LORENA RIBEIRO

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE FEIJÃO E CAFÉ PRODUZIDOS EM SOLOS FERTILIZADOS COM PÓS DE ROCHAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

LORENA RIBEIRO

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE FEIJÃO E CAFÉ PRODUZIDOS EM SOLOS FERTILIZADOS COM PÓS DE ROCHAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de abril de 2016

Paulo Sérgio Monteiro

Meire Oliveira Barbosa
(Co-orientador)

Fabrícia Queiroz Mendes
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Grata a Deus pelo dom da vida, pelo seu amor incondicional, sem Ele nada sou.

Agradeço a minha mãe, Simone, meu maior exemplo de amor, carinho e de perseverança. Obrigada por cada orientação e incentivo, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto, pelas palavras de apoio nas horas em que mais precisei.

Aos meus tios, tias, irmã, cunhado, sobrinha, avós e primos que sempre estiveram presentes, pelo apoio, por sempre acreditarem em mim, ainda que à distância.

À professora Fabrícia Queiroz Mendes que, com muita paciência e atenção, dedicou o seu valioso tempo para me orientar em cada passo deste trabalho.

Aos meus amigos pelo amor infinito, pela amizade sincera, pela torcida, por todo apoio e cumplicidade. Porque mesmo alguns estando distantes, sempre estiveram presentes em minha vida.

Ao Lucas, pela ajuda com a torrefação e moagem das amostras de café.

À Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba pela oportunidade de cursar o mestrado e a CAPES pelo auxílio financeiro.

Obrigada a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conlusão desta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **IV**

ABSTRACT ..... **V**

1. INTRODUÇÃO **1**

1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 5

2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA EM GRÃOS DE FEIJÃO ADUBADOS COM PÓ DE BASALTO **9**

2.1. RESUMO 9
2.2. INTRODUÇÃO 9
2.3. MATERIAIS E MÉTODOS 10
2.3.1 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS DO FEIJÃO 12
2.3.2. QUANTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇOS 12
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 13
2.5. CONCLUSÃO 16
2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CAFÉS ADUBADOS COM FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO **20**

3.1. RESUMO 20
3.2. INTRODUÇÃO 21
3.3. MATERIAIS E MÉTODOS 23
3.3.1. ANÁLISES DO CAFÉ 24
3.3.2. ANÁLISE SENSORIAL 25
3.3.3. QUANTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇOS 25
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO *25*
3.4. CONCLUSÃO 30
3.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 31

4. CONCLUSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS **35**

RESUMO

RIBEIRO, Lorena, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Abril de 2016. **Caracterização química de feijão e café produzidos em solos fertilizados com pós de rochas.** Orientadora: Fabrícia Queiroz Mendes. Coorientadores: Meire Oliveira Barbosa e André Mundstock Xavier de Carvalho.

Dos mais de 90 elementos de ocorrência natural na superfície terrestre, menos de 30 são essenciais aos organismos. As rochas são fonte de quase todos os elementos químicos que ocorrem naturalmente na superfície terrestre. No homem, a maior parte destes elementos estão presentes em concentrações menores que 0,1 % da massa corpórea e são denominados micronutrientes. Estes micronutrientes exercem uma enorme gama de funções no organismo. Os elementos constituintes das rochas, ao serem liberados pelo intemperismo, podem ser disponibilizados no solo e entrarem na cadeia alimentar através das plantas. No Brasil tem havido uma revalorização da aplicação de pós de rochas silicatadas na agricultura, especialmente impulsionada pela situação de dependência externa das fontes solúveis de nutrientes, o que gera demandas crescentes por pesquisas com estas fontes visando melhorar seu aproveitamento. Dessa forma, a presente proposta tem por objetivo quantificar os micronutrientes cobre, zinco, lítio, cobalto, vanádio e níquel em grãos de feijão e café fertilizados com pós de rochas, para verificar se há incremento nos níveis destes micronutrients, além da determinação de proteína, lipídeo, carboidrato e cinzas nos grãos de feijão e da determinação de pH, condutividade elétrica, acidez titulável e análise sensorial dos grãos de café. A fertilização com o pó de basalto, no experimento do feijão, não mostrou incremento em seus componentes (proteínas, lipídeos e carboidratos), somente um aumento do teor de cinzas. Para o experimento do café, cultivados com diferentes fontes de potássio, não houve diferença nos valores de pH, condutividade elétrica e acidez titulável. Na análise sensorial do café, o uso de diferentes fontes de potássio não influenciou nos atributos avaliados. Dentre os micronutrientes avaliados, em ambos os experimentos, foram detectados somente o zinco e o cobre. Nos experimentos realizados, a adição de pós de rocha não alterou os teores de zinco e cobre e os valores encontrados estavam abaixo do máximo permitido pela legislação. Portanto, o uso de pó de rocha como fertilizante demonstrou ser uma alternativa para o uso como fertilizante convencional, uma vez que não alterou a composição química do feijão preto e do café.

ABSTRACT

RIBEIRO, Lorena, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April 2016. **Caracterização química de feijão e café produzidos em solos fertilizados com pós de rochas.** Mentor: Fabrícia Queiroz Mendes. Co-mentors: Meire Oliveira Barbosa e André Mundstock Xavier de Carvalho.

Of the more than 90 naturally occurring elements in the earth's surface, less than 30 are essential bodies. Most of these are present in concentrations less than 0.1% of the body mass and are called micronutrients. These micronutrients exert a wide range of functions in the body. The rocks are the source of almost all chemical elements that occur naturally in the earth's surface. The elements of the rocks, to be released by weathering, are available on the ground to then be taken to the waters of rivers and groundwater. In Brazil there has been a revaluation of the post application of silicate rocks in agriculture, especially driven by the situation of foreign-pendency of soluble fertilizers, which creates increasing demands for research on these sources to improve its use. Thus, this proposal aims to quantify the copper micronutrient, zinc, lithium, cobalt, vanadium and nickel in beans and fertilized coffee with rock powders, to check for increased levels of these micronutrients in addition to protein determination, lipid, carbohydrate and ash in beans and determination of pH, conductivity, acidity and sensory analysis of coffee beans. Fertilization with basalt powder, bean experiment, showed no increase in their components (proteins, lipids and carbohydrates), only an increase in ash content. For the coffee experiment, grown with different sources of potassium, there was no difference in pH, electrical conductivity and acidity. Sensory analysis of coffee, the use of different sources of potassium did not influence the evaluated attributes. Of the micronutrients evaluated in both experiments, they were detected only zinc and copper. In the experiments the addition of rock powders did not change the levels of zinc and copper values found were below the maximum allowed by law.Therefore, the use of rock dust as a fertilizer has proved to be an alternative to the conventional use as fertilizer, since it does not alter the chemical composition of black beans and coffee.

1. INTRODUÇÃO

As rochas são fonte de quase todos os elementos químicos que ocorrem naturalmente na superfície terrestre (Selinus, 2006). Os elementos constituintes das rochas ao serem liberados pelo intemperismo podem ser disponibilizados no solo para em seguida serem levados para as águas dos rios e subterrâneas. No solo, podem ser absorvidos pelas raízes das plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entram na cadeia alimentar quando carreados em solução pela drenagem e assimilados por organismos aquáticos. Ao alimentar-se da vegetação, os animais silvestres também refletem o quimismo da região onde vivem (Silva et al., 2006). Portanto, há uma relação íntima entre saúde humana e solo (Liu et al., 2013).

As deficiências de elementos-traço (elementos que geralmente ocorrem em baixíssimas concentrações em solos) nas culturas agrícolas e nos animais são comuns em grandes áreas e em várias regiões do mundo e, por essa razão, programas de suplementação são práticas aplicadas na agricultura (Selinus, 2006). No entanto, na agricultura uma grande ênfase é dada a reposição dos elementos reconhecidamente essenciais para as plantas, em detrimento da reposição daqueles que são essenciais para os animais que as consomem. Dessa forma, é comum não haver, em áreas agrícolas, fertilização com lítio (Li), vanádio (V) e cobalto (Co) por estes não serem considerados essenciais para as plantas, o que pode resultar em uma constante e crescente exaustão destes elementos, especialmente em solos profundos e intemperizados como os que dominam a paisagem brasileira (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, mas participa com apenas 2% da produção mundial, configurando-se, portanto, como um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes. Tal situação não apenas onera economicamente a produção agrícola, mas também impede um saldo mais positivo na balança comercial do país, criando uma situação de enorme vulnerabilidade que, associado à dependência tecnológica por defensivos agrícolas, levando à menor produtividade (Rodrigues et al., 2010).

Diante disso, é necessário buscar alternativas às fontes de nutrientes importados, e também opções que atendam às necessidades das agriculturas de bases agroecológicas, com restrições ao uso de fertilizantes solúveis e estímulos à utilização de recursos locais,

minimizando os passivos ambientais (Mäder et al., 2002; Pimentel et al., 2005; Martins et al., 2010). Uma dessas alternativas que tem sido apontada recentemente é o uso de rochas silicatadas moídas provenientes de rejeitos de pedreiras e mineradoras (Leonardos et al., 2000; van Straaten, 2006; Theodoro & Leonardos, 2006).

