



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**



**EFEITO DA ROCHAGEM NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE
PLANTAS DE BATATA**

DIULIE TALITA MOREIRA

Araras

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**



EFEITO DA ROCHAGEM NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE BATATA

DIULIE TALITA MOREIRA

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Agrônômica – CCA – UFSCar
para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Roberto Soares

**Araras
2016**

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, obrigada por esta conquista! Não há maior recompensa na vida que atingir qualquer meta através de nosso esforço. Aos meus pais, Claudemiro Moreira e Jacira Moreira, pelo apoio.

As minhas irmãs, Dyécica e Gabrieli pelo companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Meu amado Deus, eu lhe sou muito grata por este presente maravilhoso que é a vida. Agradeço também pelas pessoas que o Senhor colocou em meu caminho. Alguns deles me inspiram, me ajudam, me desafiam e me encorajam a ser cada dia melhor.

Ao Prof. Dr. Marcio Roberto Soares, pela orientação, ensinamentos e amizade durante toda a graduação.

A minha mãe Jacira Moreira, meu pai Claudemiro Moreira e minhas irmãs Dyecica e Gabrieli, enfim, toda minha família que confiou em mim e me apoiou em todos os momentos.

As minhas amigas, Amanda, Camila, Kizzy, Bruna que foram muito importantes durante esses cinco anos, pelos momentos vividos e histórias compartilhadas.

A minha amiga Ana Lígia, pelo apoio e execução deste trabalho.

Ao meu namorado Igor pela ajuda, compreensão e companheirismo.

Ao amigo Alberto Amaral por toda a confiança e incentivo.

À empresa Agrooceanica, pela concessão dos agrominerais e materiais testados.

À empresa Pedro Candido Rytsi Hayashi, pela concessão dos tubérculos de batata.

A todos os professores que contribuíram para minha formação profissional e que sempre me incentivaram nesse caminho.

A Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-Campus Araras) pela formação acadêmica.

A todos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes no cumprimento de mais uma importante etapa da minha vida.

“Saiba que são suas decisões e não suas condições que determinam seu destino”

Anthony Robbins.

EFEITO DA ROCHAGEM NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE BATATA

Autor: DIULIE TALITA MOREIRA

Orientador: Prof. Dr. MARCIO ROBERTO SOARES

RESUMO

O Brasil é considerado um país com extremo potencial de produção agrícola, mas com grande dependência de importação de fertilizantes. A área plantada com a cultura da batata no país está estimada em 130 mil ha. Trata-se de uma cultura exigente em nutrientes, que consome cerca de 1,5 t de fertilizantes por ha. Uma alternativa para aumentar a qualidade e a produtividade da batata e tornar o sistema produtivo mais sustentável é a aplicação da técnica conhecida como rochagem. Este trabalho teve como objetivo a avaliação de parâmetros de crescimento e de produtividade da batata variedade Ágata, cultivada sob diferentes fontes e doses crescentes de pó de rocha. O experimento foi realizado no período de junho a outubro, em casa de vegetação, adotando o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5X3 e cinco repetições. O primeiro fator foi constituído por três fontes diferentes de pó de rocha (micaxisto; blend (kamafugito + micaxisto); blend (kamafugito + micaxisto; + fonte de microrganismo (Amino Peixe Raízes®)). O segundo fator foi constituído, pelas doses: 0; 3.000; 4.000; 5.000; 6000 kg ha⁻¹. Ao final do ciclo (95 dias após o plantio), foram analisados os seguintes parâmetros: altura e número de hastes, número e peso de tubérculos e produtividade. O tamanho e o número de hastes por planta não apresentaram resposta à aplicação de rochas moídas. O tratamento com fonte Blend (micaxisto + kamafugito) + adição de uma fonte de micro-organismo (Amino Peixe Raízes®) proporcionou aumento significativo no peso e na quantidade de tubérculos, além de aumentar a produtividade em 36%. O componente biológico acrescentado no tratamento Blend + Amino Peixe Raízes® foi determinante para acelerar a disponibilização nutrientes durante o ciclo da batata.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, micaxisto, kamafugito

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| 3.1. Importância econômica da cultura da batata | 11 |
| 3.2. O cultivo da batata..... | 12 |
| 3.3. Adubação e nutrição mineral da batata | 14 |
| 3.3.1. Silício no Solo..... | 16 |
| 3.3.2. Silício na planta..... | 17 |
| 3.3.3. Rochagem: uma opção para o fornecimento de nutrientes..... | 18 |
| 3.3.4. Processos para aumentar a eficiência do uso de agrominerais | 19 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 33 |

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é considerada o quarto alimento vegetal mais consumido no mundo, um dos dez principais produtos agrícolas brasileiros e a hortaliça mais importante para a economia nacional (PINELI, 2006). A cultura da batata apresenta ciclo curto. Portanto, o conhecimento sobre o comportamento e nutrição durante o crescimento e desenvolvimento da cultura torna-se essencial para que os nutrientes possam estar disponibilizados de forma prontamente assimilável visando atingir a máxima capacidade produtiva (FAVORETTO, 2005).

Normalmente utilizam-se grandes quantidades de fertilizantes químicos e produtos fitossanitários no cultivo da batata, afetando a qualidade dos tubérculos e tornando-se uma atividade onerosa (SOUZA et al., 1999).

Atualmente a aquisição de batata semente, fertilizante e defensivos representam aproximadamente 65-85% do custo final de produção (CAMARGO FILHO, 2001). Isto tem acarretado inúmeras consequências, em especial, o fato de que essas matérias-primas são finitas, não renováveis e escassas, aliado ao emprego de fontes de alta solubilidade que resultam em baixa eficiência de uso.

No Brasil, as rochas que recobrem a superfície continental apresentam uma ampla variação em termos de gênese, de filiação química e de idade. Apesar de tal variedade de rochas, a maior parte dos solos brasileiros apresenta índices de fertilidade muito baixos, por terem sido bastante explorados pela agricultura e por serem muito intemperizados. Uma alternativa para diminuir a dependência de insumos e ampliar a durabilidade da fertilidade no solo é uma técnica conhecida como rochagem (THEODORO, 2010). Solos derivam de rochas e, portanto, ao se acrescentar rocha moída aos solos está se procedendo o seu rejuvenescimento ou remineralização.

Remineralizador pode ser definido como um material de origem mineral que sofreu redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altera índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promove a melhoria das propriedades físicas ou físicas, químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013).

Entre várias vantagens, a prática da rochagem aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de macro e micronutrientes, corrige pH,

reduz a adsorção de fósforo devido a riqueza em silicatos, promove efeito residual prolongado e minimiza perdas por lixiviação (HARLEY & GILKES, 2000; LEONARDOS et al., 2000; HINSINGER et al., 2001). Para viabilizar a rochagem como uma tecnologia aplicável à agricultura, é necessário obter informações sobre a distribuição geológica, composição mineralógica e química das rochas passíveis de uso para disponibilizar os nutrientes para os solos e plantas (THEODORO, 2010).

A maioria das rochas precisa ser processada para estimular e acelerar o processo de liberação dos seus nutrientes. A moagem, em diferentes granulometrias, é o primeiro passo para facilitar a disponibilização dos macro e micronutrientes, uma vez que provoca o aumento da superfície de contato e, conseqüentemente, facilita a ação de processos intempéricos e microbiológicos, aumentando a solubilidade mineral (THEODORO, 2010).

