



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CAMPUS AGRÍCOLA PORTO GRANDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

MADSON PEREIRA MELO

**CRESCIMENTO E TEOR DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS JOVENS DE
PARICÁ CULTIVADAS COM RESÍDUOS DE BRITA**

PORTO GRANDE

2024

MADSON PEREIRA MELO

**CRESCIMENTO E TEOR DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS JOVENS DE
PARICÁ CULTIVADAS COM RESÍDUOS DE BRITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Bacharelado Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo.

PORTO GRANDE

2024

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- M528c Melo, Madson Pereira
 Crescimento e teor de macronutrientes em plantas jovens de Paricá cultivadas com resíduos de brita / Madson Pereira Melo - Porto Grande, 2024.
 46 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande, Bacharelado em Engenharia Agrônômica, 2024.
- Orientador: Nilvan Carvalho Melo.
1. Schizolobium amazonicum. 2. Agrominerais. 3. Adubação alternativa.
- I. Melo, Nilvan Carvalho, orient. II. Título.
-

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MADSON PEREIRA MELO

**CRESCIMENTO E TEOR DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS JOVENS DE
PARICÁ CULTIVADAS COM RESÍDUOS DE BRITA**

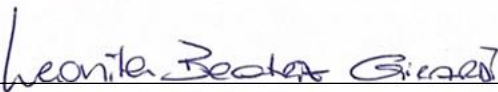
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Bacharelado Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo.

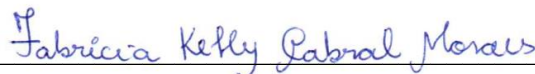
BANCA EXAMINADORA



Orientador, Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo - Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP



Profa. Dra. Leonita Beatriz Girardi - Examinador Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP



Profa. Dra. Fabricia Kelly Cabral Moraes - Examinador Externo
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Apresentado em: 16/12/2024

Conceito/Nota: APROVADO/9,6

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me guiar em cada passo dessa jornada e me conceder forças nos momentos de dificuldade. Sua presença foi essencial para que eu chegasse até aqui, rendo graças a Ele, Ebenézer: até aqui, nos ajudou o Senhor.

Aos meus pais, Nelma Lúcia Araújo Pereira e Max Lelis Melo, pela dedicação, amor incondicional e pelo apoio constante em todos os momentos da minha vida. Vocês sempre acreditaram e apoiaram, mesmo quando eu duvidava de mim mesmo. Sou imensamente grato por tudo o que fizeram por mim. Em especial, minha mãe que sempre se absteve das suas próprias vontades para priorizar os nossos objetivos como filhos.

A minha querida avó, Maria Nely Brito Pereira (*in memoriam*) cuja presença e ensinamentos continuam a me guiar. Sua sabedoria, amor e dedicação à família foram fontes de inspiração que moldaram minha trajetória. Sua memória será eternamente uma luz na minha vida.

A toda minha família, em nome dos meus queridos tios Marcia Araújo, José Ivaldo Araújo Pereira, Fábio Lelis Melo, Arlete Manito Carvalho, Raimundo Monteiro, Edina do Rosário, Leidinaldo Cordovil dos Santos e Lenize Monteiro dos Santos a minha avó Maria Eliza e meus irmãos Adson Pereira Melo, Andrea Pantoja Melo e ao meu irmão do coração Thiago Monteiro dos Santos, minha profunda gratidão, vocês foram meu alicerce durante toda essa jornada no curso.

A minha querida avó, Maria Nely Brito Pereira (*in memoriam*) cuja presença e ensinamentos continuam a me guiar. Sua sabedoria, amor e dedicação à família foram fontes de inspiração que moldaram minha trajetória. Sua memória será eternamente uma luz na minha vida.

Ao meu querido orientador e tio, Nilvan Carvalho Melo, lembro-me de todas as conversas que tivemos, das tardes dedicadas à pesquisa e dos desafios que enfrentamos juntos, o senhor não apenas me guiou na realização deste trabalho, mas também me ensinou a importância da persistência e da paixão por aquilo que se faz.

A minha segunda família, representados pelo Pr. Manuel José Moreira Pereira, Maria Regina Alves Pereira, Welligton Alves Pereira, Adriel Alves Pereira, Sarah Rhebeca e Ícaro Asafe Cardoso Pereira, pelo apoio incondicional.

Minha profunda gratidão aos meus amigos de curso que foram fundamentais ao longo dessa jornada no curso de Agronomia. Cada um de vocês fez parte de uma história repleta de

desafios, aprendizados e conquistas. Vocês foram meu suporte, minha motivação e, acima de tudo, minha família, sem vocês, essa caminhada teria sido muito mais árdua.

Agradeço ao Grupo de Estudo em Solos e Plantas cultivadas, minha família científica em especial os meus queridos amigos, Maria Bheatriz, Karla Samyلة, Cleverton Vaz, Adrielim Santiago, Arthur Vinícius, Diomax Picanço, Gabriel Picanço, Gizeli Santiago, Ana Caroline, Hedilberto do Carmo, Cássio Freitas, Helen Patrícia, Brenda Freitas, Nilton Torres e todos aqueles que me apoiaram durante as atividades.