O uso de rochas silicatadas como fonte de nutrientes na agricultura é uma prática antiga (Hensel, 2003; Winiwarter & Blum, 2008), mas que foi, de certa forma, esquecido com o advento do uso de fertilizantes solúveis. Na literatura científica, no entanto, são poucos os trabalhos sobre a utilização de rochas silicatadas como fontes de nutrientes. Além disso, até o momento, não há um consenso dentre os trabalhos sobre o tema quanto à eficiência destas rochas em suprir nutrientes e promover o crescimento de plantas, principalmente devido à lenta solubilização dos minerais presentes (Silva et al., 2011).

Garret (2005), analisando a composição de rochas com potencial para utilização como fonte de nutrientes na agricultura, observaram que alguns elementos potencialmente benéficos às plantas ou aos animais, como Li, Co, V e La (lantânio), foram encontrados em teores superiores à maioria dos resíduos orgânicos, apontando um potencial destas rochas na reposição de elementos que são, frequentemente, negligenciados na perspectiva dos fertilizantes de alta solubilidade.

Borges et al. (2013) fizeram um levantamento de rochas com potencial de uso para rochagem na região do Alto Paranaíba (MG) e entorno (Tabela 1).

Elementos benéficos*1	Cu	Zn	Li	Co	V	Ni
			$mg.kg^{-1}$			
Basalto (B1)	200	102	11	37	370	55
Basalto (B2)	191	99	19	36	386	56
Basalto (B3)	38	92	6	33	372	10

*1: elementos nutrientes às plantas ou benéficos à outros organismos.

A vida na terra se desenvolveu na presença de todos os 97 elementos que ocorrem naturalmente, incluindo os que chamamos de essenciais, não essenciais, tóxicos e os possivelmente tóxicos (Garret, 2005). Destes elementos de ocorrência

natural, menos de 30 são essenciais para os organismos (Nelson e Cox, 2011). Os elementos considerados essenciais podem ser divididos em macronutrientes (que necessitam ser absorvidos através da dieta em grande quantidade) participando da massa corporal em concentrações maiores que 0,1 %, e micronutrientes, com concentrações corpóreas abaixo de 0,1 % (Silva et al., 2006).

Dentre os macronutrientes, quatro são mais abundantes nos organismos vivos: hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e carbono, que juntos constituem mais de 99 % da massa das células (Nelson e Cox, 2011). Além destes, também são considerados macronutrientes para humanos os elementos cálcio (Ca), cloro (Cl), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na) e enxofre (S). Os demais elementos essenciais são necessários em menores concentrações e são considerados micronutrientes. Os micronutrientes estão associados a diversas funções no organismo, como componentes de enzimas e coenzimas, atuando no metabolismo ou no controle do crescimento (Silva et al., 2006).

O zinco (Zn) atua em várias reações bioquímicas, como co-fator de inúmeras enzimas que participam do metabolismo de proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos nucléicos. Dentre, aproximadamente, as 300 enzimas das quais o zinco faz parte estão a anidrase carbônica, fosfatase alcalina, carboxipeptidases, álcool desidrogenase, superóxido dismutase, proteína C quinase, ácido ribonucléico polimerase e transcriptase reversa. Ele participa, portanto, na divisão celular, expressão genética, processos fisiológicos como crescimento e desenvolvimento, na transcrição genética, na morte celular, age como estabilizador de estruturas de membranas e na proteção celular, prevenindo a peroxidação lipídica, além de participar da função imune e desenvolvimento cognitivo (Mafra & Cozzolino, 2004). Sua deficiência pode causar alterações fisiológicas como anorexia, alteração do paladar, redução da atividade física, hipogonodismo, danos oxidativos, alterações do sistema imune, hipogeusia, danos neuropsicológicos e dermatites (Botti & Féres, 2003; Mafra & Cozzolino, 2004).

Por outro lado, o excesso de zinco no organismo pode ser tóxico, pois em níveis elevados, é capaz de se combinar com os sinalizadores presentes nas membranas celulares, o que ocasiona os fenômenos de bioacumulação e de biomagnificação ao longo da cadeia alimentar. Entre os distúrbios ocasionados por seu excesso, podem-se citar a redução de cobre, dor muscular, sangramento intestinal e anomalias cerebrais (Silva et al, 2001).

O cobre (Cu) é constituinte de enzimas importantes no metabolismo humano como a superóxido dismutase, citocromo C-oxidase, monoaminooxidase, lisil oxidase, tirosinase, ceruloplasmina e dopamina β-hidroxilase. Estas catalisam reações fisiológicas importantes relacionadas com fosforilação oxidativa, inativação de radicais livres, biossíntese de colágeno e elastina, formação de melanina, coagulação sanguínea, metabolismo de ferro e síntese de catecolaminas (Pedrosa e Cozzolino, 1999; Nelson e Cox, 2011). Porém, o excesso de cobre solúvel no organismo (hipercupremia) pode ser tóxico devido à afinidade do cobre com grupos tióis (S-H) de muitas proteínas e enzimas, causando doenças como epilepsia, melanoma, artrite reumatóide, bem como a perda do paladar (Azevedo et al., 2003).

O cobalto (Co) está na estrutura química da vitamina B_{12} (cobalamina), que está envolvida na manutenção da integridade do sistema nervoso e na produção de glóbulos vermelhos. A deficiência da vitamina B_{12} leva a anemia perniciosa, com produção reduzida de eritrócitos, níveis reduzidos de hemoglobina e dano grave e progressivo ao sistema nervoso central (Silva et al., 2006; Nelson e Cox, 2011). O excesso de cobalto pode levar à substituição do zinco pelo cobalto em enzimas que dependem do zinco para desempenhar suas funções, provocando deficiência de zinco. Também pode levar a alterações no metabolismo de carboidratos, inativação de enzimas oxido-redutivas, danos às células das ilhotas de Langerhans no pâncreas, danos às células do epitélio dos túbulos proximais renais, prejuízo da função hepática com infiltração gordurosa, alterações enzimáticas nos hepatócitos, resultando no aumento de enzimas hepáticas no soro (Alves e Rosa, 2003).

Diversos estudos têm mostrado diferentes funções do vanádio (V) no organismo. Park et al. (2013) observaram, *in vitro*, diminuição no acúmulo de lipídios em adipócitos durante a diferenciação celular e, em estudo *in vivo*, em camundongos, um menor ganho de peso e redução nos níveis plasmáticos de colesterol total, triglicerídios e glicose. Vanádio aumenta a ação da insulina, reduzindo os níveis de glicose no sangue e outras doenças relacionadas à diabetes, a incidência de catarata e patologias cardíacas (Clark et al., 2014; Sun et al., 2014). Deficiência de vanádio reduz a fertilidade, aumenta a possibilidade de abortos espontâneos e reduz a produção de leite. Pode levar a deformações ou inflamações em ossos e dores musculares (Clark et al., 2014). Porém, seu excesso no organismo resulta na irritação do sistema respiratório,

diarreias, irritação da pele e mucosas, palpitações cardíacas, anemia, pneumonia, bronquite, perturbações no Sistema Nervoso Central (SNC) (Taddei et al., 2004).

O níquel (Ni) é considerado um micronutriente essencial e está ligado ao controle do crescimento, mas é pouco conhecido quanto aos seus mecanismos de ação no metabolismo normal (Silva et al., 2006). Este metal em doses elevadas pode causar irritação gastrointestinal (náuseas, vômitos e diminuição do apetite), alterações neurológicas (dor de cabeça, vertigem), alterações musculares (fraqueza muscular, dor e tensão nos ombros) e alterações cardíacas (palpitações) (Machado et al., 2015).

O lítio (Li) tem sido empregado por mais de 50 anos no tratamento do transtorno afetivo bipolar, sendo a droga mais utilizada em muitos casos (Marmol, 2008). O Li promove a estabilização de atividades neurais, dá suporte à plasticidade neural e possui propriedades neuroprotetoras (Nunes et al., 2002). Em populações com baixa ingestão de Li, observa-se aumento da agressividade, das taxas de suicídios, homicídios e as taxas de detenção por uso de drogas e outros crimes (Schrauzer, 2002). O excesso desse elemento pode provocar diarreia, vômitos, apatia, falta de energia, pernas fracas, sonolência, letargia, dificuldades em falar, tremores irregulares, fraqueza muscular, dores nos braços e nas pernas, ataxia, rigidez muscular, hiperatividade nos reflexos dos tendões e ataques epilépticos (Machado et al., 2015).

Diante disto, este trabalho avaliou os teores de elementos traços cobre, zinco, lítio, cobalto, vanádio e níquel em feijão e café adubados com pós de rocha, analisando também a composição bromatológica do feijão e a qualidade sensorial do café.

1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. N. L.; ROSA, H. V. D. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences.** v. 39, n. 2, p. 132-134, São Paulo, 2003.

AZEVEDO, S. M.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, N. E.; RIBEIRO, C. F. S.; SILVA, V. F.; AGUIAR, F. C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. **Ciência e agrotecnologia.** Lavras. v.27, n.3, p.620-621, 2003.

BORGES, P. H. C.; CASTELARI, L. H. L.; SAMPAIO, C. C. V.; TAVARES, L. F.; BARBOSA, W. G.; PEDRON, L. G.; CARVALHO, A. M. X. Rochas com potencial de

uso para rochagem na região do Alto Paranaíba (MG) e entorno. Resumos do VIII **Congresso Brasileiro de Agroecologia**, Porto Alegre, RS , 2013.

BOTTI, A. S.; FÉRES, M. C. L. C. Íon zinco: presença no sistema auditivo. **Revista Brasileira de Otorrinolaringolia,** v.69, n.1, p.111-116, 2003.

