



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE PLANALTINA
PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL

**USO DE ROCHA BASÁLTICA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO EM
SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTIVOS COM QUINOA**

DIEGO FELIPE MOSQUERA BURBANO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
RURAL**

BRASÍLIA, DF
MARÇO /2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE PLANALTINA
PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL

**USO DE ROCHA BASÁLTICA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO EM
SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTIVOS COM QUINOA**

DIEGO FELIPE MOSQUERA BURBANO

ORIENTADORA: SUZI HUFF THEODORO, Ph.D.

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
RURAL**

BRASÍLIA, DF
MARÇO /2020



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE PLANALTINA**

**USO DE ROCHA BASÁLTICA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO EM
SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTIVOS COM QUINOA
DIEGO FELIPE MOSQUERA BURBANO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL, COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL**

APROVADA POR:

Suzi Huff Theodoro (Universidade de Brasília) (ORIENTADOR) CPF: 297.168.100-91 E-mail: suzitheodoro@unb.br

Dr. Flavio Murilo Pereira da Costa (Universidade de Brasília – FUP) (Examinador Interno) CPF: 086.388.258-70. E-mail: fmpcosta@gmail.com

D.Sc. André Mundstock X. de Carvalho, da Universidade Federal de Viçosa (Examinador Externo) CPF: 039.927.639-43 E-mail: andre.carvalho@ufv.br

BRASÍLIA/DF, 20 DE MARÇO DE 2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Mu MOSQUERA BURBANO, DIEGO FELIPE
USO DE ROCHA BASÁLTICA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO EM
SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTIVOS COM QUINOA / DIEGO FELIPE
MOSQUERA BURBANO; orientador SUZI MARIA HUFF THEODORO. --
Brasília, 2020.
83 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Meio Ambiente e
Desenvolvimento Rural) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. Rochagem. 2. Chenopodium quinoa. 3. Rotação de
culturas. I. HUFF THEODORO, SUZI MARIA, orient. II. Título.

Dedico este trabalho. A minha mãe Teresita, minha namorada Disney, meus vovôs Irene e Juan, meus irmãos Viviana, John e Marcos, por seu apoio, paciência, colaboração e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

- A Deus por estar sempre do meu lado, me dando força e coragem para enfrentar os desafios durante essa caminhada. A Ele toda honra e toda glória;
- A minha mãe Teresita Burbano e minha namorada Disney Medina. Obrigado por estarem sempre do meu lado e por compreenderem a minha necessária ausência. Essa conquista também é de vocês;
- A meus irmãos Viviana, John e Marcos por seu apoio e colaboração em todo este processo;
- A meu sogro Carlos Medina Vargas, cuja ausência nos causa profunda tristeza, mas lembrar as alegrias que você gerou entre nós é como se você aqui estivesse presente;
- A Universidade de Brasília (UnB), Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural (PPG-MADER) pelo apoio institucional e a oportunidades de cursar o mestrado. Estendo os meus agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo, que me permitiu viver no Brasil durante o curso;
- A empresa de mineração Incopel - Indústria e Comércio de Pedras Ltda. por ceder o material (remineralizadores) derivados de rocha basáltica para a condução dos experimentos agrícolas;
- A minha orientadora, professora Suzi Maria de Córdova Huff Theodoro, pela orientação, pela amizade, dinamismo e brilhantismo, pela motivação, pelos ensinamentos transmitidos, pela ajuda em meu aperfeiçoamento pessoal e pelo amor à sustentabilidade e seus importantes aportes à pesquisa em rochagem, os meus sinceros agradecimentos;
- Ao Laboratório de Experiências Agroecológicas da FUP (LEAF) coordenado pelo Prof. Flavio Murilo Pereira da Costa por ceder a área para a montagem do experimento;
- Ao Prof. André Mundstock X. de Carvalho, da Universidade Federal de Viçosa, pela ajuda com a análise estatística;
- Ao Professor Sergio Sauer, coordenador do PPG-Mader, da Faculdade UnB de Planaltina (FUP/UnB), pelo compartilhamento e apoio no que se refere às informações para participar dos editais de auxílio à pesquisa;
- Ao secretário Aristides A.D Junior da (FUP/UnB) pelo apoio incondicional e ajuda em muitos tramites acadêmicos;
- Ao Sr. Adailton Pires e família, pela ajuda na construção e montagem do experimento e amizade.
- A todos os amigos e colegas do curso de Pós-Graduação, pelo convívio e amizade;
- A todos que colaboraram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, meu muito obrigado.

SUMARIO

RESUMO	1
INTRODUÇÃO	1
CAPITULO I.....	6
MODELO AGRÍCOLA: MODERNIDADE X SUSTENTABILIDADE.....	6
1.1 Agricultura brasileira e os fertilizantes	6
1.2 A Agroecologia e rotação de culturas	8
1.3 Remineralizadores de solo	10
1.3.1 Características da rocha basáltica	13
1.4 Quinoa: Origem e importância.....	14
1.4.1 Taxonomia	16
1.4.2 Valor nutricional e uso.....	16
1.5 Morfologia da Quinoa	18
1.5.1 Raiz	19
1.5.2 Caule	19
1.5.3 Folhas	19
1.5.5 Flores.....	20
1.5.6 Fruto	20
1.5.7 Sementes	21
1.6 Generalidades sobre o cultivo da quinoa	21
1.6.1 Requerimentos do cultivo da quinoa.....	21
1.6.2 Variedades e cultivares da quinoa.....	22
1.6.3 Genótipo BRS Syetetuba do Brasil.....	25
1.7 Culturas complementares.....	25
CAPITULO II	27
MATERIAL E MÉTODOS	27

2.1 Local de desenvolvimento do estudo	27
2.2 Tratamentos.....	28
2.3 Delineamento experimental.....	28
2.4 Teores de nutrientes no solo e os tratamentos.....	29
2.4.1 Solo	29
2.4.2 Composto orgânico	30
2.4.3 Remineralizador de solo.....	31
2.5 Culturas testadas e semeadura das unidades experimentais.....	32
2.6 Semeadura e colheita das culturas.....	34
2.7 Avaliações	35
2.7.1 Fenologia da quinoa	35
2.7.2 Variáveis de precocidade	35
2.7.3 Parâmetros Fitotécnicos (variáveis de produtividade e rendimento)	36
2.7.4 Rendimentos das culturas complementares	37
2.8 Tratamento estatístico	37
CAPITULO III	38
RESULTADOS.....	38
3.1 Avaliações das culturas complementares.....	38
3.3 Avaliação dos dados relativos à fertilidade dos solos.....	43
CAPITULO IV	49
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	49
BIBLIOGRAFIA	58
ANEXO.....	67

ÍNDICE DE TABELAS

CAPITULO 1

Tabela 1. Rochas, minerais e materiais diversos para Rochagem.	12
Tabela 2. Características gerais da rocha basáltica utilizada como remineralizador na pesquisa.	13
Tabela 3. Taxonomia da cultura de quinoa.	16
Tabela 4. Teor de macronutrientes na quinoa em alimentos selecionados, por 100g de peso seco.	16
Tabela 5. Composição de aminoácidos essenciais da quinoa comparada com cereis de alto consumo e com a recomendação FAO (consumo recomendado pela FAO).	17

CAPITULO 2

Tabela 6. Teores iniciais de macro e micronutrientes do solo utilizado nas unidades experimentais.	30
Tabela 7. Resultado da análise química do composto.	31
Tabela 8. Composição total das amostras de basaltos analisadas no laboratório da SGS-Geosol.	31
Tabela 9. Resultado da análise química do remineralizador.	32

CAPITULO 3

Tabela 10. Comparação média da produtividade da cultura do feijão (gramas/unidade experimental), nos tratamentos: composto orgânico (b); NPK (a); Remineralizador (c); Remineralizador + Composto Orgânico (b); Controle (c). Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de t de Tukey a 5% de probabilidade.	38
--	-----------

Tabela 11. Valores médios de produtividade das unidades experimentais, da cultura de rúcula, gramas de matéria fresca por unidade experimental (GRM/MF), e gramas de matéria seca por unidade experimental (GRM/MS).	39
Tabela 12. Valores médios para parâmetros fitotécnicos: altura de plantas (AP, em cm), comprimento da panícula (CP, em cm), largura da panícula (LP, em cm), peso de mil sementes (PM, em g/1.000), produção de massa seca (MS, em g/unidade experimental), grão (GUE, grão/ unidade experimental).	40
Tabela 13 Comparação das médias extrapoladas para tonelada por hectare dos tratamentos: composto orgânico; fertilizante químico (NPK); remineralizador; remineralizador + composto orgânico; e controle. Grão de feijão (GG em gramas). Matéria fresca de rúcula (MF em gramas); matéria seca de rúcula (MS em gramas). Grão de quinoa (GR em gramas); Matéria seca (MS em gramas).	42
Tabela 14. Valores médios de número de dias da Emergência (V1), Início formação de panícula (R6), Início da floração (R8) e Maturação fisiológica (R12), em experimento realizado com a cultura da quinoa, na área experimental do Projeto VIA, em Planaltina, DF.	43
Tabela 15. Valores médios de macro e micronutrientes do Latossolo original remineralizador, (Remine) composto orgânico e Remineralizador + composto orgânico antes da implantação do experimento.	44
Tabela 16. Média gerais de macro e micronutrientes, valor da estatística F, coeficiente de variação (C.V.) e magnitude do efeito do contraste \hat{C}_1 (estatística d-Cohen) para os parâmetros de solo avaliados.	45
Tabela 17. Índice de Mulamba-Mock (multivariado) para os parâmetros matéria orgânica e disponibilidade de P, K, Mg, B, Mn e Cu no solo. Médias seguidas, na coluna, por um * diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro.	47

ANEXO

- Tabela 18.** Análises de variância para culturas complementares: cultura feijão, gramas por unidade experimental (GRM), e da cultura da rúcula, matéria fresca por unidade experimental (MF), e Matéria Seca (MS). **67**
- Tabela 19.** Análises de variância de para características de rendimento: altura de plantas (cm), comprimento da panícula (cm), largura da panícula (cm), rendimento de sementes (Gramas/Unidade Experimental), peso de mil sementes (gramas), produção de massa seca (gramas/ Unidade Experimental). **68**
- Tabela 20.** Análises da variância número de dias: Início formação de panícula (R6), Início da floração (R8) e Maturação fisiológica (R12), em experimento realizado em Planaltina, (977m). **69**

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Evolução do uso de fertilizantes no Brasil **7**
- Figura 2 –** Desenho esquemático da morfologia de uma planta de quinoa **18**

CAPÍTULO 2

- Figura 3.** Localização da UnB – Campus Planaltina **27**
- Figura 4.** Distribuição das unidades experimentais. **29**

Figura 5. Aplicação de insumos. A. Dois sulcos paralelos, sem misturar. B. Unidades com insumos misturados e cobertura vegetal 32

Figura 6. Desenvolvimento do feijão. A. Dois sulcos paralelos, B. Unidades com o feijão desenvolvido, C. Raízes. 33

Figura 7. Germinação da Rúcula. A. Dois sulcos paralelos, B. Unidades com rúcula desenvolvida. 34

Figura 8. Germinação da quinoa. A. Dois sulcos paralelos. B. Unidades com quinoa desenvolvida 34

CAPÍTULO 3

Figura 9. Comparativa do peso de grãos da quinoa nos tratamentos: composto orgânico (Composto Org); fertilizante químico (NPK); remineralizador (Remine); remineralizador + composto orgânico (RE + CO); controle. Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. 41

Figura 10. Índice de seleção de Mulamba-Mock (multivariado) dos parâmetros químicos do solo em função da aplicação de composto orgânico (CO) composto orgânico + remineralizador (CO +R), somente Remineralizador (R), somente adubação mineral (NPK) e controle. Médias seguidas por “*” diferem do controle de acordo com o teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro. Contraste ($C1 = (R + CO + R) - (C + CO)$) seguido por “*” difere de zero pelo teste de Bonferroni modificado a 5 % de probabilidade de erro. Médias ($n=4$) \pm erro padrão do experimento. 48

RESUMO

A adoção de práticas agrícolas ambientalmente mais sustentáveis, entre as quais se pode destacar a tecnologia da Rochagem e a rotação de culturas, atendem a alguns dos princípios da Agroecologia. Além disso, ações, tecnologias ou mecanismos que permitam uma melhoria nos indicadores de desenvolvimento da produção agrícola, asseguram melhores níveis de qualidade de vida dos agricultores e consumidores, bem como do meio ambiente, uma vez que podem reduzir o uso de insumos químicos solúveis nos agroecossistemas. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a eficácia de um remineralizador, derivado de rocha basáltica, na cultura da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) e em um sistema de rotação, onde se utilizou também a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) e da rúcula (*Eruca sativa*). Para tanto, foi implantado no Laboratório de Experiências Agroecológicas da FUP (Faculdade de Planaltina) / (LEAF), em um espaço denominado, Vitrine de Iniciativas Agroecológicas (VIA) do campus da Universidade de Brasília, um experimento com cinco tratamentos (remineralizador, composto orgânico, NPK, remineralizador + composto orgânico e controle) e quatro repetições. O desenvolvimento das culturas foi acompanhado ao longo de um ano. A hipótese principal da pesquisa pressupõe que o uso de remineralizadores de solo potencializa o desenvolvimento das plantas, em especial da quinoa, em sistema de rotação de culturas. Parâmetros fitotécnicos relacionados à germinação, desenvolvimento e produtividade das três culturas foram considerados. Também foram avaliados aspectos relativos às possíveis alterações nos teores de macro e micronutrientes do solo nos distintos tratamentos. As análises estatísticas dos resultados obtidos demonstraram a veracidade de parte das hipóteses. Embora as culturas de feijão e rúcula tenham produzido mais no tratamento com NPK, o terceiro cultivo, com quinoa, apresentou maior rendimento dos grãos nos tratamentos com remineralizadores (isoladamente ou misturado ao composto orgânico). Além disso, após um ano da aplicação dos tratamentos, os teores dos principais micro e macro nutrientes foram substancialmente alterados. Esses resultados ampliam a base de conhecimentos sobre a Rochagem, especialmente no que diz respeito a sua eficácia considerando múltiplas avaliações do sistema produtivo de base agroecológica e à ação residual de mais longo prazo que os fertilizantes de maior solubilidade.

Palavras chave: Rochagem, *Chenopodium quinoa*, rotação de culturas, agroecologia.

RESUMEN

La adopción de prácticas agrícolas ambientalmente más sustentables entre las que se puede destacar la tecnología Rochagem (práctica agrícola con el uso de harina de rocas) y la rotación de cultivos, cumplen con algunos de los principios de la agroecología. Además, las acciones, tecnologías o mecanismos que permiten una mejora en los indicadores de desarrollo de la producción agrícola, aseguran mejores niveles de calidad de vida para los agricultores y consumidores, así como para el medio ambiente, ya que pueden reducir el uso de insumos químicos solubles en los agroecosistemas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de un remineralizador (fertilizantes a base de harina de rocas) derivado de roca basáltica, en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y en un sistema de rotación, con el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y rúcula (*Eruca sativa*). Con este fin, se implantó un experimento en el Laboratorio de Experiencias Agroecológicas de la FUP (Facultad de Planaltina)/(LEAF), en un espacio denominado Vitrina de Iniciativas Agroecológicas (VIA) en el campus de la Universidad de Brasilia, un experimento con cinco tratamientos (remineralizador, compost orgánico, NPK, remineralizador + compuesto orgánico y control) y cuatro repeticiones. El desarrollo del cultivo fue monitoreado en el transcurso de un año. La hipótesis principal de la investigación presupone que el uso de remineralizadores del suelo mejora el desarrollo de las plantas, especialmente la quinua, en un sistema de rotación de cultivos. Se consideraron los parámetros fitotécnicos relacionados con la germinación, el desarrollo y la productividad de los tres cultivos. También se evaluaron aspectos relacionados con posibles cambios en el contenido de macro y micronutrientes del suelo en los diferentes tratamientos. El análisis estadístico de los resultados obtenidos demostró la veracidad de la hipótesis. Aunque los cultivos de frijol y rúcula produjeron más en el tratamiento con NPK, el tercer cultivo, con quinua, mostró un mayor rendimiento de grano en los tratamientos con remineralizadores (solos o mezclados con el compuesto orgánico). Además, un año después de la aplicación de los tratamientos, los niveles de los principales micro y macro nutrientes se alteraron sustancialmente. Estos resultados amplían la base de conocimiento sobre Rochagem, especialmente con respecto a su efectividad considerando múltiples evaluaciones del sistema productivo basado en agroecología y la acción residual a largo plazo que los fertilizantes con mayor solubilidad.

Palabras clave: Rochagem, *Chenopodium quinoa*, rotación de cultivos, agroecología

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira teve uma grande transformação a partir dos anos de 1960 e 1970 com o processo de modernização e de expansão do uso da terra, por meio da adoção de um pacote tecnológico (máquinas, adubos e defensivos químicos), em conformidade com os pressupostos da “Revolução Verde”. A incorporação de tecnologias de correção dos solos, mediante o uso de fontes solúveis e sementes melhoradas e/ou adaptadas aos diferentes agroecossistemas facilitou o aumento na produção agrícola e a modernização do sistema de produção (AGRA; FERREIRA, 2001, p1)

Ainda que os solos tropicais sejam muito intemperizados, com elevada acidez e baixa fertilidade, como é o caso de grande parte do território brasileiro, essas características não foram impeditivas para implantação desse modelo de produção, uma vez que técnicas de manejo para alterar essas características químicas foram desenvolvidas. Nesse sentido, apesar das limitações, ao longo dos anos, o sistema tem alcançado grandes produtividades, devido ao uso intensivo de insumos químicos em grandes extensões de cultivo (LOPES; GUILHERME, 2007, p14). A adesão ao modelo de fertilização dos solos com fontes mais solúveis, facilitou um aumento na produção agrícola, impulsionou o desenvolvimento de algumas culturas (em especial da soja e do milho) e, também, a implantação de sistemas em monocultivo.

Conforme lembra Gliessman (2001), este tipo de sistema produtivo é dependente de tecnologias, de manejo, de terras agricultáveis e de insumos, uma vez que as principais culturas utilizadas são produzidas em larga escala e precisam de grandes extensões de terra, onde são utilizadas cargas crescente de insumos, com vistas ao aporte nutricional para as plantas e, não a fertilidade dos solos, os quais são, em geral, ácidos e intensamente lixiviados. Para ARAÚJO et al. (2009) este processo é mais usual na região central do Brasil, onde os solos do Cerrado são considerados quimicamente empobrecidos, com baixos teores de cálcio e magnésio (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e com teores elevados de Al^{3+} , além da baixa disponibilidade de fósforo (P).

Ocorre que, especialmente ao longo da última década, os custos para acessar os fertilizantes solúveis têm sido ascendentes, especialmente porque seus preços estão associados às flutuações do mercado internacional do petróleo, uma vez que um dos seus componentes – o nitrogênio (N) é diretamente derivado da produção dessa commodity. Já as fontes de potássio (K) e fósforo são derivadas da atividade mineral, com custos de transporte intercontinental também associados ao petróleo.

Essa confluência de fatores, associada ao aumento da demanda, provocou a elevação dos preços, e em muitos casos, um profundo endividamento dos agricultores (MANNING; THEODORO, 2018). Conforme informam esses autores e a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2018), parte da dívida relacionada aos preços de aquisição dos fertilizantes solúveis, deve-se ao fato de que eles são produzidos por poucos países, com destaque para Rússia, Canadá, Estados Unidos, Alemanha, Bielorrússia e Marrocos. No Brasil, cerca de 70% do total dos insumos utilizados são importados desses seis países, o que evidencia a dependência e o risco do modelo praticado no País. Além disso, por possuírem alta solubilidade, estes insumos são facilmente lixiviados, principalmente em solos tropicais (SILVA, et al, 2018).

É importante lembrar que esses fertilizantes, apesar de terem a vantagem de ser aplicadas de maneira fácil e uniforme, satisfazendo as necessidades nutricionais das plantas no curto prazo, não consideram a fertilidade total do solo e os processos que o mantém no longo prazo (GLIESSMAN, 2001).

A esse respeito, como argumentam Cardoso e Fávero (2018), os solos das regiões tropicais são em geral espessos e profundos, o que sugere a necessidade de ressignificá-los. Segundo os autores, bem como para Formoso (2006), o intemperismo, responsável pelo desgaste das rochas, é um processo natural, essencial à vida e que sem o mesmo, não haveria a alteração dos minerais, que compõem as rochas, para a formação dos solos, e muito menos a liberação de nutrientes. As condições tropicais, que favorecem o intemperismo, também beneficiam outros processos, tais como a fotossíntese, devido à alta incidência de luminosidade.

Portanto, entender as limitações e as potencialidades agrícolas das regiões tropicais configura-se como uma estratégia que precisa urgentemente ser revista. Em geral, os solos tropicais apresentam pH ácido (entre 4 e 5) e baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Devido aos processos intempéricos, o sítio de troca é em geral ocupado por Al^{+3} que provoca uma toxidez de alumínio, especialmente nas camadas mais superficiais. Nos casos onde a forma de produção utiliza o sistema de monocultivos de ciclo rápido, como a soja, o milho e o algodão, com sistemas radiculares pouco profundos, as plantas deixam de acessar/explorar as camadas onde pode haver uma maior oferta de nutrientes. No intervalo mais superficial, o esgotamento do solo por sucessivas culturas e práticas de manejo intensivas, transforma-o em um substrato de produção (FÁVERO, 2018).

