

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE CANA DE AÇÚCAR SOB ADUBAÇÃO DE ROCHA BASÁLTICA COM BIOSOLUBILIZADORES DE FÓSFORO

GROWTH AND DEVELOPMENT OF SUGARCANE FERTILIZED WITH BASALT ROCK WITH PHOSPHORUS BIOSOLUBILIZERS

Andreia Maria Faria Macena¹; João Marcos Jacomini Petita²; Mateus da Silva Biasotto³; Alexandre Bernardino⁴; José Petruise Ferreira Junior⁵; Rogério Lavanholi⁶

¹ Doutora em agronomia e engenheira agrônoma, Docente na UMFG, andreia.macena@umfg.edu.br

² Graduando em agronomia, Discente na UMFG, joao_petita@hotmail.com

³ Graduando em agronomia, Discente na UMFG, mateus.silva.ms630@gmail.com

⁴ Graduando em agronomia, Discente na UMFG, bernadinho@ms630@gmail.com

⁵ Mestre em agronomia e engenheiro agrônomo, Docente na UMFG, jose.junior@umfg.edu.br

⁶ Doutor em agronomia e engenheiro agrícola, Docente na UMFG, agronomia@umfg.edu.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação de base com pó de rocha combinados a biossolubilizadores de fósforo na cultura da cana-de-açúcar. O experimento fica implementado na Fazenda Experimental da Faculdade UMFG, localizada em Cianorte - PR. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Os tratamentos foram T1- Testemunha (sem adubação de base), T2 – Adubação Padrão + MAP (fosfato monoamônico); T3 - Adubação Padrão + Solubilizadores de fósforo (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*) T4 -Adubação Padrão + Pó de Rocha + Solubilizadores de fósforo (*B.subtillus* + *B. megaterium*). A combinação da rochagem com a biossolubilização promoveu incremento no crescimento das plantas e teor de clorofila significativos comparação aos demais tratamentos.

Palavras-chave: Pó-de-rocha. Biossolubilização. Fósforo. Adubação.

ABSTRACT

The objective of this work and study is to evaluate the effects of fertilization on sugarcane cultivation, using basaltic rock powder in conjunction with phosphorus-solubilizing bacteria (*Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium*). The experiment is located at the Experimental Farm of the UMFG Faculty and consists of a randomized block design with 4 treatments and 4 replications, totaling 16 experimental plots. The treatments are T1 - Control (without base fertilization), T2 - Standard Fertilization + MAP, T3 - Standard Fertilization + Phosphorus Solubilizer (*Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium*), T4 - Standard Fertilization + Rock Powder + Phosphorus Solubilizer (*Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium*). The combination of rock rocking and biosolubilization promoted a significant increase in plant growth and chlorophyll content compared to other treatments.

Keywords: Rock dust. Bacteria. Phosphorus. Fertilizing.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), é uma das culturas mais importantes do cenário agrícola mundial e nacional. A iminente escassez das reservas de petróleo, principal fonte energética mundial, juntamente com as preocupações da sociedade com a preservação ambiental, são os principais motivos que levaram os governos a buscarem estratégias para uma maior produção e maior consumo de combustíveis que sejam renováveis e sustentáveis, (SANTOS, et al, 2011).

No Brasil a primeira estimativa, da safra 2023/24, aponta para um aumento na produção de cana-de-açúcar, quando comparada à última safra. A estimativa é de crescimento de 4,4% em relação à safra 2022/23, resultando em uma produção de 637,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. O país deverá destinar 8.410,3 mil hectares de cana-de-açúcar para a colheita, com um rendimento médio de 75.751 kg/ha. O maior crescimento de área é justificado pelo aumento de áreas de expansão e renovação, o que impacta diretamente na produtividade, uma vez que os primeiros cortes possuem um maior rendimento. Além disso, as condições climáticas, para essa safra, vêm se apresentando ainda melhores que na safra 2022/23 (CONAB, 2023).

Os solos brasileiros, em sua maioria, são originalmente ácidos e pobres em nutrientes, aspecto agravado pelo contínuo uso que resulta em empobrecimento da fertilidade e redução dos teores de matéria orgânica ao longo dos anos (PERIN et al., 2003). Dessa forma, o incremento da produtividade da cultura da cana de açúcar que torna cada vez mais dependente do uso de fertilizantes.