Queridos professores Fabrícia Kelly Cabral Moraes e Raphael Leoni, gostaríamos de expressar minha sincera gratidão por todo o conhecimento, dedicação e inspiração que vocês nos proporcionam como alunos. Sua paixão pelo ensino e compromisso com nossa formação, por acreditarem em nosso potencial e nos incentivarem a buscar a excelência. Vocês fazem toda a diferença em nossa jornada acadêmica e profissional.

Agradeço ao Instituto Federal do Amapá por proporcionar um ambiente de aprendizado enriquecedor e por oferecer uma formação de qualidade. A dedicação dos professores e técnicos foram essenciais para meu desenvolvimento acadêmico e profissional. E aos terceirizados por sempre estarem de boa vontade em auxiliar nas atividades.

Por fim, agradeço a Embrapa Amapá, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho, contribuindo no meu desenvolvimento científico e acadêmico, em especial ao pesquisador Dr. Jorge Nagib Mélem Junior e ao analista Dr. Daniel Marcos de Freitas Araújo.

RESUMO

As classes de solos que são utilizados para fins agrícolas nas regiões tropicais, têm sua fertilidade natural baixa, isso leva conseqüentemente o Brasil a assumir um papel de grande importador de fertilizantes. O uso de agrominerais regionais oriundo do pó de brita ou rochagem vem se destacando como uma alternativa viável e de baixo custo para a melhoria das propriedades químicas do solo. Desta forma, o objetivo consiste em avaliar o crescimento e o teor de macro e micronutrientes de plantas jovens de paricá cultivadas em solo fertilizado com pó de brita. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal do Amapá, Campus Agrícola Porto Grande, no período de setembro de 2023 a agosto de 2024. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de pó de brita (0, 16, 24, 32 e 40 g dm⁻³) e duas granulometrias correspondendo a 3 mm e 0,15 mm. As unidades experimentais foram compostas por vasos de 8 dm³ de solo e uma espécie de paricá. Foram avaliados a altura de plantas, diâmetro do colo, comprimento de raízes e parâmetros fisiológicos, como: área foliar e índice de área foliar. O pó de brita proporcionou maior desenvolvimento de forma isolada, como diâmetro do caule, matéria seca da folha para doses e altura houve interação, onde a granulometria afetou positivamente, com 0,15 mm, principalmente, e encontrado absorção satisfatória para doses de 0,16, 0,24 e 0,32 g dm⁻³ para maioria dos macronutrientes exceto para fósforo que apresentou maior desempenho com 3,0 mm de granulometria.

Palavras-chave: *Schizolobium amazonicum*. Agrominerais. Adubação alternativa.

ABSTRACT

The soil classes used for agricultural purposes in tropical regions typically have low natural fertility, which consequently leads Brazil to assume a significant role as a large importer of fertilizers. The use of regional agrominerals derived from crushed stone or rock dust has emerged as a viable and cost-effective alternative for improving the chemical properties of the soil. Therefore, the objective of this study is to evaluate the growth and content of macro and micronutrients in young paricá plants cultivated in soil fertilized with crushed stone. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal Institute of Amapá, Agricultural Campus of Porto Grande, from September 2023 to August 2024. The experimental design was a randomized block design with five treatments and five replications. The treatments consisted of five doses of crushed stone (0, 16, 24, 32, and 40 g dm⁻³) and two particle sizes corresponding to 3 mm and 0.15 mm. The experimental units were composed of 8 dm³ pots filled with soil and planted with *Schizolobium amazonicum*. The parameters assessed included plant height, stem diameter, root length, and physiological parameters such as leaf area and leaf area index. Crushed stone provided greater development in isolation, particularly in stem diameter and leaf dry matter. For height, an interaction was observed where the particle size positively affected growth, especially with the 0.15 mm size. Satisfactory absorption was found for doses of 0.16, 0.24, and 0.32 g dm⁻³ for most macronutrients, except for phosphorus, which performed better with the 3.0 mm particle size.