Devido ao domínio dessas culturas, presentemente, a metodologia de análise de fertilidade dos solos utilizada considera somente os primeiros 20 cm, ignorando a oferta de nutrientes de níveis mais profundos. Fávero (op. cit) lembra que essa compreensão do solo

como um substrato depositário de nutrientes, modificado em suas características físico-químicas, para o cultivo de espécies e variedades também modificadas geneticamente (que buscam máxima produtividade, ainda que por meio da artificialização/homogeneização dos ambientes), traz danos consideráveis, uma vez que o acesso aos nutrientes para as plantas deixa de ser um processo natural, para se converter em um negócio transnacional por meio da venda dependência de insumos e corretivos.

No que se refere aos corretivos, Silva et al. (2018) mencionam que o modelo convencional estabelece que, além do uso de fontes solúveis, é necessário o aporte de calcário para reduzir a acidez ativa e trocável e, também, como forma de aumentar a disponibilidade de Ca^{2+} para as plantas. Eles alertam, no entanto, que a presença de matéria orgânica (que inclui a fração biológica) torna-se um fator decisivo no sistema, uma vez que tem a função de gerar cargas de superfície para neutralizar o Al^{3+} , complexando-o e tornando-o não tóxico às plantas.

Baseando-se nessas percepções e na busca por um sistema de produção mais sustentável e menos dependente pode-se perceber que uma nova visão sobre a necessidade real de aplicação de insumos solúveis começa a se formar. Tais insumos podem ser substituídos (ao menos em parte) por fontes disponíveis localmente e que possam ser integradas com o desenvolvimento e a ampliação do uso de práticas agroecológicas. Nesse sentido, Cardoso e Fávero (2018) sugerem que é necessário usar plantas diferentes (sistemas diversificados), já que elas podem acessar diferentes níveis do solo. Além disso, elas possuem associações distintas de microrganismos, que podem liberar diversas substâncias químicas, criando rizosferas diferentes.

Considerando tais possibilidades, novas formas e/ou modelos de produção (que agreguem o uso de insumos disponíveis localmente, juntamente com a diversidade de plantas em um mesmo sistema produtivo) favorecem a redução dos custos de produção, além de possibilitar a diminuição da dependência de importação de adubos sintéticos. Vale dizer que o acesso e o aproveitamento de fontes disponíveis nas áreas próximas ao consumo facilitam a melhoria de indicadores relacionados à sustentabilidade ambiental e dos solos.

Nesse cenário, uma opção importante para o Brasil são os remineralizadores, conforme previsto nos princípios da Rochagem, que é uma tecnologia baseada no uso de rochas moídas ou seus subprodutos no solo, como forma de aumentar os níveis de fertilidade. A calagem e a fosfatagem são casos particulares desta prática (LEONARDOS, et al., 1976). Vários pesquisadores, entre os quais pode-se citar Kromberg et al. (1987), Theodoro (2000); Theodoro e Leonardos (2006 e 2015); Theodoro et al. (2013); Carvalho (2012); Carvalho et al. (2018);

Fernandes et al. (2010); Silveira, et al. (2010); Dalmora, et. al. (2020), Ramos, et. al. (2014) entre outros sugerem que essa alternativa tecnológica é adequada à agricultura tropical, uma vez que existe uma grande diversidade de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, que possuem associações minerais adequadas ao uso como fontes de fertilizantes. Tais rochas têm quantidades satisfatórias de potássio, fósforo, cálcio e magnésio e vários micronutrientes capazes de suprir adequadamente a demanda por nutrientes.

Outro fator que deve ser considerado, no que se refere ao modelo de produção agrícola, diz respeito à necessidade de produzir mais alimentos de melhor qualidade nutricional, para uma população mundial ainda em crescimento. Além disso, também deve-se considerar a geração e a captação de carbono da atmosfera, estritamente ligada ao modelo de uso da terra, que influencia o processo de alterações climáticas (SOARES, 2018). É imperativo, portanto, resgatar a diversidade de plantas que sejam mais nutritivas e produzidas com menos impactos. Entre essas alternativas destaca-se a quina ou quinoa, em função de suas excepcionais qualidades nutricionais e adaptabilidade aos diferentes níveis ecológicos, o que faz dessa planta um alimento com grande potencial no combate à fome e à desnutrição (MUÑOZ, 2013).

Portanto, ao se entender a agricultura como uma nova rota de produção deve-se partir do pressuposto que é necessário favorecer a diversificação das culturas, modelo de produção e o cuidado com o meio ambiente. Para além disso, é necessário, também, que ocorra mecanismos que assegurem a manutenção ou a ampliação da renda dos agricultores, por meio da redução dos custos de insumos e de proteção do solo (SPEHAR, et al., 2002; SPEHAR et al., 2013).

Considerando tais aspectos, a presente pesquisa teve como principal hipótese que o uso de remineralizadores de solos, quando associados a fontes orgânicas, potencializa a produtividade das plantas e, em particular, da quinoa, quando comparada à fertilização convencional. Secundariamente, espera-se que o efeito residual, observado após a aplicação dos remineralizadores, evidencie que a utilização de fontes de nutrientes minerais de baixa solubilidade e de menor custo aumentam as possibilidades de rendimento produtivo e econômico da quinoa, bem como contribua para ampliar a segurança nutricional e alimentar.

Considerando essas hipóteses, o presente trabalho tem como principal objetivo avaliar os efeitos de um tipo de remineralizador, derivado de uma rocha basáltica, com vistas ao desenvolvimento e à produtividade de quinoa, como cultivo principal, em um sistema de rotação sucessiva com as culturas de feijão e rúcula. Para além disso, procurou-se atender os seguintes objetivos específicos: (i) avaliar a alteração dos níveis de fertilidade do solo sob cinco distintos tipos de tratamentos (Fontes Convencionais - NPK, Remineralizador, Composto

Orgânico, Remineralizador + Composto Orgânico e Controle) durante uma safra de quinoa, intercalada com a cultura do feijão e da rúcula; (ii) estabelecer as diferenças nas etapas fenológicas de quinoa submetida aos cinco tipos de tratamentos; (iii) determinar as quantidades de biomassa (matéria seca) gerada pela quinoa durante seu ciclo fenológico e (iv) determinar a produtividade das culturas complementares do feijão (grão) e a rúcula (matéria fresca e a matéria seca).

A dissertação está dividida em quatro capítulos, além da presente introdução. No primeiro capítulo são abordados temas relacionados ao modelo agrícola brasileiro, as possibilidades apresentadas pela inserção de práticas agroecológicas como alternativa de produção, o uso dos remineralizadores de solo e as características da cultura da quinoa. No segundo capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos que visam estabelecer as formas de análise tanto aquelas relacionadas ao desenvolvimento e produtividade da quinoa (segundo os diferentes tratamentos) quanto aquelas relativas às possíveis alterações nos níveis de fertilidade no solo. No terceiro capítulo são apresentados os resultados relativos às diferenças fenológicas das plantas, com especial ênfase para a quinoa. Também são apresentados os resultados das análises estatísticas tanto para as culturas (etapas e produtividade) quanto para as diferentes ofertas nutricionais advindas dos diferentes tratamentos. O quarto capítulo apresenta uma discussão acerca desses resultados. Ao final são apresentadas as conclusões da presente pesquisa, seguida pelas referências bibliográficas, que orientaram e embasaram o trabalho.

CAPITULO I

MODELO AGRÍCOLA: MODERNIDADE X SUSTENTABILIDADE

1.1 Agricultura brasileira e os fertilizantes

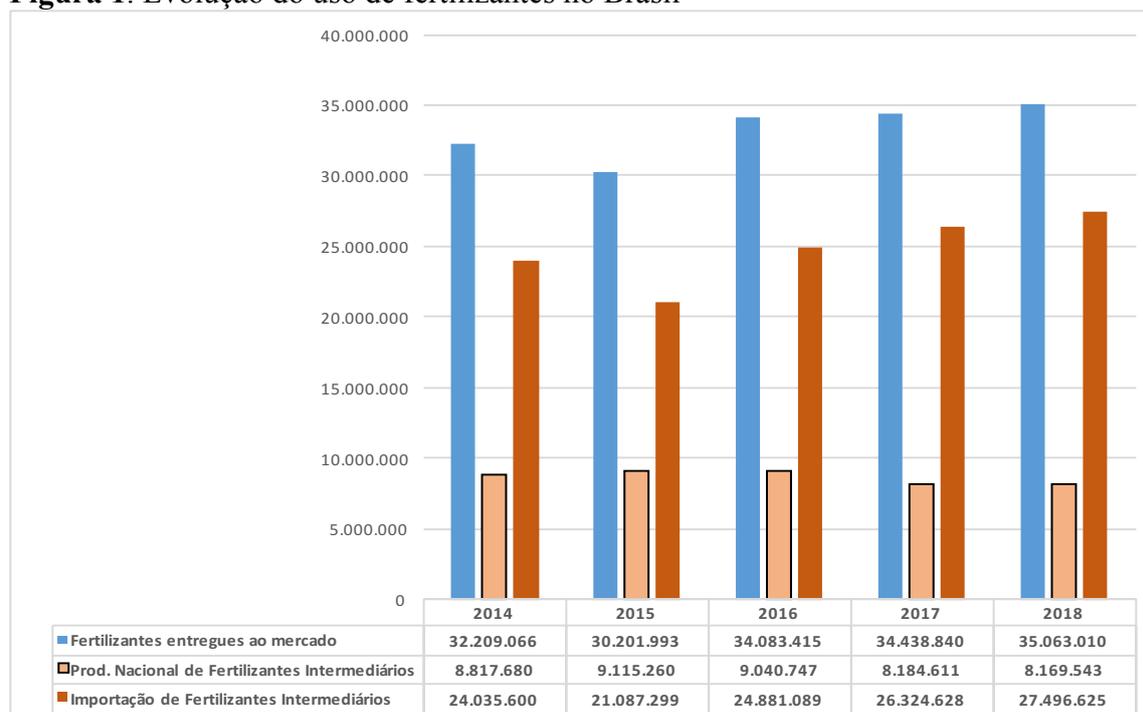
O modelo agrícola implementado no Brasil a partir da utilização de novas tecnologias de produção favoreceu uma significativa modificação no campo. Entre essas pode-se citar a concentração de terra nas mãos de cada vez menos produtores; o aumento do uso de fertilizantes solúveis e de agrotóxicos, a erosão laminar, que amplia perda de solo fértil e a redução da biodiversidade (SANTOS; GLASS, 2018). Segundo essas autoras, se fosse possível concentrar o espaço ocupado pelas áreas de posse dos grandes latifúndios brasileiros em um único país, este seria o 12º maior territorialmente, ocupando 2,3 milhões de km², sendo maior, por exemplo do que a Arábia Saudita.

Mas, dependendo da perspectiva que se analise, esse modelo de produção é considerado um sucesso, especialmente devido à forte contribuição no Produto Interno Bruto (PIB), conforme vem sendo mostrado pelos dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (CEPEA-ESALC-USP-CNA, 2019). Além disso, a adoção de tal modelo produtivo elevou o Brasil ao status de referência mundial - especialmente na produção de commodities agrícolas. Porém, segundo Pinheiro (2018) e Santos e Glass (op cit.), os custos econômicos e ambientais têm se agigantado devido à concentração da produção e da distribuição de alimentos na mão de um número cada vez menor de conglomerados transnacionais.

Atualmente, o número de empresas que controlam o mercado global de sementes e de agrotóxicos tem diminuído na mesma proporção que tem aumentado as fusões que criam conglomerados crescentemente mais poderosos (PINHEIRO, 2018). O resultado mais imediato dessa concentração para países como o Brasil, e outros que são dependentes da aquisição de insumos, refere-se à forte dependência das importações de insumos de maior solubilidade, como é o caso dos fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfáticos (misturas NPK), em diferentes proporções (MANNING E THEODORO, 2018). Essa dependência pode ser vista como uma fragilidade do sistema.

Segundo o Instituto de Economia Agrícola, em 2017, as entregas de fertilizantes ao consumidor final no Brasil tiveram uma expansão de 1,04% passando de 34 milhões de toneladas, em 2016, para 34,4 milhões em 2017. Em 2018 manteve-se a tendência de aumento, puxado, especialmente pela importação de fertilizantes intermediários. Este dado repete uma tendência dos últimos anos, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Evolução do uso de fertilizantes no Brasil



Fonte: Anda, 2019

No que se refere a produção, segundo dados de 2019, da Secretaria de Comercio Exterior (Secex), as vendas de algumas commodities agrícolas (soja, milho, algodão e café) foram superiores às do 2018 (quando se considera o primeiro trimestre de cada um desses anos). O volume de soja vendido foi de 17,3 milhões de toneladas, 42% mais que em 2018, as vendas do milho subiram 6,7 milhões de toneladas, 37% mais que no ano anterior o algodão 290 mil toneladas, 60% mais que no 2018 e as de café atingiram 9,6 milhões de sacas, com um aumento do 35% (BRASILAGRO, 2019).

Em que pese o fato de que tenha havido grandes avanços na produção e na exportação da agricultura brasileira, o elevado consumo de fontes solúveis e a dependência externa podem comprometer o sucesso do modelo. Portanto, é necessário discutir novas possibilidades, de forma a assegurar o papel do Brasil como um grande produtor de commodities, mas também de alimentos que são consumidos internamente no País. Uma das rotas tecnológicas que tem despertado o interesse dos agricultores, em especial aqueles localizados na região centro oeste,

refere-se ao uso de remineralizadores de solo, sejam eles grandes ou pequenos proprietários, que vislumbraram novas oportunidades com a utilização de práticas agrícolas mais sustentáveis e agroecológicas, como forma de manterem-se produtivos, ou mesmo alcançarem outros nichos de mercado.

1.2 A Agroecologia e rotação de culturas

Ainda que o interesse pelos sistemas de base Agroecológica tenha aumentado mais recentemente no País (últimos 20 anos), ela apareceu como disciplina científica na década de 1930. Pode-se dizer que ela derivou de duas ciências, a agronomia e a ecologia, as quais são, em muitos casos antagônicas. Porém, a partir de 1970, em conjunto com o movimento ambientalista, os usuários de práticas alternativas de produção agrícola, passaram a questionar o sistema agroalimentar moderno. Como prática agrícola, a Agroecologia estabeleceu-se nos anos 1980 (AZEVEDO; PECIOLINI, 2011), ainda que seu conceito seja muito amplo. Nas Américas, os autores mais citados são Altieri e Gliessman, os quais estão vinculados à escola de Agroecologia dos Estados Unidos da América. Na Europa, no final dos anos de 1980, a escola europeia de Agroecologia, tem como grande referência o pesquisador Eduardo Sevilla Guzmán, da Espanha. Formados na escola europeia de Agroecologia, os representantes brasileiros mais destacados são Francisco Roberto Caporal e José Antônio Costabeber, os quais tiveram um papel importante na divulgação dessa proposta de produção, porque levaram tais práticas para o campo das ações de extensão rural, com estudos voltados para a transição da agricultura convencional, onde, durante os anos de 1990 – 2000, buscaram a incorporação de princípios e tecnologias baseados na ecologia (AMORIM, et al 2017).

Na perspectiva de Altieri (1999, p 15), a Agroecologia pode ser definida como aquela “abordagem teórica e metodológica que, utilizando diversas disciplinas científicas, visa estudar a atividade agrícola a partir de uma perspectiva ecológica”. Para Gliessman (2001, p 651) “a Agroecologia é a ciência que aplica conceitos e princípios ecológicos na concepção e gestão de agroecossistemas sustentáveis”. Para Caporal e Costabeber (2004), o enfoque da Agroecologia corresponde à aplicação de uma enorme diversidade de conceitos e princípios como aqueles da ecologia, da agronomia, da sociologia, da antropologia, da ciência da comunicação, da economia ecológica e muitas mais áreas do conhecimento, que visem o redesenho e manejo dos agroecossistemas.

Para Guzmán (1997), a Agroecologia “fundamenta-se em princípios, conceitos e metodologias que permitem estudar, analisar, monitorar e avaliar os agroecossistemas”. Para esse autor, a Agroecologia baseia-se no manejo ecológico dos recursos naturais que, incorporando ação social coletiva, de caráter participativo, permite projetar métodos de desenvolvimento sustentável. Entre os principais efeitos e benefícios da incorporação de práticas agroecológicas, esse autor destaca: (i) cobertura vegetal para proteger o solo; (ii) sustentabilidade da produção e variedade constante de alimentos; (iii) contribuição para a conservação do solo e dos recursos hídricos; (iv) intensificação do controle biológico de problemas fitossanitários; e (v) intensificação do uso múltiplo do território.

A rotação de culturas é uma prática importante no manejo de sistemas de base agroecológica e consiste na troca planejada de culturas. Basicamente é um sistema no qual são semeadas as culturas em uma sequência planejada, a qual pode ser realizada dentro de uma mesma gleba (talhão), ou entre glebas de terras diferentes (ALTIERI, 2002). Esse sistema influencia no desenvolvimento e na produção das culturas, afetando a fertilidade, reduzindo a erosão, ampliando a ação de microrganismos e melhorando as propriedades físicas do solo (SUMMER, 1982, citado por ALTIERI, 2002).

Ainda que estes autores sejam as maiores referências no tema, Moreira (2019) chama a atenção para o fato de que o tema já vinha sendo objeto de estudo em outros pontos do mundo. Nesse sentido, ela busca fazer um retrospecto da evolução do entendimento e dos conceitos relacionados à Agroecologia e menciona que o termo foi usado pela primeira vez por Bensin (1928, 1930), na Rússia, que pesquisava métodos ecológicos em plantas de culturas comerciais. Essa noção de Agroecologia trazia a ideia da aplicação da ecologia na agricultura, concepção ainda hoje considerada (WEZEL et al., 2009, p. 2). Posteriormente, segundo Moreira (op cit), nos anos 1950, Tischler, zoólogo e ecologista alemão, também usou o termo ao escrever sobre gestão de pragas em relação à biologia do solo em áreas agrícolas, considerando também terras não cultivadas (TISCHLER, 1965). Esse autor, segundo Moreira (2018) considerava a integração entre solo, clima, plantas, animais dentro dos agroecossistemas, percebendo o impacto do manejo agropecuário sobre estes componentes, o que considera além da ecologia, elementos da agronomia (WEZEL et al., 2009, p. 2).

Mas certamente foi nas décadas de 1960 e 1970, que o conceito da Agroecologia passou a ser utilizado com mais frequência como uma aplicação da ecologia à agricultura, em resposta aos impactos da Revolução Verde, naquele momento, com foco maior no meio. Talvez um dos maiores e mais importantes marcos da Agroecologia foi a publicação do livro “Primavera

silenciosa”, de Rachel Carson (1964), na década de 1960, que trouxe luz a discussão sobre a poluição industrial, a conservação da natureza e a justa distribuição de benefícios, bem como nas relações entre tecnologia agrícola, ciência e natureza. No início da década de 1970, o ecologista Odum (1969) contribuiu com as discussões ao trazer o conceito de agroecossistema, que deveria ser visto como um espaço intermediário entre os ecossistemas naturais e aqueles “domesticados” pelos seres humanos.

No Brasil, inicia-se o movimento da agricultura alternativa como crítica à modernização conservadora da agricultura e os impactos ambientais e sociais do uso de tecnologias imposto pela Revolução Verde (MOREIRA, 2018). Uma das maiores referências neste tema foi Ana Primavesi, especialmente após a publicação do livro “A Agricultura em Regiões Tropicais: Manejo Ecológico do Solo”, em 1988.

Para Theodoro et. al. (2009), ainda que a Agroecologia tenha passado por redefinições e que muitos dos seus proponentes tenham sido considerados visionários ou retrógrados por não aceitar os benefícios da produção intensiva, ela retrata a somatória de diversas propostas alternativas, que sugeriam que o acúmulo de problemas ambientais, sociais e de produção precisavam ser enfrentados a partir de princípios que considerassem a qualidade de vida, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas. Sem consenso, e ainda com diferentes terminologias (agricultura biodinâmica, orgânica, biológica, natural e permacultura, entre outras) este campo ainda apresenta disputas conceituais, uma vez que pode ser entendido como um simples ajuste tecnológico no padrão de produção, de um lado, até uma transformação radical, que incluiria transformações estruturais e civilizacionais, sob outro ponto de vista.

Apesar disso, no Brasil os sistemas de base agroecológica já contam com um arcabouço legal, e foi regulamentada por legislação específica (Decreto n. 7.794, de 20 de agosto de 2012) que instituiu a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Segundo essa normativa, entre as inúmeras possibilidades e práticas permitidas na condução deste sistema de produção, está o uso de insumos não sintéticos, tais como os remineralizadores de solo.

1.3 Remineralizadores de solo

Remineralização de solos é o principal pressuposto da tecnologia da Rochagem, o qual prevê que o uso de determinados tipos de rochas pode fornecer, de forma adequada, a quantidade necessária de nutrientes aos solos e, na sequência, para as plantas (Leonardos et al. 1974). Essa nova rota tecnológica também pode ser entendida como uma espécie de “fertilizante

inteligente” de baixa dissolução, do qual as plantas se apropriam na medida da necessidade do seu desenvolvimento (THEODORO e LEONARDOS, 2006).