A cada ano vem se aumentando a busca por fertilizantes, porém um dos grandes desafios são a utilização de fontes de nutrientes renováveis e de menores custos, como de resíduos orgânicos e minerais localmente disponíveis, eliminando ou reduzindo gradativamente a utilização de adubos minerais de alta solubilidade conhecidos como fertilizantes químicos.

Os fertilizantes solúveis possuem custos elevados associados ao beneficiamento e ao transporte a longas distâncias, criam problemas ambientais, como eutrofização de águas superficiais e subsuperficiais e liberação de gases poluentes na atmosfera (MARTINS et al., 2010; MANNING, 2010).

Além disso, necessitam de fontes não renováveis de energia no seu processamento e dependem da utilização de recursos minerais não renováveis, escassos e mal distribuídos entre os países (FOLEY et al., 2005; FIXEN; JOHNSTON, 2012). Estes problemas têm exigido a busca por alternativas e uma delas tem sido a utilização de rochas silicatadas.

O uso de rochas silicatadas como fonte de nutrientes na agricultura é uma prática antiga (GILLMAN, 1980; HENSEL, 2003; WINIWARTER; BLUM, 2008), mas que foi, de certa forma, esquecida com o advento do uso de fertilizantes solúveis. Atualmente no Brasil, a revalorização recente desta prática está ligada a três motivações principais dentre as quais: busca por alternativas para as fontes de nutrientes importadas (especialmente K), pois o país é um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes; necessidade de aproveitamento de grandes quantidades de rejeitos de pedreiras e mineradoras e a expansão das correntes de agricultura de bases agroecológicas, com restrições ao uso de fertilizantes solúveis e estímulos à utilização de recursos localmente disponíveis (CARVALHO, 2012).

O basalto é formado por inúmeros minerais silicatados sendo um importante material de origem de solos, contribuindo para a fertilidade em função do predomínio de minerais facilmente intemperados e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio-sódicos e piroxênios (RESENDE et al., 2002).

A aplicação dos resíduos desta rocha basáltica, incluindo o pó de rocha proporciona a adição de colóides negativos devido à presença de sílica, que retém cátions como o Ca, Mg e K, evitando que sejam lixiviados pela água (KAVALERIDZE, 1978).

Embora a utilização do pó de rocha apresente inúmeras vantagens agronômicas, ambientais e sociais. Ainda assim, um fator técnico bastante limitante para o emprego em sistema agrícola com cultivo de espécies anuais (temporárias) e produção de mudas seria devido a sua lenta solubilização dos minerais presentes (HARLEY, 2000).

Uma opção para acelerar o processo de solubilização seria por meio da técnica de biossolubilização que consiste no uso de microrganismos que podem diminuir substancialmente o tempo necessário para a solubilização dos nutrientes presentes no pó de rocha basáltica. O pó de rocha solubilizado quando adicionado ao solo beneficia a microbiota e funcionamento do solo, permitindo diminuir com gastos em corretivos e fertilizante solúveis (RESENDE, 2000).

Dentre os diferentes grupos de microrganismos do solo que possuem potencial na biossolubilização de nutrientes, destacam-se as bactérias dos gêneros *Rhizobium* (SRIDEVI & MALLAIAH, 2009), *Paenibacillus* (LAL & TABACCHIONI, 2009; Wang et al., 2012), *Bacillus* (Silva Filho & Vidor, 2001), e entre os fungos os *Aspergillus* e *Penicillium* (LOPES-ASSAD et al., 2006; LIAN et al., 2008).

Com base neste assunto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação de base com o pó-de-rocha basáltica em combinação com o uso de bactérias solubilizadora de fósforo, sob mudas transplantadas cana-de-açúcar no campo.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Faculdade UMFG, localizada no município de Cianorte - PR, durante a safra agrícola de 2022/2023. As coordenadas da área experimental são: 24° 05' 36,1" de latitude Sul (S) e 52° 23' 38,1" de longitude Oeste (W), com 628 metros de altitude.

Foram produzidas mudas utilizando a variedade CTC 20 pelo método MPB (Mudas pré brotadas) de acordo com a técnica do IAC (ANJOS, 2013). As caixas de brotação foram acondicionadas sob temperatura e umidade controladas. Todo o ciclo de produção durou em média 60 dias após o plantio (Fig.1) e após a produção das mudas as mesmas foram transplantadas no campo no dia 17/12/2022.

