



## **Um modelo de agricultura biodinâmica baseado em pó de rocha e fixação biológica de nitrogênio: um estudo de caso no estado de Roraima, Brasil.**

<sup>1</sup>Cristiano Trindade De Angelis

1.SKEMA BUSINESS SCHOOL. E-mail: [cristianotrindade@protonmail.com](mailto:cristianotrindade@protonmail.com)

**RESUMO** - Uma das técnicas utilizadas para remineralizar o solo envolve o uso de pó de rocha. Alguns pesquisadores sugerem a associação de doses intermediárias de pó de rocha com doses maiores de esterco bovino. Outros sugerem combinar pó de rocha silicatada (SRP) com calcário. A seguir, este estudo analisa essas três opções em profundidade (revisar a literatura). Em Roraima, Brasil, existe um potencial significativo para usar pó de rocha como corretivo de solo. No entanto, a sua aplicação continua limitada devido à falta de tecnologia, infraestrutura e apoio educacional, especialmente em áreas remotas dentro dos territórios indígenas. Outra estratégia bem aceita na literatura para melhorar a produção de alimentos é a fixação biológica de nitrogênio, que ocorre principalmente na raiz ou caule e é induzida por bactérias presentes nas leguminosas. O trabalho considera o pó de rocha e a fixação biológica de nitrogênio como duas técnicas relacionadas à agricultura biodinâmica. Por esta razão, a questão de investigação é como a cultura se relaciona com o conhecimento e a inteligência para saber que tipo de cultura temos de construir para uma agricultura biodinâmica eficaz, à luz dos próprios agricultores. Portanto, este trabalho traz dois modelos de pesquisa que se alimentam. Além do modelo Cultura-Conhecimento-Inteligência (CCI), este artigo apresenta um modelo de Agricultura Biodinâmica, uma forma madura de utilizar melhor os recursos disponíveis na própria fazenda. O estudo concluiu que este modelo é útil para os pequenos agricultores aprenderem práticas agrícolas caseiras através de cooperativas.

**Palavras-chave:** Agricultura familiar, cooperativas, gestão do conhecimento, inteligência cultural, soluções locais.

**ABSTRACT** - One of the techniques used to remineralize the soil involves the use of rock dust. Some researchers suggest the association of intermediate doses of rock dust with larger doses of cattle manure. Others suggest the combination of silicate rocks (SRPs) with limestone. This study then takes an in-depth look (makes a literature review) at these three options. In Roraima, Brazil, there is significant potential for using rock powder as a soil enhancer. However, its application remains limited due to a lack of technology, infrastructure, and educational support, particularly in remote areas within indigenous territories. Another well-accepted strategy in the literature to improve food production is biological nitrogen fixation, which occurs mainly in the root or stem and is induced by bacteria present in legumes. The work considers rock dust and biological nitrogen fixation as two techniques related to biodynamic agriculture. For this reason, the research question is how culture relates to knowledge and intelligence in order to know what type of culture we have to build for effective biodynamic agriculture. Therefore, this work brings two research models that feed each other. In addition to the Culture-Knowledge-Intelligence (CCI) model, this article



presents a Biodynamic Agriculture model, a mature way of better using the resources available on the farm itself. The study concluded that this model is useful for small farmers to learn home-made farming practices through cooperatives.

**Keywords:** Family farming, cooperatives, knowledge management, cultural intelligence, local solutions

## INTRODUÇÃO

Os principais Destaques desse trabalho são: 1. Rochas vulcânicas com composições básicas, como basaltos e diabásios da Formação Serra Geral do Brasil, são particularmente efetivos devido ao seu alto teor de cálcio, magnésio e ferro (Bergmann & Holanda, 2014). 2. É preciso construir uma adequada para a utilização de práticas biodinâmicas porque se baseia na colaboração e no respeito pela natureza. Por isso esse trabalho apresenta o modelo Cultura-Conhecimento-Inteligência (CCI), como modelo auxiliar-introdutório, ao modelo de pesquisa: o modelo de agricultura familiar biodinâmico. 3. Há evidências de que a mistura de pó de rocha e esterco bovino apresenta alto potencial nutricional para as plantas. 4. Ainda é necessário mais treinamento e apoio com máquinas para considerar o pó de rocha como uma prática biodinâmica. 5. O governo brasileiro deve apoiar as regiões mais pobres do Brasil com pesquisa e treinamento em relação ao pó de rocha, pois elas não têm condições de importar fertilizantes.

Sua importância é grande em países como o Brasil, que importa cerca de 65% das matérias-primas necessárias à fabricação de fertilizantes e apresenta uma projeção preocupante de demanda sobre a produção desse setor, que deverá atingir 83% em 2025 (Bergmann & Holanda, 2014).

O artigo está estruturado da seguinte maneira. A primeira seção trata da remineralização do solo utilizando pó de rocha e fixação biológica de nitrogênio. A segunda seção compartilha um estudo sobre o potencial de aproveitamento do pó de rocha em Roraima. A 3ª seção trata do problema das importações excessivas de fertilizantes químicos. A seção 4 apresenta o modelo CCI e finalmente a seção 5 apresenta o modelo de agricultura familiar biodinâmica, utilizando o que foi exposto nas seções anteriores.

### **Remineralização do solo utilizando pó de rocha e fixação biológica de nitrogênio.**

Como ciência, o pó de rocha está ligado ao conceito de Agrogeologia na definição de Van Straaten (2007): “O ramo da geologia que trata dos materiais e processos geológicos utilizados para implementar a produtividade física, química e biológica dos “solos”. ” A prática de rochagem consiste basicamente na utilização de rochas (geralmente de composição silicatada) e minerais aplicados ao solo como alternativa ou complemento aos fertilizantes solúveis (Bergmann e Holland, 2014).

Além do uso de fertilizantes convencionais, a correção das deficiências nutricionais do solo também pode ser alcançada com a aplicação de tipos de rochas finamente moídas, como rochas fosfáticas, gesso, rochas máficas e ultramáficas (Silva et al. 2012; Rafael et al. 2017). Nos últimos anos, as rochas silicatadas, especialmente aquelas encontradas na forma de



resíduos finos provenientes do processo de moagem em pedreiras, têm recebido maior atenção. No entanto, os resultados da aplicação de rochas em solos tropicais dependem em grande parte da sua composição química e mineralógica, das deficiências do solo e dos requisitos específicos das culturas (van Straaten, 2017).

O pó de rocha libera nutrientes de forma mais lenta, oferecendo vantagens como maior tempo de retenção de nutrientes no solo em comparação aos fertilizantes químicos (Theodoro & Leonardos, 2006). Além de aumentar a produção agrícola e reduzir os custos de produção, evita impactos ambientais causados pelos fertilizantes químicos, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos (SILVA et al., 2020).

Swoboda, Döringb e Hamera (2022) conduziram uma análise de 48 ensaios agrícolas que revela o potencial do pó de rocha como fonte alternativa de K para solos tropicais, enquanto os benefícios para solos temperados são atualmente inconclusivos. Resultados benéficos prevalecem em rochas formaficas e ultramáficas, como basaltos e rochas contendo nefelina ou glauconita.

Uma das técnicas utilizadas por Viana, Caetano e Pontes (2021) envolve a associação de doses intermediárias de pó de basalto com doses maiores de esterco bovino. As técnicas são variadas mas a mais eficaz foi a utilização de pó de rocha associado a outro tipo de fertilizante.