De modo geral, essa tecnologia ou prática agrícola utiliza-se da aplicação de determinados tipos de rochas moídas, ricas em minerais que contenham macro e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (CARVALHO et. al., 2018). Configura-se, portanto, como uma excelente opção para substituir o elevado uso dos fertilizantes químicos. Para além disso, são materiais que possuem baixa solubilidade e, assim, liberam somente a quantidade de nutrientes exigida pelas plantas, o que reduz os impactos ambientais no solo e nos corpos hídricos (LEONARDO e THEODORO, 2006 e 2015). O acréscimo de rochas moídas aos solos viabiliza o seu rejuvenescimento por meio da adição de uma vasta quantidade de nutrientes, que foram perdidos pelos solos ao longo dos processos intempéricos ou antrópicos (LEONARDOS et al., 1976, 1999; THEODORO, 2000; e van STRAATEN, 2007; CARVALHO et al., 2010 e CARVALHO, 2012).

A Rochagem, no sentido mais amplo, pode ter as seguintes funções: (i) contribuir com o aumento de nutrientes no solo; (ii) diminuir a necessidade de calagem associada à fertilização, (iii) facilitar o uso de materiais alternativos (remineralização) em conjunto ou não com produtos orgânicos e (iv) melhorar o condicionamento de solos, por meio da promoção da melhoria de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (LUZ et al., 2010). Esses mesmos autores mencionam que o Brasil tem uma grande variedade de rochas susceptíveis de aplicação o no uso na remineralização, calagem, nutrição e condicionamento de solos, conforme pode ser visto na Tabela 01, que elenca os tipos de rocha e a sua oferta principal de nutrientes.

Para Theodoro e Leonardos (2015), o uso de rochas moídas, como remineralizadores de solo, têm produzido resultados significativos e vantajosos, entre os quais destacam: (i) os custos de aquisição de pós de rocha são muito menores e seu efeito se estende por longo período (até quatro ou cinco anos consecutivos – efeito residual); (ii) os níveis de fertilidade nos solos são crescentes (em especial a oferta de P, K, Ca e Mg) após a aplicação de rocha em pó; (iii) o rendimento esperado pode ser comparável às obtidas pela fertilização convencional, até melhores dependendo do tipo de remineralizador, forma de aplicação, quantidade de elementos disponíveis etc., (iv) as raízes das plantas são mais desenvolvidas do que nas plantas que recebem a adubação química, provavelmente devido à oferta de multinutrientes e à redução da toxidez de alumínio e correção do pH; (v) o teor de umidade é maior nas áreas onde se aplicam os remineralizadores, mostrando que os mesmos possuem grande capacidade de retenção de água; (vi) as plantas mostram maior quantidade de massa verde, são mais exuberantes e

apresentam maior perfilhamento; (vii) não ocorre contaminação ou eutrofização dos recursos hídricos, os pós de rocha apresentam solubilidade gradual, ao contrário dos fertilizantes convencionais; e (viii) atende aos padrões requisitos exigidos de insumos utilizados pela agricultura orgânica.

Tabela 1. Rochas, minerais e materiais diversos para Rochagem.

Função	Tipo de Material	Nutrientes
Remineralização (Calagem e Nutrição)	Calcários calcíticos	Ca
	Calcários dolomíticos, Carbonatitos (geoquímica e mineralogia muito variáveis) Gesso (CaSO ₄) natural e industrial	Ca–Mg Ca, Mg, K etc
Remineralização e condicionamento do solo	Gessos natural e industrial	S, Ca
	Rochas fosfáticas	P, Ca
	Carbonatitos	Ca, Mg, K etc.
	Rochas silicáticas vulcânicas: basalto, ugandito, fonolitos, traquitos etc	K, Mg, Ca, Si, Fe etc.
	Rochas silicáticas granulares: granitos, sienitos, nefelina, sienitos etc	K e outros
	Minerais: feldspatos, argilominerais, piroxênios, anfibólios, vermiculita, biotita, zeólitas e outros	K e outros
	Rejeitos e resíduos de minas, de minerais não metálicos e de pedreiras	Variados

Fonte: Agrominerais para o Brasil (modificado de LUZ et al., 2010).

No Brasil, a comercialização e o uso dos remineralizadores de solos foram regulamentados a partir da edição da Lei nº 12.890/2013, que alterou a lei dos fertilizantes (Lei 6.984/1980) e permitiu inserir estes materiais geológicos como uma nova categoria de insumo agrícola. Posteriormente, essa Lei foi regulamentada pela edição do Decreto nº 8.483/2014 e pelas Instruções Normativas 05 e 06/2016, do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (THEODORO, 2016).

Aliado a fertilização com remineralizadores, outras práticas, tais como a inclusão de culturas para adubação verde, o uso de plantas em sistema de rotação, sucessão ou consorciação também enriquecem o solo com material orgânico, diversificando e melhorando as condições para a cultura principal (MOITINHO, et al., 2015), ou simplesmente ampliando a atuação dos microrganismos no solo e controlando seu pH.

1.3.1 Características da rocha basáltica

Nesta pesquisa foi utilizado um tipo de rocha que é amplamente distribuído em todo território nacional – os basaltos. Particularmente, nessa pesquisa, utilizou-se de uma rocha basáltica que, de modo geral, apresenta em sua composição química teores significativos de cálcio, ferro e magnésio. Os basaltos ocupam grandes extensões territoriais na região sul, parte do sudeste e do centro oeste do País. São pertencentes à Formação Serra Geral, da Bacia do Paraná, a qual é constituída por um espesso pacote de rochas de origem vulcânica que cobre mais de 1,2 milhão de km², com espessura de 350 m nas bordas e mais de 1.000 m no centro da bacia (CPRM).

Segundo laudo petrográfico obtido na mineração INCOPEL, que detém a licença de lavra das rochas testadas na presente pesquisa, as rochas que compõem a área de lavra possuem coloração preta acinzentada, estrutura isotrópica, com fenocristais subcentimétricos de plagioclásio e piroxênio imersos em matriz vítrea (Tabela 02).

Tabela 2. Características gerais da rocha basáltica utilizada como remineralizador na pesquisa.

Mineral	Porcentagem (%)
Vidro Vulcânico	32,4
Plagioclásio	30,0
Clinopiroxênio	22,2
Argilominerais (esmectitas)	6,6
Magnetita	5,0
Ilmenita	3,2
Quartzo	0,6

Fonte: Incopel (Laudo produzido pelo geólogo Gustavo Rosa de Almeida)

Ao microscópio petrográfico, constatou-se que é uma rocha hipocristalina, com matriz vítrea de coloração marrom claro que, por vezes, apresenta finos cristais de plagioclásio de até 0,3mm. É possível observar, também, a presença de minerais opacos (magnetita e ilmenita). Os cristais de plagioclásio são subédricos a euédricos e ora porfíricos, onde comumente apresentam-se fraturados e substituídos por argilominerais. Esses apresentam-se dispostos em aglomerados monominerálicos, junto a cristais de clinopiroxênio em textura subofítica ou em contatos planares e, mais comumente, isolados e envoltos pela matriz vítrea. Variam de 0,015 mm (quando imersos nas porções vítreas) a 2,6 mm.

Os cristais de clinopiroxênio ocorrem, em grande parte, em contato com cristais de plagioclásio, seja marcando a textura subofítica ou em contatos planares. A maior proporção

desse mineral (>90%) apresenta coloração bege pálido, porém em alguns casos podem mostrar-se com cores que variam de rosa claro a verde amarelado. Os cristais são subeuédricos a euédricos, inequigranulares e, por vezes, mostrando-se como fenocristais. Os cristais de dimensões menores apresentam em torno de 0,05 mm; os medianos (e mais comuns) cerca de 0,25 mm e aqueles maiores chegam a medir até cerca de 0,6 mm. Também se apresentam, com frequência, fraturados e com argilominerais ocupando as microfraturas.

A partir das descrições petrográficas desses basaltos (suas características texturais e mineralógicas) pode-se supor que eles pertencem a mesma unidade estratigráfica vulcânica, apesar das pequenas variações faciológicas de escala centimétrica. A presença de vidro vulcânico (nesse caso de composição básica) em quantidades consideráveis (32,4%), plagioclásios (30%) e clinopiroxênios (22,2%) sugere que esse tipo de material geológico tende a se comportar de forma excelente para a remineralização de solos, especialmente porque seus constituintes costumam ser bastante solúveis (WHITE; BUSS, et al., 2013). Do mesmo modo, os argilominerais (6,6%), caracterizados provavelmente com saponita¹, ampliam a capacidade de troca catiônica (CTC) e aumentam a retenção de umidade no solo. De acordo com a taxa natural de intemperismo dos minerais de silicatos presentes na amostra, os clinopiroxênios e plagioclásios seriam os primeiros minerais a serem solubilizados respectivamente (WHITE; BUSS, et al., 2014),.

Além disso, devido a presença de minerais silicáticos ricos em cálcio e magnésio, essas rochas podem auxiliar com uma certa eficiência na neutralização do pH, agindo de forma semelhante ao processo de calagem. Outro fator que amplia as possibilidades dos basaltos se converterem em uma opção de fertilização dos solos diz respeito aos custos para sua obtenção, que são em geral bastante baixos se comparados à fertilização convencional (CPRM, no prelo). Portanto, por sua composição química e abundância, poderá se converter em um dos tipos de rochas com maior uso para fins de remineralização de solos.

1.4 Quinoa: Origem e importância

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é uma planta originária dos Andes. Possui a maior distribuição de formas, diversidade de genótipos e progenitores silvestres nos arredores do Lago Titicaca, tanto no Peru quanto na Bolívia (MUJICA et al., 2001).

¹ Saponita ($\text{Ca}_{0,5}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): é um silicato de cálcio, sódio, ferro e magnésio, hidratado e hidroxilado incluído na família das smectitas.

A quinoa foi cultivada e usada por civilizações pré-colombianas e o seu cultivo data de mais de 5000 anos. Foi chamada de "grão-mãe" pelos Incas e era considerada sagrada, uma vez que sustentou essa civilização por muito tempo. Apesar dessa importância, e por ter se constituído como um alimento básico da população, desse então seu cultivo foi sendo substituído por cereais como cevada e trigo após a chegada dos colonizadores espanhóis. Porém, ainda que seu prestígio como alimento tenha diminuído, seu plantio e importância permaneceu entre as populações andinas tradicionais (ABUGOCH, 2009).

Seu potencial foi redescoberto durante a segunda parte do século XX e, desde então, o número de países que a cultivavam passou rapidamente de seis para 13. Mais recentemente, outros 23 países estão na fase de experimentação ativa para adaptar seu cultivo a campo. Além desses, em 2014 outros 20 países estão programando semear a quinoa pela primeira vez (BAZILE; BALDRON, 2014).

A quinoa tem sido adaptada ao cultivo no Brasil, via seleção de progênies (SPEHAR, et al., 2011). Devido ao fato dessa cultivar apresentar proteína com elevado equilíbrio de aminoácidos essenciais e ausência de glúten, ela tem sido qualificada como o melhor alimento de origem vegetal para o consumo humano (SOARES DE VASCONCELOS, et al., 2012). Além disso, considerando o seu alto potencial agrícola e nutricional, o interesse pela quinoa tem aumentado rapidamente como uma alternativa de diversificação agrícola e alimentar (SPEHAR et al, 2013). Por tais características ela tem sido tratada como um produto "estrela" no mundo, em função de suas propriedades (RODRÍGUEZ, 2015).

Embora a quinoa tenha ótimos valores nutricionais, somente mais recentemente ela está se tornando conhecida no nível mundial, devido ao balanço ideal de aminoácidos em suas proteínas, além de carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais, aumentando o consumo nas dietas de muitos países. Com o objetivo de dar visibilidade ao seu potencial de cultivo, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), uma agência das Nações Unidas, decretou o ano de 2013 como o ano internacional da quinoa, visando incentivar a sua produção, bem como torna-la uma boa alternativa para a segurança alimentar mundial (FAO, 2013).

Uma importante característica da quinoa é sua tolerância a solos salinos oferecendo uma alternativa para recuperá-los e ao mesmo tempo facilitar a produção de um alimento de alto valor nutricional. Além disso, a sua resistência às secas e/ou geladas faz da quinoa uma opção importante para as mudanças climáticas em um amplo espectro de regiões, devido a suas tolerâncias e variabilidades (BAZILE D BAUDRON F, 2013). A seguir será feita uma

descrição mais completa da quinoa, uma vez que esta planta é um dos principais objetivos da presente dissertação.

1.4.1 Taxonomia

A Quinoa foi descrita pela primeira vez pelo cientista Luis Christian Willdnow, da Alemanha, e sua classificação taxonômica tem sido atualizada ao longo do tempo. Mujica et al. (2001) e atualizada por Yazar et al. (2014) os quais descrevem a espécie taxonomicamente como na Tabela (3).

Tabela 3. Taxonomia da cultura de quinoa

Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Caryophyllales
Família	Amaranthaceae
Subfamília	Chenopodiodeae
Tribo	Chenopodieae
Gênero	Chenopodium
Espécie	Chenopodium quinoa

1.4.2 Valor nutricional e uso

O valor nutricional de um alimento é determinado por sua qualidade proteica, que depende principalmente do seu teor de aminoácidos, da digestibilidade, da influência de fatores ante-nutricionais e do triptofano para uma porção grande de aminoácido neutros (COMAI et al., 2007, apud ABUGOCH et al, 2009, p 7). O valor proteico do grão da quinoa é destacado quando ele é comparado com outros grãos de alto consumo (Tabela 4). O teor médio da proteína na literatura varia entre 12 e 23% (ABUGOCH et al, 2009).

Tabela 4. Teores de macronutrientes na quinoa em comparação com alguns outros cereais comuns, por 100g de peso seco.

Composição	Quinoa	Feijão	Milho	Arroz	Trigo
Energia (kcal/100g)	399	367	408	372	392
Proteína (g/100g)	16,5	28	10,2	7,6	14,3
Gordura (g/100g)	6,3	1,1	4,7	2,2	2,3
Carboidratos (g/100g)	69	61,2	81,1	80,4	78,4

Fonte (Adaptado de KOZIOL 1992) apud (FAO, Año internacional de la quinua , 2013).

Segundo a FAO, dentre os aminoácidos das proteínas da quinoa, oito são essenciais e estão em teores que superam outros grãos (Tabela 5).

Tabela 5. Composição de aminoácidos essenciais da quinoa comparada com cereis de alto consumo e com a recomendação FAO (consumo recomendado pela FAO)

	FAO1	Quinoa	Milho	Arroz	Trigo
Isoleucina	3	4,9	4	4,1	4,2
Leucina	6,1	6,6	12,5	8,2	6,8
Lisina	4,8	6	2,9	3,8	2,6
Metionina	2,3	5,3	4	3,6	3,7
Fenilalanina	4,1	6,9	8,6	10	8,2
Treonina	2,5	3,7	3,8	3,8	2,8
Triptofano	0,66	0,9	0,7	1,1	1,2
Valina	4	4,5	5	6,1	4,4

Fonte (Adaptado de KOZIOL 1992) apud (FAO, 2013)

A quinoa possui vários constituintes minerais, além de carboidratos, fibras dietéticas e de vitaminas (C, B6, E, tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, folato, betaine, luteína + zeaxantina, tocoferol beta, tocoferol gama, tocoferol delta) e compostos fenólicos, preventivos de doenças inflamatórias, cardiovasculares e alergias (FUENTES; GONZALEZ, 2013).

A principal forma de uso do grão se dá por meio de seu processamento em farinhas e várias misturas e preparações alimentares. Pode ainda ser assada e/ou moída. Esta é a maneira mais comum de usar quinoa para aqueles que a incorporam na alimentação (FURCHE; SALCEDO, 2013)

Além disso, partes da planta da quinoa podem ser usadas na alimentação animal, apesar de suas diferentes etapas fenológicas. Em algumas culturas tradicionais utilizam-se as folhas que contêm cinzas, fibras, vitaminas E e C e proteínas (MUJICA et al, 2001). As suas folhas podem ser usadas ainda tenras (geralmente depois da ramificação), para ser consumidas como espinafre (pertencentes a subfamília *Chenopodioideae*). Também se usa a planta quando inicia a formação da panícula, os botões podem ser cozidos igual aos brócolis (KOZIOL, MUJICA, SPEHAR, 2002). Por ser livre de glúten é recomendada para pacientes celíacos (SPEHAR; 2007).

1.5 Morfologia da Quinoa

A quinoa é uma planta dicotiledônea, herbácea e anual. Sua introdução no Brasil é recente e tem despertado interesse em função dos grandes esforços em pesquisa, experimentação e desenvolvimento, durante os últimos 15 anos (SPEHAR, 2006, SPEHAR; ROCHA, 2010; SPEHAR et al., 2013). Inclui o gênero *Chenopodium*, com cerca de 150 espécies encontradas na América, Ásia e Europa (BAZILE; BALDRON, 2014).

Na região do Cerrado brasileiro seu ciclo pode variar de 80 a 150 dias. As plantas alcançam altura que pode variar de 0,65 até 2,0m dependendo do genótipo. Apresentam um crescimento rápido após a semeadura (SPEHAR, et al., 2012). Também podem apresentar diversidade de cores, variando de verde, roxo a vermelho com tons intermediários entre estas. A haste principal pode ser ramificada ou não, depende do ecótipo, da variedade, da densidade da semeadura e das condições do meio (MUJICA, 1992).

Suas folhas são compridas e polimórficas na mesma planta, na base podem ser romboides ou triangulares e, na parte superior, geralmente são lanceoladas. Variam de cores desde o verde, até amarelo e o violeta. O caule central pode ser mais ou menos ramificado, dependendo da variedade. As flores, organizadas em panículas, são pequenas e carecem de pétalas. Sua morfologia esquemática é apresentada na Figura 02.

Figura 2 Desenho esquemático da morfologia de uma planta de quinoa



Fonte: Wikipédia

Os maiores produtores de quinoa se localizam nos Andes, sendo Peru, Bolívia e Equador os mais importantes. Segundo dados da *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical*

Database (FAOSTAT) no 2017, o Peru continua sendo o maior produtor de quinoa, com cerca de 80 mil toneladas registradas em 2016. Representa 53,3% do volume mundial, superando a Bolívia (44%) e Equador (2,7%).

1.5.1 Raiz

A raiz é pivotante, vigorosa, profunda, ramificada e fibrosa, o que dá estabilidade à planta e, possivelmente, resistência à seca. A raiz principal pode se distinguir facilmente das secundárias que são numerosas, mas finas como cabelos. No momento da germinação, a primeira coisa em alongar-se é a radícula, que dá origem à raiz principal, a qual pode chegar até 1,8 metros. A profundidade da raiz principal e das secundárias tem uma distribuição ampla e variam de acordo com os genótipos (MUJICA, 2001).

1.5.2 Caule

O caule é cilíndrico no colo da planta e angular a partir das ramificações e folhas, que as quais são alternadas, dando uma configuração excepcional. Sua espessura é variável, sendo mais ampla na base, que no ápice. Dependendo dos genótipos e áreas onde se desenvolve, o caule pode ser amplamente ramificado (quinoa do vale), desde a base (quinoa ao nível do mar) e único (quinoa das montanhas). A coloração do caule é variável (desse verde até vermelho) e, geralmente, apresenta estrias e axilas pigmentadas vermelhas ou roxas. Na fase de maturidade tornam-se angulares e sua parte interna ou medula pode ser macia nas plantas jovens. Já na maturidade o caule é esponjoso e oco, geralmente de cor creme (MUJICA 2001; TAPIA 2007).

1.5.3 Folhas

As folhas são alternadas e formadas por pecíolo e lâmina. Os pecíolos são longos e finos na parte superior e de longitude variável dentro da mesma planta. A lâmina é polimorfa e pode ser grande, romboidal e triangular, na parte inferior e, lanceolado, na parte superior. As folhas são muitas vezes cobertas por cristais de oxalato de cálcio. Sua cor é variável (vermelho, roxa ou cristalino). São também bastante hidrocópicas, capturando a umidade atmosférica noturna. Controlam a transpiração excessiva, refletem os raios de luz, diminuindo a radiação diretamente nas folhas. Quase sempre apresentam bordas dentadas ou serrilhadas, sendo que o número de dentes varia depender do genótipo (algumas chegam até 25 mais de dentes). As folhas, às vezes,

sobressaem da inflorescência, com apenas 10mm de largura por 2mm de comprimento (MUJICA 2001).

1.5.4 Inflorescência

Uma panícula típica é constituída por um eixo central, por um secundário, por um terciário e pedicelos que suportam os glomérulos. Existem dois tipos básicos de panícula: a amarantiforme (quando os glomérulos são inseridos nos eixos secundário) e a glomerular (quando os glomérulos são inseridos no eixo primário ou principal). Porém, existem formas intermediárias entre as duas, apresentando características de transição (os glomérulos têm forma não definida, entre retangulares e arredondados). O comprimento da panícula é variável, dependendo dos genótipos, do tipo de quinoa, onde está se desenvolve e das condições de fertilidade do solo, podendo atingir de 30 a 80 cm de comprimento por 5 a 30 cm de diâmetro (MUJICA; TAPIA, et al, 2007).