Figura 1 – Mudas pré brotadas com 60 dias após o plantio



Fonte: Mateus da Silva Biasotto, Cianorte-PR, 2023

O delineamento experimental no campo foi constituído de bloco casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Cada parcelas

experimentais foram constituídas de três linhas com espaçamento de 0,90 cm entre linhas e 6 metros de comprimento, totalizando área de 16,2 m².

Os tratamentos foram T1- Testemunha (sem adubação de base), T2- Adubação Padrão + MAP (Fosfato monoamônico), T3 - Adubação Padrão + Solubilizador fósforo (*B.subtilis* + *B. megaterium*), T4 - Adubação Padrão + Pó de Rocha + Solubilizador fósforo (*B.subtilis* + *B. megaterium*). A adubação padrão aplicada foi 30Kg/ha de N; 150Kg/ha de P e 150 Kg/ha de K. As quantidades foram calculadas com base nos resultados da análise química do solo e na necessidade da cultura.

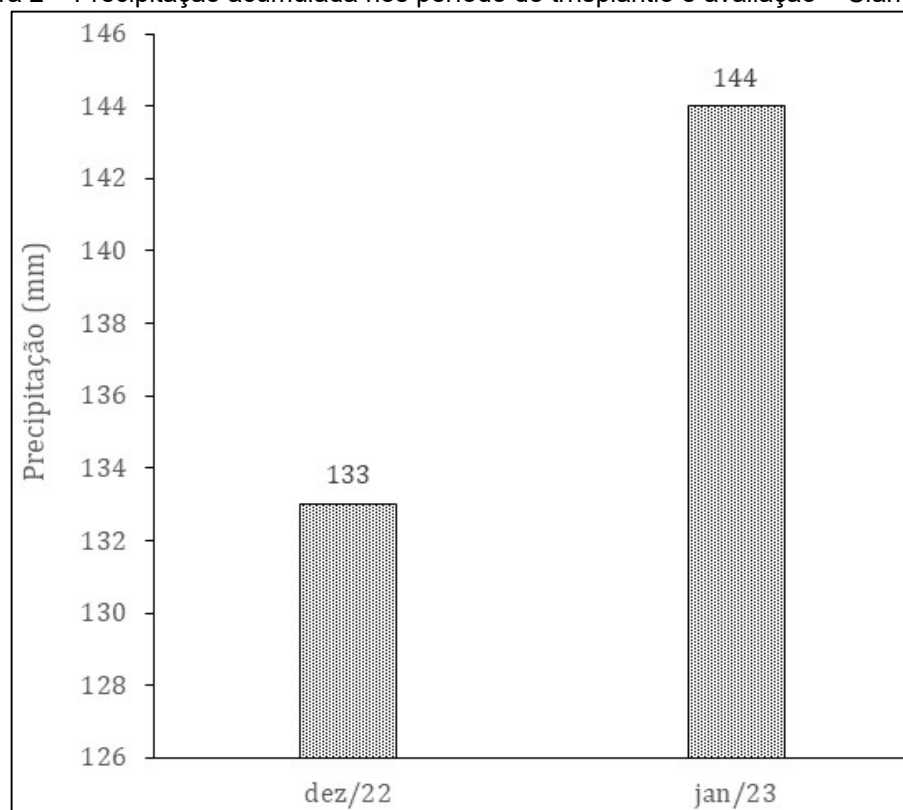
A aplicação de *B.subtilis* e *B. megaterium* foi realizado no sulco de plantio na dose de 500 ml/ha utilizando um pulverizador costal tipo costal pressurizado por CO₂ (45 lb.pol2), equipado de barra de aplicação com quatro pontas KYUMY de jato “leque simples amarelo” KFAD 110-02, espaçadas 0,5 metros uma da outra. Na fase de perfilhamento da cultura iniciaram as avaliações das as variáveis.

Foram avaliados o número de perfilhos, teor de clorofila, comprimento de colmo e altura de planta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos, foi aplicado o teste de Tukey (P<0.05).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos meses referente ao transplântio em Dezembro, as condições ambientais foram favoráveis, a precipitação de 133 mm contribuiu para que a operação ocorresse com condições de umidade de solo ideal. (Fig.2)

Figura 2 – Precipitação acumulada nos períodos de transplântio e avaliação – Cianorte – PR



Fonte: Estação Meteorológica, Cianorte - PR, 2023

Aos 45 dias do plantio (DAP) foi realizada a primeira avaliação da altura de plantas e dos teores de clorofila dos tratamentos (Figura 3). O teor de clorofila foi avaliado utilizando um

medidor portátil Minolta SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development).