Segundo Theodoro & Leonardos (2006), em todas as áreas os agricultores que conduziram os experimentos até o fim reconheceram inequivocamente a vantagem dos fertilizantes rochosos em relação aos fertilizantes químicos convencionais.

Segundo Conceição et al. (2022) os diversos benefícios do pó de basalto se devem à sua rocha mãe, que fornece parte dos macros e micronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas e ao reequilíbrio do pH do solo. Em particular, as plantas de milho e feijão cultivadas em solos enriquecidos com pó de basalto produziram até cinco vezes mais do que culturas sem a utilização de pó de basalto (Conceição et al., 2022).

Na mesma direção, outros estudos demonstraram que a aplicação de Pó de Rocha Basal (BRP) melhora significativamente as propriedades químicas do solo, principalmente a concentração de cálcio, magnésio, fósforo e potássio (Curtis et al., 2022).

Dentre os diferentes pós de rocha silicatada (PRS), destaca-se o pó de basalto. Os basaltos são rochas ígneas de composição máfica, portanto são ricos em silicatos de magnésio (Mg) e ferro (Fe) com pH básico. Essas rochas também são fontes de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e diversos micronutrientes. essencial para a nutrição das plantas (Swoboda, Döring e Hamer, 2022).

Swoboda, Döringb e Hamera (2020) descobriram que o aumento da erosão PRS poderia sequestrar ainda mais quantidades substanciais de CO<sub>2</sub> da atmosfera e o fornecimento de silício (Si) poderia induzir um amplo espectro de resistência ao estresse biótico e abiótico das plantas.

Porém, é necessário analisar uma série de fatores importantes quando se utiliza pó de rocha, conforme resumido na Figura 1.



**Figura 1-** Factores importantes en el uso de polvo de roca (Swoboda et al., 2023)

Bergmann e Holland (2014) explicam que ao considerar o uso de uma rocha como remineralizador do solo, esses processos devem necessariamente ser investigados através da petrografia, método que permite reconhecer os minerais, sua textura, ordem de cristalização, tamanho e estado dos grãos. de sanidade. E os materiais adicionados ao solo devem atender a parâmetros restritivos, incluindo o conteúdo de elementos nocivos ou potencialmente nocivos, como alguns metais pesados tóxicos, e componentes que possam promover a salinização do solo, ou adicionar minerais inertes que possam comprometer a estrutura do solo. . por exemplo, compostos de sódio e quartzo.

Dos Santos et al. (2016) explicam que embora o pó de rocha tenha uma vantagem (liberação mais lenta de nutrientes), também é uma desvantagem, pois prolonga o processo e exige maior quantidade de material colocado no solo, o que pode causar danos a certas culturas sensíveis. Existem certas culturas que requerem alta concentração de nutrientes no curto prazo, como a alface, por isso o basalto não é aconselhável. Hanish et al. (2024) constataram que a aplicação de até 100 g de pó de basalto, em ambos os solos testados, não promoveu aumento na alface e os rendimentos observados sem fertilizante solúvel foram quase quatro vezes menores do que aqueles com fertilizante solúvel.

A melhor forma de superar a acidez do solo é calá-lo com carbonatos de cálcio e/ou magnésio (calcita e dolomita), onde os minerais reagem com o hidrogênio liberado pela água do solo, bem como com o dióxido de carbono e o alumínio na forma de hidróxido, mitigando a toxicidade das plantas (Goulding 2016).

Guimarães et al. (2020) constataram que pomares de banana adubados exclusivamente com fontes minerais apresentaram maior produtividade de frutos, em comparação à adubação com fontes orgânico-minerais. Porém, a utilização de fontes orgânico-minerais proporcionou menor acidificação e maior disponibilidade de P e K no solo. Houve também evidências de que um aumento excessivo na concentração de K no solo poderia induzir um desequilíbrio nutricional nas plantas e reduzir o potencial produtivo. Portanto, são necessários mais estudos sobre estratégias de manejo da fertilização da bananeira, com foco na melhoria do equilíbrio nutricional.

Portanto, é importante considerar com cautela a supervalorização do pó de rocha como fertilizante no Brasil, como sugere a pesquisa de Viana, Caetano e Pontes (2021). Eles destacam que o uso do pó de rocha na agricultura brasileira tem grande potencial, mas ainda



não é bem explorado e requer o desenvolvimento de mais estudos e pesquisas, avaliando principalmente a eficácia agrônômica do pó de rocha associado aos dejetos animais (Viana et al., 2021).

Organicospro (2018) explica que um tipo de rocha subterrânea bastante conhecida é o calcário, rico em carbonato de cálcio (calcário calcita) ou carbonato de cálcio e magnésio (calcário dolomítico). O pó de basalto, por sua vez, é rico em minerais silicatados, que fornecem silício ao solo, nutriente muito importante para garantir a saúde das plantas e aumentar a produtividade.

Luchese et. al (2021) descobriram que o pó de rocha basáltica (PRB), assim como o calcário, estão associados a um aumento no pH do solo e o PRB tende a ter um tempo de reação muito mais lento do que o calcário, o que pode ser um benefício adicional do pó de rocha, mas apenas a longo prazo.

Batista (2016) aplicou pó de rocha basáltica no solo em quantidades aleatórias, utilizando amostras com e sem adição de calcário. Nas amostras com presença de calcário houve diferença com aumento no teor de potássio, em comparação às amostras sem calcário. Além disso, os valores de pH também foram mais elevados. A correção do pH do solo foi menor em comparação aos experimentos sem adição de calcário.

Bamberg et al. (2023) explicam que os tratamentos de fertilização do solo consideraram agrominerais regionais (xisto calcário e monzogranito) em combinação com fosfato natural e uma fonte orgânica de nitrogênio, como alternativa aos fertilizantes convencionais. O xisto calcário foi agronomicamente eficaz na liberação de Ca e Mg e na correção da acidez do solo de forma semelhante ao mármore dolomítico, com melhora acentuada na produtividade do milho e do trigo. Além disso, o maior benefício foi alcançado quando o xisto calcário foi combinado com 50% de fosfato natural P mais 50% de superfosfato triplo P. No entanto, resultado da imobilização do P (Bamberg et al., 2023). Os pós de rocha são cada vez mais utilizados em solos ácidos para restaurar o seu pH, mas a capacidade de neutralização do ácido e a taxa de dissolução destes produtos são altamente variáveis e carecem de protocolos de avaliação adequados (Bauwhede et al., 2024).

Neste sentido, é importante considerar que a reacidificação do solo é um processo extremamente lento; A reaplicação superficial de calcário é suficiente para corrigir a reacidificação do solo. O estudo conclui que a soja apresentou uma resposta de produtividade baixa, mas positiva, à reaplicação de calcário, independentemente do método (aumento médio de produtividade de 252 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), mas a produtividade do milho foi menos afetada (Hammerschmitt et al., 2021).

É necessária mais investigação para compreender a utilização do pó de rocha de sílica associado ao calcário, ou a um fertilizante químico ou ao estrume animal, e em particular a importância do tipo de rocha em relação ao solo e ao tipo de cultura.