1.5.5 Flores

São pequenas, incompletas, sésses e desprovidas de pétalas, consistindo de uma corola formada por cinco peças florais tepalóides, sepaloides. Na mesma inflorescência podem apresentar flores hermafroditas (perfeita), pistiladas (femininas) e androestereis (imperfeita) (Leon, 2003). O tipo de reprodução pode ser autógamo (autofecundação) com uma certa porcentagem de alogamia (cruzamento com outras plantas da mesma espécie). Variando em alguns genótipos de 10% polinização cruzada até 80% em algumas variedades (Kcancolla), e em outros 17% (Piartal). (MUJICA; TAPIA, et al, 2007).

1.5.6 Fruto

O fruto é um aquênio, chamado de grão ou pseudocereal e está coberto pelo perigônio, o qual cobre apenas uma semente e sai facilmente quando é esfregado; a cor do grão é dada pelo perigônio e está diretamente associada à cor da planta. O pericarpo do fruto é ligado à semente e é aí que se encontra a saponina, que é um carboidrato com sabor amargo e que está localizado na primeira membrana que cobre a semente (LEÓN, 2003).

1.5.7 Sementes

Mujica (1993) menciona que o óvulo fertilizado e maduro tem uma forma lenticular elipsoidal, cônica ou esferóide. Possui três partes bem definidas que são o embrião, o perisperma e o epispermático, sendo que este último contém uma quantidade maior de saponina e estrias formadas por quatro capas bem definidas. Já o embrião é enrolado em torno da parte central da semente em forma circular. O perisperma é composto de amido esbranquiçado, o tamanho varia de 1,5 a 2,6 mm de diâmetro.

1.6 Generalidades sobre o cultivo da quinoa

Existe uma grande diversidade de variedades e cultivares utilizadas comercialmente na produção da quinoa. As principais estão na região Andina de Peru, Bolívia, Equador, Argentina, Colômbia, Chile (MUJICA, 2001). A área de cultivo com esta planta estende-se desde 2° latitude Norte na Colômbia até 40° latitude Sul no Chile, com a altitude desde o nível do mar até 4.000 metros de altura (JACOBSEN; STOLEN, 1993). Atualmente, a quinoa está sendo pesquisada e adaptada, na Europa - no Mediterrâneo, na Ásia - Índia e Paquistão, na África, nos Estados Unidos e no Brasil. (JACOBSEN, 2013).

A adaptabilidade da quinoa reflete a diversidade de ambientes que ocorrem na região de origem. Em sua adaptação ao cultivo no Brasil, tem-se objetivado tolerância ao estresse (seca, acidez do solo, baixas temperaturas), elevados rendimentos de grãos e de biomassa, além de outras características agronômicas (SPEHAR, 2002).

1.6.1 Requerimentos do cultivo da quinoa

A seguir serão mostrados alguns requisitos básicos para um adequado cultivo da quinoa. Entre estes, será dado destaque aos seguintes aspectos: solo, acidez (pH), clima e oferta de água. A quinoa tem mostrado um bom desenvolvimento em solos francos e franco argilosos, com boa drenagem e alto teor de matéria orgânica e um teor médio de nutrientes. É uma planta exigente em nitrogênio e cálcio, moderadamente em fósforo e pouco potássio. Mas também se adapta aos solos arenosos, desde que sejam fornecidos nutrientes e não exista possibilidade de encharcamento de água, pois é muito suscetível ao excesso de umidade, principalmente nos estágios iniciais (MUJICA et al., 2001).

A quinoa tem mostrado um amplo range de crescimento e produção em diferentes níveis de pH do solo. Ela tem resultados produtivos bastante animadores em solos alcalinos com pH

até 9, como nas regiões de minérios salinos da Bolívia e do Peru, mas, também, em condições ácidas com valores de pH de 4,5, como ocorre na área de Michiquillay, em Cajamarca, Peru (MUJICA et al., 2001). Estudos realizados nesse sentido indicam que o pH do solo em torno da neutralidade é ideal. No entanto, é conveniente enfatizar que existem genótipos adequados para cada uma das condições extremas de salinidade ou alcalinidade e, portanto, é recomendável usar o genótipo mais adequado para cada condição de pH, uma vez que esta espécie possui uma ampla variabilidade genética (MUJICA et al., 2001).

Como a quinoa possui uma ampla variabilidade genética, é sabido que ela tem sido uma planta que se adapta a diferentes climas, desde os desérticos até os mais quentes e secos ou ao frio das terras altas, passando pelos vales interandinos temperados e chuvosos, chegando às cabeceiras da selva com maior umidade relativa e nas áreas cadeias de montanhas de grande altitude. Portanto, é necessário saber quais genótipos são adequados para cada uma das condições climáticas (MUJICA et al., 2001).

A quinoa tem se mostrado como um organismo de uso eficiente da água, apesar de ser uma planta C3, que possui mecanismos morfológicos, anatômicos, fenológicos e bioquímicos que permitem tolerar e resistir à falta de umidade do solo. Pela ampla variabilidade genética tem um consumo que é variável nas quantidades de água, dependendo do seu genótipo e da zona agroclimática (MUJICA et al., 2001). Porém, as pesquisas recentemente realizadas, determinaram que a umidade do solo é equivalente à capacidade de campo e constitui excesso de água para o normal crescimento e produção sendo suficiente com apenas $\frac{3}{4}$ partes da capacidade de campo ideal suficiente para sua produção (MUJICA et al., 2001).

Apesar de seu amplo range de variedades e cultivares, ainda não existem muitas pesquisas que abordem aspectos relativos à temperatura ideal para a quinoa. Apesar disto, alguns estudos (JACOBSEN, et al, 2013) estabelecem que para seu bom desenvolvimento, a temperatura média deve ser em torno de 15 a 20 ° C. Porém, observou-se que com temperaturas médias de 10 ° C, a colheita se desenvolve perfeitamente. O mesmo ocorre com temperaturas médias e altas de até 25° C. Nesse sentido, foi determinado que a quinoa também possui mecanismos de tolerância a temperaturas baixas, podendo suportar até menos de 8 ° C, em certas etapas fenológicas (MUJICA et al., 2001).

1.6.2 Variedades e cultivares da quinoa

Atualmente, existem muitas variedades e cultivares usadas comercialmente na produção da quinoa (MUJICA et al., 2001). A sua disseminação em todo o mundo é feita por meio de

fortes relações entre instituições que compartilham seu material genético de maneira formalmente legal (com Acordo de Transferência de Material - ATM) ou informalmente (compartilhando sementes em redes de pesquisa). A coleção da quinoa mais importante ainda está nos países andinos. No entanto, muitos países estabeleceram suas coleções próprias (BAZILE E BAUDRON, 2013).

Tapia (1996), como resultado de uma extensa excursão pelos Andes, propôs a diferenciação de cinco grandes grupos ou ecotipos principais da quinoa, especialmente pelas suas características de adaptação às diferentes condições agroecológicas nos Andes: (i) a quinoa dos vales interandinos, de zonas mesotérmicas (Colômbia, Equador e Peru) com uma precipitação média de 700 - 1500 mm temperatura e de 3 °C; (ii) quinoa do Altiplano norte, do lago Titicaca (que Peru e Bolívia compartilham) com um curto período de crescimento, com uma precipitação média de 400 - 800 mm e temperatura e de até 0 °C; (iii) quinoa das áreas salinas, no altiplano sul (Bolívia, Chile e Argentina), adaptados a solos salinos e com um tamanho de grão maior, onde a precipitação média está entre 250 - 400 mm e a temperatura pode chegar a -1 °C; (iv) quinoa ao nível do mar com grãos escuros e tamanho menor, cultivado no centro e sul do Chile, até a ilha de Chiloé, com uma precipitação média de 800 - 1500 mm e temperaturas e de até 5 °C e (v) quinoa das regiões subtropicais da zona subtropical na encosta oriental dos Andes na Bolívia, com uma precipitação média de 0 - 2000 mm e temperatura e de 11 °C.

Com respeito as suas fases fenológicas, Apaza e Delgado (2005) indicam que as mesmas consistem no aparecimento das diferentes fases vegetativas cuja sucessão constitui o crescimento e desenvolvimento das plantas durante seu ciclo biológico. Apesar das interessantes características agrônômicas e nutricionais dessa cultura, a pesquisa de quinoa é caracterizada por tentativas individuais de definir seus estágios fenológicos sem consenso internacional (SOUZA, 2017). Tentativas de definir os estágios fenológicos foram propostas nos últimos anos por Mujica e Canahua (1989), Jacobsen e Stølen (1993), Ruiz e Bertero (2008) e Curti et al. (2016).

Para Montes (2018), a quinoa tem dois estágios fenológicos bem marcados, o **estádio vegetativo** com seis fases, e o **estádio reprodutivo** com sete fases. As fases no **estádio vegetativo** são: Germinação da semente (V0); Emergência (V1); Aparição folhas verdadeiras (V2); Quatro folhas verdadeiras (V3); Seis folhas verdadeiras (V4) e Ramificação (V5) e as fases do **estádio reprodutivo** são: Início formação da panícula (R6), Formação da panícula

(R7). As fases no estágio reprodutivo são: Início da floração (R8); Floração (R9); Grão leitoso (R10); Grão pastoso (R11); Maturidade fisiológica e Maturidade da coletiva (R12).

De forma mais detalhada, na germinação da semente (V0), dá-se a emissão da radícula, que ocorre de 24 a 48 horas após umedecer a semente. A emergência (V1) ocorre quando a muda quebra a superfície do solo. O aparecimento de um par de folhas verdadeiras (V2) ocorre quando além das folhas cotiledonares, aparece o primeiro par de folhas verdadeiras. As quatro folhas verdadeiras (V3) resulta no aparecimento de dois pares de folhas verdadeiras estendidas e as folhas cotiledôneas ainda permanecem verdes, tal como ocorre com as seis folhas verdadeiras (V4), quando três pares de folhas verdadeiras estendidas são observadas e as folhas primárias ficam amarelas por senescência. A ramificação (V5) estabelece-se quando se tem quatro pares de folhas verdadeiras estendidas com presença de folhas axilar ao terceiro nó, e as folhas primárias caíram e deixaram uma cicatriz no caule, também se observa a presença de inflorescência protegida por sais sem expor a panícula, dá-se quando é observada a inflorescência acima das folhas, mostrando os glomérulos que o compõem, mas, também, pode ser observado nos glomérulos a partir da base, os botões florais individuais. Início da formação da panícula (R6). Quando do ápice da planta é visível o surgimento da inflorescência e se pode ver pequenas aglomerações de folhas, que cobrem a panícula. Formação de panículas (R7) quando claramente a inflorescência acima das folhas, mostra os glomérulos que o compõem; O Início da floração (R8) acontece quando a flor hermafrodita apical fica aberta mostrando os estames separados, quando é possível notar as anteras protegidas nos glomérulos pelo perigônio. A Floração (R9) ocorre quando 50% das flores da inflorescência estão abertas e a planta começa a remover as folhas inferiores. O estágio do Grão Leitoso (R10) está presente quando os frutos encontrados nos glomérulos da panícula explodem ao serem pressionadas e soltam um líquido leitoso. O estágio de Grão Pastoso (R11) ocorre quando os grãos ao serem pressionados têm uma consistência pastosa de cor branco, indicado o momento de Maturidade fisiológica e maturidade da colheita (R12), quando ao se pressionar o grão formado com as unhas encontra-se resistência para ser quebrado.

O peso de mil sementes (peso hectolítrico) varia de 1,9 a 4,3 gramas, em função do genótipo e condições ambientais (ALVAREZ; PAVÓN; VON RÜTTE, 1990). No ano 2003 encontrou-se que o peso de sementes varia entre 1,2 e 6,0g inclusive para um mesmo ambiente (ROJAS, 2003). Em experimento a campo no Brasil as cultivares BRS Piabiru e BRS Syetetuba apresentaram peso de 2,42 e 2,90 gramas por 1000⁻¹, respectivamente (SPEHAR; SANTOS,

2002; SPEHAR et al., 2011). Os componentes numéricos como número de grãos e peso são atributos que permitem interpretar a interseção de genótipo por ambiente (CURTI, et al., 2014).

1.6.3 Genótipo BRS Syetetuba do Brasil

Como mencionado anteriormente, a quinoa tem sido adaptada a vários agroecossistemas, incluindo, mais recentemente, o seu cultivo no Brasil, via seleção de progênies. Avaliaram-se progênies, originárias dos vales equatorianos. O genótipo foi uniformizado com suas características agrônômicas, recebendo o nome de BRS Syetetuba. (SPEHAR, 2011). Os rendimentos obtidos para essa variedade em experimentos foram de 2,3 t ha⁻¹ de grãos e 7,5 t ha⁻¹ de biomassa em 120 dias, desde a emergência à maturação. Apresenta-se com grãos livres de saponina e um peso médio de 2,9 g 1000⁻¹, com resultados favoráveis para a produção e comercialização no Brasil (SPEHAR, 2011).

1.7 Culturas complementares

Também como já foi mencionado, para a condução dessa pesquisa utilizou-se dos conceitos relacionados à troca planejada de culturas, ou simplesmente do sistema de rotação. Para além da quinoa, a pesquisa introduziu no sistema de rotação a cultura do feijão e da rúcula.

O feijão-comum é uma planta anual herbácea, trepadora ou não, pertencente à família Leguminosae, subfamília Papipilionoideae, gênero *Phaseolus*. Está classificado como *Phaseolus vulgaris* L. As espécies mais cultivadas no Brasil são dos gêneros *Phaseolus* e *Vigna*. É um dos principais alimentos da população brasileira, originário da América do Sul, compreende aproximadamente 55 espécies (Wander, 2005).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), seguido pela Índia e China. De acordo com o Balanço de Oferta e Demanda da Conab, na safra 2018/2019, o Brasil consumiu 3.334 milhões de toneladas de feijão, tendo produzido 3.070,7 milhões de toneladas, com um consumo per capita de 14,5 kg/hab./ano. Os estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia são os principais produtores desse cereal e respondem por quase 50% da produção nacional (CEASAPE, 2018).

O feijoeiro pode contribuir para o balanço de nitrogênio (N) nos ecossistemas (BROUGHTON et al., 2003). O feijão tem muita importância na alimentação brasileira pela sua facilidade de inserção na dieta diária e por sua fonte proteica. Segundo dados da CONAB (op cit.), o produto tem tido uma média de ingestão de 15 kg/hab./ano, com tendência de

consumo descendente nos últimos anos. É uma fonte proteica, de carboidratos e vitaminas (principalmente as do complexo B). Serve como fonte de magnésio, ferro, cálcio fósforo e zinco, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante, que podem contribuir na saúde humana (SILVA et al., 2009).

A rúcula é uma hortaliça da família Brassicaceae, tem um sabor picante e odor agradável, com desenvolvimento rápido e um ciclo curto. É proveniente do sul europeu e do ocidente da Ásia e, geralmente, seu consumo se faz na forma de saladas. Desde 1990 a rúcula tem crescido sua participação no mercado brasileiro de hortaliças (ALVES, et al, 2010). O aumento do consumo brasileiro pode ser explicado pela sua composição nutricional, com altos teores de potássio, ferro, enxofre e vitaminas, além de seu bom sabor. O ciclo da rúcula varia de 45 a 50 dias em virtude da época do ano em que é plantada, apresentando redução à medida que é exposta a dias mais ensolarados (TRANI; PASSOS, 1998).

CAPITULO II

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada na presente pesquisa apresentou dois focos principais. O primeiro refere-se à análise sobre a resposta agrônômica das culturas semeadas, com especial ênfase na cultura da quinoa (cultivo principal). É importante destacar que a adição de insumos foi feita em uma única vez, antes da implantação do primeiro plantio. Nesse sentido, todas as culturas testadas estiveram submetidas aos mesmos tratamentos, durante todos os ciclos. O segundo enfoque está relacionado com as alterações na fertilidade, verificadas por meio de análises do solo e dos insumos a ele aplicados.

2.1 Local de desenvolvimento do estudo

O estudo foi desenvolvido nas dependências do Laboratório de Experiências Agroecológicas da FUP (LEAF), no Campus de Planaltina, da Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, que está situado a 40 km nordeste de Brasília. A área experimental foi implantada na Área Universitária 01, Vila Nossa Senhora de Fátima, que se encontra localizada a uma altitude de 977 m acima do nível do mar (Figura 3).

Figura 3. Localização da UnB – Brasil, Brasília, Campus Planaltina DF.



Fonte: Google Earth. VIA – Vitrine de Iniciativas Agroecológicas

2.2 Tratamentos

Foram testados cinco diferentes tipos de tratamento distribuídos da seguinte maneira: 1 - tratamento controle, sem adição de insumo (T0); 2 - tratamento com vermicomposto (T1); 3 - tratamento com Fertilização Convencional - NPK (T2); 4 - tratamento com o remineralizador de solo, derivado de rocha basálticas (T3) e 5 - tratamento com a mistura de vermicomposto e remineralizador (T4).

Cada unidade experimental foi composta de um conjunto de dois pneus sobrepostos que resultaram em uma área individual de cada vaso de 32 cm de raio e 54 cm de altura, com uma área superficial de 0,32 m². O espaço foi preenchido com 51 kg de um Latossolo Vermelho, típico da região do cerrado brasileiro. Cada uma dessas unidades foi numerada de um até vinte e foi pintada com cinco diferentes cores para diferenciar os distintos tratamentos. Assim o branco (T0) refere-se ao tratamento controle; o vermelho (T1) indica o tratamento com composto orgânico; o azul (T2) reflete o tratamento com NPK (Fertilização Convencional); o amarelo (T3) foi usado para indicar o tratamento com o remineralizador e o verde (T4) refere-se ao tratamento com a mistura de composto orgânico e remineralizador.

As unidades experimentais foram distribuídas de forma casualizada. Cada tipo de insumo foi incorporado ao solo, segundo o tratamento e em suas quatro repetições, na seguinte proporção: nas unidades experimentais de cor vermelha (T1) foi aplicado 1,2 kg de composto orgânico (que equivalente a 40 t/ha); nas unidades azuis (T2), 120 g de NPK 10-10-10 (que equivale a 4 ton/ha)²; nas amarelas (T3), que contém o remineralizador, foi aplicado 600 g (que equivalente a 18,75 t/ha) e nas unidades experimentais verdes (T4), que continham as misturas (T1+T3) foram incorporados 1,2 kg de composto orgânico + 600g de remineralizador (equivalente a 40 ton/ha de Composto e 18,75 t/ha de remineralizador).

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi implantado em um espaço denominado Vitrine de Iniciativas Agroecológicas (VIA) e no seu design considerou-se o espaço disponível para os testes. O experimento foi conduzido em ambiente parcialmente controlado, utilizando pneus sobrepostos como vasos (unidades experimentais), protegidos por uma estrutura de sombrite. A irrigação

² Spehar (2011) sugere 80-100 kg ha⁻¹ (de P₂O₅ e de K₂). O nitrogênio deve ser parcelado: 20-30 kg na semeadura e 40-50 kg ha⁻¹ em cobertura, aos 30-50 dias após a emergência.

foi efetuada de forma controlada, ainda que manual. Como já mencionado, ao longo da pesquisa foram testados três tipos de culturas, que obedeceram a seguinte sequência: feijão, rúcula, quinoa (cultivo principal).

O delineamento experimental foi feito inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, para um total de vinte unidades, onde cada cor representa um tipo de tratamento (Figura 4).

Figura 4. Distribuição das unidades experimentais.



2.4 Teores de nutrientes no solo e os tratamentos

2.4.1 Solo

O solo utilizado para preenchimento das unidades experimentais foi obtido em uma área próxima à Universidade (área rural de Planaltina), onde se procedeu a retirada da parte superior, de forma que se pudesse ter um solo com características mais uniformes. Trata-se de

um Latossolo Vermelho com textura média areno-argilosa, típico da região do cerrado brasileiro. Ele foi homogeneizado com pá, antes e depois do transporte até o local da montagem para preencher as unidades experimentais. Neste momento foram tomadas amostras para fazer análises físico-químicas. O ácido cítrico a 2% foi utilizado como extrator nas análises de fertilidade, efetuadas no laboratório da CAMPO - Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental. O pH foi medido em um pH metro e o conteúdo de matéria orgânica pelo método colorimétrico. Os teores iniciais de macro e micronutrientes do solo utilizado na pesquisa pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6. Teores iniciais de macro e micronutrientes do solo utilizado nas unidades experimentais.

.....Macronutrientes.....								
Amostra	P	K	S	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	CTC	M. O
	..... mg dm ⁻³ .....			.....cmol _c dm ⁻³				dag kg ¹
1	4,66	19,50	11,18	0,39	0,13	0,28	4,78	2,19
2	3,97	38,85	11,18	0,36	0,13	0,31	5,71	2,36
Média	4,315	29,22	11,18	0,375	0,13	5,245	5,25	2,28
.....Micronutrientes.....								
Amostra	B	Zn	Fe	Mn	Cu	pH	pH	V
	..... mg dm ⁻³					Água	CaCl ₂	%
1	0,30	<0,1	105,21	5,07	0,58	5,45	4,51	12
2	0,40	<0,1	142,45	7,97	0,68	5,18	4,22	10
Média	0,35	<0,1	123,83	6,53	0,63	5,31	4,365	11

2.4.2 Composto orgânico

O composto utilizado no experimento foi produzido a partir de resíduos orgânicos domésticos, em um sistema de vermicompostagem, onde se utilizou a minhoca vermelha californiana. Tal como as demais amostras, também o composto foi analisado a partir de quatro amostras. Devido a uniformidade do material, a Tabela 7 apresenta os resultados acerca dos teores de macro e micronutrientes prontamente disponíveis de apenas duas amostras.