CLARK, T. A.; DENISET, J. F., HEYLIGER, C. E.; PIERCE, G. N. Alternative therapies for diabetes and its cardiac complications: role of vanadium. **Heart Failure Reviews**, v. 19, p.123-132, 2014.

GARRET, R.G. Natural distribution and abundance of elements. In: SELENIUS, O. (Ed). **Essentials of Medical Geology: impact of the natural environment on public health**. Amsterdam: Elsevier, p. 17-41, 2005.

HENSEL, J. **Pães de Pedra**. Tradutores: Hans Landgraf, Jairo Restrepo Riveira, Sebastião Pinheiro. Canoas, Salles Editora, p 79, 2003.

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H**. Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

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

LIU, Y.; LI, Y.; JIANG, Y.; LI, H.; WANG, W.; YANG, L. Effects of Soil Trace Elements on Longevity Population in China. **Biological Trace Element Research**, v. 153, p. 119-126, 2013.

MACHADO, J. S.; HOELTGEBAUM, D.; MOSSINI, S. A. G.; NISHIYAMA, P. **Exposição a metais em laboratórios de prótese dentária.** Disponível em <http://www.dex.uem.br/forum/images/10forum/C_Oral/Saude/exposicao%20a%20metais%20em%20laboratorios%20de%20protese%20dentaria.pdf> Acesso em 01 de abril de 2015.

MÄDER, P.; FLIEBACH, A.; DUBOIS, D.; *et al*. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, v.31, p.1694-1697, 2002.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, v.1, n.1, p.79-87, 2004.

MARMOL, F. Lithium: Bipolar disorder and neurodegenerative diseases. Possible cellular mechanisms of the therapeutic effects of lithium. **Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry**, v.32, p.1761-1771, 2008.

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.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: princípios de bioquímica**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 10, 2011.

NUNES, P. V.; WACKER, P.; FORLENZA, O. V.; GATTAZ, W. F. O uso do lítio em idosos: evidências de sua ação neuroprotetora. **Revista Psiquiatria Clínica**, v.29, n.5, p.248-255, 2002.

PARK, S. J.; YOUNG, C. K.; HYUN, J. W.; YOU, H. J. The anti-obesity Effect of Natural Vanadium-Containg Jeju Ground Water. **Biological Trace Element Research**, v. 151, p. 294-300, 2013.

PEDROSA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F. Alterações Metabólicas e Funcionais do Cobre em *Diabetes Mellitus***. Revista de Nutrição**, v.12, n.3, p. 213-224, 1999.

PIMENTEL, D.; HEPPERLY, P.; HANSON, J.; *et al*. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. **BioScience**, v.55, p.573-583, 2005.

RODRIGUES, A.F.S.; FONSECA, D.S.; HIDER, M.; *et al*. Agrominerais: recursos e reservas. In: FERNANDES, F.R.; LUZ, A.B.; CASTILHOS, Z.C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

SCHRAUZER, G. N.; Lithium: occurrence, dietary intakes, nutritional essentiality. **Journal of the American College of Nutrition**, v.21, n.1, p.14-21, 2002.

SELINUS, O. Geologia Médica. In: SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B. R.; DE CAPITANI, E. M.; CUNHA, F. G**.** (eds) **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. p. 1-5

SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B. R.; DE CAPITANI, E. M. Geologia Médica no Brasil. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 6-14, 2006.

SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Revista Escola de Minas**, vol.54, no.2, p. 4-5, Ouro Preto, 2001.

SUN, L.; SHI, D. J.; GAO, X. C.; MI, S. Y.; YU, Y.; HAN, Q. The Protective Effect of vanadium Against Diabetic cataracts in Diabetic Rat Model. **Biological Trace Element Research**, v.158, n.2, p.219-23, 2014.

TADDEI, E. B.; HENRIQUES, V. A. R.; SILVA, C. R. M.; CAIRO, C. A. A. Sinterização a vácuo da liga Ti-35Nb-7Zr-5Ta. Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, v. 23, n. 2, 69-71, São Paulo, 2004.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.78, p.721-730, 2006.

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

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

2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA EM GRÃOS DE FEIJÃO ADUBADOS COM PÓ DE BASALTO

2.1. Resumo

O feijão é uma leguminosa que fornece elementos essenciais ao ser humano, como proteínas, cálcio, zinco, ferro, vitaminas (complexo B), magnésio, fibras e carboidratos. É a principal fonte de proteína de grande parte da população mundial, principalmente onde o consumo de proteína animal é pequeno. Os elementos essenciais para os organismos podem ser divididos em macronutrientes e micronutrientes. Os micronutrientes estão associados a diversas funções no organismo, atuando no metabolismo ou no controle do crescimento. Deste modo, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de pó de basalto, consorciado com adubo verde, sobre os teores de micronutrientes e sobre a composição bromatológica de feijão preto (*Phaseolus vulgaris black turtle*). Os resultados obtidos mostraram que os teores de proteína total variaram entre 18,708 $g.kg^{-1}$ a 18,542 $g.kg^{-1}$, de lipídeo entre 2,687 $g.kg^{-1}$ a 2,380 $g.kg^{-1}$ e de carboidratos entre 66,966 $g.kg^{-1}$ e 66,176 $g.kg^{-1}$, esses valores de macronutrientes estão dentro da faixa dos resultados encontrados na literatura. Os teores de micronutrientes foram expressos em mg/100g de amostra seca variaram de de 2,163 $mg.kg^{-1}$ a 6,044 $mg.kg^{-1}$ para o cobre; 23,40 $mg.kg^{-1}$ a 27,156 $mg.kg^{-1}$ para o zinco, esses valores estão de acordo com a legislação vigente sobre micronutrients em alimentos. Os teores de cobre e zinco, assim como a composição química centesimal de feijão preto produzido com o pó de basalto, não apresentou diferença significativa quando comparado com o feijão preto cultivado sem adição do mesmo.

2.2. Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas. A safra 2015/2016 tem taxa anual de aumento projetada de 1,77%, de acordo com estudo da Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura. Os dados também mostram crescimento no consumo, cerca de 1,22% ao ano, no período 2009/2010 a 2019/2020, passando de 3,7 milhões de toneladas para 4,31 milhões de toneladas. As projeções indicam também a possibilidade de importação

de feijão nos próximos anos. Porém, a taxa equivaleria a 161,3 mil toneladas em 2019/2020, quantidade pouco expressiva (Mapa, 2016).

O consumo de grãos de feijão representa o fornecimento básico de proteínas, minerais, vitaminas e energia (Broughton et al., 2003; Sathe, 2002). Típico produto da alimentação brasileira é cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões.

Os elementos essenciais para os organismos podem ser divididos em macronutrientes, que necessitam ser absorvidos em grande quantidade através da dieta, e micronutrientes, que são necessários em menores concentrações. Os micronutrientes estão associados a diversas funções no organismo, como componentes de enzimas e coenzimas, atuando no metabolismo ou no controle do crescimento (Silva et al., 2006).

Uma opção aos fertilizantes solúveis utilizados na produção do feijão são as rochas, moídas e aplicadas ao solo na forma de pó, prática denominada rochagem (Theodoro; Leonardos, 2006), as quais apresentam o potencial de fornecer aos solos grande número de macronutrientes e micronutrientes (Knapik & Angelo, 2007). Isso pode influenciar na qualidade nutricional, uma vez que os alimentos podem apresentar diferenças na composição devido à fatores como solo, clima, variedades genéticas, a adubação, etc (Azevedo, 2003; Araújo, 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de pó de basalto, consorciado com adubo verde, sobre os teores de micronutrientes e sobre a composição bromatológica de feijão preto (*Phaseolus vulgaris black turtle*).

2.3. Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em campo de modo participativo com agricultores da região sul do estado do Paraná. Para tal, o pó de basalto (rocha ígnea) foi aplicado juntamente com consórcio de adubos verdes com o objetivo de induzir a biodisponibilização dos nutrientes pelas plantas de cobertura. Estes consórcios foram cultivados nas áreas previamente à cultura do feijão, sendo uma possível estratégia para a biodisponibilização de nutrientes de pós de rochas cuja avaliação é demandada por agricultores familiares da região. A experimentação com ações participativas, envolvendo pesquisadores e agricultores familiares, foi baseada em uma estratégia metodológica que possibilitará ampliar as possibilidades de adaptação, implementação e

desenvolvimento das tecnologias geradas pela pesquisa, conforme fundamentam Weaver & Cousins (2004) e Ribeiro & Barbosa (2005).

O consórcio de adubos verdes foi mantido no campo até o estágio de florescimento pleno, sendo então roçado e a palhada mantida sobre o solo até o momento do plantio da cultura de interesse. A variedade de feijão, bem como o espaçamento de plantio e as práticas de manejo de plantas espontâneas, pragas e doenças utilizadas foram definidas em conjunto com os agricultores envolvidos. Após a maturidade fisiológica dos grãos uma amostragem manual foi realizada em cada unidade experimental para quantificação dos teores dos elementos traços estudados.