Segundo Bergmann e Holland (2014), comparado ao uso de fertilizantes solúveis convencionais, amplamente utilizados na agricultura, o balanceamento de rochas geralmente apresenta vantagens nos seguintes aspectos:

Os pós de rocha, se selecionados corretamente, melhoram a estrutura física dos solos, aumentando a aeração e a infiltração e as taxas de armazenamento de água.

Enquanto nos fertilizantes tradicionais os nutrientes são solubilizados rapidamente, o que pode não corresponder às taxas de absorção das plantas, nas rochas

A disponibilização de nutrientes é gradual, evitando perdas por lixiviação, que podem atingir recursos hídricos superficiais e subterrâneos, causando problemas ambientais como a



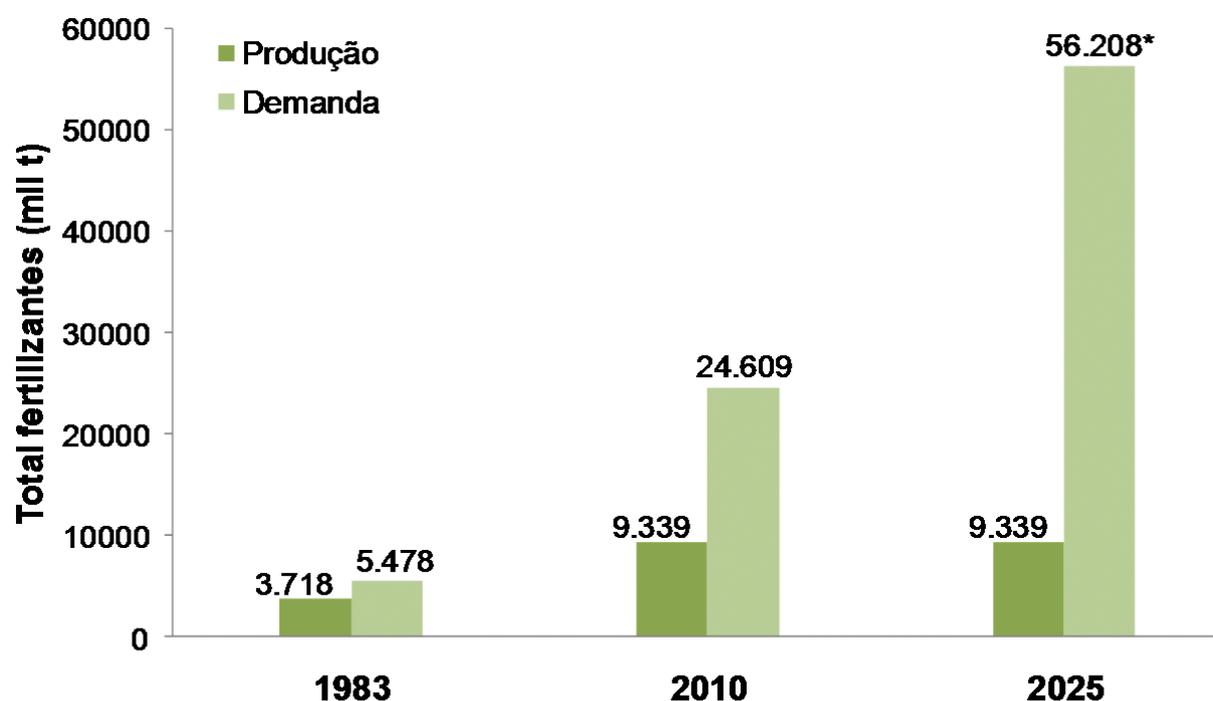
eutrofização das águas e a contaminação de aquíferos. A resposta agrônômica dos pós de rocha pode demorar mais tempo, no entanto, os seus efeitos são mais duradouros, durando quatro anos ou mais.

O fósforo (P) contido nos fertilizantes de alta solubilidade acaba se combinando em grande parte com argilas aluminosas como a caulinita, tornando-se fixo e indisponível às plantas, o que representa uma importante fonte de desperdício deste elemento.

Em relação ao potássio (K), as fontes mais utilizadas (cloreto de potássio e sulfato de potássio) são altamente concentradas neste nutriente e possuem alta solubilidade em água, o que acarreta grandes perdas por lixiviação no solo brasileiro e nas condições climáticas (tropicais e/ou subtropicais).

O pó de rocha proporciona às plantas uma maior coleção de elementos. Além dos macronutrientes P, K, cálcio (Ca), enxofre (S) e magnésio (Mg), dependendo da rocha utilizada, podem ser oferecidos micronutrientes essenciais, como zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), boro (B), cobalto (Co) e níquel (Ni). Nos fertilizantes monoelementares de alta solubilidade, a contribuição é principalmente limitada aos macronutrientes nitrogênio (N), P e K, embora existam atualmente fórmulas complexas de fertilizantes que contêm Ca, Mg, S e micronutrientes (principalmente B e Zn). Porém, o aspecto negativo refere-se à alta solubilidade dos nutrientes presentes neste tipo de insumo para as condições climáticas brasileiras.

Assim, as técnicas de remineralização do solo são consideradas formas alternativas de fertilizar solos esgotados pela perda de nutrientes. Sua importância é grande em países como o Brasil, que importa cerca de 65% das matérias-primas necessárias à fabricação de fertilizantes e apresenta uma projeção preocupante de demanda pela produção desse setor, que deverá atingir 83% em 2025 (Bergmann e Holland, 2014), conforme mostrado na Figura 2.





**Figura 2** - Gráfico de produção e demanda de fertilizantes no Brasil. Adaptado de Martins (2013). Fonte: ANDA (2011). Projeto MBAgro.

Segundo Goulart et al. (2023) a região de Campos Novos, em Roraima, apresenta mineralizações fosfatadas magmatogênicas relacionadas à associação do tipo anortosito-mangerita-charnockito-granito (AMCG), além de depósitos magmático-hidrotérmicos de fosfato e minerais portadores de elementos de terras raras (ETR), vinculados a elementos alcalinos. complexos vulcânico-plutônicos. As unidades de gabroanortosito da associação AMCG Mucajaí constituem a metaloteca com maior potencial fosfatado da região.

O Alvo 3, localizado na borda oeste do Batólito de Mucajaí, apresentou o melhor potencial fosfatado entre os alvos investigados na associação AMCG Mucajaí, considerando unidades gabroanortosíticas, charnoenderbíticas e graníticas (Goulart et al. 2023).

Segundo Bergman (2024), uma amostra de mangerita básica, obtida no objetivo 3, apresentou baixa soma de ETR (600 ppm), anomalia moderada de Eu negativa ( $Eu/Eu^* 0,5$ ), baixo valor de SiO<sub>2</sub> (48%) e alto TiO<sub>2</sub> (2,1%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,9%) e P (~13.000 ppm).

Devido ao seu já consagrado uso e desempenho em ensaios agronômicos, pode-se afirmar que no Brasil podem ser encontradas rochas vulcânicas de composição básica provenientes da Formação Serra Geral. (basaltos e diabásios das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste) apresentam bom potencial de oscilação aliado ao fato de estarem frequentemente disponíveis como finos britadores. Embora essas rochas apresentem teores relativamente baixos de sílica, elas possuem altos teores de Ca, Mg e Fe que estão associados a estruturas minerais com menor resistência à solubilização, e a rocha pode disponibilizá-las em curto prazo, quando adicionadas ao solo na granulometria correta (Bergmann, 2009)

Outra estratégia bem aceita na literatura para melhorar a produção de alimentos é a fixação biológica de nitrogênio em rizóbios, que ocorre principalmente na raiz ou caule e é induzida por bactérias presentes nas leguminosas (Lindstrom & Mousavi, 2019).