As análises de fertilidade foram feitas no laboratório CAMPO - Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental, de Paracatu, Minas Gerais e obedeceram a mesma metodologia de análise efetuada no solo original.

Tabela 7. Resultado da análise química do composto orgânico.

.....Macronutrientes.....								
Amostra	P	K	S	Ca ⁺²	Mg ⁺²	AL ⁺³	CTC	M. O
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				dag kg ¹
1	768,4	294,2	18,3	6,0	6,09	<0,1	14,1	21,9
2	615,9	297,0	23,3	5,6	7,00	<0,1	15,5	22,2
Média	692,2	295,6	20,8	5,8	6,55	<0,1	14,8	22,1
.....Micronutrientes.....								
Amostra	B	Zn	Fe	Mn	Cu	pH	pH	V
	mg dm ⁻³					Água	CaCl ₂	%
1	0,31	9,06	22,26	33,20	<0,1	8,46	8,14	91
2	0,40	12,59	55,39	31,46	<0,1	8,44	8,11	86
Média	0,36	10,83	38,83	32,33	<0,1	8,45	8,13	88,5

2.4.3 Remineralizador de solo

Como já mencionado, o remineralizador utilizado na pesquisa foi derivado de rochas basálticas disponibilizados por uma parceria com a mineradora Incopel, localizada no município de Estância Velha, no Rio Grande do Sul. Para este material procedeu-se com dois tipos de análises. A primeira refere-se à análise química para determinar a composição total de elementos maiores, menores e traços da rocha. Os óxidos foram analisados por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), no laboratório SGS-GEOSOL, de Belo Horizonte, Minas Gerais. Os resultados para os elementos maiores são apresentados na Tabela 8. A soma de bases média (K₂O+ CaO+ MgO) é de 12,48, portanto superior ao que exigido pela IN05/2016 (MAPA) para os remineralizadores

Tabela 8. Composição total das amostras de basaltos analisadas no laboratório da SGS-Geosol

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	56,8	14,1	9,87	6,87	3,64	0,263	2,59	2,44	1,33	0,15	0,53
2	56,9	14,7	9,82	7,03	4,18	0,268	2,88	2,3	1,26	0,15	0,54
3	56,3	14,6	9,76	6,96	4,13	0,263	2,86	2,29	1,24	0,15	0,54
4	59,9	13,6	5,93	3,98	2,34	0,064	5,22	1,42	0,56	0,09	0,54
Média	56,85	14,35	9,79	6,92	3,89	0,26	2,87	2,30	1,25	0,15	0,54

As mesmas amostras também foram analisadas para averiguação da quantidade de nutrientes prontamente disponíveis no laboratório CAMPO - Centro de Tecnologia Agrícola e

Ambiental, com a mesma metodologia usada para averiguação do conteúdo de macro e micronutrientes usado para as amostras de solo e composto orgânico. A Tabela 9 apresenta os resultados das análises efetuadas pela CAMPO, para os principais macro e micronutrientes.

Tabela 9. Resultado da análise química do remineralizador

.....Macronutrientes.....								
Amostra	P	K	S	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	CTC	M. O
	..... mg dm ⁻³ .....			..... cmol _c dm ⁻³				dag kg ⁻¹
1	199,41	69,33	34,76	17,90	0,35	<0,1	18,63	0,65
2	222,66	86,45	34,68	17,72	0,32	<0,1	18,43	0,53
Média	211,03	77,89	34,72	17,81	0,335	<0,1	18,54	0,59
.....Micronutrientes.....								
Amostra	B	Zn	Fe	Mn	Cu	pH	pH	V
	..... mg dm ⁻³					Água	CaCl ₂	%
1	1,31	6,12	1521,80	60,95	12,76	8,75	7,88	99
2	1,24	5,45	1517,24	72,41	17,18	8,81	7,92	99
Média	1,275	5,785	1519,52	66,68	14,97	8,78	7,9	99

2.5 Culturas testadas e sementeira das unidades experimentais

As três diferentes culturas foram semeadas da seguinte ordem temporal: feijão, rúcula e quinoa. A aplicação dos insumos, em cada uma das unidades experimentais, foi feita em dois sulcos paralelos com o objetivo de semear todas as culturas nos mesmos locais. Após a aplicação dos insumos ocorreu uma incorporação superficial desses materiais ao solo. Posteriormente, adicionou-se uma camada de palha com cerca de 10 cm de espessura. Estes procedimentos podem ser vistos na Figura 5.

Figura 5. Aplicação de insumos. A - Dois sulcos paralelos, sem misturar e B - Unidades com insumos misturados e cobertura vegetal



Foto: Diego Felipe Mosquera Burbano

Posteriormente (cerca de 10 dias), foi feita a semeadura da primeira cultura, o feijão, que ocorreu no dia 17 de dezembro. Três sementes foram depositadas em quatro “berços” distribuídos sobre os sulcos. Foi utilizada uma variedade de semente crioula (vermelho), que possui um ciclo de cerca de 90 dias e que foi obtida junto a agricultores familiares. Mediu-se a produtividade em peso obtida em cada uma das unidades experimentais. Após a colheita, a palhada derivada da parte aérea, foi depositada sobre os blocos correspondentes a cada tratamento. A título de comparação, foi feito uma averiguação da média do comprimento das raízes (Figura 6).

Figura 6. Desenvolvimento do feijão. A - Dois sulcos paralelos, B - Unidades com o feijão desenvolvido, C - Raízes



Foto: Diego Felipe Mosquera Burbano

Após a colheita do feijão, procedeu-se a semeadura da rúcula. As sementes foram obtidas em um ponto comercial especializado em sementes de hortaliças. O plantio foi feito no dia 27 de abril. A rúcula foi semeada na mesma linha (sulcos) onde estava o feijão, a cerca de

1cm de profundidade em cada uma das unidades experimentais. Utilizou-se um grama de sementes para cada sulco (Figura 7).

Figura 7. Germinação da Rúcula. A. Dois sulcos paralelos, B. Unidades com rúcula desenvolvida.

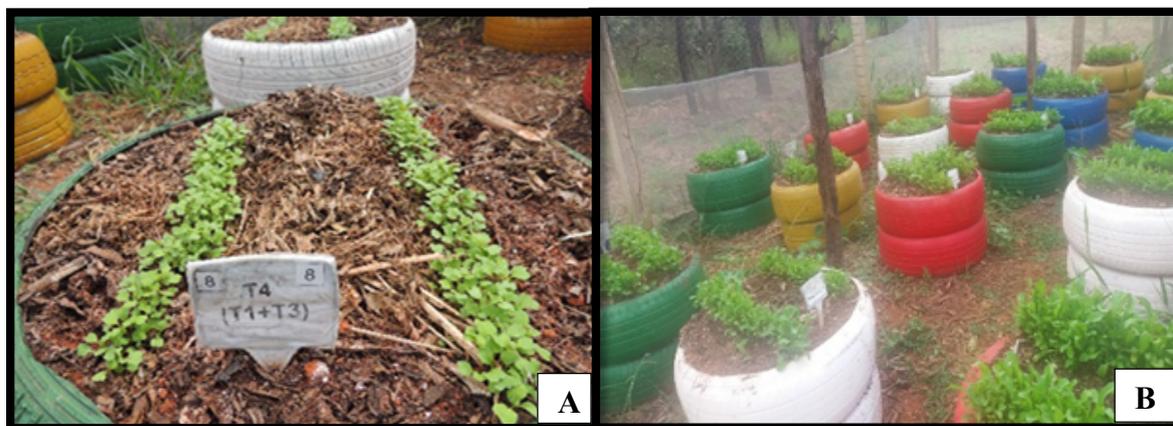


Foto: Diego Felipe Mosquera Burbano

Posteriormente, procedeu-se o plantio da terceira cultura testada - a quinoa, que foi semeada, no dia 15 de junho. O plantio obedeceu a mesma distribuição nos sulcos, dos dois plantios anteriores. Utilizou-se de 50 sementes para cada sulco. Após 15 dias foi necessário efetuar um raleamento das plantas germinadas, perfazendo-se 20 plantas para cada sulco (Figura 8).

Figura 8. Germinação da quinoa. A. Dois sulcos paralelos. B. Unidades com quinoa desenvolvida.



Foto: Diego Felipe Mosquera Burbano

2.6 Semeadura e colheita das culturas

A colheita foi feita de acordo à maturidade fisiológica de cada uma das culturas. No caso do feijão foi semeado em 17 de dezembro do 2018 e colhido em 11 de marco de 2019,

para um total de 84 dias. Para esta cultura somente avaliou-se a produtividade do grão por unidade experimental.

A segunda cultura - rúcula - foi semeada em 27 de abril e coletada no dia 7 de junho de 2019, perfazendo um total de 41 dias. Para esta cultura mediu-se o peso de matéria fresca e o peso da matéria seca por unidade experimental.

A quinoa foi semeada em 15 de junho e coletada em 20 de outubro, perfazendo um total de 127 dias. Para esta cultura mediu-se a fenologia de cada planta, a sua altura, comprimento da panícula, largura da panícula, rendimento do grão, rendimento da matéria seca, e o peso de mil grãos por cada bloco dos cinco tratamentos.

2.7 Avaliações

Considerando que o maior objetivo da pesquisa foi a quinoa, a seguir será descrito os procedimentos de avaliação dessa cultura.

2.7.1 Fenologia da quinoa

Depois de fazer a semeadura, e ao longo de cada ciclo produtivo, foram realizadas observações diárias do desenvolvimento das plantas e dos problemas relacionados à eventuais dificuldades nas diversas unidades experimentais, as quais foram registradas em um livro de campo, onde se anotaram os dias de início das fases fenológica e, quando cerca de 50% das plantas dos sulcos estava na sua respectiva fase. Finalmente, com toda a informação registrada se elaborou um banco de dados para cada repetição com as quais se realizou as análises estatísticas.

Para as avaliações fenológicas foram incluídos os dois estágios: o vegetativo e o reprodutivo. Na fase vegetativa considerou-se: germinação da semente (V0), Emergência (V1), Par de folhas verdadeiras (V2), Quatro folhas verdadeiras (V3), Seis folhas verdadeiras (V4), Ramificação (V5). No estágio reprodutivo: Início formação da panícula (R6), Formação da panícula (R7), Início da floração (R8), Floração (R9), Grão Leitoso (R10), Grão pastoso (R11), Maturidade fisiológica e maturidade da colheita (R12). Todas foram registradas quando ao menos o 50% estavam em cada uma dessas fases.

2.7.2 Variáveis de precocidade

a) Emergência (V1): registrou-se os dias transcorridos depois de semear, quando ao menos 50% das plantas em cada unidade experimental e em suas repetições emergiram sobre a superfície do solo.

b) Início de formação da panícula (R6): registrou-se o número de dias depois de semear, quando mais do 50% das plantas em cada unidade experimental e em suas repetições iniciaram a formação da panícula principal.

c) Início da floração (R8): registrou-se o número de dias transcorridos depois de semear, quando mais do 50% das plantas em cada unidade experimental e em suas repetições apresentaram a panícula com flores abertas.

d) Maturidade fisiológica e maturidade da colheita (R12): registrou-se o número de dias transcorridos após a semeadura, quando mais do 50% das sementes da panícula apresentaram resistência de ser quebrados, acompanhados de folhas e caule amarelos.

2.7.3 Parâmetros Fitotécnicos (variáveis de produtividade e rendimento)

a) Altura da planta: para determinar a altura das plantas, elegeram-se 10 plantas aleatoriamente durante a maturidade fisiológica, por cada unidade experimental e nas suas repetições. Nessa avaliação considerou-se desde a base da planta até o ápice da panícula com ajuda de uma trena (unidades em centímetros);

b) Comprimento da panícula: determinou-se o comprimento da panícula utilizando 10 plantas de forma aleatória em cada unidade experimental (e suas repetições) que foram medidas desde o ápice da panícula principal até a base da inserção com ajuda de uma trena (unidades em centímetros);

c) Largura da panícula: a largura ou diâmetro da panícula foi considerado na maturidade fisiológica; essa medida foi realizada na parte mais larga da panícula. Para fazer esta medição utilizou-se 10 plantas aleatoriamente em cada unidade experimental (e suas repetições) utilizando-se uma trena (unidades em centímetros);

d) Rendimento das unidades experimentais: após de fazer a colheita de cada uma das unidades experimentais e de suas repetições, realizou-se a debulha e ventilação, para separar impurezas. Posteriormente, foram pesados o total de grãos de cada unidade experimental em uma balança de precisão, para determinar a produtividade. Para determinar o rendimento por hectare, foi realizada a seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento kg ha}^{-1} = \frac{\text{Peso Unidade experimental X } 10.000\text{m}^2}{\text{Área Unidade experimental m}^2}$$

e) **Massa de matéria seca (MMS):** as plantas das unidades experimentais foram cortadas na sua base, colocadas em sacolas de polipropileno, as quais foram mantidas abertas, até obter um peso constante e, posteriormente, realizou-se a pesagem dos mesmos em todas as unidades experimentais.

f) **Peso de 1000 grãos e rendimento:** foram coletadas cinco amostras de 1000 sementes do rendimento total por tratamentos, que foram pesados em uma balança analítica, em três repetições.

2.7.4 Rendimentos das culturas complementares

a) **Feijão:** após de fazer a colheita nas unidades experimentais, realizou-se a separação dos grãos, deixou-se obter um peso constante e efetuou-se a pesagem dos totais obtidos para cada uma das unidades experimentais e suas repetições

b) **Rúcula:** após de fazer a colheita das unidades experimentais de rúcula, realizou-se duas medições: a primeira da matéria fresca e a segunda da matéria seca.

2.8 Tratamento estatístico

Para analisar os dados obtidos utilizou-se o programa estadístico SPSS e o programa SPEED stat. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas com o tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro α . Previamente as condições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias, aditividade do modelo e presença de outliers foram verificadas pelos testes de Jarque-Bera, Levene-Brown-Forsythe, Tukey para aditividade e ESD generalizado, respectivamente. Adicionalmente, os tratamentos com o remineralizador foram comparados com os tratamentos sem o remineralizador por um contraste (\hat{C}_1), cuja significância foi avaliada pelo teste de Bonferroni modificado. O contraste foi definido pela expressão $\hat{C}_1 = (\text{Rocha} + \text{CO} + \text{Rocha}) - (\text{Controle} + \text{Comp.Org.})$.

Uma análise multivariada simples foi também planejada através do índice de seleção de Mulamba-Mock dos parâmetros químicos do solo avaliados em função da aplicação de Composto Orgânico (Comp.Org.), Composto Orgânico + Remineralizador (CO+R), somente Remineralizador (R), somente adubação mineral (NPK) e Controle. O índice multivariado gerado foi submetido à ANOVA e aos testes posteriores conforme descrito anteriormente.

CAPITULO III

RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados das distintas formas de avaliação das culturas testadas ao longo da pesquisa, bem como os resultados derivados das alterações do solo percebidas pelas análises de fertilidade realizadas antes e após os testes produtivos.

3.1 Avaliações das culturas complementares

O feijoeiro é uma planta leguminosa com raízes não muito profundas. Sua introdução no sistema deveu-se ao fato de que essa cultura facilitaria o rápido recobrimento do solo e atuaria como um mecanismo de fixação biológica do nitrogênio para as futuras culturas, conforme mencionado por Broughton et al. (2003). Na Tabela 10 é possível observar que os menores valores médios (em gramas) obtidos desta cultivar por unidade experimental ocorreu no tratamento controle e no tratamento com remineralizador, sem diferenças significativas entre eles. Apresentam uma média de 28,75 g para o tratamento controle e 33,75 g para o tratamento com o remineralizador. As análises estatísticas mostraram que houve diferenças significativas com respeito a estes dois tratamentos e os demais.

Tabela 10. Comparação média da produtividade da cultura do feijão (gramas/unidade experimental), nos tratamentos: composto orgânico (b); NPK (a); Remineralizador (c); Remineralizador + Composto Orgânico (b); Controle (c). Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de t de Tukey a 5% de probabilidade

Código	Tratamento	Feijão GRM/U.E
T0	Controle	28,75c
T1	Composto orgânico	73,75b
T2	NPK	118,75a
T3	Remineralizador	33,75c
T4	Remineralizador + Composto	81,25b
	CV%	19,62

A Tabela 10 resume e permite observar todos os valores das médias gerais de produtividade avaliados na cultura do feijão. Os dados foram registrados em gramas/unidade experimental. Para o caso dos tratamentos de composto orgânico e remineralizador + composto orgânico pode-se observar que não houve diferenças significativas entre eles, ainda que tenha

havido diferenças com respeito aos grupos de menor e maior valor, com médias de 73,75 g para o primeiro e 81,25 g para o segundo. Os maiores valores foram obtidos no tratamento T2 (NPK) com uma média de 118,75 g, o que resultou em diferenças significativas quando comparadas aos demais tratamentos.

Devido a problemas de seca e ataque de formigas cortadeiras, optou-se em utilizar como segunda cultura a rúcula, que é menos exigente que a quinoa e suporta bem os períodos de escassez hídrica. Talvez por ser uma cultura de ciclo rápido (30 a 40 dias), não foi possível encontrar diferenças estatísticas significativas nos grupos de dados para matéria seca, pelo teste de t de Tukey a 5% de probabilidade. Os menores valores obtidos referem-se ao tratamento controle com 25 g, contrastando com o maior valor no tratamento T2 (NPK) com 40 gramas, sem diferenças significativas entre eles. Ainda que não tenha sido possível perceber diferenças significativas para esse parâmetro, é importante observar que as médias encontradas para os tratamentos T3 e T4 ficaram bem próximas da média obtida para o tratamento T2. No que se refere às médias relativas à matéria fresca foi possível encontrar diferenças altamente significativas nos grupos de tratamento T2 (NPK), com 275,73 g e o tratamento T0 (controle) com 133,36 g. Entre os tratamentos T1, T3 e T4, não houve diferenças significativas, mas estes tratamentos também tiveram médias bastante diferentes quando comparados ao tratamento T0 (controle), conforme pode-se observar na Tabela 11.

Tabela 11. Valores médios de produtividade das unidades experimentais, da cultura de rúcula, gramas de matéria fresca por unidade experimental (GRM/MF), e gramas de matéria seca por unidade experimental (GRM/MS).

Código	Tratamento	Rúcula	
		GRM/MF	GRM/MS
T0	Controle	133,35b	25,03a
T1	Composto orgânico	215,22ab	35,08a
T2	NPK	275,73a	40,05a
T3	Remineralizador	190,49ab	37,03a
T4	Remineralizador + Composto	218,22ab	38,06a
Média geral		206,60	32,25
CV%		30,93	20,58

* Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de t Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Parâmetros Fitotécnicos da cultura de Quinoa

Conforme pode ser visto na Tabela 12, os parâmetros fitotécnicos (ou variáveis de rendimento) para a cultura da quinoa mostram que dos seis parâmetros considerados, os cinco

com médias mais expressivas ocorreram nos tratamentos que continham pó de rocha. Ainda assim para a maior parte das variáveis consideradas não foi possível encontrar diferenças significativas entre os tratamentos, a exceção do mais importante dos parâmetros que é o rendimento da cultura (Grão/ por Unidade Experimental)

Tabela 12. Valores médios para parâmetros fitotécnicos: altura de plantas (AP, em cm), comprimento da panícula (CP, em cm), largura da panícula (LP, em cm), peso de mil sementes (PM, em g/1.000), produção de massa seca (MS, em g/unidade experimental), grão (GUE, grão/unidade experimental).

Código	Tratamento	AP	CP	LP	PM	MS	GUE
T0	Controle	112,88a	13,22a	3,58a	1,52b	151,25a	13,75c
T1	Composto Org	117,53a	17,98a	3,97a	2,30a	171,25a	20,00bc
T2	NPK	121,33a	16,30a	3,84a	2,32a	228,75a	27,50abc
T3	Remineralizador	124,72a	15,46a	4,00a	2,69a	228,75a	33,75ab
T4	Remine + CO	119,95a	15,17a	3,94a	2,58a	230,00a	38,75a
Média geral		119,28	15,63	3,87	2,28	202,00	27,75
CV%		5,5	16,99	14,05	10,62	20,58	29,46

*Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de t de Tukey a 5% de probabilidade. Valores assinalados em vermelho indicam maiores médias.

Neste sentido, pode-se verificar que apesar das análises da variância relativa à altura das plantas, na fase da maturidade fisiológica, não ter apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, o resultado mais expressivo ocorreu nas unidades experimentais que continham o remineralizador (T3), onde se obteve uma média de 124,73 cm. Isto significa um incremento de quase 10% se comparado ao tratamento controle (T0) e cerca de 3% superior ao tratamento com fertilizante convencional (T2)

Também nos parâmetros comprimento da panícula e largura da Panícula não foi possível encontrar diferenças estatísticas, de acordo com o teste F da ANOVA. No entanto, ao se analisar os dados disponíveis na Tabela 12, pode-se ver que o tratamento T1 (CO) obteve a media mais expressiva, que chegou a ser 27% superior ao tratamento controle (T0) para o parâmetro de comprimento da panícula. O tratamento T3 (R) obteve as médias mais destacadas para o parâmetro largura da panícula (ainda que sejam muito próximas entre si com os tratamentos T1, T2 e T4), mas cerca de 11% superiores ao tratamento Controle.