Visando contornar as limitações metodológicas relacionadas à experimentação participativa e permitir uma avaliação em talhões representativos, o experimento foi montado em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições (uma por bloco), sendo cada bloco em uma propriedade dos agricultores experimentadores envolvidos. Os tratamentos foram (Tabela 2):

Tabela 2. Tratamentos do feijão produzido com diferentes tipos de aplicação do pó de basalto

Fontes	
Controle	Consórcio de adubos verdes previamente na área sem adição de pó de basalto
Basalto antecipado	Consórcio de adubos verdes previamente na área com adição de pó de basalto no plantio do consórcio
Basalto não antecipado	Consórcio de adubos verdes previamente na área, com adição de pó de basalto apenas no momento do plantio do feijão
2/3 antecipado e 1/3 no plantio	Consórcio de adubos verdes previamente na área com adição de 2/3 da dose pó de basalto aplicado no plantio do consórcio e 1/3 da dose de pó de basalto no momento do plantio do feijão

As demais práticas culturais foram definidas pelos agricultores e aplicadas igualmente na área experimental de cada agricultor. As espécies de adubos verdes envolvidas no consórcio foram ervilhaca, aveia, centeio, tremoço e nabo forrageiro e a dose aplicada de pó de basalto foi de 3 $t.ha^{-1}$. O pó de basalto foi fornecido pela empresa Ekosolos - Indústria Remineralizadora de Solos Ltda.

Após a maturação fisiológica, os grãos de feijão foram moídos, passados em peneira de 18 mesh e armazenados para as análises de composição bromatológica e quantificação de mutrientes.

Os dados foram submetidos aos testes de Barttlet e Jarque-Bera (Jarque & Bera, 1980) para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade.

2.3.1 Análises bromatológicas do feijão

Os teores de cinzas, proteína total, umidade e lipídios (extrato etéreo) foram determinados segundo metodologia descrita por Gomes & Oliveira, 2011. Para análise de cinzas foram utilizadas 2 gramas de cada amostra, determinadas por calcinação a 550 ^{o}C, até peso constante.

O teor de nitrogênio de cada amostra (0,300 gramas) foi determinada pelo método semimicro Kjeldahl. No cálculo de conversão do nitrogênio em proteína total foi utilizado o fator 6,25 (Brigide et al., 2014; Silva et al., 2011).

A determinação de umidade da amostra é baseada na secagem da mesma, na qual parte-se do pressuposto que toda a perda de peso é decorrente da perda de umidade. O teor de umidade foi determinado, usando 2 gramas de cada amostra, em estufa, a 105 ^{o}C, até peso constante.

A quantificação de lipídeos (extrato etéreo), baseia-se na extração da fração lipídica através de um solvente orgânico. Foram usadas 1,300 gramas de cada amostra que foram colocadas em extrator Soxhlet e deixadas em refluxo por seis horas, utilizando-se éter de petróleo como extrator.

O conteúdo de carboidratos totais foi obtido subtraindo o conteúdo de lipídeos, proteínas, umidade e cinzas de 100 (Brigide et al., 2014).

2.3.2. Quantificação dos elementos traços

Os elementos cobre (Cu), zinco (Zn), lítio (Li), cobalto (Co), vanádio (V) e níquel (Ni) foram analisados nas amostras

Foram utilizadas 5 gramas de cada amostra de feijão que foram mineralizadas por via úmida, utilizando-se mistura digestora nitroperclórica na proporção 3:1. Em

seguida, a quantificação foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica (VARIAN modelo AA240FS), com atomização tipo chama. As concentrações foram determinadas mediante elaboração de curvas-padrão de cada um dos elementos analisados, preparados diluindo-se soluções estoque, de acordo com a metodologia de Gomes & Oliveira, 2011.

2.4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com as análises bromatológica do feijão mostraram que em relação ao teor proteína total, lipídeo total e carboidratos nos grãos, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos em comparação com o controle (Tabela 3). Os teores de proteína total variaram entre 18,708 $g.kg^{-1}$ (basalto antecipado, aplicado na adubação verde) e 18,542 $g.kg^{-1}$ (controle), de lipídeo total variaram entre 2,687 $g.kg^{-1}$ (aplicação do pó de basalto 2/3 antecipado e 1/3 no plantio) e 2,380 $g.kg^{-1}$ (basalto não antecipado, aplicado no plantio do feijão) e de carboidratos variaram entre 66,966 $g.kg^{-1}$ (controle) e 66,176 $g.kg^{-1}$ (aplicação do pó de basalto 2/3 antecipado e 1/3 no plantio) (Tabela 3).

Para as cinzas houve diferença significativa na composição química do tratamento controle (4,142 $g.kg^{-1}$), sem aplicação do pó de basalto, em relação aos demais tratamentos, variando entre 4,243 $g.kg^{-1}$ (basalto antecipado, aplicado na adubação verde) e 4,781 $g.kg^{-1}$ (aplicação do pó de basalto 2/3 antecipado e 1/3 no plantio) (Tabela 3). Essa diferença é caracterizada pelo uso do pó de basalto como adubo, os elementos constituintes das rochas ao serem liberados pelo intemperismo podem ser disponibilizados no solo para em seguida serem levados para as águas dos rios e subterrâneas. No solo, podem ser absorvidos pelas raízes das plantas, entrando na cadeia alimentar (Silva et al., 2006).

Tabela 3. Composição química de feijão produzido com diferentes tipos de aplicação do pó de basalto (g/100g de matéria seca)

Fontes	Proteína total	Lipídeo total	Carboidratos	Cinzas
Controle	18,542 a	2,454 a	66,966 a	4,142 b
Basalto antecipado (na adubação verde)	18,708 a	2,414 a	66,267 a	4,243 ab

Basalto não antecipado (no plantio do feijão)	18,670 a	2,380 a	66,219 a	4,539 a
2/3 antecipado e 1/3 no plantio	18,590 a	2,687 a	66,176 a	4,781 a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Na literatura, encontramos teores de proteínas em feijão variando de 18,17 a 36,28 g/100 g de matéria seca; de extrato etéreo variando de 0,53 a 2,75 g/100 g de matéria seca; de cinzas variando de 2,97 a 5,27 g/100 g de matéria seca e para carboidratos variando de 2,97 a 5,27 g/100 g de matéria seca ((Brigide et al., 2014; TACO, 2011; Silva et al., 2011; Mesquita et al., 2007; Pires et al., 2005; Barampama & Sinard, 1993). Observa-se que os teores encontrados no presente estudo estão dentro ou muito próximos à faixa citada na literatura. A ampla variação encontrada na literatura mostra que diferenças na composição bromatológica são inerentes à cultivares, às condições de cultivo, de clima e de fertilidade do solo (Mesquita et al., 2007; Pires et al., 2005). Dentre os elementos traços analisados, somente foram detectado os micronutrientes cobre e zinco.

Os tratamentos avaliados não interferiram no teor de cobre das amostras de feijão (Figura 1). Os valores encontrados variaram, em média, de 2,163 $mg.kg^{-1}$ (basalto antecipado) a 6,044 $mg.kg^{-1}$ (2/3 antecipado e 1/3 no plantio). Os teores de cobre encontrados no presente estudo estão de acordo com valores encontrados na literatura, que variaram de 5,2 a 17,73 $mg\ kg^{-1}$ (Brigide et al., 2014; Mesquita et al., 2007; Beebe et al., 2000; Barampama & Sinard, 1993).

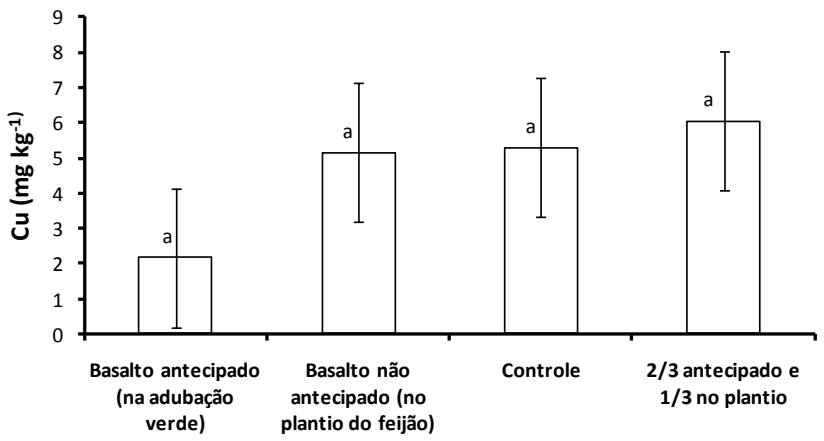

Figura 1. Caracterização do Cu (mg.kg^{-1}) nas amostras de feijão cultivadas com diferentes tipos de aplicação do pó de basalto.

Apesar de ser constituinte de várias de enzimas importantes no metabolismo humano, o cobre em excesso pode ser tóxico, causando diversas doenças. A recomendação diária de cobre é de 1-3 mg/dia (Azevedo et al., 2003). O Decreto n° 55871, de 26 de março de 1965, estabelece o limite máximo de diversos componentes em alimentos. Não há especificação para leguminosas na legislação, o valor usado é geral, classificado como outros alimentos. O limite máximo de tolerância (LMT) estabelecido para cobre é de 30 mg kg^{-1} (Brasil, 1965). Portanto, os valores obtidos para os grãos de feijão estão bem abaixo do limite máximo estabelecido por lei, o que significa que o feijão fertilizado com o pó de basalto é seguro para consumo nas condições avaliadas.

Assim, como para o cobre, os tratamentos avaliados não influenciaram o teor de zinco das amostras de feijão, que variaram, em média, de 23,40 mg.kg $^{-1}$ (controle) a 27,156 mg.kg $^{-1}$ (2/3 antecipado e 1/3 no plantio) (Figura 2). Os teores de zinco no feijão encontrados na literatura variaram de 22,29 a 63,90 mg kg^{-1} (Brigide et al. 2014; Carvalho et al., 2012; Mesquita et al., 2007; Beebe et al., 2000; Barampama & Sinard, 1993).