Guo et al. (2022) explicam que o nitrogênio é abundante na atmosfera, mas geralmente é o nutriente mais limitante para as plantas. A incapacidade de muitas plantas agrícolas, como os cereais, de utilizarem diretamente o azoto atmosférico livremente disponível significa que o seu crescimento e produção dependem em grande parte da aplicação de fertilizantes químicos, conduzindo a emissões de gases com efeito de estufa e à eutrofização da água. Por outro lado, as leguminosas obtêm acesso ao nitrogênio através da associação simbiótica com os rizóbios. Essas bactérias convertem nitrogênio em amônia biologicamente disponível em nódulos por meio de um processo denominado fixação biológica simbiótica de nitrogênio, que desempenha um papel decisivo no funcionamento do ecossistema.

Em termos agrícolas, a simbiose entre bactérias fixadoras de azoto (denominadas rizóbios) e leguminosas (família de plantas à qual pertencem a soja, o feijão, a ervilha, entre outras), é a mais importante. Outras espécies de bactérias capazes de fixar o N<sub>2</sub> atmosférico já foram encontradas associadas a gramíneas como milho, trigo e cana-de-açúcar. Nestas plantas formam-se nódulos nas raízes e as quantidades de N fixadas são muito baixas. Por esse motivo, o uso de fertilizantes nitrogenados nessas culturas não pode ser dispensado. Microrganismos fixadores também foram encontrados em plantas como café, dendê, mandioca, mamão e banana e sua contribuição para essas plantas tem sido objeto de diversos trabalhos de pesquisa.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maiores quantidades pelas culturas de soja. Para produzir uma tonelada de grãos são necessários 80 quilos desse elemento, que pode ser



obtido diretamente da natureza, graças ao processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Nele, as sementes são inoculadas com bactérias, que captam o nitrogênio do ar e o fixam nas raízes, gerando benefícios econômicos e ambientais. (Embrapa, 2016).

Aproximadamente 95% do N presente no solo está na forma orgânica.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o processo pelo qual o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) é convertido em formas que podem ser absorvidas pela planta, como nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônia ( $NH_4^+$ ). Essa fixação é realizada por bactérias fixadoras de nitrogênio que possuem a enzima nitrogenase responsável por catalisar o  $N_2$ . Quanto mais rizóbios houver no solo, melhor será a fixação biológica do nitrogênio. Além de gerar maior rendimento produtivo, a fixação de nitrogênio auxilia na recuperação de áreas degradadas e na melhoria da fertilidade do solo (Vieira, 2017).

Vieira (2017) explica que a mineralização orgânica do nitrogênio (MNO<sub>or</sub>) é um processo enzimático resultante da conversão de formas orgânicas de N em formas inorgânicas disponíveis às plantas. É impulsionada por microrganismos heterotróficos, aeróbios e anaeróbios, que utilizam resíduos vegetais como fontes de carbono (C), N e energia. Para ser absorvido pelos organismos, o N (NO) orgânico é primeiramente decomposto em unidades menores por enzimas extracelulares (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Os compostos resultantes podem ser absorvidos diretamente ou mineralizados na forma amoniacal [ $NH_3$ , amônia (forma gasosa);  $NH_4^+$ , amônio].

Lindstrom e Mousavi (2019) destacam que esta fixação simbiótica de nitrogênio utiliza energia solar para reduzir o gás inerte  $N_2$  a amônia em temperatura e pressão normais, e isso é especialmente importante hoje para a produção sustentável de alimentos.

Foi relatado que endófitos de plantas e bactérias que habitam a rizosfera melhoram a formação de módulos e a tolerância a bióticos e abióticos sob condições controladas. Essas rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) representam diversos táxons e às vezes têm sido usadas com sucesso como biofertilizantes. A hidrogenação de módulos radiculares fixadores de  $N_2$  pode ajudar a alimentar os promotores de crescimento das plantas (Schuler e Conrad, 1991).

O ciclo do nitrogênio envolve as seguintes etapas principais: amonificação, nitrificação, desnitrificação e assimilação regidas principalmente por atividades microbianas (Loecke et al., 2012; Zhong et al., 2020).

Durante o processo de compostagem, pode ocorrer perda de nitrogênio através da emissão de  $NH_3$ ,  $N_2O$  e  $N_2$  e vazamento de  $NO_x$  não lixiviado (Nigussie et al., 2016; Wang e Zeng, 2018). Por exemplo, Chen et al. (2015) indicaram que o  $N_2O$  foi responsável por mais de 80% da perda total de nitrogênio durante a compostagem de esterco e palha de leite em condições aeróbias. É importante considerar que o vazamento de  $NO_3^-$  não lixiviado representou 19 a 46% da perda total de nitrogênio após 56 dias de compostagem de esterco animal em condições anaeróbias (Gichangi, 2006). Dado que o teor de azoto determina a qualidade do composto, as fugas de  $NO_x$  e  $N_2O$  suscitam fortes preocupações relativamente à poluição atmosférica e ao efeito de estufa. Portanto, várias estratégias têm sido empregadas, por exemplo, ajustando parâmetros operacionais ou usando técnicas de mitigação, como precipitação de estruvita, adsorção (por exemplo, biochar, zeólita) e inoculação microbiana (Ogunwande et al., 2008; Wang et al., 2013). , 2017d).

Fatores internos (por exemplo, matéria-prima do composto, comunidade microbiana e porosidade) e externos (por exemplo, temperatura, umidade, teor de oxigênio e pH) afetam significativamente o ciclo do nitrogênio. Além disso, observou-se que a variação nas



comunidades microbianas (por exemplo, bacterianas, fungos) afeta significativamente o ciclo do nitrogênio através de genes e enzimas específicos, nos quais Proteobacteria e Thaumarchaeota são dominantes.

Guo et al. (2022) descobriram que, com o desenvolvimento da biologia sintética, vários esforços foram feitos com o objetivo de criar culturas ditas “autofertilizantes de N”, capazes de fixar nitrogênio de forma autônoma para evitar a necessidade de fertilizantes químicos. A primeira geração de culturas auto-fertilizantes com N deve ser criada através da melhoria das interações associativas entre bactérias fixadoras de N e culturas de cereais, utilizando técnicas de biologia sintética. Um exemplo é uma cevada sintética que secreta rizopinas, subprodutos naturais de pequenas moléculas. Outro exemplo é que a fixação associativa de N por bactérias endofíticas ou de vida livre poderia ser melhorada para atender às necessidades de N das culturas de cereais usando a biologia sintética para modificar as interações bactérias-plantas. Os princípios da biologia sintética poderiam ser aplicados para desenvolver bactérias fixadoras de N nos microbiomas da rizosfera das culturas de cereais para melhorar a eficiência de fixação de N dos microrganismos, talvez reduzindo pela metade a necessidade de aplicação de fertilizantes químicos com N (Guo et al., 2022).

Recomenda-se que pesquisas futuras tenham mais informações sobre o ciclo do nitrogênio e a perda de nitrogênio. Atualmente existe uma falta de conhecimento e compreensão sobre a redução do nitrato a amônio durante o processo de compostagem; portanto, controlar esse processo requer mais pesquisas. A via completa de transformação do nitrogênio e especialmente o papel da comunidade microbiana e das enzimas nela contidas ainda são ambíguos (Hoang et al., 2022).