Keywords: *Schizolobium amazonicum*. Agrominerals. Alternative fertilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa de vegetação do IFAP, <i>Campus</i> Agrícola Porto Grande, Amapá, Brasil.	19
Figura 2 - Mapa de localização da coleta do resíduo de brita. Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.	19
Figura 3 - Croqui da disposição dos tratamentos de acordo com o delineamento experimental. Porto Grande, Amapá, Brasil.....	21
Figura 4 - Doses de pó de brita com granulometria 0,15 mm (a), e 3,00 mm (b). Porto Grande, Amapá, Brasil.	22
Figura 5 - Secagem do solo em casa de vegetação (a), pesagem do solo já peneirado (b), béquer com água equivalente ao volume de solo(c) e adição do calcário dolomítico (d). Porto Grande, Amapá, Brasil.	22
Figura 6 - Etapas do processo de quebra de dormência física com uso de lixa mecanizada (a), embebição em água (b) e semeio (c). Porto Grande, Amapá, Brasil.....	24
Figura 7 - Coleta dos dados biométricos de altura da planta (a) e do diâmetro do caule (b) das plantas jovens de Paricá submetido a aplicação de doses de pó de brita em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.....	24
Figura 8 - Matéria seca das folhas, caule e raiz das plantas de jovem de paricá (a), passagem da matéria seca das folhas raiz e caule (b), após a secagem da matéria, foi moído no moinho do tipo Willey (c) material moído dos compartimentos das plantas jovens de Paricá (d). Porto Grande, Amapá, Brasil.	25
Figura 9 - Material do tecido vegetal moído (a), Pesagem do material moído (b), preparo para digestão em tubos de ensaio com 0,5 g por tudo (c), adição de ácido perclórico para digestão (d), adição de ácido nítrico para digestão (e), Digestão por via úmida a 200 °C em bloco digestor (f), soluções mãe para análise de potássio, fósforo, cálcio e magnésio (h), análise de potássio com fotômetro de chama(h), análise de fósforo por meio de espectrofotometria(i) e titulação para determinação de Ca e Mg (j).	26
Figura 10 - Altura de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.....	29
Figura 11 - Matéria seca das folhas (MSF) de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.....	30
Figura 12 - Diâmetro do caule de plantas jovens de paricá submetidas a granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.	31

Figura 13 - Teor de potássio (K), fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas folhas de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.....	33
Figura 14 - Teor de potássio (K), fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) no caule de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.....	34
Figura 15 - Teor de potássio (K), fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas raízes de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do resíduo de brita. Porto Grande, Amapá, Brasil.....	20
Tabela 2 - Análise química do solo, na camada 0-20 cm de profundidade, de área de cerrado amapaense. Porto Grande, Amapá, Brasil.	21
Tabela 3 - Análise granulométrica do solo, na camada 0-20 cm de profundidade, de área de cerrado amapaense. Porto Grande, Amapá, Brasil.	21
Tabela 4 - Análise de variância para altura da planta (AT), diâmetro do caule (DC), matéria seca da folha (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.	27
Tabela 5 - Fonte de variação para o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas folhas de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.	28
Tabela 6 - Fonte de variação para o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) no caule de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.	28
Tabela 7 - Fonte de variação para o teor de fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas raízes de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Paricá (<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i>)	14
3.2 Pó de brita	15
3.3 Cerrado amapaense	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Descrição da área	18
4.2 Coleta e caracterização físico-química da rocha basáltica.....	19
4.3 Caracterização química e granulométrica do solo	20
4.4 Delineamento experimental e tratamentos	21
4.5 Correção da acidez do solo	22
4.6 Produção das mudas de paricá	23
4.7 Variáveis analisadas	24
4.8 Análise estatística	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Análises biométricas	29
5.2 Teores de macronutrientes do tecido vegetal.....	32
6. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) assume particular importância pelas suas características, como rápido crescimento, boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, uso generalizado de sua madeira, bem como por ser uma alternativa regional, para suprir a demanda de matéria-prima florestal como também para recomposição de áreas alteradas (Cordeiro *et al.*, 2015).

Os solos de regiões tropicais, são associados à sua baixa fertilidade, onde os cultivos precisam de manutenção e/ou incremento na sua fertilidade. Onde à redução gradual da fertilidade devido à intensa atividade agrícola associada ao processo natural de intemperismo, levando a uma demanda crescente por fertilizantes químicos (Cardozo *et al.*, 2024).

O investimento com adubos gera maior produtividade das culturas, embora gere um aumento dos valores das receitas com a aquisição desses insumos, tornando uma preocupação aos agricultores (Zonta, Stafanato; Pereira, 2021). Além disso, vale destacar que em algumas regiões do Brasil, em especial, no estado do Amapá a aquisição de adubos, principalmente fertilizantes simples é um fator limitante, sendo necessário a busca de produtos alternativos que possibilitem a melhoria da qualidade do solo.

A baixa fertilidade dos solos tropicais está relacionada à elevada precipitação, que provoca a lixiviação de quantidades significativas de bases trocáveis. Isso ocorre, em parte, pela ausência de minerais primários e secundários que poderiam repor essas bases. Além disso, os cultivos também contribuem para esse problema, pois a absorção de cátions pelas raízes das plantas resulta na liberação de íons hidrogênio, acentuando ainda mais a degradação química do solo (Veloso *et al.*, 2020).

Buscando um fertilizante acessível e de baixo custo, que se adapte a ambientes tropicais, torna-se fundamental a utilização de materiais oriundos da própria região, como alternativa no incremento e na melhoria da fertilidade do solo e proporcionando uma via econômica e ambiental aos agricultores (Alovisi *et al.*, 2020; Olias *et al.*, 2023).