A tecnologia da rochagem é um mecanismo de remineralização de solos para uma agricultura tropical sustentável, que pode repercutir na diminuição das importações de fertilizantes (o Brasil importa 70% do fertilizante usado na agricultura) e no impacto desses insumos no ambiente. Além disso, a adoção da prática pode contribuir para a agricultura familiar, que tem sofrido um processo de empobrecimento e de exclusão por fatores tecnológicos e econômicos (THEODORO et al., 2012).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito da aplicação de doses e de fontes de pó de rocha nos parâmetros biométricos (número de haste por planta, altura da haste principal, produtividade, peso e quantidade de tubérculo) de plantas de batata cv. Ágata, cultivadas em vasos com substrato (Carolina Soil®), em ambiente protegido.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Importância econômica da cultura da batata

A cultura originou-se nos Andes peruanos e bolivianos onde é cultivada há mais de 7.000 anos. Foi introduzida na Europa antes de 1520 sendo responsável pela primeira revolução verde no velho continente. A difusão da batata em outros continentes ocorreu através da colonização realizada pelos países europeus, inclusive no Brasil (ABBA, 2015).

Atualmente há mais de 4.000 variedades comestíveis de batata, encontrados principalmente nos Andes da América do Sul (CIP, 2015). Entre os cultivares disponíveis no mercado, a cultivar Ágata é considerada promissora, principalmente em função de características como tuberação precoce, uniformidade e boa aparência dos seus tubérculos, qualidade muito exigida pelos consumidores. Hoje representa a variedade de mais rápido crescimento em importância na bataticultura brasileira, ocupando, segunda posição em área e produção (PINELI, 2006).

De acordo com o presidente da EAPR (Associação Europeia de Potato Research), a batata foi destaque em muitos aspectos. A súbita escalada dos preços dos alimentos criou preocupações sobre a segurança alimentar e a previsão é que venha a desempenhar um papel cada vez mais importante nos países menos desenvolvidos (CIP, 2015).

A produção mundial de batata é da ordem de 332,3 milhões de toneladas, com área plantada de 18,2 milhões de hectares e produtividade média de 18,3 t/ha. Em 2012, foram plantados, no Brasil, 130,402 mil hectares, com produção de 3,5 milhões de toneladas, alcançando a produtividade média de 26,9 t/ha (AGRIANUAL, 2013). Em relação ao custo de produção da cultura, as sementes correspondem a 35% enquanto os fertilizantes e defensivos é responsável por 15% dos custos. Os fertilizantes apresentam particular importância, pois influenciam na qualidade e o custo de produção tanto para a semente quanto para o mercado e a indústria (EMBRAPA HORTALIÇAS, 1999).

3.2. O cultivo da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) pertence à família *Solanaceae* e, propaga-se por reprodução sexuada e assexuada. Sexualmente, as sementes botânicas são mais utilizadas em programas de melhoramento genético. Assexuadamente, a multiplicação ocorre por meio de tubérculos e caules modificados. Este tipo de propagação conserva as características genéticas da planta mãe. No Brasil, assim como na maioria dos países produtores, a batata é propagada exclusivamente pelo plantio de batata-semente (FILGUEIRA, 2003).

A batata-semente é um fator fundamental para garantir a boa qualidade e a produtividade da cultura, podendo comprometer a safra mesmo que todas as outras condições sejam favoráveis. Portanto, utilizar batata-semente com boa sanidade, estado fisiológico e brotação adequadas, são fundamentais para manter o sucesso do cultivo (FUROMOTO, 1997).

Uma planta pode produzir 5-20 novos tubérculos, que podem variar em forma e tamanho. O número de tubérculos que realmente atinge a maturidade depende diretamente da umidade e dos teores de nutrientes disponíveis no solo (CIP, 2015).

As condições climáticas brasileiras permitem o plantio da batata durante todos os meses do ano, numa escala sucessiva de safras. Dependendo do clima de cada região, o cultivo pode ser realizado em três safras distintas, sendo elas: safra das águas (plantio de agosto a novembro), safra das secas (plantio de janeiro a março) e safra de inverno (plantio de maio a julho) (MIRANDA FILHO et al., 2003).

Os tubérculos colhidos do plantio de inverno são de alta qualidade. O pacote tecnológico para produção no inverno é considerado superior ao da produção da época das águas, contribuindo para produtividade média ser mais elevada. A expansão na safra de inverno nos últimos anos tem sido determinante para influenciar o comportamento dos preços da safra das águas (MIRANDA FILHO et al., 2003).

Temperatura e luminosidade são fatores climáticos essenciais à produção de batata (MIRANDA FILHO et al., 2003). A temperatura média ideal para esta cultura está entre 10 e 20°C, sendo que a maioria das cultivares comerciais tuberizam melhor com temperaturas médias pouco acima de 15°C (ANTHUNES & FORTES, 1981). Contudo, a maior parte das cultivares plantadas atualmente no país foram

desenvolvidas especificamente para regiões temperadas e, quando submetidas ao clima tropical, apresentam produtividade muito inferior ao seu real potencial (MIRANDA et al., 2003).

A relação entre o clima e fenômenos biológicos periódicos durante o ciclo da cultura da batata é definido por cinco estádios fenológicos (Figura 1).



Figura 1. Fases do ciclo fenológico da cultura da batata.

Fonte: Tavares (2002).

O ciclo da cultura da batata pode ser compreendido em cinco diferentes etapas de desenvolvimento (ABBA, 2015):

a) Estádio I – período entre o plantio e a emergência das plântulas (10 dias). Nesta fase, a plântula sobrevive das reservas contidas no tubérculo-mãe, com predomínio da ação do hormônio vegetal giberelina (região subapical);

b) Estádio II (estolonização) – período de desenvolvimento vegetativo compreendido da emergência até o desenvolvimento de estruturas diferenciadas denominadas de estolões (20 dias). Os estolões se desenvolvem a partir de gemas axilares e seu número é proporcional ao número dessas gemas presentes no caule. Na estolonização, é interessante a formação do maior número de estolões possíveis por planta. A parada de crescimento dos estolões está relacionada com a completa formação da copa (dossel) da planta e presença do ácido abscísico sintetizado nas folhas e deslocados para os estolões;

c) Estádio III (tuberização) - a formação dos tubérculos de batata é acompanhada por alterações morfológicas e bioquímicas na planta. A produção de tubérculos está fortemente relacionada com o grau de estímulos envolvidos durante a fase de indução (30 - 40 dias);

d) Estádio IV (crescimento dos tubérculos): o crescimento dos tubérculos apresenta um caráter exponencial, ou seja, a proporção de assimilados exportados pela folha é duplicada, sendo a maior parte dirigida para os tubérculos. Nesse estágio, a planta se encontra no seu máximo desenvolvimento vegetativo (60 dias). O aumento na massa seca dos tubérculos deve-se a deslocação de carboidratos da folha para os órgãos de reservas;

e) Estádio V (maturação dos tubérculos) – a maturação dos tubérculos se dá quando a película se encontra no grau máximo em termos de brilho. Quando os tubérculos amadurecem ocorre a senescência e abscisão da parte aérea, indicando o início da colheita. O tubérculo maduro apresenta maior capacidade de armazenamento e pele (periderme) mais espessa.