Obviamente é necessários mais conhecimento e experiência nestas duas técnicas: remineralização do solo utilizando pó de rocha e fixação biológica de nitrogênio em rizóbios.

### **Estudo sobre o potencial de aproveitamento do pó de rocha em Roraima.**

Um excelente estudo sobre laminação em Roraima foi realizado por Bergmann e Holland (2014) dentro de um estudo maior intitulado “GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE RORAIMA: PROGRAMA DE GEOLOGIA BRASILEIRA” (2014).

A diversidade de solos, associada a fatores climáticos, relevo e limitações de uso e manejo, permitiu separar seis unidades geográficas quanto ao potencial de uso e ocupação dos solos em Roraima.

A unidade mais indicada para balanceamento é a região de soleira de rochas básicas (diabásio, basalto e gabro), com predominância de Cambissolos Vérticos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos, Vertissolos, Chernossolos e Nitissolos;

Em Roraima predominam solos com baixa fertilidade natural e acidez, características que implicam fortes limitações ao uso agrícola. Por outro lado, os solos eutróficos ocorrem em menor distribuição geográfica, com alta aptidão agrícola, mais intensamente utilizados e com menor utilização de insumos, onde, no entanto, ainda prevalece o empirismo com baixo uso de tecnologia, pois são solos provenientes de áreas localizadas no interior do território ou em assentamentos rurais.

O que também restringe a produtividade em Roraima é a falta de infraestrutura adequada, pois a malha viária é insuficiente para a chegada dos insumos e para o escoamento da produção, a mão de obra é pouco qualificada e também faltam investimentos do poder público e impostos. fardo. Porém, devido à sua posição equatorial, o estado está sob

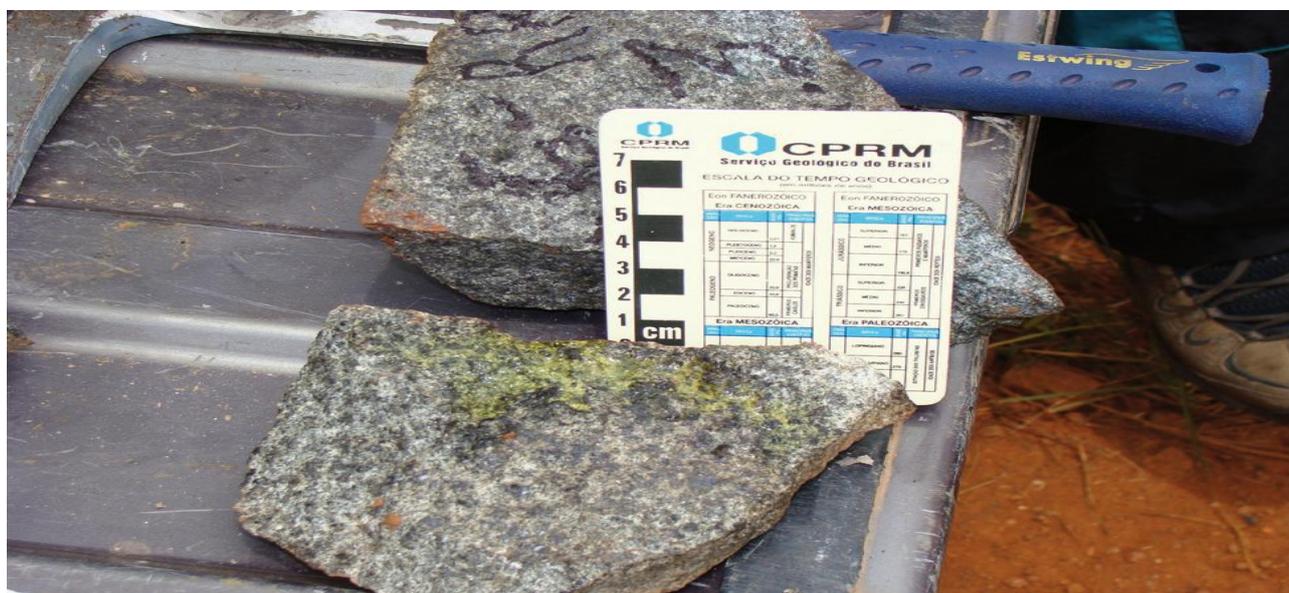


influência de fatores climáticos muito favoráveis à agricultura e a maioria das culturas apresenta melhores resultados do que em outras regiões brasileiras. A solução para os problemas acima mencionados é um desafio para o crescimento econômico, a inserção social das comunidades indígenas e a sustentabilidade, e a viabilidade e adequação de práticas agrícolas sustentáveis, como o balanceamento de rochas, faz parte deste desafio.

A agricultura em Roraima é praticada principalmente nos domínios do cerrado. Segundo Vale Júnior e Schaefer (2010), neste ambiente existem variedades de Latossolos (Latossolos Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho), Argissolos (Argissolos Vermelho e Argissolos Vermelho Amarelo) e Neossolos (Quartzo Hidromórfico e Litólicos Órticos, Flúvicos e Superficiais). ) predominam neste ambiente. Esses tipos de solos compartilham caráter distrófico, com baixa saturação por bases inerente e baixa capacidade de troca catiônica, além de elevada acidez. Em particular, os níveis de P trocável são muito baixos e a correção do pH é sempre necessária.

Os solos de maior fertilidade do estado estão localizados no domínio das rochas básicas: Peitoril da Pedra Preta, na região de Uiramutã; rochas vulcânicas básicas da Formação Apoteri, próximas à serra de Nova Olinda; e a região do município de Taiano.