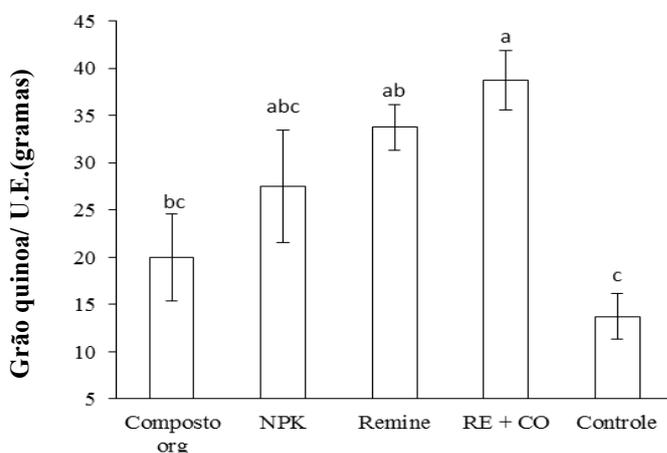
De outro lado, para o parâmetro relacionado ao peso de 1000 sementes, a análise da variância encontrou diferenças altamente significativas entre o tratamento controle e os demais tratamentos, ainda que não tenha sido possível averiguar se houve diferenças significativas

entre os tratamentos T1, T2, T3, T4. Segundo pode-se ver na Tabela 12, novamente o tratamento Controle obteve as médias menos expressivas, resultando em uma diferença de 56% a menos em relação ao tratamento T3 (R). O incremento observado no tratamento T3 também apresentou um incremento de 14% quando comparado ao rendimento verificado no tratamento T2 (NPK)

A produção da Massa de Matéria Seca (MS) é considerada como um indicador importante. Mas também nesse parâmetro as análises estatísticas não mostraram diferenças significativas. Porém, conforme averiguado nos aspectos relacionados à altura de plantas (AP), ao comprimento da panícula (CP) e à largura da panícula (LP) pode-se constatar que a média de peso da matéria seca verificada no tratamento T4 (R + CO) resultou em um incremento de cerca de 35% em relação ao tratamento controle.

O peso (massa) de grão (GUE) reflete o indicador mais importante dos parâmetros analisados, uma vez que está diretamente vinculado à produtividade da quinoa. Para esse parâmetro as análises estatísticas revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que T4 (R + CO) mostrou-se superior aos demais, com um incremento de 65% em relação ao tratamento Controle; de 49% em relação ao T1; de 30% ao T2 e de 13% relativamente ao T3. Tais incrementos obtidos nos tratamentos que continham os remineralizadores (T3 e T4), em relação aos demais, indica que, provavelmente, os pós de rocha influenciaram positivamente na produtividade quando comparados aqueles que não continham este insumo (T0, T1 e T2). Neste caso específico, optou-se por mostrar graficamente (Figura 09) tais diferenças, uma vez que este parâmetro reflete um dos mais expressivos resultados obtidos na pesquisa

Figura 9. Comparativa do peso de grãos da quinoa nos tratamentos: composto orgânico (Composto Org); fertilizante químico (NPK); remineralizador (Remine); remineralizador + composto orgânico (RE + CO); controle. Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Extrapolando-se os dados das unidades experimentais para toneladas por hectare (t/ha), pode-se ter uma ideia dos rendimentos de cada uma das culturas (Feijão, Rúcula e Quinoa), conforme pode ser verificado na Tabela 13.

Tabela 13. Comparação das medias extrapoladas para tonelada por hectare dos tratamentos: composto orgânico; fertilizante químico (NPK); remineralizador; remineralizador + composto orgânico; e controle. Grão de feijão (GG em gramas). Matéria fresca de rúcula (MF em gramas); matéria seca de rúcula (MS em gramas). Grão de quinoa (GR em gramas); Matéria seca (MS em gramas).

Código	Tratamento	Feijão		Rúcula		Quinoa	
		GG	MF	MS	GR	MS	
T0	Controle	0,96	4,44	0,833	0,46	5,04	
T1	Composto orgânico	2,46	7,17	1,166	0,66	5,71	
T2	NPK	3,96	9,191	1,333	0,91	7,62	
T3	Remineralizador	1,12	6,34	1,25	1,12	7,62	
T4	Remineralizador + Composto	2,71	7,27	1,291	1,29	7,66	

Um outro parâmetro importante quando se analisa o ciclo produtivo da quinoa refere-se às variáveis de precocidade da quinoa. A Tabela 14 apresenta os dados relativos ao seu estado fenológico, para o genótipo BRS Syetetuba. No caso da emergência (V1), pode-se observar que não existem diferenças estatísticas significativas, entre os tratamentos, quando avaliados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, ao contrário do que ocorre nas outras etapas fenológicas. Este é o caso da etapa de início de formação da panícula (R6), onde constatou-se uma maior precocidade no tratamento T2 (NPK) com uma média de 50 dias, estando os demais tratamentos com uma média de 55 dias.

Nas etapas do início da formação da panícula (R6), início da floração (R8), e no final da maturidade fisiológica (R12), o tratamento T2 de (NPK) manteve a precocidade e a diferença significativa quando comparadas com os outros tratamentos, sendo cinco dias mais rápida que os outros tratamentos para chegar a maturidade fisiológica, com uma média de 122 dias, ficando os outros tratamentos com uma média de 127 dias. Tais diferenças ou precocidade, em favor do tratamento T2, serão discutidas no próximo capítulo. No entanto, cabe adiantar que neste caso específico, talvez a precocidade esteja relacionada a deficiência nutricional das plantas no tratamento convencional

Tabela 14. Valores médios de número de dias da Emergência (V1), Início formação de panícula (R6), Início da floração (R8) e Maturação fisiológica (R12), em experimento realizado com a cultura da quinoa, na área experimental do Projeto VIA, em Planaltina. DF

Código	Tratamento	V1	R6	R8	R12
T0	Controle	6a	55a	88b	127d
T1	Composto orgânico	6a	55a	88b	127d
T2	NPK	6a	50b	81c	122e
T3	Remineralizador	6a	55a	88b	127d
T4	Remineralizador + Composto	6a	55a	88b	127d
Média geral		6	54	86	126
CV%		0,00	1,01	0,45	0,31

*Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Avaliação dos dados relativos à fertilidade dos solos

Antes de apresentar os dados das análises de fertilidade dos solos relativos às unidades experimentais, é necessário informar que no período anterior à semeadura da cultura da quinoa, foi necessário a aplicação de 60 g de gesso por unidade experimental (equivalente a 1.875 t/ha), como uma forma de controlar o ataque de formigas cortadeiras, que já vinha comprometendo os resultados da cultura da rúcula. A opção por essa forma de controle deve-se ao fato de que o experimento tem uma forte conexão com os métodos de controle agroecológicos. Portanto, o uso de iscas ou outras formas de controle químico foi imediatamente desconsiderada. Porém, entende-se que, ainda que a aplicação tenha contemplado igualmente todas as unidades experimentais, é certo que esse material alterou as características de fertilidade do solo, em especial no que se refere aos resultados de cálcio e de enxofre.

Portanto, ao comparar os resultados obtidos nas análises de fertilidade, é importante ter em mente que elas resultaram de um aporte adicional, especialmente de cálcio, derivado do gesso. No entanto, ao se comparar os teores de macro e micronutrientes observados no solo antes do início do experimento (e da aplicação dos quatro diferentes tipos de insumos) é possível perceber uma mudança radical nos níveis de fertilidade, como se verá nos dados subsequentes. Nesse sentido, a Tabela 15 tem a função de apresentar os dados relativos aos teores iniciais dos principais macro e micronutrientes do Latossolo original utilizado (antes da aplicação de qualquer insumo), bem como os valores encontrados para o Remineralizador (R), o Composto Orgânico (CO) e a mistura Composto Orgânico + Remineralizador (CO +R)

Tabela 15. Valores médios de macro e micronutrientes do Latossolo original remineralizador, (Remine) composto orgânico e Remineralizador + composto orgânico antes da implantação do experimento.

.....Macronutrientes.....								
Média (2 Amostras)	P	K	S	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	CTC	M. O
	..... mg dm ⁻³ .....			..... cmol _c dm ⁻³				dag kg ⁻¹
Latossolo	4,32	29,18	11,18	0,38	0,13	0,30	5,20	2,28
Remineralizador (R)	692,18	295,63	20,765	5,805	6,545	<0,1	14,8	22,06
Comp. Orgânico (CO)	692,18	295,63	20,76	5,81	6,55	<0,1	14,85	22,06
R + CO	445,58	294,66	306,60	9,52	5,60	<0,1	17,80	22,06

.....Micronutrientes.....								
Amostra	B	Zn	Fe	Mn	Cu	pH	pH	V
	..... mg dm ⁻³					Agua	CaCl ₂	%
Latossolo	0,35	<0,1	123,83	6,52	0,63	5,32	4,37	10,50
Remineralizador (R)	1,275	5,785	1519,52	66,68	14,97	8,78	7,9	99
Comp. Orgânico (CO)	0,35	10,83	38,83	32,33	<0,1	8,45	8,13	88,50
R + CO	0,35	10,83	38,83	32,33	<0,1	6,60	6,22	88,00

OBS: Todas as amostras foram analisadas com os mesmos procedimentos usados para análises de fertilidade do solo, porém tendo como extrator o ácido cítrico a 2%.

Para fins de análise estatística não foram considerados ou comparados os teores iniciais do solo nem dos insumos a ele adicionados na instalação do experimento. Portanto, os valores das médias gerais relativos aos macro e micronutrientes do solo no final do experimento entre os tratamentos são mostrados na Tabela 16, que exhibe a média de cada tratamento, a média geral, o coeficiente de variação, o valor da estatística F, e magnitude do efeito do contraste \hat{C}_1 (estatística d-Cohen) para os parâmetros de solo avaliados.

Considerando estes esclarecimentos, os dados mostrados na Tabela 16, a seguir reportados, mostram os resultados das análises entre os distintos tratamentos das unidades experimentais ao final do experimento. As análises estatísticas, considerando o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, não evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos no que se refere a quadro dos cinco principais macronutrientes (P, K, Ca e Mg), com exceção para o Enxofre (S). No entanto, no que se refere ao fósforo (P) deve-se destacar que o tratamento controle apresentou a mais baixa disponibilidade desse macronutriente, com uma média de 26,02 mg/dm³, enquanto a maior quantidade de fósforo disponível foi encontrada no tratamento T2 (NPK) com uma média de 56,39 mg/dm³, o que significa um incremento na disponibilidade desse macronutriente de 46% em relação ao tratamento TO. Importante chamar a atenção da media muito próxima ao T2 que foi encontrada no tratamento T4 (R + CO), com 52,92 mg/dm³,

seguidos pelos tratamentos com remineralizador e composto orgânico, com 49,49 mg/dm³ e 42,42 mg/dm³, respectivamente.

Tabela 16. Média gerais de macro e micronutrientes, valor da estatística F, coeficiente de variação (C.V.) e magnitude do efeito do contraste \hat{C}_1 (estatística d-Cohen) para os parâmetros de solo avaliados.

.....Macronutrientes								
Código	Tratamentos	P	K	S	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CTC	M. O
		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			dag kg ⁻¹
T0	Controle	26,02	227,74	35,18	8,65	1,34	10,80	4,46
T1	Comp. Org.	42,42	232,78	42,47	9,54	1,84	12,32	4,83
T2	NPK	56,39	278,38	68,87	8,31	1,33	10,55	4,72
T3	Remine	49,49	279,59	34,49	8,57	1,50	11,05	4,46
T4	Remine+ CO	52,92	243,78	38,39	8,66	1,76	11,22	4,91
	Média geral	45,45	252,45	43,88	8,75	1,55	11,19	4,67
	C.V.(%)	50,38	27,21	27,21	18,45	18	14,6	8,42
	F(Tratamentos)	1.33 ^{Ns}	1.5 ^{Ns}	5.56**	0.25 ^{Ns}	3.4*	0.51 ^{Ns}	1.3 ^{Ns}
	d-Cohen (\hat{C}_1)	0,81	0,77	0,31	0,26	0,16	0,22	0,11
.....Micronutrientes.....								
Código	Tratamentos	B	Zn	Fe	Mn	Cu	pH	pH
		mg dm ⁻³					Agua	CaCl ₂
T0	Controle	1,70	3,53	74,35	11,44	0,24	7,62	7,10
T1	Composto O	3,17	4,99	31,91	14,52	0,13	7,62	7,11
T2	NPK	2,15	3,85	48,18	13,82	0,12	7,50	6,97
T3	Remine	2,08	6,38	115,43	19,45	0,47	7,70	7,06
T4	Remine+ CO	2,42	6,29	58,09	17,09	0,16	7,68	7,11
	Média geral	2,30	4,99	65,59	15,26	0,22	7,62	7,07
	C.V.(%)	31,73	53,23	58,98	29,35	83,87	2,5	1,59
	F(Tratamentos)	2.98 ^{Ns}	1.17 ^{Ns}	3.05 ^{Ns}	2.03 ^{Ns}	2.1 ^{Ns}	0.57 ^{Ns}	0.96 ^{Ns}
	d-Cohen (\hat{C}_1)*	0.37	0.87	0.93	1.22	0.54	0.33	0.15

* \hat{C}_1 magnitude do efeito do contraste \hat{C}_1 (estatística d-Cohen)

As análises estatísticas, considerando o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, não evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos no que se refere a quadro dos cinco principais macronutrientes (P, K, Ca e Mg), com exceção para o Enxofre. No entanto, no que se refere ao fósforo (P) deve-se destacar que o tratamento controle apresentou a mais baixa disponibilidade desse macronutriente, com uma média de 26,02 mg/dm³, enquanto a maior quantidade de fósforo disponível foi encontrada no tratamento T2 (NPK) com uma média de 56,39 mg/dm³, o que significa um incremento na disponibilidade desse macronutriente de 46% em relação ao tratamento TO. Importante chamar a atenção dos valores de media muito próximos nos tratamentos T2 e T4 (R + CO) com 56,39 e 52,92 mg/dm³, respectivamente,

seguidos pelos tratamentos com remineralizador e composto orgânico, com 49,49 mg/dm³ e 42,42 mg/dm³, respectivamente.

Também no caso do Potássio (K), chama a atenção o fato de que os maiores valores médios desse macronutriente foram encontrados nas unidades experimentais que continha o tratamento T3 (remineralizador) com uma média de 279,59 mg/dm³, seguido, muito próximo pelo tratamento T2 (NPK) com uma média de 278,38 mg/dm³. O menor valor médio encontrado foi novamente para o tratamento controle com uma média de 227,74 mg/dm³ (cerca de 20% menos que T3), seguido muito perto do tratamento T1 (Composto orgânico) com uma média de 232,78 mg/dm³. Para o Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) percebeu-se comportamentos similares. De modo geral, todos os tratamentos apresentaram médias semelhantes, com um pequeno diferencial positivo para o tratamento com Composto Orgânico e, do lado oposto, do tratamento com NPK, que mostrou as menores médias. Importa destacar que com relação a esses dois macronutrientes a adição do gesso pode ter mascarado os resultados

Já no caso do Enxofre (S) foi possível averiguar que existem diferenças significativas entre os tratamentos, considerando um nível de significância de 5% com o teste de Dunnett. Portanto, no que se refere a este macronutriente é possível assegurar que o efeito combinado do gesso e da fertilização química teve efeito para este parâmetro, com uma média de 68,87 mg/dm³, sendo superior aos outros. Os demais tratamentos tiveram valores muito similares, mas o mais baixo foi para o tratamento T3 (remineralizador) com uma média 34,49 mg/dm³, sendo ainda mais baixo que o tratamento controle com uma média de 35, 19 mg/dm³.

Considerando a importância dos micronutrientes, para uma série de funções que interagem no desenvolvimento das plantas, também foi efetuada a análise estatística para alguns elementos (B, Zn, Fe, Mn e Cu). Segundo os resultados obtidos na Anova (Tabela 16), não foi possível encontrar diferenças significativas entre os tratamentos, ainda que tenha sido encontrado médias distintas para cada um desses elementos nos diferentes tratamentos. Chama especial atenção o fato de que dos cinco micronutrientes considerados (a exceção do B) as medias mais altas ocorreram nos tratamentos que continham o pó de basalto ou sua mistura com composto orgânico. O Ferro e Cobre chegam a apresentar um incremento de quase duas vezes a média obtida para o tratamento com fertilizante solúvel.

Outros indicadores importantes, tais como a acidez ativa (pH), a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e a matéria orgânica (MO) também não mostraram evidências de diferenças significativas entre os distintos tratamentos. Para o pH os dados foram muito similares.

Analisando os dados entre as médias das repetições dos tratamentos pode-se observar, que eles oscilaram entre 7,70 no T3 (R) e 7,50 no nas unidades experimentais T2 (NPK). No que se refere à CTC, observou-se que a maior média ocorreu no tratamento T1 (Composto Orgânico) com uma média de 12,32 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$, a qual é cerca de 15% superior à média verifica no tratamento convencional. As médias relativas à MO foram muito semelhantes, ainda que tenha sido possível verificar que o tratamento T4 (R + CO) tenha tido uma média um pouco mais alta que os demais.

Em que pese o fato de que os resultados obtidos na grande maioria das análises estatísticas pelo teste t Tukey a 5 % de probabilidade de erro não tenham mostrado evidências de diferenças significativas entre os tratamentos e, mesmo entre os parâmetros relativos à produtividade das culturas, optou-se em fazer uma análise multivariada, utilizando-se o Índice de Mulamba & Mock, considerando as médias de MO, P, K, Mg, B, Mn e Cu no solo, já que dos 13 parâmetros avaliados P, K, Ca, Mg, S, CTC, MO pH, B, Zn, Fe, Mn e Cu), as seis maiores médias foram verificadas no tratamento T3. Conforme pode ser observado na Tabela 17, foi possível encontrar diferenças entre os tratamentos com Remineralizador, Remineralizador + Composto Orgânico e somente Composto Orgânico em relação aos tratamentos controle e NPK.

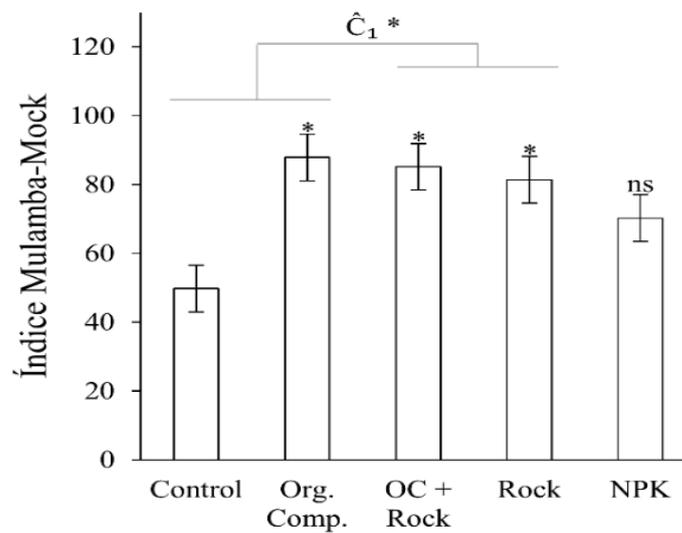
Tabela 17. Índice de Mulamba-Mock (multivariado) para os parâmetros matéria orgânica e disponibilidade de P, K, Mg, B, Mn e Cu no solo. Médias seguidas, na coluna, por um * diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro.

Tratamentos	Índice Mulamba & Mock	Erro padrão do experimento
Controle	49,75	6,76
Composto Org	87,83 *	6,76
RE + CO	85,13 *	6,76
Remineralizador	81,38 *	6,76
NPK	70,25 ns	6,76

Ainda que não seja possível averiguar se houve diferença significativa entre os tratamentos cujos insumos eram o Composto Orgânico, o Remineralizador e o Remineralizador + Composto Orgânico é importante destacar que por meio da análise multivariada foi possível identificar diferenças entre esses tratamentos em relação as unidades que continham os insumos químicos (NPK) ou nenhum tratamento. Vale dizer que este resultado mostra a significância de Contraste (C1), que comprova a hipótese principal, qual seja de que este remineralizador,

derivado de rocha basáltica é capaz de disponibilizar nutrientes no solo, favorecendo um desenvolvimento de mais longo prazo (efeito residual) para as plantas. A Figura 10 retrata tais achados

Figura 10. Índice de seleção de Mulamba-Mock (multivariado) dos parâmetros químicos do solo em função da aplicação de composto orgânico (CO) composto orgânico + remineralizador (CO +R), somente Remineralizador (R), somente adubação mineral (NPK) e controle. Médias seguidas por “*” diferem do controle de acordo com o teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro. Contraste ($C_1 = (R + CO + R) - (C + CO)$) seguido por “*” difere de zero pelo teste de Bonferroni modificado a 5 % de probabilidade de erro. Médias (n=4) \pm erro padrão do experimento.