3.3. Adubação e nutrição mineral da batata

Diversos fatores interferem na produtividade da batateira, porém a nutrição mineral é um dos que mais contribuem para obtenção de elevada produtividade e qualidade dos tubérculos, de forma que os nutrientes devem ser aplicados de acordo com as exigências da cultura e nas quantidades e épocas adequadas (CORASPE-LEÓN et al., 2009).

Há 17 nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, embora o solo possua diferentes quantidades desses nutrientes essenciais. A remoção através da colheita pode esgotá-los ao longo do tempo (BOHL, 2010).

Segundo Raij (1991), a cultura da batata é considerada uma planta de rápido crescimento e de grande exigência nutricional (RAIJ, 1991). A absorção de nutrientes é diferenciada de acordo com cada fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se principalmente no florescimento, na formação e no crescimento dos tubérculos. Por isso, além da quantidade absorvida de nutrientes, deve ser considerada também, a sua concentração nos diferentes estádios de desenvolvimento (MALAVOLTA et al., 1997).

No caso da batata, o máximo de absorção para nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre, ocorre entre 40 e 50 dias após a emergência da planta, enquanto a absorção de fósforo e de cálcio ocorre durante todo o ciclo vegetativo, até 80 dias após plantio (TAVARES et al., 2002).

Devido aos altos rendimentos, a extração de nutrientes é relativamente alta. Estima-se que para uma produtividade de 30 t/ha de tubérculos, têm-se exportações aproximadas de 120 kg de potássio, 100 kg de nitrogênio e 14 kg de fósforo (REIS JR. & MONNERAT, 2001). Entretanto, as quantidades dos diversos nutrientes absorvidos pela planta e extraídos pelos tubérculos dependem de uma série de fatores, como a região de cultivo, as condições climáticas, o manejo da cultura, a cultivar, o potencial de produção, entre outros (SANGOI & KRUSE, 1994).

A cultura da batata apresenta acentuada resposta à adubação fosfatada, podendo aumentar o tamanho e a porcentagem de matéria seca (MS) dos tubérculos, desempenhando efeitos diretos sobre a qualidade dos tubérculos, uma vez que atua na divisão celular, na síntese de amido e no armazenamento nos tubérculos (ROSEN et al., 2014).

O potássio é considerado um elemento indispensável para a translocação de açúcares e síntese de amido, sendo o nutriente mais absorvido pela batata. Porém, quando em dose excessiva pode reduzir a produção de tubérculos, interferindo no equilíbrio eletroquímico das células, o que afeta a absorção e a disponibilidade fisiológica de Ca^{2+} e Mg^{2+} (REIS JUNIOR et al., 1999).

O nitrogênio é essencial para a formação da clorofila, proteína e muitas outras moléculas que atuam no desenvolvimento das plantas, sendo importante para manter um bom desenvolvimento da parte aérea e crescimento dos tubérculos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Em solos com baixos teores de Ca e Mg a cultura da batata apresenta incrementos de produtividade com a aplicação de calcário (FONTES, 1997), pois o Ca é um dos elementos mais absorvido pela cultura, sendo fundamental para o processo de tuberização e crescimento dos tubérculos (FILGUEIRA, 1993).

O magnésio é um dos macronutrientes absorvido em menor quantidade pela cultura. Porém, é necessário que seja disponibilizado em nível adequado para que se obtenham elevadas produtividades na cultura da batata. Pouca atenção tem

sido dada a diversos elementos em áreas de cultivo de batata, uma vez que a calagem não é utilizada pela maioria dos bataticultores (FERNANDES, 2011).

Para o Estado de São Paulo é recomendado fazer calagem para elevar a saturação por bases a 60 % e procurar elevar o teor de Mg no solo ao mínimo de 8 mmolc dm⁻³. Para a adubação nitrogenada recomenda-se dose variando de 40 a 80 kg ha⁻¹ no plantio e a mesma dose em cobertura, antes da amontoa. Quanto ao fósforo, a recomendação é de aplicar 300, 200 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ quando o teor de P_{resina} no solo estiver entre zero e 25, 25 e 60 e maior que 60 mg dm⁻³, respectivamente. É recomendado na adubação potássica, aplicar 250, 150 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O quando o teor no solo for de zero a 1,5, de 1,6 a 3,0 e maior que 3,0 mmolc dm⁻³, respectivamente (LORENZI et al., 1997).

Segundo Fernandes (2011), a sequência de exportação dos macronutrientes obedece a seguinte ordem: potássio > nitrogênio > fósforo > enxofre > magnésio > cálcio. A taxa de exportação dos micronutrientes é: ferro > zinco > boro > manganês.

Segundo Feltran (2001), os resultados obtidos com relação ao acúmulo de nutrientes na parte aérea da batateira, forneceram a seguinte sequência: K > Ca > N > Mg > P > Zn > B.

Embora o silício (Si) não seja considerado um elemento essencial para a maioria das plantas, os benefícios da fertilização silicatada têm sido relatados e reconhecidos em espécies cultivadas (MA & YAMAJI, 2008).

3.3.1. Silício no Solo

O silício (Si) é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, depois do oxigênio. Nos solos, o silício solúvel (H₄SiO₄- ácido monossilícico) pode ter origem nos processos de intemperização dos minerais primários e secundários (KORNDORFER, 2006).

As reações de dissociação, polimerização e precipitação do ácido silícico dissolvido na solução do solo dependem principalmente de sua concentração na solução, pH do solo e presença de óxidos de Fe e Al.

De acordo com Matichenkov & Carvert (2002), a dessilicatização é causada principalmente pelo intenso intemperismo e lixiviação em solos tropicais, mas, além

disso, os cultivos também retiram elevadas quantidades de Si da solução do solo. Por isso, culturas importantes como soja, trigo, arroz, cana-de-açúcar, batata, algodão e outras, têm obtido aumento considerável de produtividade em resposta a fertilização silicatada (BARBOSA-FILHO et al., 2000; KORNDORFER et al., 2002).

3.3.2. Silício na planta

O silício é absorvido diretamente da solução do solo pelas plantas e é transportado até as raízes principalmente através do fluxo de massa (DAYANADAM et al. 1983).

De acordo com Marschner (1995), as espécies de plantas diferem entre si quanto à absorção e ao acúmulo de silício. As plantas podem ser classificadas em acumuladoras, não-acumuladoras e intermediárias. As gramíneas são exemplo de acumuladoras típicas, reduzindo de forma rápida a concentração de silício na solução do solo. Plantas não acumuladoras, absorvem silício mais lentamente que a absorção de água, aumentando sua concentração no meio (MYAKE & TAKAHASHI, 1983).

A maioria das espécies absorve silício por difusão passiva, de modo que o silício chega ao xilema e alcança a parte aérea acompanhando o fluxo de transpiração. Entretanto, espécies das famílias Poaceae (gramíneas), Equisetaceae e Cyperaceae, que apresentam alta acumulação de silício, absorvendo silício de forma ativa (CURRIE & PERRY, 2007).