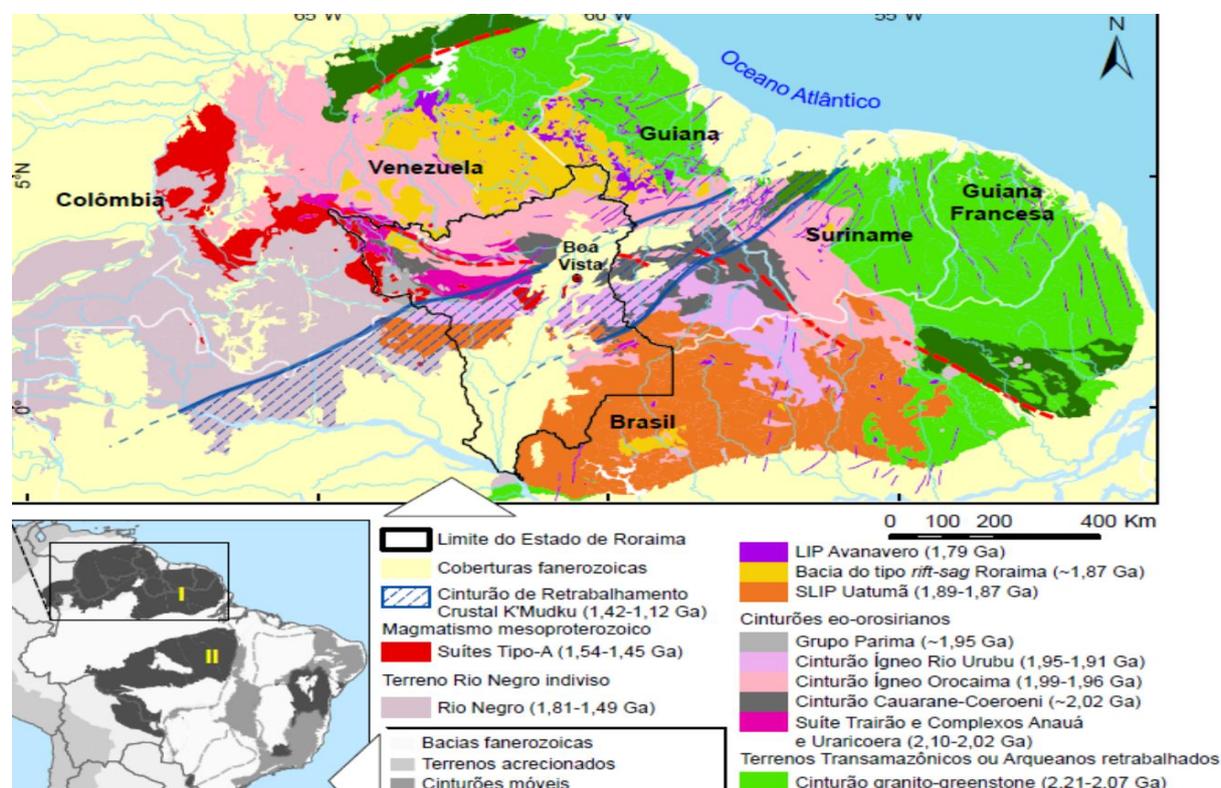
As melhores exposições do domínio de rochas vulcânicas básicas são encontradas na região da Vila do Taiano (parte noroeste de Roraima), na Serra de Nova Olinda (parte central) e nas proximidades da Comunidade Indígena de Flechal (município de Uiramutã ). ), onde se encontram solos desenvolvidos in situ a partir dos basaltos da Formação Apoteri, como os Latossolos Vermelhos e Vertissolos Órticos, e os Chernossolos. Ebânicos, Cambissolos Háplicos e Nitissolos Vermelhos associados a diabásios, dioritos e gabros do limiar da Pedra Preta, em condições de relevo ondulado a fortemente ondulado sob mata. A Figura 3 mostra uma amostra de diabásio Taiano, coletada no município de Alto Alegre, e com teste de fosfomolibdato fortemente positivo.



**Figura 3** - Amostras de diabásio de Taiano (município de Alto Alegre) com teste de fosfomolibdato fortemente positivo.



Além do município de Alto Alegre, é relatada a presença de minerais de terras raras, nióbio, bário e fosfato, no município de Iracema. O mapa a seguir, figura 4, mostra o MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE RORAIMA, em especial o INSERTO TECTÔNICO DO ESCUDO GUAYANA



**Figura 4** - Inserção tectônica do escudo guiana, Mendes et al., 2023

Na agricultura familiar brasileira, o pó de rocha é utilizado em consórcio com resíduos de origem orgânica (adubos animais e adubos verdes), e o agricultor frequentemente produz seus insumos através do processo de compostagem (possível graças a uma série de microrganismos), o que permite aumentar a produtividade. eficiência na extração de nutrientes.

O N geralmente é fornecido através da prática de adubos verdes, sendo também utilizadas plantas como a *Tithoniadiversifolia* (flor do mel), capaz de adicionar K em proporções de até 4,3% nas folhas e caules moídos adicionados ao composto (Palm et al., 1997 apud Van Straaten, 2007) para tal sucesso é importante considerar o uso de pós de rocha dentro do sistema solo-planta, que inclui toda a microbiota do solo. e particularidades dos sistemas de extração de raízes de plantas (Mundstock, 2013).

De acordo com resultados indicativos de pesquisas, o pó de rocha pode ser aplicado em qualquer cultura, em tamanhos de partículas que variam de 0,105 a 4,0 mm, semelhantes ao calcário, por fundição ou por meio de máquinas. As quantidades variam dependendo do solo e da cultura em questão, variando entre 0,5 e 8 toneladas/hectare. Devido ao seu uso e desempenho já consagrados em ensaios agronômicos, pode-se afirmar que no Brasil as rochas vulcânicas de composição básica da Formação Serra Geral (basaltos e diabásios das regiões



Sul, Sudeste e Centro-Oeste) apresentam bom potencial para equilíbrio combinado com o fato de que muitas vezes estão disponíveis como moedores finos.

Embora essas rochas apresentem teores relativamente baixos de sílica, elas possuem altos teores de Ca, Mg e Fe que estão associados a estruturas minerais com menor resistência à solubilização, e a rocha pode disponibilizá-las em curto prazo, quando adicionadas ao solo no tamanho de grão correto.

As rochas alcalinas, por serem ricas em K, além de possuírem elementos vulcânicos de matriz microcristalina, são muito indicadas para utilização na remineralização de solos.

No Brasil, um fonolito de Poços de Caldas é a única rocha até o momento autorizada para comercialização como adequada para uso como alternativa ao cloreto de potássio (KCl), fertilizante solúvel importado e amplamente utilizado na agricultura brasileira (Cortes et al., 2009).

É também importante notar que a utilização destas rochas não exclui a análise de oligoelementos, para quantificar micronutrientes e elementos potencialmente nocivos (Bergmann e Holland, 2014).

### **O problema das importações excessivas de fertilizantes químicos**

A dependência excessiva das importações de fertilizantes torna o país vulnerável às flutuações do mercado internacional, tais como variações cambiais, mudanças nas políticas comerciais e restrições logísticas. Isso poderia afetar o fornecimento regular e previsível de insumos de que os agricultores brasileiros necessitam, comprometendo a produção agrícola e a segurança alimentar. A importação de fertilizantes envolve longas distâncias e a necessidade de infraestrutura adequada para o transporte, armazenamento e distribuição dos produtos. Os elevados custos logísticos, incluindo frete marítimo, armazenagem e transporte interno, aumentam o preço final dos fertilizantes importados. Isto pode afetar negativamente a viabilidade econômica das importações, tornando os produtos mais caros para os agricultores e reduzindo a sua competitividade. A elevada carga tributária, incluindo o ICMS sobre a importação de fertilizantes, afeta diretamente o setor agrícola brasileiro e a segurança alimentar do país, resultando em preços mais elevados dos alimentos para os consumidores.

Em novembro de 2022, como estratégia para reduzir a dependência do Brasil da importação de fertilizantes, o Governo Federal lançou o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), que deverá ser referência para o planejamento do setor de fertilizantes para os próximos 28 anos (até 2050).

Contudo, a questão cultural deixa o setor rígido e dependente do mundo exterior. O agricultor ainda reluta em utilizar práticas biodinâmicas (caseiras). Os pequenos lidam com a questão da falta de escolaridade e os médios e grandes já estão acostumados com a importação de fertilizantes químicos.

Também não existe legislação ou plano governamental que facilite o acesso dos agricultores a fertilizantes não químicos, como a construção de britadores, estudos físico-químicos de solos e, principalmente, acesso a estudos científicos da Embrapa, Serviço Geológico do Brasil -SGB . , Repositório Institucional de Geociências - RIGEO e demais instituições ligadas ao setor.

Lei nº 12.890, de 12/10/2013 Dispõe sobre a fiscalização e fiscalização da produção e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizantes e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências.