No Amapá, destaca-se um polo de produção de areia, cascalho e brita, localizado nos municípios de Porto Grande e Ferreira Gomes, que atende aos centros urbanos de Macapá e Santana (Oliveira Júnior; Pimentel; Picanço, 2019). As empresas desse setor são responsáveis por uma produção anual de 25.000 m³ de brita, embora a planta de beneficiamento tenha uma capacidade de produção de 400 m³/hora, ainda está em fase de ajustes e opera abaixo dessa capacidade (Oliveira *et al.*, 2010; Oliveira; Mathis, 2017; Costa *et al.*, 2019). Essa atividade acaba gerando resíduos do processo de britagem, contribuindo para o crescimento de áreas de

rejeitos, não sendo aproveitadas por quaisquer atividades, no entanto, esses resíduos são utilizados na agricultura como potencial alternativa para a melhoria da fertilidade do solo e incremento da produção de espécies florestais, como por exemplo, os pinheiros (*Pinus elliottii*) (Ehlers; Arruda, 2014).

A maioria da matéria prima para produção de fertilizantes não são encontradas no Brasil, conseqüentemente, tem uma produção baixa, não sendo suficiente para atender à própria demanda, havendo a necessidade de recorrer ao mercado externo, fazendo do País um dos maiores países importadores destes produtos (Ogino; Gasques, 2023; Spagnol *et al.*, 2023). Dessa forma, uma das estratégias que vem sendo utilizada pelos agricultores é o uso do pó de brita como condicionador da fertilidade do solo (Theodoro *et al.*, 2006).

Sabe-se que o intuito principal do pó de brita, não é a substituição total do uso de fertilizantes químicos, mas, possibilitar o incremento da fertilidade nos solos, para menor aquisição de insumos e melhor manutenção dos nutrientes nos cultivos. Além do que, já pode-se notar que o pó de brita integrada com outros insumos, traz melhoria na estrutura do solo, controle de plantas daninhas e doenças (Dettmer *et al.*, 2020).

A utilização de remineralizadores como pó de brita, tem potencial para reduzir a dependência de insumos importados de outros países e melhorar a eficiência na manutenção da fertilidade do solo, através da lenta e gradual diminuição do uso de fertilizantes industriais, em manejos que permitam o incremento de matéria orgânica no solo e promovam condições favoráveis para a sobrevivência e o estabelecimento de microrganismos no solo (Edward, 2016; Alovisi *et al.*, 2021).

E, dentro das possibilidades dos resíduos que são potenciais para uso de pó de brita com finalidade de fertilização do solo, pode-se destacar fonte alternativa de corretivo da acidez do solo (Alovisi *et al.*, 2017). Os pós de rocha basáltica e bríticas estão entre as rochas mais estudadas porque fornecem nutrientes para as plantas, e a sua adição leva a um aumento na produtividade das culturas, pH do solo e capacidade de troca catiônica, além de conter vários elementos essenciais (Ca, Mg, K, P, S e Fe) e elementos benéficos (Na e Si) para as culturas (Anda; Shamsuddin; Fauziah, 2015, Beerling *et al.*, 2020; Ramos *et al.*, 2022).

Várias vantagens ambientais, agrônômicas e econômicas podem ser atribuídas ao uso do pó de brita já que as principais razões para usar o pó de brita basáltica na agricultura é devido ao seu potencial de redução de fertilizantes químicos (Júnior *et al.*, 2020). Mas, para isso, torna-se importante a análise dessas alternativas de forma agrônômica, contribuindo através de estudos e recomendação de forma adequada.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o crescimento e o teor de macronutrientes de plantas jovens de paricá cultivadas em solo fertilizado com pó de brita.

2.2 Específicos

- Avaliar parâmetros de crescimento, como: altura de plantas e diâmetro do caule;
- Determinar a matéria seca das plantas de paricá submetidas a aplicação de pó de brita;
- Quantificar os teores de macronutrientes no tecido vegetal das plantas de paricá.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum*)

O paricá é uma espécie nativa da região amazônica, cultivada no Brasil desde a década de 1990 (Júnior *et al.*, 2022). Seu cultivo, especialmente na região Norte do país, desempenha um papel significativo na restauração ecológica e florestal (Gomes; Pereira; Aguiar, 2021). Entre suas vantagens, destacam-se o seu rápido crescimento e porte ereto, característica importante para o processamento de sua madeira (Vidaurre *et al.*, 2018). Esses fatores contribuíram para que, em 2018, o paricá fosse a sexta espécie mais cultivada no Brasil, com maior produção nos Estados do Pará e Maranhão (Homma, 2018; Lima *et al.*, 2022).

O Paricá é uma espécie pertencente à família Fabaceae, descrita principalmente na floresta amazônica brasileira, em áreas de florestas secundárias de terra firme e várzea alta, abrangendo os estados da região Norte até o Nordeste (Silva; Sales, 2018; Vidaurre *et al.*, 2012). Apresenta rápido crescimento, com tronco reto e cilíndrico, copa-ramificada, podendo atingir 15-40 m de altura (Lucena *et al.*, 2013). É de ocorrência natural nos estados de Acre, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia e bastante utilizada no Brasil, ocupando grande parte das áreas reflorestadas no Estado do Pará, principalmente, onde se concentra a maior área plantada desta espécie (Marques *et al.*, 2020; Rabelo *et al.*, 2023). Além de ocorrer em florestas subtropicais da América Central (Reis; Paludzyszyn Filho, 2011), onde sua ampla abrangência tem fundamental importância na necessidade da preservação da biodiversidade vegetal destes biomas.