De acordo com Myake & Takahashi (1983) o silício é transportado pelo xilema e depositado na parede celular na forma de sílica amorfa hidratada ou opala biogênica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Em muitas espécies pode ser encontrada abaixo da cutícula uma densa camada formada pela deposição sílica, depois de depositado o elemento se torna imóvel não se redistribuindo mais na planta (BALASTRA et al., 1989)

A formação desta camada tem sido de grande importância em condições de estresse biótico e abiótico, os efeitos benéficos desse elemento em geral estão relacionados com as funções estruturais e a defesa das plantas, podendo afetar a produção vegetal por meio de várias ações diretas e indiretas, como: melhor arquitetura da planta; redução da perda de água por transpiração; aumento da rigidez estrutural do tecido; amenização da toxidez de Fe, Mn, Al e Na; barreira mecânica à penetração de patógenos e mastigação de herbívoros (EPSTEIN, 2001).

3.3.3. Rochagem: uma opção para o fornecimento de nutrientes

Remineralizador ou como é popularmente conhecido, pó de rocha, é um material de origem mineral que tenha sofrido redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (THEODORO, 2013). Esta técnica é considerada um processo alternativo ou complementar de fertilização (NASCIMENTO, 2009).

As rochas ao sofrerem intemperismo, liberam gradualmente os nutrientes e transformam-se em partículas coloidais que elevam a CTC do solo. Em solos tropicais elas proporcionam enriquecimento dos solos que, geralmente, se apresentam-se lixiviados e com baixa fertilidade, além de apresentarem um alto efeito residual (MARQUES et al., 2004; MARTINS, 2010).

Dentre os benefícios da rochagem, há o fornecimento simultâneo de nutrientes, devido à composição variada dos agrominerais e a disponibilização de nutrientes de forma gradual (PÁDUA, 2012). No entanto, dentre suas mais sérias restrições está a lenta solubilização dos minerais presentes nas rochas e, portanto, lenta liberação dos nutrientes às plantas. Além disso, a técnica pode ser limitada em, fornecer os nutrientes nas quantidades e no tempo adequado a cada cultura. Na maioria das vezes, há a necessidade do uso de doses relativamente elevadas e de materiais com granulometria bastante fina para compensar a baixa concentração e solubilidade, o que pode encarecer sua exploração em larga escala.

Theodoro & Assad (2000), entenderam que a baixa solubilidade das rochas como vantajosa e faz delas um importante componente para a fertilização, principalmente para locais sujeitos a chuvas frequentes, evitando que os nutrientes sejam rapidamente lixiviados, principalmente em condições tropicais.

Conhecer a composição mineral e geoquímica das rochas é essencial para a escolha de quais possuem maior efeito como fonte de nutrientes (SOUZA FILHO et al., 2006).

As rochas vulcânicas alcalinas máficas são as mais indicadas para o uso na rochagem, pelas suas características geoquímicas e por possuírem maiores quantidades de nutrientes, especialmente fósforo, cálcio e magnésio.

Há muito tempo, o principal “remineralizador” utilizado é, sem dúvida o calcário, que auxilia na correção da acidez e no aumento dos teores de Ca e Mg no solo (LEONARDOS, 1987).

Kamafugito é um termo coletivo que engloba rochas vulcânicas, máficas e ultramáficas, subsaturadas em SiO₂, em que as fases félsicas são feldspatóides potássicos (FERNANDES, 2010). As rochas kamafugíticas (Piraí- BA) são ultrapotássicas, contendo ainda quantidades apreciáveis de Ca e Mg (THEODORO, 2013). O micaxisto é uma rocha encontrada em GO. Devido aos resultados positivos vem sendo apresentado na aplicação agronômica, e recentemente está sendo licenciada como um novo fertilizante no país. O micaxisto é uma rocha metamórfica composta, basicamente por mica, quartzo e minerais acessórios. Apresenta Si e K₂O em sua composição, com potencial para aplicação direta ao solo. Devido à maior proporção do quartzo, espera-se uma maior estabilidade em relação às micas, quando presentes em fração areia ou silte, intemperizando-se lentamente (PÁDUA, 2012).

3.3.4. Processos para aumentar a eficiência do uso de agrominerais

Sabe-se que a velocidade do intemperismo, a liberação de nutrientes e a solubilidade podem ser aceleradas através de mudanças físicas e químicas, por meio de moagem ou por processos térmicos (STRAATEN, 2006).

A moagem é o primeiro passo para facilitar a disponibilização dos nutrientes. A redução do tamanho das partículas causa aumento da superfície de contato, elevando a ação dos agentes de intemperismo e a sua solubilidade mineral.

Alguns microrganismos do solo, como fungos e bactérias também possuem alto potencial no processo de solubilização das rochas e liberação dos nutrientes. A interação com microrganismos é extremamente benéfica para a aquisição de nutrientes pelas plantas. A exsudação de ácidos orgânicos, feita por microrganismos e/ou pelas próprias plantas na região da rizosfera, facilita a liberação dos nutrientes da rede cristalina dos minerais (THEODORO; LEONARDO; ALMEIDA, 2010). O potencial de liberação de nutrientes pode ser aumentado pelo uso das misturas organomineiras, cuja atividade biológica dos microrganismos desempenha um papel catalisador no processo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2016, em casa-de-vegetação, no Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), localizado no município de Araras – SP (altitude de 629 m, latitude 22°18'00" S longitude 47°23'03" W).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com esquema fatorial 5x3, com cinco repetições. O primeiro fator foi constituído por três fontes diferentes de pó de rocha (micaxisto; blend (kamafugito + micaxisto); blend (kamafugito + micaxisto) + fonte de micro-organismo (Amino Peixe Raízes®)). O segundo fator foi constituído pelas doses: 0; 3.000; 4.000; 5.000; 6.000 kg ha⁻¹ de pó de rocha, conforme Theodoro (2013).

Amino Peixe Raízes® é um fertilizante orgânico, oriundo de uma hidrólise enzimática de pescado marinho fresco integral. Possui naturalmente uma grande diversidade de minerais, aminoácidos biologicamente ativos e matéria orgânica. Melhora e estimula o desenvolvimento do sistema radicular proporcionando melhor absorção de nutrientes e consecutivamente um melhor desenvolvimento vegetativo. É recomendado em adubações do solo de todas as culturas comerciais como fonte de nutrientes e aminoácidos; (AgroOceânica Comércio de Produtos Agrícolas Ltda). Foi aplicado através dos processos de irrigação, na dose de 750 ml/20L de água a cada 10-15 dias, conforme o fabricante. Outras características do produto são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Algumas propriedades químicas do fertilizante Amino Peixe Raízes®.

| | | |
|-------------------------------|-------|--------|
| C. orgânico | 8,00% | 96 g/L |
| P ₂ O ₅ | 1,00% | 12 g/L |
| Cálcio | 1,00% | 12 g/L |

Fonte: AgroOceânica Comércio de Produtos Agrícolas Ltda.

Cada unidade experimental foi formada por um vaso de 3L, contendo um tubérculo de batata, sendo utilizada batata-semente entre 30 e 40 mm, com cerca de

30 g, cultivar Ágata. A irrigação foi feita diariamente até os cinquenta dias, após este período com intervalos de um a dois dias dependendo da necessidade.