A Instrução Normativa nº 39, de 08/08/2018, estabelece as normas sobre definições, requisitos, especificações, garantias, registro de produtos, autorizações, embalagens, rotulagem, documentos fiscais, publicidade e tolerâncias de fertilizantes minerais destinados à agricultura.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) normatizou a produção, registro e comercialização de remineralizantes, popularmente conhecidos como “pó de rocha”. É uma rocha moída e peneirada que tem a função de melhorar a qualidade física e química do solo. A diferença com os fertilizantes comuns está na solubilidade e concentração, mas ambos têm efeitos complementares. Com a nova legislação, os consumidores poderão atestar a qualidade desses produtos, que agora serão cadastrados no Mapa.

As instruções normativas 5 e 6, publicadas na edição desta segunda-feira (14) do Diário Oficial da União, estabelecem diversas exigências aos fabricantes, a fim de garantir o fornecimento de produtos de qualidade e seguros. Além disso, definem as regras que serão exigidas pelo ministério no momento do cadastramento.

A regulamentação dos remineralizadores representa outra opção para os agricultores brasileiros, que já dependem de calcário e fertilizantes minerais para restaurar a fertilidade do solo. Essa é uma demanda antiga do setor, principalmente dos produtores orgânicos, que não utilizam fertilizantes minerais, mas admitem o uso de “pó de rocha”, segundo publicação no boletim oficial da União1.

### **O modelo Cultura–Conhecimento–Inteligência(CCI)**

A questão do impacto dos valores, crenças, suposições e tradições, isto é, a cultura dos agricultores, sobre práticas agrícolas foi pouco explorado na literatura.

A primeira definição de cultura que foi formulada a partir de um ponto de vista antropológico pertence a Edward Tylor, no primeiro parágrafo de seu livro *Cultura Primitiva* (1871). Tylor buscou, além disso, demonstrar que a cultura pode ser objeto de um estudo sistemático, por ser um fenômeno natural que tem causas e regularidades, permitindo um estudo e análise com o objetivo de fornecer a formulação de leis sobre o processo cultural e a evolução. .

Para Kroeber, a cultura é um processo acumulativo, resultante de toda a experiência histórica das gerações anteriores. Este processo limita ou estimula a ação criativa do indivíduo.

Félix Keesing e Alfred Kroeber coincidem em que não existe correlação entre genética e cultura, por exemplo, qualquer pessoa que nasceu, independentemente de onde nasceu, absorveu a cultura do lugar onde cresceu. Kroeber vai mais além e afirma que o homem só se diferencia dos animais graças à cultura. Pois o homem é um ser que está acima de suas limitações orgânicas, a cultura é um processo acumulativo, é dito, o homem acumula experiências e, por tanto, cultura.

1. A cultura, além da herança genética, determina o comportamento do homem e justifica seus logros.
2. O homem atua de acordo com as normas culturais. Seus instintos ficaram parcialmente anulados pelo longo processo evolutivo do que aconteceu.



3. Ao adquirir a cultura, o homem começou a depender muito mais do aprendizado do que da atuação através de atitudes determinadas geneticamente.

4. Como sabe a humanidade desde a Ilustração, é este processo de aprendizagem (socialização ou endocultura, não importa o termo) que determina seu comportamento e sua capacidade artística ou profissional.

5. A cultura é um processo acumulativo, resultante de toda a experiência histórica das gerações anteriores. Este processo limita ou estimula a ação criativa do indivíduo.

Em geral, os acadêmicos sugerem que os governos devem garantir que a ciência esteja na vanguarda da estratégia para a recuperação econômica e o crescimento econômico. Para eles, a ciência produz conhecimento e, por tanto, produz inovação, o que melhora a qualidade de vida, a democracia, o crescimento econômico e a capacidade de resolver problemas maiores. No entanto, Rothberg e Erickson (2004) afirmam que o conhecimento é estático e, em última instância, só tem valor se as pessoas o utilizam.

Rothberg e Erickson (2004) afirmam que o conhecimento é construído socialmente por meio de atividades colaborativas, mas o acesso a esse conhecimento não tem sucesso na tomada de decisão, pois o conhecimento sem aplicação é inócuo. Em resumo, o conhecimento é a base da inteligência, e a inteligência é o conhecimento em ação para resolver problemas.

**Figura 1** - o modelo cultura-conhecimento-inteligência (adaptado de Choo, 1998).  
O modelo CCI baseia-se em três hipóteses (Tabela I):



Tabela I.  
Premissas do modelo

CCI

Hipoteses	Fontes	Resultados
A cultura tem um impacto positivo no conhecimento	O sucesso da implementação de um sistema de gestão do conhecimento depende estreitamente análise crítica da cultura organizacional existente (de Ré et al., 2017)	SUPPORTADO
A mudança cultural tem um impacto positivo na inteligência	A cultura afeta os comportamentos organizacionais e sociais, como as pessoas agirão em uma determinada situação, como o pensamento e a tomada de decisões (Schein, 1985).	SUPPORTADO
O conhecimento (GC)	Rothberg e Erickson (2004) esclarecem que o que	SUPPORTADO



tem um impacto positivo na inteligência quando aplicado	o conhecimento sem aplicação é inócuo. Em síntese, o conhecimento é a base da inteligência, pois inteligência é o conhecimento em ação para resolver problemas.	
---	---	--

O modelo CCI mostrou que a relação entre cultura, conhecimento e inteligência. No caso da agricultura brasileira ficou muito claro que a cultura de falta de instrução (da falta de importância da educação) impacta diretamente a abertura dos agricultores sobre novas práticas agrícolas, em particular as caseiras (biodinâmicas), justamente por que são para agricultura familiar onde o conhecimento, e o acesso ao apoio financeiro, são mais difíceis.

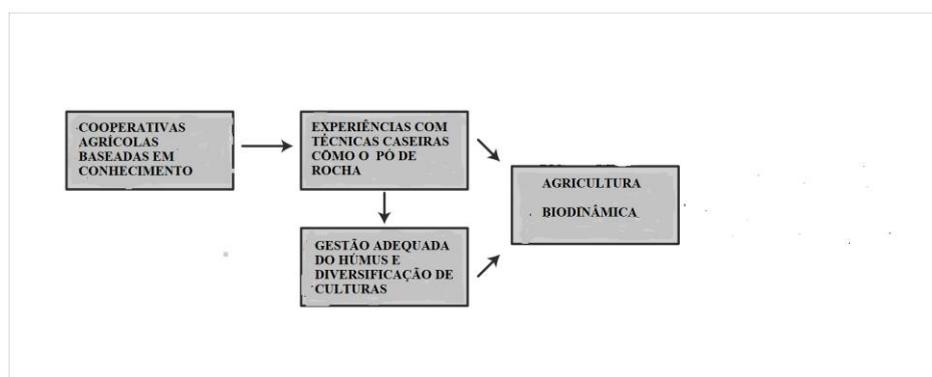
A inteligência também é impactada pelo conhecimento já que houve muita dificuldade de transformar o conhecimento de técnicos e professores-pesquisadores em resultados concretos para os agricultores, antes e depois do momento de maior necessidade: em que enchentes e rompimento de barragens destroem grande parte das plantações (exemplos: caso de Brumadinho e do Rio Grande do Sul).