As sementes de Paricá apresentam dormência tegumentar, o que reduz sua permeabilidade e limita as trocas gasosas, dificultando a expansão do embrião; essa dormência em sementes florestais representa um obstáculo para a produção de mudas, já que retarda a germinação, causando desuniformidade na produção o que limita seu cultivo (Fernandes *et al.*, 2019; Bardivieso *et al.*; 2020; Ribeiro *et al.*, 2023). Um método eficiente para a quebra da dormência do paricá é a escarificação mecânica do tegumento, com esmerilhamento na parte oposta à micrópila promovendo maior germinação das sementes, rápida embebição e depleção do endosperma (Shimizu *et al.*, 2011; Santiago *et al.*, 2021).

As características físicas e mecânicas do paricá são fundamentais para sua aceitação no mercado madeireiro, sendo amplamente utilizada na produção de painéis de compensado e painéis de lâminas paralelas (Silveira *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2020). Essa versatilidade na

aplicação dos produtos derivados do paricá reforça sua importância econômica e ambiental, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável na região.

Espécies florestais com uso para os fins comerciais, não diferente para outras mudas, necessitam de um desenvolvimento inicial adequado, que dispõe de cuidados fundamentais para o seu estabelecimento no campo, onde existe carência de pesquisas, já que a produção de mudas nativas, não possui recomendações técnicas, referentes às exigências nutricionais (Zanatta *et al.*, 2016). Neste sentido, trabalhos ainda são necessários para essas caracterizações e recomendações.

3.2 Pó de brita

O reflexo na alta dos preços dos fertilizantes principalmente nos anos de 2020 e 2021 chega a sua escala global, gerando impacto em diversos segmentos, levando ao encarecimento dos produtos, já que os insumos para a produção agrícola vêm cada vez mais apresentando altos custos. Além disso, surge a questão da dependência externa do Brasil em relação à produção desses insumos (Nogueira; Ferreira; Oliveira, 2023).

No contexto da produção agrícola, em tabela de gastos comum de um agricultor, observa-se que dentre os gastos com os insumos da fazenda, os fertilizantes correspondem, em média, a 40% dos custos totais da produção (Bosoki *et al.*, 2017).

Os estudos com pó de brita têm crescido devido a disponibilidade dessa matéria-prima na natureza, sendo encontrada de forma rápida e com menor custo. Ademais, por serem fontes naturais ocorre a diminuição do impacto ambiental e toxicidade causados aos alimentos ocorridos pelos fertilizantes químicos pelo manuseio incorreto (Souza, 2022).

Dentre as alternativas possíveis, destaca-se a remineralização do solo por meio da adição de brita (Burbano *et al.*, 2022; Luchese *et al.*, 2023). Uma alternativa mais ecológica para reposição de nutrientes ao solo pode ser o uso de resíduo de mineração para produção de brita, cuja solubilidade é mais lenta, disponibilizando os nutrientes para as plantas por um maior período; logo, encontrado utilidade neste subproduto, pode gerar ao setor de mineração lucros e vantagens, principalmente pelo fato que este, não possui aproveitamento industrial (Melo, *et al.*, 2012).

A promulgação da Lei nº 12.890, em 10 de dezembro de 2013, estabeleceu os remineralizadores como uma categoria de insumo voltada para a agricultura (BRASIL, 2013). De acordo com dados disponibilizados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária e acompanhados até outubro de 2023, materiais como resíduos de rochas provenientes do setor

mineral têm sido autorizados para comercialização, tanto como insumos secundários para uso direto na agricultura quanto como matéria-prima para a fabricação de produtos agrícolas. Além disso, esses materiais estão sendo registrados principalmente na categoria de remineralizadores (BRASIL, 2016).

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em resposta aos desafios globais, incluindo as mudanças climáticas que impactam significativamente a agricultura, a produtividade agrícola e a segurança alimentar. Esses objetivos visam promover práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes, buscando equilibrar a necessidade de produção de alimentos com a preservação ambiental e a adaptação às alterações climáticas (Nações Unidas, 2015).

A ODS 2 destaca a importância de garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes que ajudem a preservar os ecossistemas (Nações Unidas, 2015). O avanço da agricultura sustentável é um desafio crucial, sendo fundamental acompanhar e intensificar tanto o conhecimento científico quanto o desenvolvimento tecnológico, um dos pontos importantes desse objetivo é a meta de, até 2030, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores (Vieira; Quintella, 2023; Passos *et al.*, 2024).

Embora ainda não existam recomendações oficiais para o uso de pó de brita, no Brasil, o material tem potencial de uso agrícola, como corretivo de acidez e/ou fertilizante. O deslocamento do material da britadeira até a propriedade pode ser um fator limitante para o pó de brita, assim como a baixa solubilidade. Portanto, é mais indicado para culturas perenes, e os benefícios para as propriedades do solo ocorrem a médio e longo prazos (Marques *et al.*, 2013).