CAPITULO IV

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Culturas complementares

A visão geral que se têm a partir do desempenho das culturas do feijão e da rúcula é que os melhores resultados foram obtidos nas unidades experimentais que continham o fertilizante químico (tratamento T2). Considerando a disponibilização rápida dos nutrientes, derivados de insumos de alta solubilidade, esses dois tipos de culturas (de ciclo curto), aproveitaram-se prontamente dos fertilizantes solúveis para o seu desenvolvimento. Esses melhores rendimentos foram percebidos pelas análises estatísticas, onde foi possível verificar diferenças significativas entre os tratamentos. Mas os tratamentos de T3 (R + CO) e T1 (CO) tiveram resultados um pouco maiores se comparados com o tratamento T0 (controle) para as culturas de feijão e rúcula, indicando, talvez, que o tempo de interação desses insumos com o solo não tenha ocorrido no tempo adequado (ou na demanda) para que as plantas pudessem se beneficiar da oferta nutricional presente nesses materiais.

Um aspecto que pode ter influenciado os resultados refere-se a dose de insumos adicionadas ao solo. Conforme já mencionado, ainda que a quantidade de pó de basalto adicionada ao solo tenha sido relativamente alta (equivalente a 17,75 t/ha) o tempo de interação desses insumos com o solo foi curto, ao longo do período de desenvolvimento da cultura do feijão e da rúcula. Além disso, é bom lembrar que a cultura do feijão demanda quantidades significativas de nitrogênio, o qual está ausente nos remineralizadores. Portanto, nas parcelas sem essa fonte de nutriente as plantas tiveram que suprir sua necessidade a partir da fixação do N atmosférico, podendo, eventualmente, ter beneficiado as culturas seguintes pela adição de sua palha (parte aérea + raízes), que adicionada ao solo após sua saída do sistema.

Confirmando essa suposição, uma observação verificada a campo, diz respeito ao crescimento das raízes das plantas (Figura 6C), onde se constatou que os tratamentos onde não havia disponibilidade do nitrogênio pela adição dos insumos (T0 e T3) resultou em raízes pouco desenvolvidas ou atrofiadas, o que fatalmente contribui ou impacta negativamente no desenvolvimento aéreo das plantas, tornando-as menos vigorosas e, portanto, menos produtivas.

4.2 Fertilidade do Solo

É provável que a interação dos remineralizadores com o solo, aliada ao uso de plantas com diferentes interações e necessidades nutricionais introduzidas no sistema antes do plantio da quinoa possa ter revertido as deficiências relacionadas, por exemplo ao nitrogênio, uma vez que os melhores resultados produtivos para essa cultura ocorreram nas unidades experimentais que continham os remineralizadores isoladamente ou com misturas com o composto orgânico. Importante considerar que o plantio da quinoa ocorreu após cerca de seis meses da implantação do experimento, quando os materiais (insumos) já apresentavam uma melhor interação como solo, facilitado inclusive pelas culturas anteriores (feijão e rúcula), bem como da cobertura com matéria orgânica.

Esse resultado confirma um dos pressupostos relacionados a tecnologia da Rochagem onde vários autores (CARVALHO, 2012; CARVALHO et. al., 2018; THEODORO E LEONARDOS, 2006 e 2015; ROCHA, 2006) sugerem que a solubilidade dos nutrientes derivados de pós de rocha, é ampliada após um tempo de interação dos pós de rocha com o solo, podendo ser potencializada pela inserção de plantas de cobertura ou de leguminosas, como é o caso do feijão.

Esses resultados podem ser entendidos em duas diferentes perspectivas. A primeira, em se considerando o resultado produtivo das plantas e sua resposta à carga de insumos adicionados aos solos, indica que o uso de materiais de solubilidade lenta, não atenderia as necessidades nutricionais das plantas segundo os princípios da agricultura convencional, ao menos quando se considere um modelo sem rotação de culturas. Nessa perspectiva, é importante considerar que o objetivo primordial do modelo é obter o melhor rendimento em um menor espaço de tempo, sem considerar os subsequentes usos do solo para futuros plantios. Afinal, nesse entendimento o solo constitui-se somente como um substrato passível de produção, onde os insumos (ainda que sintéticos e caros) são adicionados como forma de retorno de curto prazo.

Porém, ao se considerar um segundo entendimento, quando se atenta para o médio e longo prazo, dentro de uma perspectiva de reconstrução permanente da fertilidade do solo, o uso de insumos de solubilidade mais lenta torna-se uma opção importante e adequada, especialmente para países como o Brasil, que possuem suas maiores áreas produtivas em solos tropicais, onde o intemperismo é mais atuante, facilitando a disponibilização dos nutrientes derivados de materiais geológicos (remineralizadores). Nesse caso, o intemperismo é um aliado importante da produção, já que por meio de ataques químicos e /ou biológicos tende a

disponibilizar gradativamente os nutrientes, restabelecendo o equilíbrio de um solo naturalmente sustentável (THEODORO, 2000).

Esse entendimento é compartilhado por Cardoso e Fávero (2018), quando mencionam que os solos tropicais necessitam ser resignificados, devido, principalmente, aos processos de intemperismo que causam um desgaste mais acelerado das rochas, facilitando a liberação dos nutrientes (e também sua perda mais rápida em caso de serem altamente solúveis). De outra parte, os autores mencionam que as condições tropicais também favorecem outros processos, tais como a fotossíntese, devido à alta incidência de luminosidade, o que potencializa o crescimento de plantas e, portanto, uma rápida cobertura do solo.

Assim, ao se entender que a melhor produtividade da quinoa (cultura alvo) ocorreu após um tempo de interação do solo com os insumos, potencializando a disponibilidade dos nutrientes (ou do seu rápido decréscimo – NPK) pode-se supor que uma ação positiva para obter os melhores resultados produtivos para a cultura da quinoa no Brasil está fortemente ligada ao manejo do solo, uso de plantas leguminosas ou de cobertura, juntamente com a aplicação de materiais geológicos (remineralizadores) amplamente disponíveis em todo o território nacional. Nesse sentido, ao se perceber que os melhores resultados para essa cultura foram obtidos a partir do uso de remineralizadores, em sistema de rotação de culturas (ou de plantas de cobertura, com ou sem a adição de composto orgânico) é possível sugerir que adubações organominerais potencializam a obtenção de safras semelhantes, ou em alguma medida, superiores àquelas obtidas com outros insumos.

4.3 Cultura da Quinoa

Entre os resultados obtidos para a cultura da quinoa, e em se considerando as médias de diferentes parâmetros de crescimento (altura de plantas, comprimento da panícula, largura da panícula, peso de mil sementes, produção de massa seca e grão), nos diferentes tratamentos, é possível perceber, que, ainda, que tais dessemelhanças não tenham sido captadas pelas análises estatísticas univariadas, elas retratam resultados interessantes, dentre os quais pode-se destacar; (i) no caso do parâmetro “altura da planta” houve uma grande variabilidade, independentemente dos tratamentos e (ii) a variabilidade entre os tratamentos e suas repetições é um fator restritivo na confiabilidade das análises estatísticas, em que pese a observação de que ocorreu diferenças de até 12 centímetros entre as médias do tratamento T0 (controle) e o tratamento T3 (remineralizador)

Para o parâmetro “comprimento da panícula”, a ausência de diferenças significativas, pode estar diretamente vinculada ao parâmetro anterior - comprimento da planta, uma vez que existe uma relação direta entre eles. Da mesma forma, para o parâmetro “matéria seca” não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, quando se compara a média de peso da matéria seca entre os tratamentos, foi possível constatar que os maiores valores foram obtidos no tratamento T4, onde se usou a mistura organomineral, seguida pelo tratamento onde se aplicou somente o remineralizador (T3). Do lado opostos rendimentos menores ocorreram nas unidades T0 e T2, sem mistura organomineral.

No que se refere ao parâmetro “peso de 1000 sementes” (PM) a análise da variância encontrou diferenças altamente significativas entre o tratamento controle e os demais tratamentos, ainda que não tenha sido possível averiguar se houve diferenças significativas entre os outros tratamentos T1, T2, T3, T4. Porém, novamente quando se observa os resultados disponíveis na Tabela 12, que retrata as médias para cada parâmetro, nos diferentes tratamentos, pode-se averiguar que o tratamento T3 (Remineralizador) obteve a maior média, seguida pelos tratamentos T4 (R+ CO), T2 (NPK) e T1 (CO). O menor valor foi verificado no tratamento Controle.

Outro ponto que se deve destacar refere-se às etapas de início da formação da panícula (R6), início da floração (R8), e no final da maturidade fisiológica (R12). Ainda possa ser entendido que os melhores resultados estão associados ao tratamento T2 (NPK), que mostrou precocidade e diferença significativa quando comparados os tratamentos (sendo cinco dias mais rápida que os demais tratamentos), para chegar a maturidade fisiológica, com uma média de 122 dias, nessa dissertação questiona-se essa vantagem (que é mais econômica, do que produtiva). Esse questionamento leva em conta que, em alguns casos, a precocidade esteja relacionada a deficiência nutricional das plantas no tratamento convencional, o que foi confirmado pelas análises de fertilidade do solo, em especial o K, os micronutrientes e a Matéria Orgânica.

Além disso, ainda que de modo geral, as análises estatísticas não tenham retratado diferenças significativas entre as médias para os distintos parâmetros, no que se refere ao mais importante deles, que é a produtividade de grão por unidade experimental, pode-se constatar diferenças significativas entre os resultados dos distintos tratamentos, destacando-se aquele que obteve a melhor produção - o tratamento T4 (Remineralizado + CO). Possivelmente, esse resultado derive do fato de que a cultura da quinoa aproveitou-se do tempo de interação entre o solo e os insumos a ele adicionados (fonte orgânica e mineral). Nesse caso, a solubilidade mais

lenta dos nutrientes, derivados do remineralizador, aproveitou-se do tempo para fortalecer e favorecer a interação das fontes minerais com o solo e com a fonte orgânica, possibilitando as condições adequadas para potencializar a produção dessa cultura.

Esse fato é bastante relevante, porque indica que fontes disponíveis localmente, como é o caso das rochas basálticas, amplamente disponíveis no Brasil, e particularmente aquelas rochas testadas nessa pesquisa, têm potencial para assegurar níveis produtivos adequados. Tal resultado indica, igualmente, a importância de se introduzir novas formas de manejo, que incluam uma oferta de componentes orgânicos derivados de resíduos ou mesmo de plantas de cobertura. Portanto, o tempo de interação entre os insumos e o solo foi, provavelmente, um aspecto importante, para além da própria oferta de macro e micronutrientes que foi assegurada de forma adequada para a cultura da quinoa

Nesse sentido, ao se fazer a extrapolação dos dados obtidos nas diferentes unidades experimentais, em toneladas por hectare (t/ha), não foi surpreendente verificar que o insumo que resultou nos melhores rendimentos na cultura da quinoa, correu no tratamento T4 (remineralizador + composto), onde se obteve um rendimento equivalente de $1,29 \text{ t ha}^{-1}$ (produtividade), o que equivale a quase duas vezes e meia o rendimento verificado no tratamento controle e 25% a mais do que no tratamento T2 (NPK). Também a produção de massa seca (MS) foi superior no tratamento T4 (R + CO) com $7,66 \text{ t ha}^{-1}$, que equivale a um rendimento 35% superior ao tratamento Controle (T0) e quase 10 % superior ao tratamento com NPK (T3). Já era esperado que os rendimentos menos expressivos fossem verificados no tratamento controle, devido a baixa oferta de nutrientes (de alta ou lenta solubilidade).

Ainda que este rendimento esteja aquém daqueles mostrado por Spehar (2011) para o genótipo Syetetuba de quinoa, de $2,3 \text{ t ha}^{-1}$, obtidos em áreas com o uso intensivo de fertilização convencional, ele se converte em um importante indicador para futuras pesquisas, tendo-se em conta que essa produtividade foi obtida após a potencialização da solubilização dos nutrientes, em um espaço de poucos meses.

Complementando tais resultados relativos as etapas fenológicas das três culturas testadas nessa pesquisa, com ênfase especial para a quinoa, as análises sobre os parâmetros de fertilidade do solo nos diferentes tratamentos mostram que houve um acréscimo importante de nutrientes a partir da inserção dos tratamentos com as culturas. Ao se comparar as médias para macro e micronutrientes, pH, CTC e M.O, verificadas no solo original, e as médias encontradas após o cultivo de três diferentes culturas (cerca de onze meses), ocorreu uma profunda alteração em todos os parâmetros considerados, conforme pode se verificar na Tabela 16. Ainda que se

considere que o acréscimo de gesso, conforme mencionado anteriormente, antes do cultivo da quinoa possa ter influenciado nos resultados das análises de fertilidade, com a neutralização do alumínio e disponibilização de cálcio mais magnésio trocável, conforme informado por Feitosa (2018), acredita-se que não foi o gesso, individualmente, que provocou tão grandes alterações na oferta de nutrientes como as que foram encontradas após apenas quatro meses de sua aplicação. A disponibilidade de macro e micronutrientes derivados das rochas basálticas, juntamente com a oferta de matéria orgânica, derivada da cobertura, e a introdução de leguminosas antes do cultivo da quinoa provavelmente devem ter influenciado os resultados após o tempo de duração do experimento.

Apesar das mudanças percebidas entre o tempo inicial (solo original) e ao final da rotação das três culturas, a análise estatística, considerando o método univariado de análise, não conseguiu detectar diferenças significativas entre os tratamentos, salvo para o enxofre (S). Muito provavelmente este fato deve-se a alguns fatores entre os quais se cita o número relativamente pequeno de repetições de cada tratamento.

Outro ponto que precisa ser destacado, refere-se ao fato de que não encontrar diferenças estatísticas significativas, apenas sugere que não há segurança para se afirmar que as médias diferem entre si. Portanto, concretamente, não se tem segurança de refutar a hipótese de que os tratamentos diferem entre si. Neste caso, usar as médias obtidas para cada parâmetro, pode ser uma forma de diferenciação entre os tratamentos. E, nesse aspecto, em especial chama-se atenção para o predomínio das melhores médias dos micronutrientes, pH e MO no tratamento com remineralizador ou de sua mistura com o Composto Orgânico. No que se refere aos micronutrientes, esse resultado confirma a existência e importância de uma ampla gama desses elementos, que muitas vezes são traços nas rochas, porém facilitam a interação e a sinergia com outros componentes dos solos e das plantas potencializando sua disponibilidade para o desenvolvimento das culturas agrícolas

Para além disso, é necessário lembrar que a análise estatística foi desenvolvida com outros objetivos, quando se buscava examinar uma variável de cada vez. Considerando que os remineralizadores de solos são fontes multinutrientes, sujeitas a várias interações que afetam a sua solubilidade, pode-se aventar que esse método de análise, talvez não seja o mais adequado para averiguar o real potencial dos materiais geológicos.

Este fato ficou evidente após a realização de uma análise multivariada, utilizando-se o índice Mulamba-Mock, onde se considerou a soma de vários parâmetros (Matéria Orgânica,

Fósforo, Potássio, Magnésio, Boro, Manganês e Cobre no Solo), nos diferentes tipos de tratamento. O Contraste obtido entre os tratamentos mostrou que existem diferenças significativas entre os tratamentos que continham os remineralizadores, o composto orgânico ou a mistura de ambos em relação ao controle e ao tratamento com insumo solúvel (NPK). Ainda que não seja possível averiguar o contraste entre os três primeiros em relação aos dois últimos, pode-se sugerir que essas fontes multinutrientes apresentaram evidências suficientes para afirmar o seu potencial para alterar positivamente os índices de fertilidade dos solos, o que resultou em médias dos vários parâmetros e do peso de grão (produtividade) mais significativas ao longo do tempo analisado.

Conforme destacado por Carvalho (2019), análise multivariada permite romper, ainda que parcialmente, com o velho paradigma cartesiano de pretensamente entender o todo pelo somatório das partes. Esse autor informa que as técnicas paramétricas de estatística multivariada são, em geral, mais poderosas que as análises univariadas, uma vez que permitem distinguir diferenças que podem não ter sido percebidas nas análises univariadas

Portanto, tem-se elementos suficientes para se dizer que o método univariado pode não ser adequado ou não se aplica para este tipo de análise, uma vez que ele foi elaborado para um conjunto de indicadores que é uniformemente muito distinto das parcelas controle. Pode-se, ainda, ponderar que esta metodologia foi elaborada para não perceber indicadores que atuam e são dependentes de um conjunto que interage simultaneamente, mas que separadamente se torna invisível.

Nesse sentido, pode-se supor que ao se tentar usar o método de análise convencional, para experimentos que não se enquadram nos pressupostos analíticos a serem observados, não necessariamente elevarão a conclusões se existem diferenças entre distintos tratamentos. Neste caso, as observações de campo e as médias de produção podem dizer muito mais do que os métodos criados para outro tipo de realidade do solo. Além disso, o uso de métodos estatísticos multivariados pode complementar e, em muitos casos, apontar diferenças não percebidas pelos métodos que buscam respostas isoladamente, limitando, conforme sugere Carvalho (2019), uma visão ampla de todos os efeitos.

CONCLUSÕES

1 – A utilização de análise multivariada (Índice de seleção de Mulamba-Mock), que considerou os parâmetros agrupados - matéria orgânica e disponibilidade de P, K, Mg, B, Mn e Cu disponíveis no solo, permitiu identificar diferenças significativas nos tratamentos que continham fontes organominerais (Remineralizador, Remineralizador + Composto Orgânico e Composto Orgânico) em relação aos demais tratamentos (NPK ou nenhum tipo de insumo). A significância de Contraste (C1) verificada comprovou a hipótese principal da pesquisa, que sugeria que os remineralizadores de solo (nesta pesquisa derivada de rocha basáltica) com ou sem adição de uma fonte orgânica, disponibiliza nutrientes no solo, incrementa a fertilidade e favorece o desenvolvimento mais permanente das plantas. Esse resultado aponta para a necessidade de adoção de novos métodos de análises estatísticas, os quais devem ter a capacidade perceber indicadores que atuam e são dependentes de um conjunto que interage simultaneamente (fontes multinutrientes), mas que separadamente se tornam invisíveis.

2 – O desenvolvimento das três culturas foi influenciados pela solubilidade dos insumos. Os melhores resultados produtivos para Feijão e Rúcula foram obtidos no tratamento com a fertilização química, que tem como principal característica uma rápida solubilidade. Para a cultura da quinoa (terceira a ser inserida no sistema de rotação) verificou-se que, apesar de ter ocorrido uma precocidade (cinco dias) para a maturidade fisiológica nas plantas do tratamento T2 (NPK) em relação aos outros tratamentos, o parâmetro mais importante – a produtividade (peso de grão) foi superior no tratamento T4 (R + CO). Extrapolando-se os resultados obtidos para toneladas por hectare (ton/ha), verificou-se que o tratamento T4 obteve um rendimento de $1,29 \text{ t ha}^{-1}$, o que equivale a quase duas vezes e meia o rendimento verificado no tratamento controle e 25% a mais do que no tratamento T2 (NPK). Também o parâmetro fitotécnico produção de massa seca (MS) foi superior no tratamento T4 (R + CO) com $7,66 \text{ t ha}^{-1}$, que equivale a um rendimento 35% superior ao tratamento Controle (T0) e quase 10 % superior ao tratamento com NPK (T3).

3 - Os incrementos obtidos para a cultura da quinoa nos tratamentos que continham os remineralizadores (T3 e T4) indicaram que esses materiais influenciaram positivamente na produtividade, quando comparados àqueles que não continham este insumo (T0, T1 e T2). A solubilidade mais lenta dos nutrientes derivados da rocha basáltica favoreceu a interação das fontes minerais e orgânicas com o solo, possibilitando as condições adequadas para potencializar a produção dessa cultura.

4 – Tais resultados mostram que a adoção de práticas e tecnologias aderentes ao modelo agroecológico pode garantir produtividades compatíveis com a demanda dos agricultores, sejam eles familiares ou de médio e de grande porte. O uso de materiais geológicos (remineralizadores de solo) associados com fontes orgânicas de qualquer natureza (incluindo adubação verde) em sistemas de rotação de culturas potencializa, além dos resultados produtivos, ganhos econômicos, já que são mais baratos que as fontes convencionais, e ambientais, uma vez que por possuírem solubilidade mais lenta, são pouco lixiviados e não causam a eutrofização dos sistemas hídricos (lixiviação).

5 – Por fim, a incorporação da tecnologia da Rochagem, a adesão a sistemas agroecológicos e o uso de culturas consorciadas com ampla adaptação a vários agroecossistemas permite reduzir a dependência externa na aquisição de insumos químicos, diminuir os custos de adubação dos solos pela oferta de matéria orgânica e fontes minerais multinutrientes e reduzir impactos ambientais. Pode, também, melhorar a qualidade nutricional dos alimentos e facilitar o encurtamento de cadeias produtivas. Mas estes ganhos, bem como a produtividade, ocorrem no médio e longo prazo. Portanto, não é uma mera escolha entre dois sistemas ou modelos de produção, e sim uma oportunidade de produzir de forma diferente considerando o solo como um recurso que deve ser resignificado por sua importância para a continuidade da existência humana no planeta Terra.