### Modelo de agricultura biodinâmica

A agricultura biodinâmica está um passo à frente da agricultura biológica porque adota uma abordagem holística, ecológica e ética à agricultura, jardinagem, alimentação e nutrição, e é uma forma de viver, trabalhar e relacionar-se com a natureza e as vocações. , a consciência da singularidade de cada paisagem e do desenvolvimento interior de cada pessoa e, conseqüentemente, de todos os praticantes da comunidade.

Campbell e Watson (2012) e Raupp (2001) descobriram que a melhoria do solo, dentro da abordagem da agricultura biodinâmica, é alcançada através da gestão adequada do húmus, por exemplo, aplicando estrume e fertilizante orgânico suficientes no melhor estado possível de fermentação; rotação adequada de culturas; bom funcionamento do solo; medidas de proteção, como proteção contra o vento; culturas de cobertura, adubos verdes e culturas diversificadas em vez de monoculturas; e cultivo misto para que as plantas possam ajudar e apoiar umas às outras.

Pela sua capacidade de criar e aplicar conhecimento coletivo, as cooperativas têm alcançado resultados surpreendentes no processo de desenvolvimento local e nacional.



**Figura 5** - Modelo de agricultura familiar biodinâmica. Fuente: Autor, 2024.



Este modelo de agricultura biodinâmica demonstra que a base deste tipo de agricultura são as cooperativas agrícolas. No entanto, para que os agricultores estejam dispostos a unir-se para resolver os seus problemas, é necessária uma cultura adequada que aceite cursos de formação, particularmente sobre o tema dos remineralizadores, tema discutido na secção anterior.

Portanto, ambos os cursos de formação, especialmente sobre pó de rocha, constituem uma boa base para o desenvolvimento e manutenção da agricultura biodinâmica. Além disso, o modelo biodinâmico demonstra que a mudança cultural dos pequenos agricultores familiares tem um impacto positivo nas práticas de gestão do conhecimento aplicadas nas cooperativas e também no desenvolvimento e implementação do Plano de Assistência Técnica e Financeira aos Agricultores (inteligência).

## CONCLUSÕES

A agricultura biodinâmica depende de uma cultura madura porque incentiva os agricultores a criar alternativas dentro da sua própria exploração com base no que a natureza oferece. Portanto, o artigo utilizou uma revisão de literatura sobre pó de rocha e fixação biológica de nitrogênio.

O estudo mostrou que mais pesquisas são necessárias para ver como superar os trade-offs associados às dificuldades na dissolução de pós de rocha silicatada (SRP) em culturas selecionadas, tanto em termos de qualidade e quantidade deste material, bem como a possibilidade de misture com calcário, ou com esterco animal e até com fertilizantes químicos.

Tudo isso é feito num ambiente de colaboração entre agricultores e pesquisadores através de cooperativas e daí a importância de compreender o impacto da cultura no conhecimento e na inteligência em busca de uma cultura forte para aplicar conhecimentos relevantes.

## REFERÊNCIAS

BAMBERG, A. & MARTINAZZO, R. & SILVEIRA, C. & PILLON, C. & STUMPF, L. & BERGMANN, M. & VAN STRAATEN, P. & MARTINS, E.. (2023). Selected rock powders as sources of nutrients for soil fertilization and maize-wheat grain production in southern Brazil. **The Journal of Agricultural Science**. 161. 1-43. 10.1017/S002185962300062X.

BATISTA, N. Ferreira, T. Atributos químicos de um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de soja e sorgo submetido ao uso de basalto moído. In: **III Congresso Brasileiro De Rochagem**, 2016, Pelotas. Anais p 240-247. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il

BAUWHEDE, R. D. MUYS, B. VANCAMPENHOUT, K. SMOLDERS, E. Accelerated weathering of silicate rock dusts predicts the slow-release liming in soils depending on rock mineralogy, soil acidity, and test methodology, **Geoderma**, 2024. Volume 44



Bergmann, M. Holanda, J.L.R. Rochagem. In: GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE RORAIMA: PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL. ISBN 978-85-7499-162-7. 2014.

CAMPBELL, W.B.; ORTÍZ, S.L Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Societal Influences. **Issues in Agroecology** – Present Status and Future Prospectus. 2012.

CONCEIÇÃO, L. & SILVA, G. & HOLSBACK, H. & OLIVEIRA, C. & MARCANTE, N. & MARTINS, E. & SANTOS, F. & SANTOS, E. Potential of basalt dust to improve soil fertility and crop nutrition. **Journal of Agriculture and Food Research**. 2022. 10. 100443. 10.1016/j.jafr.2022.100443.

CURTIS, J., LUCHESE, A.V., & MISSIO, R.F. Application of soil remineralizer to poultry litter as an efficient and sustainable alternative for fertilizing maize crop. **Journal of Plant Nutrition**, 2022. 46, 423 – 438.

DOS SANTOS, Luiz Fernando; et al. Nutrição de milho após adição de sienito e substâncias húmicas. In: III **Congresso Brasileiro De Rochagem**, 2016, Pelotas. Anais p 427-434. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il.

EMBRAPA. **Fixação biológica de Nitrogênio**. Disponível em <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogen> GOULDIN, K.W.T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. **Soil Use Manag.** 2016. 32:390-395. 2016.

GRAVELEAN, Draveland, J., VAN DER WAL, R., VAN BALEN, J.H., VAN NOORDWIJK, A.J. Poor reproduction in forest passerines from decline of snail abundance on acidified soils. **Nature** 368, 1994. p.446–44.

GUIMARÃES, G. & CANTÚ, R. & SCHERER, R. & BELTRAME, A. & HARO, M. (2020). Banana crop nutrition: insights into different nutrient sources and soil fertilizer application strategies. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 44. 10.36783/18069657rbc20190104.

HAMMERSCHMITT, R. K. Daniela Basso Facco, Gerson Laerson Drescher, Fábio Joel Kochem Mallmann, Fábio Benedito Ono, Leandro Zancanaro, Danilo “Rheinheimer” dos Santos, Limestone and gypsum reapplication in an oxisol under no-tillage promotes low soybean and corn yield increase under tropical conditions, **Soil and Tillage Research**. 2021.

HANISCH, Ana Lúcia & Cantú, Rafael & Gonçalves, Guilherme & Justen, Juliane. Potencial do pó de basalto como remineralizador de solo em sistemas de produção de hortaliças. **Agropecuária Catarinense**. 37. 25-30. 10.52945/rac.v37i1.17. 2024.



LINDSTRÖM K, MOUSAVI SA. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. **Microb Biotechnol.** Sep;13(5):1314-1335. doi: 10.1111/1751-7915.13517. 2019. Epub. PMID: 31797528; PMCID: PMC7415380. 2020.

LUCHESE AV, Pivetta LA, BATISTA MA, STEINER F, GIARETTA APS, CURTIS JCD  
Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. **Afr J Agric Res** 17:487–497. 2021. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.1523>.

ORGANICOSPRO. **Pó de rocha na agricultura orgânica.** 2018 Disponível em <https://www.organicopro.com.br/po-de-rocha-na-agricultura-organica>. Acesso em 21 dez. 2024.



**Revista *Ambientale***

Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL  
e-ISSN 2318-454X, Ano 17, Vol. 17 (1), janeiro-abril (2025).  
<https://doi.org/10.48180/ambientale.v17.i1.614>