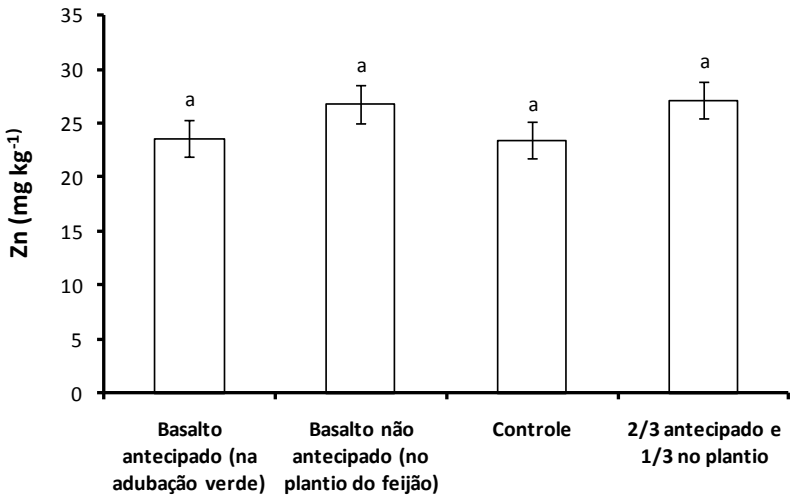

Figura 2. Quantificação do Zn ($mg.kg^{-1}$) nas amostras de feijão cultivadas com diferentes tipos de aplicação do pó de basalto.

O zinco, apesar de ser componente de inúmeras enzimas que participam do metabolismo de proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos nucléicos (Mafra e Cozzolino, 2004), em excesso pode ser tóxico, provocando inúmeras doenças. A recomendação diária de zinco é de 10-12 mg/dia (Silva et al, 2001). Para o zinco, o limite máximo de tolerância (LMT) é de 50 ppm de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 1965). Não há especificação para leguminosas na legislação, o valor usado é geral, classificado como outros alimentos. Portanto, os valores obtidos estão abaixo do limite máximo de tolerância, o que significa que o feijão fertilizado com o pó de basalto, nas condições avaliadas, é seguro para consumo.

Os demais elementos (lítio, cobalto, vanádio e níquel) não foram detectados, não significa que eles não estejam presentes nas amostras, provavelmente isso se deve limitação do método utilizado para análise, pois o espectrofotômetro de absorção atômica com atomizador tipo chama possui limite de detecção na ordem de mg kg^{-1}. Os demais nutrientes poderiam estar presentes em concentrações inferiores ao limite de detecção do equipamento.

2.5. Conclusão

Os diferentes tipos de aplicação do pó de basalto não interferiu na composição química centesimal de feijão preto produzido com o pó de basalto quando comparado

com o feijão preto cultivado sem adição do mesmo. Foram detectados zinco e cobre em todas as amostras de feijão, as concentrações estavam abaixo do que a legislação exige.

2.6. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, R. A. C. Fibras alimentares. In: **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**. Vol 13, n. 13. 1998.

AZEVEDO, S. M.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, N. E.; RIBEIRO, C. F. S.; SILVA, V. F.; AGUIAR, F. C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. **Ciência e agrotecnologia.** Lavras. v.27, n.3, p.620-621, 2003.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (Phaseolus vulgaris L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, v. 47, n. 2, p. 157-167, 1993.

BEEBE, S.; GONZALEZ, A. V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals in the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, vol. 21, n. 4, 2000.

BRASIL. Portaria n° 55871, de 26 de março de 1965. **Normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos.** Brasília. 09 abril de 1965.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SILVA, M. O. Nutritional characteristics of biofortified common beans. **Food Science Technology**, Campinas, v. 34(3), p. 493-500, 2014.

BROUGHTON, W. G.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (Phaseolus spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.

CARVALHO, L. M. J.; CORRÊA, M. M.; PEREIRA, E. J.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V.; RIBEIRO, E. M. G.; FREITA, S. C. Iron and zinc retention in common beans (P haseolus vulgar L.) after home cooking. **Food & Nutrition Research**, v. 56, 2012.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011, 303 p.

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, n. 1, p. 11-36, 2000.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals**. Economics Letters**, v. 6, p. 255-259, 1980.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de Prunus sellowii Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 257-264, 2007.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, v.1, n.1, p.79-87, 2004.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2016. Disponivel em: http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao. Acesso em 29 de janeiro de 2016.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. T. B. Linhagens de feijão (Phaseolus vulgaris L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; DE REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Composição físico-química de diferentes cultivares-de feijão (Phaseolus vulgaris L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 157-162, 2005.

RIBEIRO, S.S.; BARBOSA, W.A. Saberes agroecológicos: entrelaçando o popular e o científico. **Ação Ambiental**, v.31, p.12-14, 2005.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality (Review). **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B. R.; DE CAPITANI, E. M. Geologia Médica no Brasil. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 6-14, 2006.

SILVA, A.; PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; ALMEIDA, J. A. M.; SCHMITT, C. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011.

SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Revista Escola de Minas**, vol.54, no.2, p. 4-5, Ouro Preto, 2001.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP. – 4ª ed. rev. e ampl. - Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 78, n. 4, p. 721-730, 2006.

WEAVER, L.; COUSINS, J.B. Unpacking the participatory process. **Journal of Multi-disciplinariy Evaluation**, v.1, p.9-40, 2004.

3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CAFÉS ADUBADOS COM FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO

3.1. Resumo

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Atualmente a sua produção visa a qualidade, valorizando os atributos sensoriais e higiênicosanitário do produto, além dos aspectos relacionados à proteção ambiental e valorização social. O café contém vitamina B, lipídios, aminoácidos, açúcares e uma grande variedade de minerais, como potássio e cálcio, além da cafeína. Possui também propriedades antioxidantes, combatendo os radicais livres. Por ser um alimento tradicional e muito consumido pela população, o café constitui um produto de grande importância econômica e social. Deste modo, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes de potássio sobre a composição química, os teores de micronutrientes e sobre as características sensoriais do café. Foram utilizados frutos de *Coffea arabica* L. Os experimentos foram conduzidos em campo, sob talhões de media a alta disponibilidade de potássio. Após a maturação do grão, o café foi colhido, desmucilado, despolpado, seco e torrado. Foi avaliado a acidez titulável, o pH, a condutividade elétrica e a análise sensorial. Os resultados obtidos mostraram que os valores de acidez total titulável variaram de 20,49 a 24,19 mL de NaOH 100.g $^{-1}$ para o experimento A e de 22,49 a 25,70 mL de NaOH 100.g $^{-1}$ para o experimento B. Os valores de pH variaram de 5,16 a 5,45 para o experimento A e de 5,02 a 5,19 para o experimento B. A avaliação da condutividade elétrica do café mostra que somente uma amostra no experimento A foi diferente dos demais tratamentos, apresentando um valor menor de 75,4 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de amostra (Tabela 3). Para o experimento B, os valores de condutividade elétrica variaram de 80,4 a 84 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de amostra. Foram detectados os micronutrientes cobre e zinco em todas as amostras, porém não apresentaram diferença significativa e os níveis encontrados estavam abaixo do que a legislação exige. Na análise sensorial, não houve diferença na qualidade do café produzido com as diferentes fontes de potássio. Isso indica que as diferentes fontes utilizadas não interferiram na qualidade da bebida.

3.2. Introdução

A cultura do café tem grande importância no cenário brasileiro, já que o Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, possuindo 40% da produção mundial de café e sendo este responsável por 2% do total de produtos exportados (Melloni et al., 2012). No ano de 2015, o país deteve 2.256,5 milhões de hectares de área plantada com café, em maioria das espécies arábica e robusta, com produção entre 44,11 e 46,61 milhões de sacas. A estimativa de produtividade para o ano de 2016 está entre 49,13 e 51,94 milhões de sacas de 60 quilos de café (arábica e robusta) beneficiado (Conab, 2016). O Brasil é o segundo maior consumidor de café do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos (Salguero, 2013). No ano de 2013, o consumo *per capita* (habitante/ano) de café torrado foi de, aproximadamente, 4,87 kg, que corresponde a cerca de 70 L de café para cada habitante brasileiro (ABIC, 2013).

O fornecimento de nutrientes para as plantas por fertilização tem, ao longo dos tempos, buscado a elevação da produção. Estudos recentes tem buscado relacionar nutrição de plantas e qualidade (Clemente at al., 2015b).

O sabor característico do café como bebida é proveniente do grão, o qual está diretamente relacionado com as variedades e influenciado por tipos de solos, condições edafoclimáticas, tratos agrícolas, processos de secagem, tipo de processamento, torrefação, moagem, envase e armazenamento (Salazar et al., 2015; Oliveira et al., 2013; Borém et al., 2008; Caixeta, 1999).

Salazar et al. (2015) encontraram correlações positivas entre atributos sensoriais e as características químicas do solo. Os autores relataram que potássio (K), sódio (Na) e alumínio (Al) tem correlação com fragância e aroma e o cálcio (Ca) está correlacionado com acidez.

A qualidade do café é determinada por seus constituintes químicos, dando características de sabor e aroma. A qualidade do café é avaliada por análise sensorial. Porém o resultado destas análises dependem de provadores treinados e das condições de realização das provas (Clemente et al., 2015a; Clemente et al., 2015b). Outras análises podem ser usadas como ferramenta auxiliar à análise sensorial, assegurando a confiabilidade dos resultados, tais como análise da composição química e condutividade elétrica (Clemente et al., 2015a; Oliveira et al., 2013).