Figura 3 – Plantas avaliadas aos 45 DAP



Fonte: Mateus da Silva Biasotto, Cianorte-PR, 2023

De acordo com resultados obtidos, foi observado que crescimento em altura aos 45 DAP foram significativamente maiores nos tratamentos a adubação de base padrão combinado com biofertilizantes (T3) ou de base padrão combinado com rotação e biofertilizantes (T4). (Fig.4).

Os tratamentos com biofertilizantes de fósforo contribuíram com crescimento em altura, visto que, o aumento da disponibilidade deste elemento está relacionados reações de

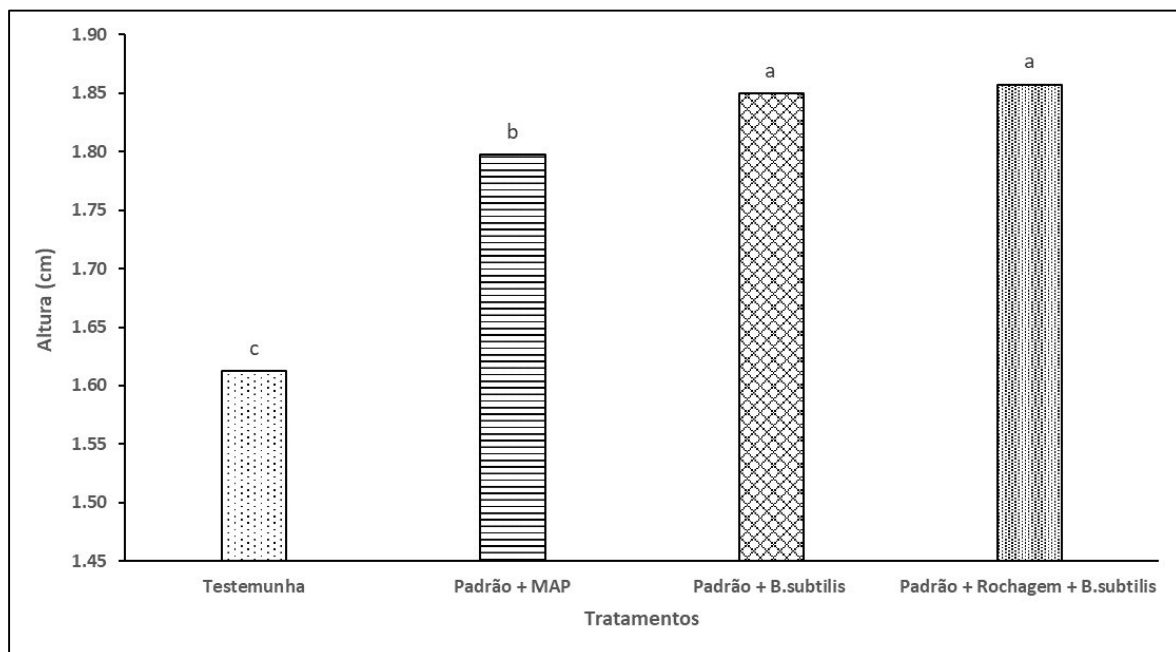
esterificação com açúcares e outros compostos envolvidos na fotossíntese, respiração e multiplicação celular para favorecerem o crescimento da planta.

Na variável teor de clorofila, observou a mesma tendência a observado no crescimento em altura das plantas, sendo que nos tratamentos T3 e T4 foram constatados os maiores teores de clorofila (Fig.5).

Segundo Piekielek et al. (1995), o teor de clorofila na folha é utilizado para prever o nível nutricional de nitrogênio nas plantas, pelo fato de a quantidade desse pigmento correlacionaram com o teor de N na planta. Argenta et al. (2000a) afirmaram que a leitura realizada com clorofilômetro estima com boa precisão o teor de clorofila nas folhas de milho, sendo o monitoramento do nível de nitrogênio nas plantas eficiente parâmetro para separar plantas com deficiência e com nível adequado desse nutriente.

