

Os resultados do tratamento KCI+PR-I mostra que o pó de rocha pode ser considerado um condicionador de solo uma vez que potencializou o efeito da fonte convencional de nutriente.

AGRADECIMENTOS

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para as pesquisas de rochagem realizadas pelo Núcleo de Desenvolvimento e Avaliação de Desempenho Ambiental – NUDAM/UNITINS.

REFERÊNCIAS

CAMPE, J. O'BRIEN, T.A. BARKER, A.V. Soil remineralization for sustainable agriculture. *Remineralise the Earth*, Spring, p. 141-164.1996.

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.

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. 2012. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acessado em: 13 de maio de 2013.

FUKUDA, W.M.G. e GUEVARA, C.L. Descritores morfológicos e agrônômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Cruz das Almas, BA: Embrapa-CNPMPF, 1998, 38 p. (Embrapa-CNPMPF. Documentos, 78).

GROSSMANN, J. e FREITAS, A.C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. *Revista Agrônômica*, 1950. v.160/162, n.4, p.75-80.

OLIVEIRA, L.A.M. Potássio, Sumário Mineral – DNPM. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br> (acesso em 12 de julho de 2008).

SALLA, D.A. Análises energética de sistemas de produção de etanol a partir da mandioca, da cana-de-açúcar e do milho. Faculdade de Ciências Agrônômicas/ UNESP, Botucatu-SP, 2008. 168 p (tese de doutorado).

TÁVORA, J.E.M. Reservas minerais de potássio e suas explorações. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira: Anais... Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.37-50.

Tabela 1. Laudo analítico da composição química do solo.

pH	P	K	Al	Ca+MG	Ca ⁺⁺	H+Al	MO
CaCl ₂ mg/dm ³ m.e./100cc				%
4,60	0,30	12,0	0,20	1,80	1,20	2,20	0,90

Tabela 2. Descrição dos tratamentos que compõem o experimento.

Tratamento	Fonte de K	Dose (kg.ha ⁻¹ K ₂ O)	Outros nutrientes
1. Testemunha	-----	0	+
2. Químico	KCl	80	+
3. Químico + PR-I	KCl+Pó de Rocha	80 + 80	+
4. PR-I	Pó de rocha	80	+
5. PR-II	Pó de rocha	160	+
6. PR-III	Pó de rocha	320	+

Tabela 3. Resultados de altura da planta (AP), altura da primeira ramificação (APR) e diâmetro da rama (DR) para as respectivas variedades e tratamentos.

Tratamento	AP (cm)		APR (cm)		DR (mm)	
	IAC-12	Sutinga	IAC-12	Sutinga	IAC-12	Sutinga
Testemunha	117,0 b	158,9 b	97,9 c	134,8 b	23,8 a	26,6 a
KCl	157,9 ab	162,4 b	120,3 b	134,0 b	27,9 a	26,8 a
KCL+PR-I	167,1 a	197,5 ab	134,1 ab	139,7 ab	29,4 a	25,7 a
PR-I	160,5 ab	183,2 ab	141,1 ab	146,0 ab	25,8 a	23,5 a
PR-II	162,5 ab	196,9 ab	136,5 ab	149,0 ab	30,9 a	27,5 a
PR-III	171,9 a	205,1 a	143,5 a	161,2 a	30,1 a	28,3 a
C.V. (%)	10,9	8,2	6,0	5,4	14,2	11,5

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 4. Resultados de produção da parte aérea da planta (PPA), produção de raízes tuberosas (PRT) e índice de colheita (IC) para as respectivas variedades e tratamentos.

Tratamento	PPA (t.ha ⁻¹)		PRT (t.ha ⁻¹)		IC (%)	
	IAC-12	Sutinga	IAC-12	Sutinga	IAC-12	Sutinga
Testemunha	13,0 a	19,4 a	21,7 a	32,9 a	61,7 a	97,0 a
KCl	17,8 a	16,5 a	30,1 a	34,3 a	62,5 a	97,6 a
KCL+PR-I	20,6 a	20,3 a	39,7 a	36,0 a	65,8 a	96,9 a
PR-I	15,5 a	15,6 a	30,4 a	33,1 a	66,4 a	97,8 a
PR-II	24,9 a	21,6 a	40,7 a	36,2 a	61,7 a	96,7 a
PR-III	21,8 a	27,1 a	40,8 a	42,2 a	65,2 a	95,7 a
C.V. (%)	24,4	29,0	22,4	37,2	11,1	0,8

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 5. Resultados de teor de matéria seca (MS), teor de amido (PA) e rendimento de farinha (RF) para as respectivas variedades e tratamentos.

Tratamento	MS (%)		PA (%)		RF (%)	
	IAC-12	Sutinga	IAC-12	Sutinga	IAC-12	Sutinga
Testemunha	26,2 b	33,2 a	21,5 b	28,6 a	16,5 b	25,9 a
KCl	34,5 a	35,7 a	29,9 a	31,0 a	27,7 a	29,2 a
KCL+PR-I	35,8 a	36,8 a	31,1 a	32,2 a	29,3 a	30,7 a
PR-I	34,1 a	36,3 a	29,4 a	31,7 a	27,0 a	30,0 a
PR-II	36,7 a	36,2 a	32,1 a	31,5 a	30,5 a	29,8 a
PR-III	33,5 a	37,5 a	28,9 a	32,8 a	26,3 a	31,5 a
C.V. (%)	6,2	6,5	7,1	7,4	10,5	10,5

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.