A quantidade total de remineralizador foi disponibilizada em pré-plantio e incorporada em vaso com bas , preenchidos com substrato comercial Carolina Soil®, sua composição é a base de turfa, de “sphagno” e vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada, com traços de calcário dolomítico, de gesso agrícola e de fertilizantes NPK em menores proporções. Outras características são apresentadas nas Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Resultados da análise químicas do substrato comercial Carolina Soil®.

| P _{Resina} | M.O | pH | K | Ca | Mg | H+Al | Al | SB | CTC | V | m | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---------------------|-------------------|-------------------|--|----|----|------|-----|-------|-------|------|--------------------------------|------|------|-----|----|-----|-----|
| mg/dm ³ | g/dm ³ | CaCl ₂ | ----- mmol _c /dm ³ ----- | | | | | | | % | ----- mg/dm ³ ----- | | | | | | |
| | | | ---- | | | | | | | | | ---- | | | | | |
| 43 | 59 | 4,4 | 4,5 | 43 | 88 | 33 | 8,8 | 135,4 | 168,4 | 80,4 | 6,1 | 65 | 0,84 | 1,5 | 14 | 5,0 | 0,8 |

Análise realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo – UFSCar/CCA.

Tabela 3. Propriedades do substrato Carolina Soil®.

| Propriedade | Valor | Varição |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|
| Potencial Hidrogeniônico (pH) | 5 | +ou – 0,5 |
| Condutividade elétrica | 0,7 | + ou – 0,3 mS/cm |
| Densidade | 114 Kg/m ³ | - |
| Capacidade de retenção de água | 54% | Máxima de 60% |

As amostras de remineralizador composto por (pó de micaxisto (PMX) e por filler de micaxisto (FMX), foram analisadas através de fluorescência de raios-X. As análises foram realizadas no laboratório do Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação- Goiânia. Na preparação das amostras, foram realizados os processos de secagem, quarteamento, moagem, calcinação para o cálculo de perda ao fogo, fusão, e análise por espectrometria de fluorescência de raios – X (tabela 4).

Tabela 4. Análise química obtida por espectrometria de fluorescência de raios-X das amostras de pó de micaxisto (PMX) e de filler de micaxisto (FMX).

| Elemento | FMX (%) | PMX (%) |
|--------------------------------|---------|---------|
| SiO ₂ | 57,19 | 62,98 |
| TiO ₂ | 1,01 | 0,97 |
| Al ₂ O ₃ | 17,21 | 16,07 |
| Fe ₂ O ₃ | 9,01 | 7,53 |
| Mn ₂ O ₃ | 0,07 | 0,14 |
| MgO | 4,95 | 3,43 |
| CaO | 2,06 | 2,00 |
| Na ₂ O | 2,35 | 2,78 |
| K ₂ O | 3,26 | 2,58 |
| P ₂ O ₅ | 0,19 | 0,18 |
| SO ₃ | 0,07 | 0,09 |

As medidas de fluorescência de raios-X (FRX) foram realizadas em um espectrômetro WDS Bruker S8 Tiger, equipado com tubo de Rh. Os valores obtidos estão representados em porcentagem para os óxidos de elementos maiores.

As amostras de remineralizador composto por kamafugito foram analisadas e a determinação foi feita através do método por fusão com metaborato de Lítio. Estas análises foram realizadas no laboratório SGS Geosol- MG (tabela 6).

Tabela 5. Análise química obtida pela fusão de metaborato de Lítio para a amostra de pó de kamafugito.

| Elemento | (%) |
|--------------------------------|-------|
| SiO ₂ | 57,29 |
| TiO ₂ | 0,01 |
| Al ₂ O ₃ | 10,58 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,71 |
| MnO | 0,42 |
| MgO | 3,73 |
| CaO | 7,54 |
| Na ₂ O | 0,80 |
| K ₂ O | 4,54 |
| P ₂ O ₅ | 1,80 |

Ambas as fontes de rocha utilizadas estavam na fração granulométrica de filler, menor que 0,3 mm.

As adubações complementares para os tratamentos com pó de rocha foram realizadas a partir de fertilizantes organo-minerais (Fert + Mineral), enriquecido de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, na dose de 0,2 mL/L de água, segundo recomendações do fabricante (AgroOceânica Comércio de Produtos Agrícolas Ltda).

Aos 45 dias após plantio (DAP), foram realizadas avaliações quanto a emergência, determinando a altura e o número de hastes de cada planta.

Aos 95 dias, após a senescência natural das hastes foi determinada também o número de tubérculos, produtividade, peso da massa fresca dos tubérculos.

As figuras 2 a 8 ilustram o desenvolvimento das plantas de batata.



Figura 2. Plantio dos tubérculos de batata.

Fonte: Autor (2016).

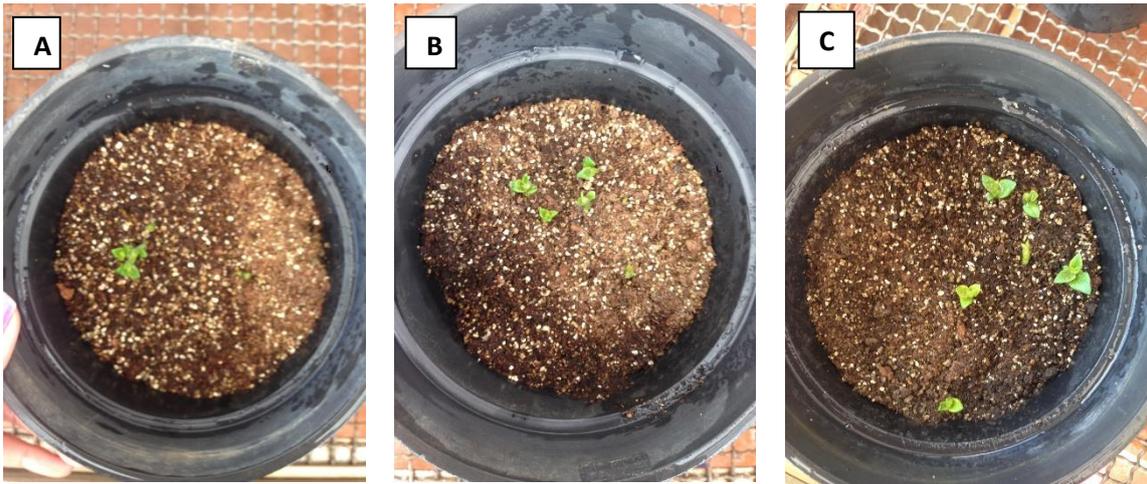


Figura 3. Início das brotações dos tubérculos de batata, aos 5 dias após o plantio; (A) Tratamento 1: Micaxisto Dose 0 kg ha⁻¹; (B) Tratamento 2: Micaxisto Dose 3000 kg ha⁻¹; (C) Tratamento 5: Micaxisto Dose 6000 kg ha⁻¹.

Fonte: Autor (2016).



Figura 4. Plantas de batata aos 12 dias após o plantio; (D) Tratamento 1: Micaxisto Dose 0 kg ha⁻¹; (E) Tratamento 2: Micaxisto Dose 3000 kg ha⁻¹.