A rochagem é oriunda do intemperismo, processo ocorrente por meio químico, físico ou biológico, e a fertilização com pó de brita ajuda na melhoria da qualidade química do solo (Theodoro *et al.*, 2006). Segundo os mesmos autores, a liberação dos nutrientes ocorre de modo gradual com a utilização da rochagem e geram argilas capazes de elevar a capacidade de troca catiônica, agindo no enriquecimento do solo pela disponibilidade dos nutrientes, principalmente dos solos tropicais, altamente intemperizados.

Lapido-Loureiro e Ribeiro (2009) relatam que a utilização dos agrominerais torna-se viável quando são levados em consideração alguns fatores, dentre eles, destacam-se a oscilação dos preços dos fertilizantes e os com transporte; fatores estes que causam grande impacto nos pequenos produtores.

Assim, se faz necessário pesquisas que investiguem o potencial do pó de brita para a mitigação do impacto econômico causado pela dependência da importação desses insumos.

Além disso, a utilização deste agromineral apresenta melhor viabilidade em relação aos fertilizantes comerciais, principalmente por seu menor impacto ambiental (Bermann *et al.*, 2008).

3.3 Cerrado amapaense

O Cerrado, uma das maiores formações de savana do mundo, abrange uma área total de aproximadamente 2 milhões de km² e é considerado uma região crítica para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, além de ser prioritário para a conservação da biodiversidade, considerado um hotspot global de biodiversidade (Yokomizo *et al.*, 2022).

O cerrado amapaense ocupa uma região de aproximadamente 903.200 hectares, o que corresponde a 9,25% da superfície do Amapá, a principal atividade desenvolvida neste ecossistema é a silvicultura, com exploração de florestamentos de eucalipto, os solos da região em sua maioria são classificados como Latossolo Amarelo hiperdistrófico (Melém Júnior *et al.*, 2003). Caracterizados pela sua baixa fertilidade, com elevada acidez, teor de alumínio trocável, baixos teores de fósforo e soma de bases, baixa saturação por bases e médios teores de carbono (Melém Júnior *et al.*, 2006).

O clima equatorial úmido segundo a classificação de Köppen, com temperatura e umidade média relativa do ar, caracterizada por duas estações: chuvosa, marcada por altas precipitações no período de janeiro a junho e a estação seca, correspondente ao segundo semestre, com picos de seca nos meses de setembro e outubro quando as precipitações dominantes ficam abaixo de 60 mm, com temperatura média anual de 26,1 °C, e regime pluviométrico, a média anual de precipitação na capital do estado está acima de 2.500 mm. (Kottek *et al.*, 2006; Junior *et al.*, 2022).

Uma das características mais favoráveis à produção agrícola no Cerrado é a presença predominante de solos do tipo Latossolo, que ocupa 46% da área do bioma (Santos, 2010; Souza *et al.*, 2019). Esses solos, juntamente com chuvas bem definidas e um relevo plano, tornam a região apta para diversas atividades agrícolas. No Amapá, por exemplo, existem 130 mil hectares de Cerrado dedicados à agricultura familiar, com 16,9% destinados a pastagens, 49,7% a florestas e 28,3% a lavouras (Yokomizo *et al.*, 2016). O relevo e a proximidade de estradas e rodovias também delimitam as áreas com maior potencial de uso (Oliveira, 2009; Yokomizo; Costa, 2020). Dessa forma, contribuindo estrategicamente para o escoamento da produção, uso e manejo do solo e boas características de mecanização.

No entanto, o uso do Cerrado desmedido expõe o bioma a degradações ambientais irreversíveis, resultando na perda de biodiversidade e na modificação das condições edafoclimáticas regionais (Dutra; Souza, 2022). Essa degradação é preocupante, pois, apesar das características naturais que promovem a biodiversidade (Brito; Silva, 2019), o aumento dessas regiões não manejada de forma adequada, aumenta a degradação e a perda da floresta nativa ocorre com aumento de áreas de savana.

Nos últimos anos, a exploração do Cerrado tem se intensificado, impulsionada por apoio financeiro e infraestrutura, o que resultou na perda de metade de sua cobertura vegetal em menos de quatro décadas (Duca *et al.*, 2009). Essa degradação também contribui para a escassez hídrica, que tem se intensificado gradativamente ao longo de sua extensão (INPE, 2022). Portanto, é crucial que se adote uma abordagem sustentável para o uso do Cerrado, assegurando a preservação de suas características naturais e a manutenção da sua biodiversidade, tendo o uso de agrominerais nessas áreas de grande importância na conservação dessas características.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na fazenda experimental do Instituto Federal do Amapá, *Campus* Agrícola Porto Grande, no período de setembro de 2023 a agosto de 2024 (Figura 1). As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos, contendo plantas jovens de paricá (*S. amazonicum*), com 8 dm³ de solo, coletado na camada arável de 0,00-0,20 m, de um Latossolo Amarelo distrófico de textura franco-arenosa (Santos *et al.*, 2018), em área de vegetação nativa do cerrado amapaense.

Figura 1 - Casa de vegetação do IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, Amapá, Brasil.