A acidez total titulável tem sido apontada como um bom indicativo de qualidade (Oliveira et al., 2013). Sua intensidade está relacionada a vários fatores como a ocorrência de fermentação durante a secagem, estágio de maturação dos grãos, condições climáticas durante a colheita e secagem, local de origem e forma de preparo (Silva et al., 2016, Filho et al., 2015; Borém et al, 2008; Siqueira & Abreu, 2006). A acidez total titulável tem relação inversa com a qualidade da bebida, entretanto, pequenas quantidades de ácidos são necessárias para conferir a acidez essencial à bebida (Silva et al., 2016; Oliveira et al., 2013).

O pH é indicador de eventuais mudanças nos frutos, como fermentações indesejáveis que ocorrem pré e pós-colheita, e auxilia os profissionais a classificar um café como palatável, sem excesso de amargor ou acidez. A diminuição do pH está associada à diminuição da qualidade do café (Silva et al., 2016, Filho et al., 2015; Filho et al., 2013; Borém et al, 2008; Siqueira & Abreu, 2006).

A condutividade elétrica é considerada um bom indicador de alterações fisiológicas que podem diminuir a qualidade sensorial da bebida. Níveis elevados de condutividade elétrica indicam perda de integridade das membranas celulares e estão associados à bebidas de qualidade inferior (Clemente et al., 2015a; Borém et al., 2008).

Além da qualidade sensorial, a qualidade nutricional também é importante. Os elementos essenciais para os organismos podem ser divididos em macronutrientes, que necessitam ser absorvidos através da dieta em grande quantidade, e micronutrientes, que são necessários em menores concentrações. Os micronutrientes estão associados a diversas funções no organismo, como componentes de enzimas e coenzimas, atuando no metabolismo ou no controle do crescimento (Silva et al., 2006).

Uma opção aos fertilizantes solúveis utilizados na produção de alimentos são as rochas, moídas e aplicadas ao solo na forma de pó, prática denominada rochagem (Theodoro; Leonardos, 2006), as quais apresentam o potencial de fornecer aos solos grande número de macronutrientes e micronutrientes (Knapik; Angelo, 2007). Isso influencia na qualidade nutricional, uma vez que os alimentos podem apresentar diferenças na composição devido à fatores como solo, clima, variedades genéticas e adubação (Azevedo, 2003; Araújo, 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes de potássio sobre a composição química, os teores de micronutrientes e a qualidade sensorial do café.

3.3. Materiais e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos em campo no município de Rio Paranaíba, MG, sendo ambos em talhões comerciais de *C. arabica* L. O município está localizado na região do Alto Paranaíba onde o clima da região é classificado como, segundo Köppen-Geider, tropical com estação seca, com temperatura média anual de 21 ºC e precipitação total de 1700 mm.

Os experimentos foram conduzidos em campo, sob talhões de média a alta disponibilidade de potássio. Um dos talhões escolhidos (Talhão 1) situa-se a 19°25'31" S, 46°15'38" O a 1180 m de altitude (experimento A) e o outro a 19°13'54" S, 46°11'46" O a 1110 m de altitude (experimento B).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados buscando controlar o efeito de uma suave declividade do terreno nos dois talhões. Os tratamentos foram estruturados em um esquema fatorial (3 x 2) + 3, com quatro repetições, sendo três fontes de potássio (cloreto de potássio (57% de K_2O), termopotássio (3,9% de K_2O) e pó de fonolito (Ekosil com 8% K_2O) aplicadas em duas doses correspondentes a 150 e 400 $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$ de óxido de potássio (K_2O), mais um tratamento controle (0 $kg.ha^{-1}$ de K_2O), um tratamento controle positivo com aplicação de fonolito na maior dose juntamente com gesso, para correção da acidez do solo, na dose de 4 t ha^{-1} ano^{-1} e um tratamento controle (0 $kg.ha^{-1}$ de K_2O) com a quantidade de fósforo nivelada com o tratamento termopotássio na dose de 400 $kg.ha^{-1}$ de K_2O.

Os fertilizantes fonolito e termopotássio foram aplicados ao solo em parcela única na implantação do experimento, início da estação chuvosa das safras 2014/2015 e 2015/2016. O cloreto de potássio foi parcelado em 3 vezes iguais, em intervalos de 45 dias entre as adubações com o primeiro parcelamento na ocasião do início das chuvas. Os fertilizantes foram distribuídos uniformemente na parcela em ambos os lados da linha de plantio, à lanço, na projeção da copa.

Cada unidade experimental foi constituída por três linhas de café com 10 plantas por linha, sendo consideradas como úteis apenas as seis plantas centrais da linha central. Foram consideradas bordaduras também os cinco metros iniciais de cada linha, com o intuito de evitar interferências externas.

As áreas receberam adubações de base conforme recomendação de rotina. A adubação fosfatada foi de 120 $kg.ha^{-1}$ P_2O_5 via adubação comercial em ambas áreas. Já

a adubação nitrogenada nos talhões 01 e 02 serão respectivamente, 300 e 240 $kg.ha^{-1}$ N via adubação comercial e nitrato de amônio. O manejo fitossanitário das áreas experimentais seguiu o estabelecido para o restante dos talhões, no qual as tomadas de decisão para o controle foram baseadas nos dados de monitoramento das pragas e doenças.

Os dados foram submetidos aos testes de Hartley, Jarque-Bera (Jarque & Bera, 1980) e Chauvenet para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias, normalidade dos resíduos e presença de outliers, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias serão comparadas entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade. Comparações entre grupos de tratamentos foram avaliadas por contrastes de interesse testados pelo teste de Bonferroni modificado por Conagin (1998).

Após a colheita, o café foi seco por secagem natural em terreiro, descascado e torrado em torrador de prova Carmomaq de um cilindro, que possuia um moinho acoplado.

3.3.1. Análises do café

Para a análise de acidez total titulável e pH, as amostras de café moído foram pesadas e adicionados de água destilada, agitando-se em agitador magnético modelo 114, marca Nova Ética, de acordo com a metodologia de Filho et al., 2013.

Para determinação da acidez total titulável, o extrato preparado foi titulado com NaOH 0,1 $mol.L^{-1}$, com auxílio de um pHmetro (modelo mPA-210, marca Tecnopon), até pH final de 8,2, pois a coloração impossibilita a visualização do ponto de viragem utilizando-se indicador (Filho et al., 2013). Os resultados foram expressos em solução molar de NaOH por 100 g (IAL, 2008).

O pH foi medido por potenciômetro, à temperatura ambiente, utilizando pHmetro modelo mPA-210, marca Tecnopon (IAL, 2008).

A condutividade elétrica das amostras foi medida utilizando-se condutivímetro Digimed CD-20, expressando-se o resultado em $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ de amostra, de acordo com a metodologia descrita por Borém et al (2008).

3.3.2. Análise sensorial

A avaliação sensorial (prova de xícara) foi realizada por dois julgadores e classificadores profissionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O preparo da bebida e a classificação sensorial foi realizado seguindo as recomendações da Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2009). Nesta avaliação, a qualidade é quantificada com escala decimal de zero a cem pontos.

Onze atributos diferentes foram avaliados: fragância e aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, defeitos e avaliação geral (somatório dos dez atibutos anteriores).

Cafés com notas superiores a 80 na avaliação geral são considerados cafés especiais, com notas de 70 a 80 são considerados cafés comerciais finos, com notas de 60 a 70 são considerados cafés comerciais e cafés com notas abaixo de 60 são considerados cafés inferiores.

3.3.3. Quantificação dos elementos traços

Os elementos cobre (Cu), zinco (Zn), lítio (Li), cobalto (Co), vanádio (V) e níquel (Ni) foram analisados nas amostras. As amostras de café torrado e moído foram mineralizadas por via úmida, utilizando-se mistura digestora nitroperclórica na proporção 3:1. Em seguida, a quantificação foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica (VARIAN modelo AA240FS), com atomização tipo chama. As concentrações foram determinadas mediante elaboração de curvas-padrão de cada um dos elementos analisados, preparados diluindo-se soluções estoque, de acordo com a metodologia de Gomes & Oliveira (2011).

3.4. Resultados e Discussão

Os valores de acidez total titulável para as amostras de café estão apresentados na Tabela 1. A acidez total titulável não foi influenciada pelas diferentes fontes de potássio nem pelas diferentes doses de potássio, em ambos os experimentos. Os valores de acidez total titulável variaram de 20,49 a 24,19 mL de NaOH 100 g $^{-1}$ para o primeiro experimento e de 22,49 a 25,70 mL de NaOH 100 g $^{-1}$ para o segundo experimento.

Tabela 1. Acidez total titulável (mL NaOH 100 g^{-1}) do café dos experimentos A e B produzidos com diferentes fontes de potássio

Fontes	Acidez (mL NaOH 100 g^{-1})					
	Experimento A			Experimento B		
	0	150	400	0	150	400
Cloreto de potássio (KCl)	20,98	22,63 Aa	22,54 Aa	24,69	23,56 Aa	23,70 Aa
Fonolito		21,08 Aa	20,93 Aa		22,49 Aa	24,24 Aa
Termo potássio		22,05 Aa	20,49 Aa		25,70 Aa	25,12 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, minúscula na linha e seguidas por "ns" não diferem entre si, em um mesmo experimento.