BIBLIOGRAFIA

- ABUGOCH, L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 58, p. 1-31, 2009. DOI: 10.1016/S1043-4526(09)58001-1. Acesso: jan.2020
- AGRA, N. G.& SANTOS, R. F. Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento. *Anais do XXXIX Congresso da Sociedade brasileira de Economia e Sociologia Rural*. Recife, PE, Brasil. 2001
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. Uruguay; 1999.
- ALTIERI, M.A. Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável, Guaíba: Editora Agropecuária, 2002.
- ALVAREZ, M.; PAVÓN, J.; VON RÜTTE, S. Caracterización. In: CH, W. Quinoa: hacia su cultivo comercial. Quito: S.A, Latinreco, 1990 a. p. 5-30.
- AMORIM, F. R.; PATINO, M.T.O.; ABREU, P. H. C. “La génesis y búsqueda de un concepto único de la agroecología”, *Revista: Desarrollo Local Sostenible*, n. 29. 2017. Disponível: <http://www.eumed.net/rev/delos/29/agroecologia.html>, <http://hdl.handle.net/20.500.11763/delos29agroecologia> . Acesso em: 19 de Mar. 2019
- ANDA Associação nacional para difusão de adubos. Pesquisa sectorial. Dados 2019, Disponível: http://anda.org.br/wp-content/uploads/2020/02/Principais_Indicadores_2019.pdf Acesso em: 19/02 /2020
- APAZA V., P. DELGADO. 2005. Manejo y Mejoramiento de Quinoa Orgánica. Instituto nacional de Investigación y Extensión Agraria. INIA. Estación Experimental Agraria Illpa-Puno. p 80-111. Puno-Perú.
- ARAUJO, S. R.; DEMATTE, J. A. M.; GARBUJO, F. J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1755-1764, Dec. 2009 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832009000600024&ln=n&nrm=iso. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600024>. Acesso: 08 mar 2019.

AZEVEDO, E.; PELICIONI, M.C.F. Agroecologia e promoção da saúde no Brasil. Rev Panam Salude Publica. 2012;31(4):290–5. Disponível:

https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S1020-49892012000400004&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso: 15 de Mar 2019

BAZILE, D.; BAUDRON, F. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidade. In: BAZILE, D. et al. (Eds.). Estado de la arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO: Santiago, Chile e CIRAD: Montpellier, Francia, p. 49-64, 2014.

BERTERO, H.D., RUIZ, R.A., Siffredi, S., 2004. Interception and radiation use efficiencies previous to seed filling in quinoa. In: Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Porter, J.R. (Eds.), Proceedings of the VIII European Society of Agronomy Congress, Copenhagen, Denmark, pp. 885–886

BRASILAGRO. Volume maior sustenta exportações do agronegócio no primeiro trimestre. 2 Abril. 2019, Disponível: <https://www.brasilagro.com.br/conteudo/volume-maior-sustenta-exportacoes-do-agronegocio-no-primeiro-trimestre.html>. Acesso: 24 de Set de 2019

BRUNO M C & WHITEHEAD, W T Chenopodium Cultivation and Formative Period Agriculture at Chiripa, Bolivia. Latin American Antiquity, 14: 3, 339-355. 20

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e extensão rural contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável Porto Alegre (RS) 2004

CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. Resignificar nossas percepções sobre o solo: atitude essencial para manejar agroecossistemas sustentáveis. In: Cardoso, M. C. e Fávero, C. (eds) Solos e Agroecologia –Editora Embrapa/Brasília. ISBN: 978-85-7035-774-8. 33 – 60. 2018.

CARVALHO, A. M. X, CARDOSO, I. M., SOUZA, M. E. P.; THEODORO, S. H. Rochagem: o que se sabe sobre essa técnica? In: CARDOSO, I. M. e FÁVERO, C. Solos e Agroecologia. Ed. Embrapa. Brasília. ISBN: 978-85-7035-774-8 p 101 -128. 2018

CARVALHO, A. M. X. , DELIBERALI, D. DA C. AND CARDOSO, I. M. Potencial de uso de pó de rocha sob manejo agroecológico: II - disponibilização de nutrientes no solo. FERTBIO, Guarapari. Brasil. 2010

CARVALHO, A. M. X. Rochagem e suas interações no ambiente do solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. Tese de Doutorado. Viçosa, MG. 2012

CPRM – Serviço Geológico do Brasil CPRM - Agrominerais do Grupo Serra Geral no RS, no prelo
CURTI, R. N., DE LA VEGA, A. J., ANDRADE, A. J., BRAMARDI, S. J., & BERTERO, H.
D. Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal
gradient in North West Argentina. *Field Crops Research*, v. 189, p. 10-18., enero 2016.

DALMORA A.C; RAMOS, C. G.; PLATA, L. G.; COSTA, M. L. da; KAUTZMANN, R. M.
D , OLIVEIRA, L. F. S Understanding the mobility of potential nutrients in rock mining
byproducts: An opportunity for more sustainable agriculture and mining. *Science of thr Total
Enviromental*. V. 710. 25 March 2020, 136240. Disponível:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719362369?via%3Dihub>

FAO - La ONU declara al 2013 Año Internacional de la Quinoa. Disponível em:
<http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508947/> Acesso: 5 de Set 2019

FAO, Dados FAOSTAT- produção Quinoa- países- Peru, Bolívia e Equador, 2017. Disponível
em: < <http://www.fao.org/faostat/es/#home/>> .faostat@fao.org. Acesso: 3 set 2019

FÁVERO, C. Reflexões sobre interpretações de resultados de análises de solos e
recomendações de aplicação de corretivos. In: Cardoso, M. C. e Fávero, C. (eds.) *Solos e
Agroecologia*. Editora Embrapa/Brasília. ISBN: 978-85-7035-774-8. 239 - 256. 2018.

FEITOSA, H. P., 2018. Avaliação da Viabilidade Técnica e Custo do Uso de Gesso Reciclado
da Construção Civil como Insumo para a Agricultura Familiar Periurbana em Planaltina no
Distrito Federal. Dissertação de mestrado Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e
Desenvolvimento Rural. Universidade de Brasília. 78 p. Disponível em
https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33090/1/2018_H%C3%A9lioPereiraFeitosa.pdf
Acesso: 01 set. 2019.

FORMOSO, M. L. L. Some topics on geochemistry of weathering: a review. *In: Acad. Bras.
Ciênc.* [online]. 2006, vol.78, n.4, pp.809-820. ISSN 0001-
3765. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400014>.

Fuentes FF, EA Martinez, PV Hinrichsen, EN Jellen, y PJ Maughan (2009). Assessment of
genetic diversity patterns in chilean quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) germplasm using
multiplex fluorescente microsatellite markers. *Cons. Genet.* 10:369-377.

FUENTES; GONZALEZ, 2013

FURCHE, C., S. SALCEDO, E. KRIVONOS, P. RABCZUK, B. JARA, D. FERNÁNDEZ AND F.CORREA. 2014. Comercio internacional de quinua. p. 376-393. En Bazile D. et al. (Editores). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia).

GLIESSMAN, STHEPHEN R. 2001. Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. 2001. p. 652.

GLIESSMANN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 658 p.

GUIMARÃES, J. T. A formação Bebedouro no estado da Bahia: faciologia, estratigrafia e ambientes de sedimentação. Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade Federal da Bahia, 156 p. 1996

GUZMÁN, E. S. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da agroecologia. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 2, n.1, p. 35-45. 2001Disponível: <http://mstemdados.org/sites/default/files/Uma%20estrategia%20de%20sustentabilidade%20a%20partir%20da%20agroecologia%20-%20Eduardo%20Sevilla%20Guzman%20-%202001.pdf>

ILCHENKO, W & GUIMARÃES, D. Sobre a utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do Planalto de Poços de Caldas. MG. Inst. Tecn. Avulso. 15. 16p, 1953.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). Mercado de Fertilizantes: aumento das importações preocupa. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 11 DE Abril de 2018, Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14447>. Acesso em: 12 de dezembro de. 2019

JACOBSEN, S. E. . S. O. Quinoa. Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe.. European Journal of Agronomy 2, v. 2, p. 19–29., 1993.

KOZIOL, M.J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) 1992. Journal of Food Composition and Analysis, ISSN: 0889-1575, Vol: 5, Issue: 1, Page: 35-68 Disponível em [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)

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

LEON, J. 2003. El cultivo de la quinua en Puno, Perú. Descripción manejo y producción
Disponível em <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/07/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>
Acesso em: 20 de dezembro de. 2019

LEONARDOS, O. H. & THEODORO, S. C. H Fertilizer tropical soils for sustainable
development. Proceedings. International workshop on Science for Sustainable development in
Latin America and Caribe. Rio de Janeiro. Acad. Bras. Cienc. pp.: 143 - 153. 1999

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W.S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de
fertilidade de solos lixiviados e arenosos. In: XIX Congresso Brasileiro de Geologia, 1976, Belo
Horizonte. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte, p. 137-145. 1976.

LOPES, A.S. & GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In:
NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.
& NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do
Solo, 2007. p.1-64.

LUZ, A.B.; LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; SAMPAIO, J.A.; CASTILHOS, Z.C.; BEZERRA,
M.S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos. In:
FERNANDES, F.R.C.; LUZ, A.B.; CASTILHOS, Z.C. (Ed.). Agrominerais para o Brasil. Rio
de Janeiro, RJ: CETEM, 2010. p. 61-88. Disponível:
<http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/920/1/Agrominerais%20para%20o%20Brasil.pdf>
Acesso em: 12 dez 2019

MANNING, D.; THEODORO, S. H. Enabling food security through use of local rocks and
minerals. The Extractive Industries and society. <https://doi.org/10.1061/j.exis.2018.1102> . p.1
– 8. 2018

MOITINHO, M. R., TEIXEIRA, D. de B., ALMEIDA, ALMEIDA-FERRAZ, R. SCALA JR,
N. de La S. . Emissão de CO2 Associada ao Manejo e Atributos do Solo em Áreas de Cana-de-
açúcar no Interior de São Paulo. Cadernos de Agroecologia, [S.l.], v. 9, n. 4, feb. 2015. ISSN
2236-7934. Disponível em: [http://revistas.aba-
agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16447](http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16447) . Acesso em: 09 dez 2019.

MONTES-ROJAS, C. Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (*chenopodium
quinua willd.*), en purace - Cauca, Colombia. Rev.Bio.Agro, Popayán , v. 16, n. 2, p. 26-37.
2018. Disponível http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-

[35612018000200026&lng=es&nrm=iso](https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1163). Acesso: 09 mar. 2019.
<http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1163>.

MOREIRA, A. L – A contribuição da marcha das margaridas na construção das políticas públicas de agroecologia no Brasil. Dissertação de mestrado defendida em nov/2019. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e desenvolvimento Rural da Universidade de Brasília. 192 p. 2019

MUJICA A, S JACOBSEN, J. IZQUIERDO Y JP. MARATHEE (EDS). Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 215-253.

Mujica e Canahua (1989),

MUJICA, A. Cultivo de quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual N° 11. Lima, Peru. 1993.

MUJICA, A. Granos y leguminosas andinas. In: IN: J. HERNANDEZ, J. B. Y. J. L. (. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO,. p. 129-146. 1992

MUJICA, A. y CANAHUA, A. Fenología del cultivo de la quinua. En curso taller de fitopatología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. PICA. INIIA. Puno, Peru. 1992.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. In: MORAES, M.R.; ØLLGAARD, B.; KVIST, L.P., BORCHSENIUS, F.; BALSLEV, H. (Eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés: La Paz, p. 449-457. 2006.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S.; IZQUIERDO J., Cultivo ancestral, alimento do presente e futuro, Chile, Disponível: <https://pt.scribd.com/document/364509492/Libro-Quinoa-1> 2001.

MUNOZ, J. A. M., Año Internacional de la Quinoa. Rev. Soc. Quím. Perú, Lima, v. 79, n. 1, p. 1-2, enero 2013. Disponível:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000100001&lng=es&nrm=iso Acesso: 31 jul. 2019.

PINHEIRO, S. Agroecologia 7.0. Ed. Juquira Candiru Satyangraha. 663 p. 2018

RAMOS, C. G., MELLO, A. G. DE, & KAUTZMANN, R. M. (2014). A preliminary study of acid volcanic rocks for stonemeal application. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 1–2, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2014.03.002>

ROCHA, E. J. P. Agroflorestas sucessionais no assentamento Fruta D'anta/MG: potenciais e limitações para a transição agroecológica. Dissertação de Mestrado. CDS/UnB, Brasília/DF. 2006 Disponível:

https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2204/1/2006_Eduardo%20Jorge%20Pino%20Lyra%20Rocha.pdf. Acesso: 01 out 2019

RODRÍGUEZ MF, ZE RÚGOLO de Agrasar & CA Aschero (2006). El uso de las plantas en unidades domésticas del sitio arqueológico Punta de la Peña 4, Puna Meridional Argentina. *Chungará* 38: 257–271.

SANTOS, M.; GLASS, V. Atlas do agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Bo II, 2018. Disponível : https://issuu.com/funverde2/docs/atlas_do_agronegocio_final_06_09_20 Acesso: 5 de jan. 2020

SILVA, V. M. da, Tavares, R. De C, Santos JR, H. J. G. e Mendonça, E. de S. Biologia do Solo: construindo a fertilidade dos solos velhos, lixiviados, pobres e malfalados dos trópicos. In: Cardoso, M. C. e Fávero, C. (eds.) Solos e Agroecologia. Editora Embrapa/Brasília. ISBN: 978-85-7035-774-8. 63 - 99. 2018.

SOARES, O. C. Intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Embrapa), Brasília, DF, 2018. Disponível em https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/intensificacao-e-sustentabilidade-dos-sistemas-de-producao-agricolas/-/asset_publisher/MpEPEYHn8qxt/content/cleber-oliveira-soares?inheritRedirect=true

Acesso em 8 de janeiro 2020.

SOUSA, D. M. G; LOBATO; E. REIN, T. A. Uso de Gesso Agrícola nos Solos do Cerrado. Circular Técnica 32. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados. 2005. Disponível: www.cpac.embrapa.br/download/2180/t . Acesso: 09 ago. 2019.

SPEHAR, C. Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2007.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.

SPEHAR, C. R. et al. Avances y desafíos de la producción y utilización de la quinua en Brasil. In: BAZILE, D., et al. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): [s.n.], p. 682-706. 2014.

SPEHAR, C. R., SILVA ROCHA, J. E. D. & BARROS SANTOS, R. L. D. Desempenho agrônomico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147. 2011.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, Carlos Roberto; ROCHA, Juliana Evangelista da Silva; SANTOS, Roberto Lorena de Barros. Desempenho agrônomico e recomendações para cultivo de quinoa (brs syetetuba) no cerrado. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, Mar. 2011. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198340632011000100019&lng=en&nrm=iso Acesso: 06 Nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395> .

TAPIA, M. Guía de campo de los cultivos andinos, FAO, Lima, Perú. 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/34873981/GU%C3%8DA_DE_CAMPO_DE_LOS_CULTIVOS_ANDINOS.pdf Acesso do: 5 de Set 2019

THEODORO S. H. A construção do marco legal dos remineralizadores. *Anais do III Congresso brasileiro de Rochagem*. Pelotas. 2016

THEODORO, S. H. A. Fertilização da Terra pela Terra: Uma Alternativa de Sustentabilidade para o Pequeno Produtor Rural. Tese de doutorado. UnB, 231 p. 2000 <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20881>

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H; Rochagem: uma questão de soberania nacional. XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Simpósio Geoquímica dos Países do Mercosul, Gramado/RS/Brasil, Outubro, 2011, Disponível: https://www.researchgate.net/publication/265509414_ROCHAGEM_UMA_QUESTAO_DE_SOBERANIA_NACIONAL, DOI: 10.13140/2.1.3284.4169

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Stonemeal: principles, potential and Perspective from Brazil. In: GOREAU, T. J., LARSON, R. W. AND CAMPE, J. Geotherapy: Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO2 increase. CRC Press. USA. p. 403-418. 2015.

THEODORO, S.H. & LEONARDOS, O.H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Brazilian Academy of Science Proceeding Rio de Janeiro. V.78 no4. 715-720. 2006

THEODORO, Suzi. Huff, DUARTE, Laura Goulart; ROCHA, Eduardo Lira. Incorporação dos princípios agroecológicos pela extensão rural brasileira: um caminho possível para alcançar o desenvolvimento sustentável. In: THEODORO, S.H, DUARTE & VIANNA, J.N. Agroecologia: um caminho para a extensão rural sustentável. Editora Garamond, Rio de Janeiro p. 19 - 36, 2009.

VAN STRAATEN P. (2007). Agrogeology: The use of rock for crops. Enviroquest Ltd., Cambridge, Canadá, 440 p.

VASCONCELOS, Fernando Soares de et al. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. Rev. Ciênc. Agron., Fortaleza. v. 43, n. 3, p. 510-515. 2012. Disponível: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902012000300013&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 09 Mar. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300013>.

White A.F., Buss H.L. Natural Weathering Rates of Silicate Minerals In Drever, JI, ed Surface and Ground Water, Weathering and Soils, Treatise on Geochemistry. 2nd Edition. Elsevier. 2013

YAZAR, A.; INCEKAYA, G.; SEZEN, M.S.; TEKIN, S. Experimentación y producción de quinua en Turquía. In: BAZILE, D. et al. (Eds.). Estado de la arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO: Santiago, Chile e CIRAD: Montpellier, Francia, p. 558-573. 2014.

ANEXO

Tabela 18. Análises de variância para culturas complementares: cultura feijão, gramas por unidade experimental (GRM), e da cultura da rúcula, matéria fresca por unidade experimental (MF), e Matéria Seca (MS)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)					
GRAMAS – GRÃO FEIJÃO				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p</i>-valor
Tratamentos	4	21980	5495	37,57**	< 0.001
Resíduo	15	2193,75	146,25		
Média geral				67,25	
C.V%				17,98	
Total	19	24173,75			
GRAMAS – MASSA FRESCA RÚCULA				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p</i>-valor
Tratamentos	4	42449,6	10612,4	2,60 ^{Ns}	0,079
Resíduo	15	61267,3	4084,5		
Média geral				206,61	
C.V%				30,93	
Total	19	103716,8			
GRAMAS – MASSA SECA RÚCULA				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p</i>-valor
Tratamentos	4	580	145	1,25 ^{Ns}	0,333
Resíduo	15	1743,75	116,25		
Média geral				35,25	
C.V%				30,59	
Total	19	2323,75			

Tabela 19. Análises de variância de para características de rendimento: altura de plantas (cm), comprimento da panícula (cm), largura da panícula (cm), rendimento de sementes (Gramas/Unidade Experimental), peso de mil sementes (gramas), produção de massa seca (gramas/ Unidade Experimental).

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)					
CM – ALTURA DAS PLANTAS				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Tratamentos	4	312,9213	78,23	1,51 Ns	0,248
Resíduo	15	775,6981	51,71		
Média geral				119,29	
C.V%				6,03	
Total	19	1088,62			
CM – COMPRIMENTO DA PANÍCULA				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Tratamentos	4	47,97	11,99	1,70 Ns	0,202
Resíduo	15	105,76	7,05		
Média geral				15,63	
C.V%				16,99	
Total	19	153,74			
GRAMAS – UNIDADE EXPERIMENTAL				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Tratamentos	4	1632,5	408,125	6,57**	0,003
Resíduo	15	931,25	62,083		
Média geral				26,75	
C.V%				29,46	
Total	19	2563,75			
GRAMAS – MASSA SECA				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Tratamentos	4	22945	5736,25	3,32*	0,039
Resíduo	15	25925	1728,33		
Média geral				202,00	
C.V%				20,58	
Total	19	48870			
GRAMAS – PESO 1000 SEMENTES				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Tratamentos	4	3,324	0,831	14,08**	< 0.001
Resíduo	15	0,885	0,059		
Média geral				2,29	
C.V%				10,62	
Total	19	4,209			
CM – LARGURA DA PANÍCULA				DIC-(5 tratamentos)	
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Tratamentos	4	0,455	0,11386	0,38 Ns	0,816
Resíduo	15	4,436	0,29577		
Média geral				3,87	
C.V%				14,05	
Total	19	4,892			

Tabela 20. Análises da variância número de dias: Início formação de panícula (R6), Início da floração (R8) e Maturação fisiológica (R12), em experimento realizado em Planaltina, (977m).

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)					
INICIO FORMAÇÃO DE PANÍCULA (R6) DIC-(5 tratamentos)					
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p-valor</i>
Tratamentos	4	78,7	19,675	65,58**	< 0.001
Resíduo	15	4,5	0,3		
Média geral				54,20	
C.V%				1,01	
Total	19	83,2			
INICIO DA FLORAÇÃO (R8) DIC-(5 tratamentos)					
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p-valor</i>
Tratamentos	4	130,3	32,575	217,17**	< 0.001
Resíduo	15	2,25	0,15		
Média geral				86,85	
C.V%				0,45	
Total	19	132,55			
MATURAÇÃO FISIOLÓGICA (R12) DIC-(5 tratamentos)					
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p-valor</i>
Tratamentos	4	86,3	21,575	143,83**	< 0.001
Resíduo	15	2,25	0,15		
Média geral				126,15	
C.V%				0,31	
Total	19	88,55			