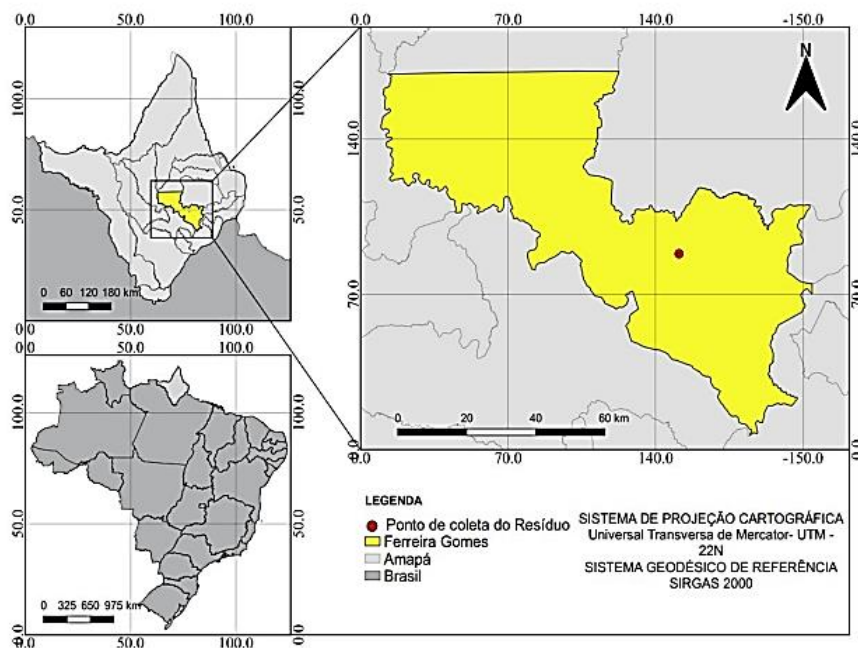


Fonte: Autor (2024).

4.2 Coleta e caracterização físico-química do pó de brita

As amostras foram coletadas de forma aleatória, cerca de 200 kg de resíduos da mineração de granito da pedreira Santa Bárbara, localizada no município de Ferreira Gomes (Figura 2).

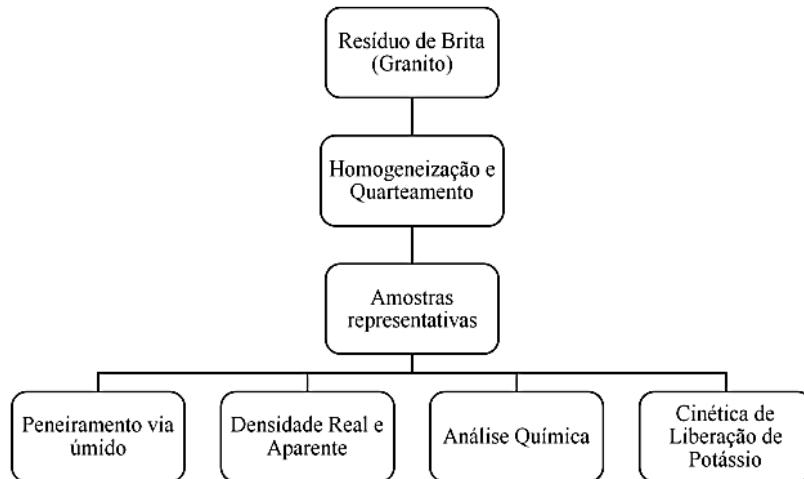
Figura 2- Mapa de localização da coleta do resíduo de brita. Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.



Fonte: (Melo, 2024)

Após a coleta, os resíduos de brita foram levados ao laboratório de Mineração do IFAP, para posterior análises químicas e mineralógicas. Os resíduos de pós de brita foram amostrados, homogeneizados e quarteamentados conforme Sampaio *et al.* (2007), para posterior caracterização e utilização do material (Fluxograma). A caracterização do pó de brita foi determinada conforme metodologia descrita por Sampaio (2007) (Tabela 1).

Fluxograma - Caracterização do resíduo de brita. Porto Grande, Amapá, Brasil.



Fonte: (Melo, 2024).

Tabela 1 - Análise química do resíduo de brita. Porto Grande, Amapá, Brasil.

Resíduo (ϕ) (mm)	pH (H ₂ O)	MO (g/kg)	P (mg/dm ³)	K	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	SB	T	V	m
				----- cmol _c /dm ³ -----				-----			---- % ----	
- 3	6,6	5,0	53	0,20	1,8	1,5	0,0	0,2	2,0	2,2	91	0,0
- 0,15	6,8	5,3	66	0,32	2,5	2,3	0,0	0,1	2,8	2,9	97	0,0

Resíduo (ϕ)= Diâmetro do resíduo de brita; M.O = Matéria orgânica; SB = Soma de bases; T: CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases e m = Saturação por alumínio. Fonte: Autor (2024).

4.3 Caracterização química e granulométrica do solo

O solo coletado foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneiras de 2 mm de abertura, de aço inoxidável, sendo retirado uma amostra composta de solo, para posterior caracterização granulométrica segundo Claessen (1997) e química conforme Raij *et al.* (2001). Os resultados da análise química e granulométrica estão descritos nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Análise química do solo, na camada 0-20 cm de profundidade, de área de cerrado amapaense. Porto Grande, Amapá, Brasil.