Os teores de acidez total titulável podem ser influenciados por ocorrência de fermentação durante a secagem, pelo estágio de maturação dos grãos, pelas condições climáticas durante a colheita e secagem, pelo local de origem, pelo processamento (Silva et al., 2016, Filho et al., 2015; Borém et al, 2008; Siqueira & Abreu, 2006). Devido a estes fatores, na literatura são encontrados uma ampla faixa de valores de acidez, variando de 10,95 a 40,04 mL NaOH 100 g^{-1} (Silva et al., 2016; Clemente at al, 2015b; Filho et al., 2015; Conti et al., 2013; Filho et al., 2013; Scholz et al., 2013; Borém et al., 2008; Siqueira & Abreu, 2006). Clemente et al. (2015a) cita que cafés de alta qualidade devem apresentar acidez titulável maxima de 21,22 mL NaOH 100 g^{-1}. As amostras de café obtidas no experimento A apresentaram teores de acidez abaixo de 21,22 mL NaOH 100 g^{-1}, entretanto, as amostras de café do experimento B ficaram acima deste limite.

O pH das amostras não foi influenciado pelas diferentes fontes de potássio, nem pela concentração destas, em ambos os experimentos realizados (Tabela 2). Os valores de pH variaram de 5,16 a 5,45 para o experimento A e de 5,02 a 5,19 para o experimento B.

Tabela 2. Resultados do pH do café do experimento A e B produzidos com diferentes fontes de potássio

Fontes	pH					
	Experimento A			Experimento B		
	0	150	400	0	150	400
Cloreto de potássio (KCl)	5,37	5,16 Aa	5,45 Aa	5,17	5,06 Aa	5,23 Aa
Fonolito		5,38 Aa	5,24 Aa		5,09 Aa	5,17 Aa
Termo potássio		5,36 Aa	5,32 Aa		5,19 Aa	5,02 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, minúscula na linha e seguidas por "ns" não diferem entre si, em um mesmo experimento.

Baixos valores de pH, podem ser atribuídos à ocorrência de fermentações, elevando o teor de acidez do café. Assim como para acidez, existe na literatura uma ampla faixa encontrada para valores de pH em amostras de café, com valores variando de 5,1 a 6,2 (Silva et al., 2016; Clemente at al, 2015b; Filho et al., 2015; Koskei et al., 2015; Filho et al., 2013; Scholz et al., 2013; Siqueira & Abreu, 2006). Os valores de pH recomendados pela Organização Internacional do Café (OIC, 1992) devem estar na faixa entre 5,31 a 5,61. Já Sivetz & Desrosier (1979), citados por Siqueira & Abreu (2006), indicam que o pH ideal é de 4,95 a 5,20 para tornar o café palatável. A maior parte dos resultados de pH do presente trabalho estão dentro do intervalo encontrado na literatura. Porém, a maior parte das amostras analisadas possui pH abaixo daquele recomendado pela Organização Internacional do Café (OIC, 1992), mas dentro da faixa recomendada por Sivetz & Desrosier (1979), citados por Siqueira & Abreu (2006).

Os resultados obtidos para condutividade elétrica do café mostram que somente a amostra da dose de fonolito de 150 $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$ de K_2O, no experimento A, foi diferente dos demais tratamentos, apresentando um valor menor de 75,4 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de amostra (Tabela 3). No experimento B, a condutividade elétrica não foi influenciada pela diferentes fontes ou diferentes doses de potássio. Ainda no experimento B, os valores de condutividade elétrica variaram de 80,4 a 84 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de amostra. Na literatura, foram encontrados valores de condutividade elétrica variando de 80,53 a 449,4 $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de amostra (Clemente et al., 2015b; Oliveira et al., 2013; Borém et al., 2008).

Tabela 3. Resultados da condutividade elétrica do café do experimento A e B produzidos com diferentes fontes de potássio, expressa em $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ de amostra

Fontes	Condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$) 25°					
	Experimento A			Experimento B		
	0	150	400	0	150	400
Cloreto de potássio (KCl)	83,6	83,4 Aa	83,2 Aa	81,2	81,6 Aa	84,2 Aa
Fonolito		75,4 Bb	81,2 Aa		83,2 Aa	80,4 Aa
Termo potássio		82,2 Aa	79,8 Aa		81,8Aa	81,2 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, minúscula na linha e seguidas por "ns" não diferem entre si, em um mesmo experimento.

A condutividade elétrica está diretamente relacionada à absorção de água pelos grãos e é um indicador de danos nas membranas e paredes celulares (Clemente et al., 2015b). Valores elevados de condutividade indicam perda da integridade da membrana (SILVA et al., 2016). O potássio promove competição entre cátions e inibe a absorção de cálcio, essencial para a manutenção estrutural da membrana plasmática (Clemente et al., 2015b). No experimento A, o fonolito, por ser uma fonte de potássio de absorção lenta, em uma menor concentração, pode ter levado a uma menor concentração de potássio disponível no solo, levando a menores danos nas membranas. Segundo Oliveira et al. (2013) cafés com menores valores de condutividade elétrica obtém melhores escores na análise sensorial.

Dentre os elementos traços analisados, somente foram detectado os micronutrientes cobre e zinco. Os tratamentos avaliados não interferiram no teor de cobre das amostras de café (Figura 1). Os valores encontrados variaram, em média, de 6,79 mg.kg^{-1} a 14,28 mg.kg^{-1} para o experimento A e de 6,83 mg.kg^{-1} a 10,01 mg.kg^{-1} para o experimento B.

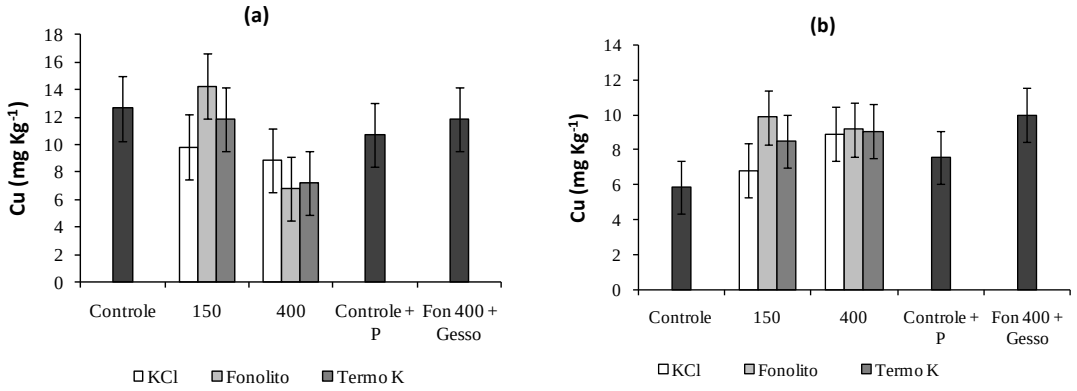

Figura 1. Caracterização de Cu (mg Kg^{-1}) nas amostras de café do experimento A (a) e do experimento B (b) cultivadas com diferentes fontes de potássio (cloreto de potássio (KCl); fonolito e termo potássio).

Apesar de ser constituinte de várias de enzimas importantes no metabolismo humano, o cobre em excesso pode ser tóxico, causando diversas doenças. A recomendação diária de ingestão de cobre é de 1-3 mg/dia (Azevedo et al., 2003). Assim, o teor de cobre que pode ser encontrado em alimentos tem um limite máximo de tolerância (LMT), que é de 30 ppm (partes por milhão) de acordo com a legislação

vigente (BRASIL, 1965). Como na lei não há especificação para o grão ou a bebida do café, o valor usado é geral, classificado como outros alimentos. Portanto, os valores obtidos estão bem abaixo do limite máximo de tolerância, o que significa que o café cultivado com diferentes fontes de potássio é seguro para consumo.

Assim como para o cobre, os tratamentos avaliados não influenciaram o teor de zinco das amostras de café, que variaram, em média, de 6,62 $mg.kg^{-1}$ a 9,81 $mg.kg^{-1}$ para o experimento A e de 6,53 $mg.kg^{-1}$ a 9,31 $mg.kg^{-1}$ para o experimento B (Figura 2).

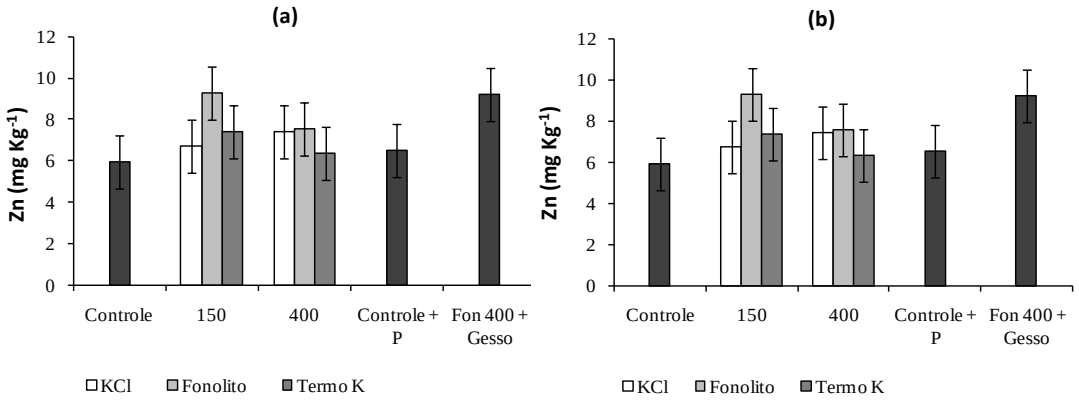

Figura 2. Caracterização de Zn (mg/Kg) nas amostras de café do experimento A (a) e do experimento B (b) cultivadas com diferentes fontes de potássio (cloreto de potássio (KCl); fonolito e termo potássio).