Fonte: Autor (2016).



Figura 5. Plantas de batata aos 19 dias após o plantio; Tratamentos: Blend + micro-organismos- Dose 0 kg ha⁻¹; 300 kg ha⁻¹; 4000 kg ha⁻¹; 5000 kg ha⁻¹; 6000 kg ha⁻¹.

Fonte: Autor (2016).



Figura 6. Plantas de batata aos 19 dias após o plantio; Tratamentos com pó de rocha.

Fonte: Autor (2016).



Figura 7. Plantas de batata 49 dias após o plantio; Tratamentos com pó de rocha.

Fonte: Autor (2016).



Figura 8. Tubérculos com 56 dias após o plantio em vasos com tratamentos com pó de rocha.

Fonte: Autor (2016).

Os resultados da biometria das plantas foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de *Tukey* a 5%, pelo programa estatístico Assisat.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis número de hastes e altura da haste principal não foram observadas diferenças significativas de acordo com a análise de variância e testes de média (Tabelas 6, 7 e 8). Beneduzzi et al. (2011), trabalhando com misturas de uma rocha basálticas em leguminosas e gramíneas, nas dosagens 2.500 kg/ha e 5.000 kg/ha, também não verificaram diferenças estatísticas na altura de plantas entre os tratamentos com pó de rocha e a testemunha.

Tabela 6. Análise de variância do número de hastes por planta e tamanho da haste principal de plantas de batata submetidas diferentes fontes e doses de pó de rocha.

| FV | GL | Nº hastes por planta | Tamanho da haste principal |
|--------------|----|----------------------|----------------------------|
| | | F calculado | |
| Dose (D) | 4 | 0,54 ^{ns} | 0,38 ^{ns} |
| Rocha (R) | 2 | 0,03 ^{ns} | 0,71 ^{ns} |
| Dose x Rocha | 6 | 1,66 ^{ns} | 0,60 ^{ns} |
| CV % | | 32,37 | 14,08 |

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade.

Tabela 7. Número de haste por planta de acordo com a fonte e a dose utilizada.

| Doses (kg/ha) | Micaxisto | Blend | Blend + Microrganismo | Média |
|---------------|-----------|-------|-----------------------|-------|
| 0 | 6,6 | 5,6 | 5,2 | 6,6 |
| 3000 | 5,2 | 6,4 | 5,2 | 6,4 |
| 4000 | 6,4 | 4,4 | 5,2 | 4,4 |
| 5000 | 4,4 | 5,2 | 5,2 | 5,2 |
| 6000 | 6,0 | 6,4 | 6,8 | 6,4 |
| Média | 5,7 | 5,6 | 5,6 | |
| CV (%) | 32,37 | | | |

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 8. Altura (cm) da haste principal de acordo com a fonte e a dose utilizada.

| Doses (kg/ha) | Micaxisto | Blend | Blend + Microrganismo | Média |
|---------------|-----------|-------|-----------------------|-------|
| 0 | 36,00 | 34,75 | 36,60 | 36,00 |
| 3000 | 36,00 | 36,40 | 37,40 | 36,60 |
| 4000 | 33,60 | 34,20 | 36,80 | 34,86 |
| 5000 | 37,60 | 36,60 | 35,60 | 36,60 |
| 6000 | 37,00 | 31,80 | 36,60 | 35,13 |
| Média | 36,04 | 34,75 | 36,60 | |
| CV (%) | 14,08 | | | |

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Em geral, os resultados negativos estão comumente associados a experimentos de curta duração, solos/substratos estéreis ou com baixa atividade microbiana, clima temperado ou muito frio, quantidade pequena de material ou com granulometria muito grosseira (HINSINGER et al., 2001).

A interação entre tipo e dose de pó de rocha não foi significativa para os fatores peso e quantidade de tubérculos (Tabela 9), mas a fonte Blend + adição de uma fonte de micro-organismo (Amino Peixe Raízes®) – BM proporcionou maior quantidade de tubérculos (Tabela 10).

Tabela 9. Análise de variância de produtividade e quantidade de plantas de batata submetidas diferentes fontes e doses de pó de rocha.

| FV | GL | Peso | Quantidade | Produtividade |
|-------------------|----|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | F calculado | | |
| Dose (D) | 3 | 2,65 ^{ns} | 0,99 ^{ns} | 2,66 ^{ns} |
| Rocha (R) | 2 | 45,78 ^{**} | 4,04 [*] | 45,81 ^{**} |
| Dose x Rocha | 6 | 1,57 ^{ns} | 1,21 ^{ns} | 1,57 [*] |
| Fat. x Testemunha | 1 | 6,89 [*] | 0,10 ^{ns} | 6,89 [*] |
| Tratamentos | 12 | 9,65 ^{**} | 1,53 ^{ns} | 9,66 ^{**} |
| Resíduo | 26 | | | |
| CV % | | 23,84 | 21,34 | 23,84 |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade.

Tabela 10. Quantidade de tubérculos por planta de acordo com a fonte e a dose utilizada.

| Doses (kg/ha) | Micaxisto | Blend | Blend + Micro-organismo | Média |
|---------------|-----------|---------|-------------------------|-------|
| 3000 | 17.00 | 16.66 | 19.66 | 17.77 |
| 4000 | 20.00 | 13.33 | 20.00 | 17.77 |
| 5000 | 14.66 | 12.00 | 19.00 | 15.22 |
| 6000 | 19.3333 | 16.33 | 15.66 | 17.11 |
| Média | 17.75 ab | 14.58 b | 18.58 a | |
| CV (%) | 21.34 | | | |

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade;

**Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

A interação dose x tipo de rocha também não foi significativa para a variável peso (Tabela 9). Novamente, houve efeito diferenciado do Blend + adição de uma fonte de micro-organismo (Amino Peixe Raízes®) - BM sobre o peso de tubérculo (Tabela 11).

Tabela 11. Peso por planta de acordo com a fonte e a dose utilizada.

| Doses (kg/ha) | Micaxisto | Blend | Blend + Microrganismos | Média |
|---------------|-----------|-----------|------------------------|-------|
| 3000 | 76,80 aB | 80,80 aB | 105,86 abA | 87,82 |
| 4000 | 80,36 aB | 74,30 aB | 122,86 aA | 92,51 |
| 5000 | 61,96 aB | 79,63 aAB | 99,20 bA | 80,26 |
| 6000 | 59,83 aB | 76,90 aB | 107,43 abA | 81,38 |
| Média | 69,74 b | 77,90 b | 108,84 a | |
| CV (%) | 12.54 | | | |

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade;

**Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

A interação entre dose e fonte de pó de rocha também não foi significativa para a variável produtividade. O composto formado pelo Blend + adição de uma fonte de micro-organismo (Amino Peixe Raízes®)- BM proporcionou maior produtividade (cerca de 6 t a mais) que a fonte Micaxisto - M e a fonte Blend (50% Kamafugito e 50% Micaxisto)-B (Tabela 12).