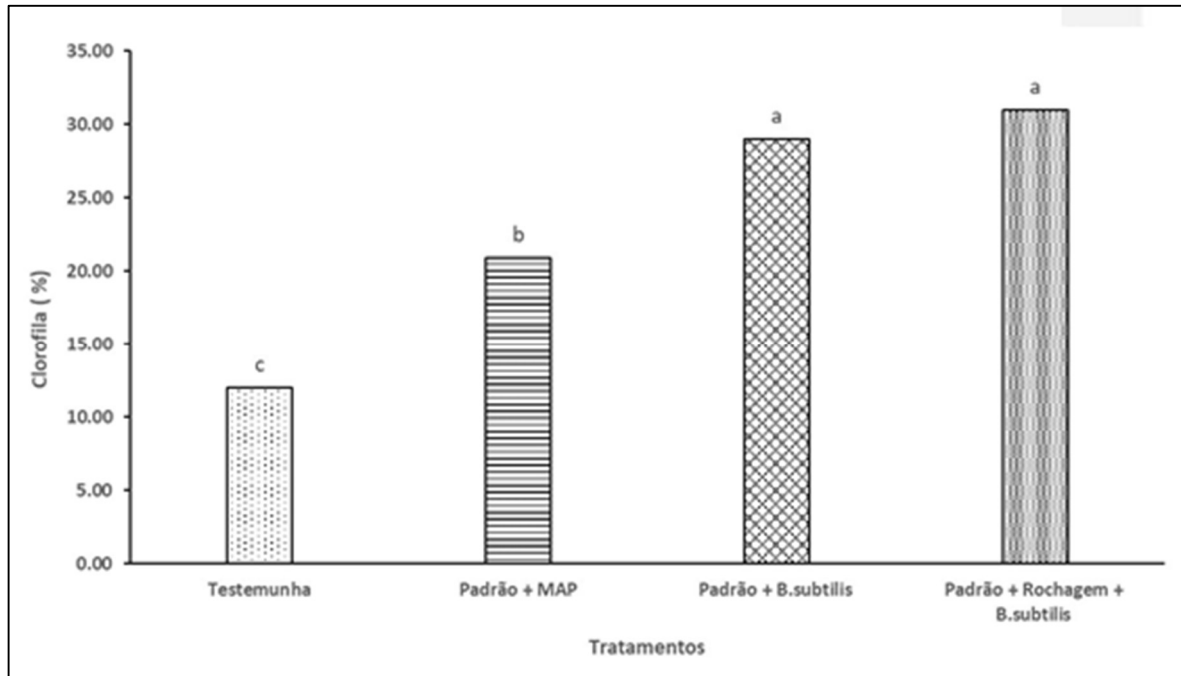
Além disto, deficiência de P, reduzindo a absorção de N, tem sido observada na literatura (NOVAIS & SMYTH,1999). Plantas de milho com o sistema radicular dividido e alocado em vasos com duas disponibilidades de fósforo apresentaram sintomas de deficiência de nitrogênio em um dos lados da folha, em relação à nervura central o que mostra a inter-relação para esses dois nutrientes. Com base, neste afirmações e com resultados obtidos, fica evidente que os tratamentos que receberam as bactérias solubilizadores de fósforo apresentaram maior aporte de N na folha.

Figura 4 - Altura de plantas (cm) avaliadas aos 45 dias após plantio das mudas no campo. Cianorte – PR, Safra 2023.



Fonte: Andreia Maria Faria Macena (2023).

Figura 5 – Teor de clorofila avaliadas aos 45 dias após plantio das mudas no campo. Cianorte – PR, Safra 2023



Fonte: Andreia Maria Faria Macena (2023)

Após a avaliação no início de perfilhamento, área experimental está sendo conduzida para colheita e quantificação de parâmetros produtivos, como também referente a produção de biocombustível. (Fig 6).

Figura 6 - Área experimental com 180 dias após o transplântio das mudas Cianorte – PR, Safra 2023



Fonte: Andreia Maria Faria Macena (2023)

4 CONCLUSÕES

A biossolubilização foi eficiente para promover o crescimento em altura e aumento do teor de clorofila até os 45 dias após o plantio.

A combinação da rochagem com a biossolubilização promoveu incremento no crescimento das plantas e no teor de clorofila em comparação aos demais tratamentos.

A biossolubilização demonstrou ser uma prática eficiente para promover o crescimento inicial na cultura da cana de açúcar. Já o uso da rochagem precisará ser melhor investigado quando combinado com a biossolubilização.

REFERÊNCIAS

ANJOS, I.A. et al. (2013) Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizada. Instituto Agrônômica IAC, 16p

BRASIL. **Lei Nº. 12.890** - Altera a Lei n. 6.894 para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial da União – Palácio do Planalto. 2013. Disponível em <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/112213899/lei-12890-13>. Acesso em 15 de agost. 2023.