O zinco, apesar de ser componente de inúmeras enzimas que participam do metabolismo de proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos nucléicos (Mafra e Cozzolino, 2004), em excesso pode ser tóxico, provocando inúmeras doenças. A recomendação diária de ingestão de zinco é de 10-12 mg/dia (Silva et al, 2001). Assim como para o cobre, para o zinco também há limite máximo de tolerância (LMT), que é de 50 ppm de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 1965). Não há especificação para o grão ou a bebida do café na legislação, o valor usado é geral, classificado como outros alimentos. Portanto, os valores obtidos estão abaixo do limite máximo de tolerância, o que significa que o café cultivado com diferentes fontes de potássio é seguro para consumo. O presente trabalho não encontrou diferenças nos teores dos micronutrientes

cobre e zinco nem em relação à fonte de potássio, nem em relação à dose aplicada de potássio.

Os demais elementos (lítio, cobalto, vanádio e níquel) não foram detectados, não significa que eles não estejam presentes nas amostras, provavelmente isso se deve limitação do método utilizado para análise, pois o espectrofotômetro de absorção atômica com atomizador tipo chama possui limite de detecção na ordem de mg kg^{-1}. Os demais nutrientes poderiam estar presentes em concentrações inferiores ao limite de detecção do equipamento.

Quanto a análise sensorial, verificou-se que não houve diferença na qualidade do café produzido com as diferentes fontes de potássio. De acordo com a escala sensorial para café (ABIC, 2010), as amostras de café podem ser classificadas como cafés tradicionais, recebendo nota global maior ou igual a 60 (Tabela 4). Pela escala SCAA, todos as amostras de café obtidas obtiveram notas entre 70 e 80, sendo consideradas cafés comerciais finos. Correlacionando com o sistema Classificação Oficial Brasileira (COB) de avaliação sensorial, todas as amostras obtiveram notas de 75 a 79, sendo classificadas como bebida mole, ou seja, bebida com sabor agradável, suave e adocicado.

Tabela 4. Avaliação sensorial de grãos de café produzido com diferentes fontes de potássio

	Experimento A			Experimento B		
Fontes	0	150	400	0	150	400
KCL	74,47	75,69 Aa	75,78 Aa	74,90	76,09 Aa	76,75 Aa
Fonolito		75,50 Aa	73,97 Aa		75,00 Aa	77,01 Aa
Termo K		74,19 Aa	75,79 Aa		76,25 Aa	75,66 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, minúscula na linha e seguidas por "ns" não diferem entre si, em um mesmo experimento.

3.4. Conclusão

Na avaliação do café, a acidez total titulável e pH não apresentaram diferença significativa quanto ao cultivo com diferentes fontes de potássio. Para condutividade elétrica, em um dos experimentos, o pó de fonolito, foi inferior aos demais tratamentos. Os micronutrientes cobre e zinco foram encontrados em todas as amostras, não sendo

observado diferenças entre os tratamentos. Os níveis detectados estavam abaixo do máximo estabelecido pela a legislação. Na análise sensorial do café, o uso de diferentes fontes de potássio não influenciou nos atributos avaliados, as amostras obtiveram notas que classificaram o café como cafés comerciais finos. Isso indica que as diferentes fontes de potássio utilizadas não interferiram na qualidade da bebida.

3.4. Referências Bibliográficas

ABIC - Associação brasileira da indústria de Café - Nível mínimo de qualidade licitações – orientações. 2010. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=17>. Acesso em: 15 janeiro 2016.

ABIC – Associação Brasileira da Indústria do Café. Indicadores da Indústria do café. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=61#1910>. Acesso em 27 jan de 2015.

ARAÚJO, R. A. C. Fibras alimentares. In: **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**. Vol 13, n. 13. 1998.

AZEVEDO, S. M.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, N. E.; RIBEIRO, C. F. S.; SILVA, V. F.; AGUIAR, F. C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. **Ciência e agrotecnologia.** Lavras. v.27, n.3, p.620-621, 2003.

BOREM, F. M.; CORADI, P. C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade do café natural e despolpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e agrotecnologia,** v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.

BRASIL. Portaria n° 55871, de 26 de março de 1965. **Normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos.** Brasília. 09 abril de 1965.

CAIXETA, G.Z.T. Economia cafeeira, mercado de café, tendências e perspectivas. In: **I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade. Viçosa**, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 1999. 259 p.

CLEMENTE, A. C. S.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M. R.; CAIXETA, F.; PEREIRA, C. C.; ROSA, S. D. V. F. Operações pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. **Coffee Science,** v. 10, n. 2, p. 233-241, 2015a.

CLEMENTE, J. M.; MARTINEZ, H. M. P.; ALVES, L. C.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. **Acta Scientiarum. Agronomy,** v. 37, n. 3, p. 297-305, 2015b.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Levantamento de safra, Café.** Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=produto&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em 27 jan de 2016.

CONTI, M. C. M. D.; KITZBERGER, C. S. G.; S SCHOLZ, M. B. S.; PRUDENCIO, S. H. Características físicas e químicas de cafés torrados e moídos exóticos e convencionais. **Boletim CEPPA,** v. 31, n. 1, p. 161-172, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ**). Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3º ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013. 353 p.

FILHO, T. L.; LUCIA, S. M. D.; SARAIVA, S. H.; LIMA, R. M. Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de blends de café arábica e conilon. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 333-339, 2015.

FILHO, T. L.; LUCIA, S. M. D.; SARAIVA, S. H.; SARTORI, M. A. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, 2013.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011, 303 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Métodos físicoquímicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. (Versão eletrônica).

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals**. Economics Letters**, v. 6, p. 255-259, 1980.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de Prunus sellowii Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 257-264, 2007.

KOSKEI, K. R.; PATRICK, M.; SIMON, M. Effects of coffee processing Technologies on physico-chemical properties and sensorial qualities of coffee. **African Journal of Food Science**, v. 9, n. 4, p. 230-236, 2015.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, v.1, n.1, p.79-87, 2004.

MANCUSO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A. Effect of potassium sources and rates on Arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1448-1456, 2014.

MELLONI, R.; BELLEZE, G.; PINTO, A. M. S.; DIAS, L.B.P.; SILVE, E.M.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N.; ALCÂNTARA, E.N. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n.1, p. 66-75, 2012.

OIC. Trade statistic. 1992. Disponível em: <http://www. ico.org/trade_statistics.asp>. Acesso em: 21 out. 2015.

OLIVEIRA, P. D.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; GIOMO, G. S.; LIMA, R. R.; CARDOSO, R. A. Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. **Coffee Science,** v. 8, n. 2, p. 211-220, 2013.

RIBEIRO, S.S.; BARBOSA, W.A. Saberes agroecológicos: entrelaçando o popular e o científico. **Ação Ambiental**, v.31, p.12-14, 2005.

SALAZAR, J. C. S.; BURGOS, E. R.; BAUTISTA, E. H. D. Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. **Acta Agronomy**, v.64, n.4, p.342-348, 2015.

SALGUERO, J. A competitividade do café no mercado interno brasileiro: a qualidade como fator de crescimento. **Revista Inovação Tecnológica**, v. 3, p.64-84, 2013.

SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. V. N.; FIGUEIREDO, V. R. G.; KITZBERGER, C. S. G. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do iapar. **Coffee Science,** v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.

SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Revista Escola de Minas**, vol.54, no.2, p. 4-5, Ouro Preto, 2001.

SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B. R.; DE CAPITANI, E. M. Geologia Médica no Brasil. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 6-14, 2006.

SILVA, P. A.; OLIVEIRA, M. G.; COELHO , P. O.; SILVA, J. A. C. Quality of coffee cultivated in Campos Gerais, Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Technology,** v. 38, n. 1, p. 1-5, 2016.

SIQUEIRA, H. H. & ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e agrotecnologia,** v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA – SCAA. SCAA protocols. 2009. Disponível em: <http:// www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2015.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 78, n. 4, p. 721-730, 2006.

4. CONCLUSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição química centesimal de feijão preto produzido com o pó de basalto não apresentou diferença significativa quando comparado com o feijão preto cultivado de forma convencional. Os diferentes tipos de aplicação do pó de rocha proporcionou acréscimo quantitativo no teor de lipídeos e cinzas no feijão agroecológico sobre o convencional.

Na avaliação do café, a acidez total titulável, a condutividade elétrica e pH não apresentaram diferença significativa quanto ao cultivo com diferentes fontes de potássio, isso indica que as diferentes fontes utilizadas não interferiram na qualidade da bebida. Na análise sensorial do café, o uso de diferentes fontes de potássio não influenciou nos atributos avaliados, as amostras obtiveram notas que classificaram o café como tradicional.

Dentre os micronutrientes avaliados, em ambos os experimentos, foram detectados somente o zinco e o cobre em concentrações abaixo do que é exigido pela legislação. Portanto, o uso de pó de rocha como fertilizante demonstrou ser uma alternativa para o uso como fertilizante convencional, uma vez que não alterou a composição química do feijão preto e do café.