Tabela 12. Produtividade (ton/ha) dos tubérculos de batata de acordo com a fonte e a dose utilizada.

| Doses (kg/ha) | Micaxisto | Blend | Blend + Microrganismos | Média |
|---------------|-----------|-----------|------------------------|-------|
| 3000 | 12,79 aB | 13,46 aB | 17,63 aA | 14,63 |
| 4000 | 13,39 aB | 12,37 aB | 20,46 aA | 15,41 |
| 5000 | 10,32 aB | 13,26 aAB | 16,53 aA | 13,37 |
| 6000 | 9,96 aB | 12,81 aB | 17,89 aA | 13,55 |
| Média | 11,62 b | 12,13 b | 18,13 a | |
| CV (%) | 12.53 | | | |

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade;

**Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Havia expectativa de que o uso de pós de rocha contendo micaxisto, em qualquer circunstância, poderia resultar em aumento de alguns parâmetros de desenvolvimento vegetal e de produção da cultura da batata, uma vez que o intemperismo desse material não é tão lento e pode ocasionar resultados positivos já no primeiro cultivo (PÁDUA, 2012). Leonardos e Kronberg (1987), obtiveram resultados diferenciados, com maior incremento para o tratamento com micaxisto se comparado aos demais tratamentos utilizados, o que pode ser explicado pelo fato da rocha apresentar também outros nutrientes, sendo estes elementos de grande importância na fertilização e remineralização do solo.

A lenta dissolução apresentada pelas rochas foi a principal desvantagem citada por Harley e Gilkes (2000) a respeito da técnica da rochagem. Em outro estudo, Pádua (2012) mostrou que a dissolução mais lenta das rochas micaxisto (mica e quartzo predominantemente) levou a uma produtividade inferior nos tratamentos fosforito/micaxisto, quando comparada à dos tratamentos MAP/KCl e fosforito/anfibolito.

O tratamento com Blend + adição de uma fonte de microrganismo (Amino Peixe Raízes®)- BM resultou em aumento no peso, na quantidade e na produtividade de tubérculos. É provável que houve maior disponibilização de nutrientes neste tratamento, provocada pelo efeito catalisador da ação microbiana sobre o pó-de-rocha.

De acordo com Hinsinger et al. (2001), a ação dos microrganismos pode ir da simples fragmentação de partículas a alterações complexas na superfície dos minerais, modificando suas características químicas. Além disso, algumas plantas podem ser muito efetivas na indução do intemperismo de silicatos, em função da liberação de exsudatos na rizosfera.

Carvalho et al. (2012), avaliando o papel da planta, da microbiota do solo e em particular dos fungos micorrízicos na disponibilização de elementos pelos pós de charnockito, esteatito e gnaiss, demonstraram que o solo, isoladamente, possui uma capacidade muito inferior de disponibilizar os nutrientes das rochas.

Bamberg et al. (2013), também verificaram que certas fontes orgânicas e minerais de baixa solubilidade podem apresentar efeito imediato no fornecimento de nutrientes para as culturas, resultando em produtividades de grãos que se assemelham às obtidas com fertilizantes de alta solubilidade. Em seu trabalho, foi utilizado uma combinação de fontes minerais e orgânicas de nutrientes, nas culturas de milho e trigo. Os dados demonstraram, claramente, o potencial de uso do calcário de xisto como fonte de Ca, Mg e S, do granodiorito como fonte de K e da torta de tungue como fonte de N.

Theodoro (2013), estudando a interação das culturas do milho, feijão, quiabo, alho e cenoura em cinco tipos de rochas (kamafugito, micaxisto carbonático, rocha metamórfica hidrotermalizada, basalto fresco e basalto intemperizado), com ou sem a adição de compostos orgânicos (esterco bovino), na proporção de rocha e composto de 1:2, seguindo as indicações das pesquisas anteriores (5 t/ha de pó de

rocha e 10 t/ha de composto orgânico), obteve resultados que indicaram que o uso de diferentes tipos de pós de rochas pode suprir a necessidade nutricional das culturas testadas. Os cinco tipos de rochas por Theodoro (2013) apresentaram resultados diferenciados em termos de alteração dos níveis de fertilidade, bem como de produtividade agrícola. Em todos os casos, a produtividade das diferentes parcelas foi superior às parcelas controle. Mas, de modo geral, o micaxisto apresentou o melhor desempenho para as culturas do alho, feijão e quiabo, enquanto o kamafugito proporcionou melhores resultados para o milho.

Numa estratégia de manejo com baixo investimento em fertilizantes é possível substituir parcialmente as fontes solúveis convencionais por agrominerais aplicados na forma de rochagem, mantendo-se produtividades equiparáveis às obtidas com o uso exclusivo de fontes convencionais (THEODORO, 2013). Entretanto, nas condições em que este experimento ocorreu, o acréscimo do componente microbiológico foi fundamental para resultados estatisticamente superiores de variáveis de desenvolvimento e de produção vegetal.

6. CONCLUSÃO

Os parâmetros biométricos tamanho da haste principal e número de hastes por planta não foram sensíveis à aplicação de pó de rocha.

O tratamento com fonte Blend (micaxisto + kamafugito) + adição de uma fonte de micro-organismo (Amino Peixe Raízes®) proporcionou aumento significativo no peso e na quantidade de tubérculos. A fonte também resultou em aumento de 36% na produtividade de tubérculos, alcançando a produção média de 18,3 ton/ha.

Para as condições em que o experimento foi desenvolvido, o componente biológico acrescentado no tratamento Blend + Amino Peixe Raízes®, foi determinante para a obtenção de resultados significativamente maiores de parâmetros de produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA. Tuberização. Batata Show, Itapetininga, set. 2002. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista05_015.htm>. Acesso em: 28 de novembro de 2016.

AGRIANUAL- Anuário da Agricultura Brasileira. Consultoria e Agroinformativo. São Paulo, FNP. 590p. 2013.

ANTUNES, F.Z.; FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. Informe Agropecuário, v. 7, n.76, p. 19-23, 1981.

BALASTRA, M. L.F.C.; PEREZ, C.M.; JULIANO, B.O. & VILLREAL, P. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. Can. J. Bot., 67: 2356, 1989.

BAMBERG, A.L.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M.; GRECCO, M.F.; POTES, M.L. Desempenho agrônomico de fontes minerais e orgânicas de nutrientes para as culturas de milho e trigo. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, Poços de Caldas, MG, 2013.

BARBOSA-FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; PRABHU, A.S.; DATNOFF, L.E. & KORNDORFER, G.H. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. Piracicaba. Inf. Ageon., 89:1-11, 2000.

BENEDUZZI, ELLEN BASSAN. Rochagem: agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2011.

BOHL, W.H., JOHNSON, S.B., et al. Commercial Potato Production in North America: The Potato Association of America Handbook. University of Idaho, University of Maine, 2010. Disponível em: < http://potatoassociation.org/wp-content/uploads/2014/04/A_ProductionHandbook_Final_000.pdf> . Acesso em 17 set 2015.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Disponível em:<<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12890-10-dezembro-2013-777603>>. Acesso em: 18 out 2016.

CAMARGO FILHO, W.P. Produto Interno Bruto (PIB) da cadeia produtiva da batata. Batata show, Itapetininga, ano 1, n. 2, p. 22, 2001.

CARVALHO, A.M.X.; DELIBERALI, D.C.; COSTA, M.D.; CARDOSO, I.M. Plantas, micorrizas e microbiota do solo na disponibilização de nutrientes de pós de rocha. 2013.