BRASIL. **Instrução Normativa 5** - Regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial. 2016.

CARVALHO, A.M.X. Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. Viçosa, 2012. 129 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa

CERRI, M.O.; FUTIWAKI, L.; JESUS, C.D.F.; CRUZ, A.J.G.; BADINO, A.C. Average shear rate for non-Newtonian fluids in a concentric-tube airlift bioreactor. **Biochemical Engineering Journal**, v. 39, p. 51-57, 2008.

CORRÊA, VINÍCIUS MANTELATO BOMFIM. **Pó de rocha basalto aplicado à lanço e no sulco de plantio de cana-de-açúcar em ambiente restritivo de cerrado**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/236248>>. especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial. 2016.

FIXEN, P. E.; JOHNSTON, A. M. World fertilizer nutrient reserves: a view to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 92: 1001-1005, 2012.

FOLEY, A. F. et al. **Global Consequences of Land Use**. Science, 309: 570-575, 2005.

GILLMAN G. P. **The effect of crushed basalt scoria on the cation ex- change properties of a highly weathered soil**. Soil Science Society of America Journal, 44: 465-468, 1980.

HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. **Factors influencing the release of plant nutrients from silicate rock powders: a geochemical overview**. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 56, 11-36. 2000.

KAVALERIDZE, W. C. **Nossos solos: formação, vida dinâmica, tratamento e conservação**. 2. ed. Curitiba, 1978. 168 p.

LAL, S.; TABACCHIONI, S. **Ecology and biotechnological potential of Paenibacillus polymyxa: a minireview**. Indian Journal Microbiology, 49, p. 2–10, 2009.

LEAKE, H. M. **Soil rejuvenation in Mauritius**. International Sugar Journal, 52: 117- 118, 1950.

LIAN, B.; WANG, B.; PAN, M.; LIU, C.; TENG, H. H. **Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus Aspergillus fumigatus**. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 72, p. 87-98, 2008.

LOPES-ASSAD, M. L.; ROSA, M. M.; ERLER, G.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; **Solubilização de pó-de-rocha por Aspergillus niger**, Espaço & Geografia, v. 9, n.1, p. 1-17, 2006.

Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista brasileira de ciencia do solo, 34(4), 1137–1145. Disponível em:< <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000400013>>.

MARTINS, E. S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C. G.; et al. **Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos**. In: FERNANDES, F. R.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

OTTO, R., VITTI, G. C., & LUZ, P. H. de C. (2010). **Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista brasileira de ciencia do solo**, 34(4), 1137–1145. Disponível em:< <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000400013>>.

PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista**

R CORE TEAM.R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 3.5.1. 2018.

RESENDE, M.D.V. de 2002. **Genética Biométrica e estatística no melhoramento de plantas perene**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 975p.

ROSA, M.M. et al. **WORKSHOP DE GRUPO DE PESQUISA**, 3., 2007, São Carlos.

SANTOS, F. A., QUEIRÓZ, J. H. DE, COLODETTE, J. L., FERNANDES, S. A., GUIMARÃES, V. M., & REZENDE, S. T. (2012). **Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Química nova**, 35(5), 1004–1010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000500025>>.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. **Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 12, p. 1495-1508, 2001.

SRIDEVI, M.; MALLAIAH, K. V. **Phosphate solubilization by Rhizobium strains.** Indian Journal of Microbiology, v. 49, p. 98–102, 2009.

THEODORO, S. DE C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural.** [s.l.] Universidade de Brasília, 2000.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H. **The use of to improve Family agriculture in Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 78, n. 4, p 721-730.2006.

TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; et al. **Forecasting agriculturally driven global environmental change.** Science, 292: 281-284, 2001.

WANG, Y.; SHI, Y.; LI, B.; SHAN, C.; IBRAHIM, M.; JABEEN, A.; XIE, G.; SUN, G. **Phosphate solubilization of Paenibacillus polymyxa and Paenibacillus macerans from mycorrhizal and non-mycorrhizal cucumber plants.** African Journal of Microbiology Research, v. 6, n. 21, p. 4567-4573, 2012.

WINIWARTER, V.; BLUM, W. E. H. **From marl to rock powder: on the history of soil fertility management by rock materials.** Journal Plant Nutrition and Soil Science, 171: 316-324, 2008.