Centro Internacional de La Papa (CIP), International Potato Center, Agricultural research for developmen. Disponível em: www.cipotato.org/. Acesso em 16 set 2015.

CORASPE-LEÓN, H.M.; MURAOKA, T.; FRANZINI, V.I.; PIEDADE, S.A.S. & GRANJA, N.P. Absorção de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) em la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia*, 34:57-63, 2009.

CURRIE, H.A. & PERRY, C. Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Ann. Bot.*, 100:1383-1389, 2007.

DAYANADAM, P.; KAUFMAN, P.B. & FRANKLIN, C.L. Detection of silica in plant. *Am. J. Bot.*, 70: 1079-1084, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A cultura da batata. Brasília: EMBRAPA SNH, 184p. 1999.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs concepts, p.1-15. 2001. The Netherlands, Elsevier Science, 403p. Disponível em: <http://www.siliforce.com/pdf/7c/Epstein%20-%20Silicon%20in%20Agriculture%20-%20A%20Historical%20Review.pdf> .Acesso em :16 set 2015.

FAVORETTO, P. Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. Atlantic. Piracicaba, 2005. 98 p. Tese (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B. Acúmulo de nutrientes na parte aérea e nos tubérculos em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). In: Encontro nacional de produção e abastecimento de batata. Uberlândia, p.21-25. 2001.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, B.L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I-Macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.35, p.2039- 2056, 2011.

FERNANDES, F. R. C., LUZ, A. B., CASTILHOS, Z. C. (eds.) Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Centro de Tecnologia Mineral, CETEM, 300p. 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

FILGUEIRA, F.A.R. Nutrição mineral e adubação de hortaliças. Piracicaba, Potafós, p.401-428. 1993.

FONTES, R.R. Preparo do solo e adubação de plantio. In: LOPES, C.A. & BUSO, J.A., eds. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.). Brasília, Embrapa/CNPH, 1997b. 35p. (Instruções Técnicas, 8)

FURUMOTO, O. Épocas de plantio. In: LOPES, C.A.; BUSO, J.A. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.) Brasília: EMBRAPA, 1997. 35p. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 8).

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

HINSINGER, P.; BARROS, O.N.F.; BENEDETTI, M.F.; NOACK, Y.; CALLOT, G. Plant-induced weathering of a basaltic rock: Experimental evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.65, p.137–152, 2001.

KORNDORFER, G.H. XIV- Elementos benéficos. *Nutrição Mineral de Plantas*. SBCS, Viçosa, 2006. 432p.

KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, H.S. & CAMARGO, M.S. Silicatos de cálcio e magnésio. 2. Ed. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2002. 23p (Boletim técnico, 1)

LEONARDOS, O.H., FYFE, W.S. & KRONBERG, B.I. The Use of Ground Rocks in Laterite Systems: an Improvement to the Use of Conventional Soluble Fertilizers. *Chemical Geology*, 60, pp.: 361 – 370. 1987.

LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.H.; ASSAD, M.L. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a Brazilian viewpoint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Dordrecht, v. 56, n.1, p. 3-9, Mar. 2000.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S. & RAIJ, B.van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p.221-229. (Boletim Técnico, 100).

MA, J.F & YAMAJI N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends Plant Sci.*, 11: 392-397, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. Ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MARQUES, J.J. ed al. Major element geochemistry and geomorphological relationship in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, Amsterdam, v. 119, n. 3/4, p. 179-195, Apr. 2004.

MARSCHINER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. Ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.

MARTINS, E.S. *Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo*. Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010.

MATICHENKOV, V.V & CALVERT, D.V. Silicon as beneficial element for sugarcane. *J. Am. Soc. Sugarcane Technol.*, 22:21-30.2002.

MIRANDA FILHO, H.S. da. Cultura da batata In: MIRANDA FILHO, H.S. da; GRANJA, N.P. do; MELO, P.C.T.de. Vargem Grande do Sul- SP, 2003. 68p.

MYAKE, Y. & TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 29: 71-83, 1983.

NASCIMENTO. C.W.A.; CUNHA, K.P.; RODRIGUES, A.R.; Tópicos em ciência do solo: Silício e tolerância de plantas a metais pesados e doenças. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciências do solo. 6:273-318, 2009.

PÁDUA, E. J. de. Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas. 2012. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - UFLA, Lavras, 2012.

PINELI, Livia L. O. et al. Caracterização química e física de batatas Ágata e Monalisa minimamente processadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 1, p. 127-134, jan./mar.2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28861.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2016.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. São Paulo: Ceres, Potafós, 1991. 343p.

REIS JÚNIOR RA; MONENERAT PH. 2000. Nutrient concentrations in potato stem petiole and leaflet in response to potassium fertilizer. *Scientia Agrícola* 57: 251-255.

REIS JUNIOR, R.A.; FONTES, P.C.R.; NEVES, J.C.L.; SANTOS, N.T. Total soil electrical conductivity and critical soil K⁺ to Ca²⁺ and Mg²⁺ ratio for potato crops. *Scientia Agrícola*, v.56, p.985-989, 1999

ROSEN, C.J. et al. Optimizing Phosphorus Fertilizer Management in Potato Production. *American Journal of Potato Research*, v.91, n.2, p.145-160, 2014. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-014-9371-2>>. Acesso em: 07 set. 2016.

SANGOI L; KRUSE ND. 1994. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agrônômicas da batata em dois níveis de pH. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 29: 1331-1343.

SOUZA FILHO, L.F.S. et al. Eficiência de um flogopitito como fonte de potássio para o desenvolvimento inicial do mamoeiro. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 9, n. 2, p. 215-229, 2006.

SOUZA, Z.S.; SILVA, A.C.F. da; BEPPLER NETO, R. Cadeias produtiva do estado de Catarina. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 84p. (EPAGRI. Boletim técnico, 104).

STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 78, n.4, p. 731-747, 2006.

TAIZ Z; ZEIGER E. 2004. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. In: WESTERMANN DT; TINDALL TA; JAMES DW; TINDALL TA; HURST RL. 1994a. Nitrogen and potassium fertilization on potatoes – sugars and starch. American Potato Journal 70: 433-454.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; MELO, P.C.T. de. Cultura da batata. Piracicaba: DIBD, 2002. 7p.

THEODORO, S. H.; TCHOUANKOUE, J. P.; GONÇALVES, A.O.; LEONARDOS, O.; HARPER, J. A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais (The Importance of a Stonemeal Technological Network for Sustainability in Tropical Countries) Revista Brasileira de Geografia Física, Vol. 5, Nº 6 (2012).

THEODORO, S.H., LEONARDOS, O.H., DE ALMEIDA, E.. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos; In: I Congresso Brasileiro de Rochagem, 2009, Planaltina: Anais, EMBRAPA, 2010.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H.; ALMEIDA, E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. P. 173-181.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H.; REGO, K.G.; MEDEIROS, F.P.; TALINI, N.L.; SANTOS, F.; OLIVEIRA, N. Efeito do uso da técnica de rochagem associada à adubação orgânica em solos tropicais; In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, Poços de Caldas: Anais, EMBRAPA, 2013.