Camada (cm)	pH (H ₂ O)	MO (g/kg)	P (mg/dm ³)	K	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	SB	T	V	m
				----- cmol _c /dm ³ -----								----- % -----
0-20	4,0	12,1	6	0,02	0,2	-	0,7	3,1	0,2	3,3	6	78

M.O = Matéria orgânica do solo; SB = Soma de bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases e m = Saturação por alumínio. Fonte: Autor (2024).

Tabela 3 - Análise granulométrica do solo, na camada 0-20 cm de profundidade, de área de cerrado amapaense. Porto Grande, Amapá, Brasil.

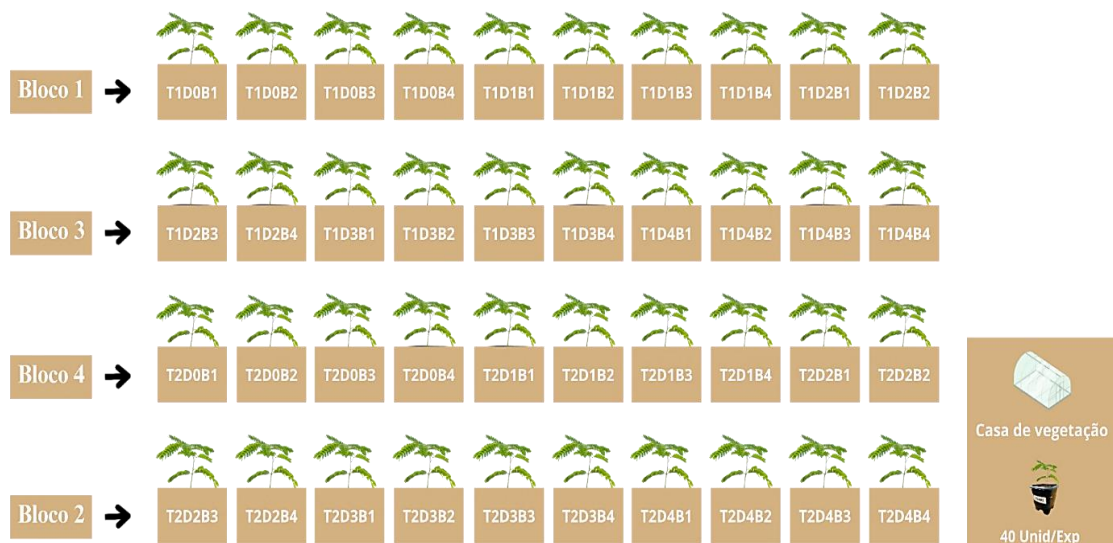
Camada (cm)	argila	areia grossa	areia fina	silte	Classificação Textural (SBCS)
	----- g/kg -----				
0-20	229	420	190	161	Franco-argiloarenosa

Fonte: Autor (2024).

4.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC), arranjado em esquema fatorial 5x2, com cinco repetições (Figura 3). Os fatores foram constituídos por cinco doses (0, 16, 24, 32 e 40 g dm⁻³) e duas granulometrias de pó de brita (3 e 0,15 mm) (Figura 4). As doses de pó de brita foram escolhidas, conforme Melo *et al.* (2012) e Brasil (2016) e aplicadas por ocasião do transplântio das mudas de paricá.

Figura 3 - Croqui da disposição dos tratamentos de acordo com o delineamento experimental. Porto Grande, Amapá, Brasil.



Fonte: Autor (2024).

Figura 4 - Doses de pó de brita com granulometria 0,15 mm (a), e 3,00 mm (b). Porto Grande, Amapá, Brasil.



Fonte: Autor (2024).

4.5 Correção da acidez do solo

A correção da acidez do solo foi realizada 30 dias antes do transplântio das mudas de paricá, utilizando-se o equivalente a $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico, com 32% de CaO, 15% de MgO e PRNT de 92%, para elevar a saturação por bases a 60% (Raij *et al.*, 2001; Brasil *et al.*, 2020), acondicionando 12 g/vaso de calcário, em sacos plásticos para a incubação e reação do corretivo (Figura 5).

Figura 5 - Secagem do solo em casa de vegetação (a), pesagem do solo já peneirado (b), béquer com água equivalente ao volume de solo (c) e adição do calcário dolomítico (d). Porto Grande, Amapá, Brasil.



Fonte: Autor (2024).

Após a incubação do corretivo, o solo recebeu uma adubação de base, por meio da água de irrigação em todos os vasos, com macronutrientes, conforme recomendação de adubação proposta por Brasil *et al.* (2020) e com micronutrientes, segundo Malavolta (2006). Sendo 100 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ K, 70 kg ha⁻¹ de SFS e 50 kg ha⁻¹ de micronutrientes (FTE BR 12). Correspondendo a 0,45 g/vaso de ureia; 0,26 g/vaso de cloreto de potássio; 0,44 g/vaso de superfosfato simples e 0,13 g/vaso de FTE, respectivamente.

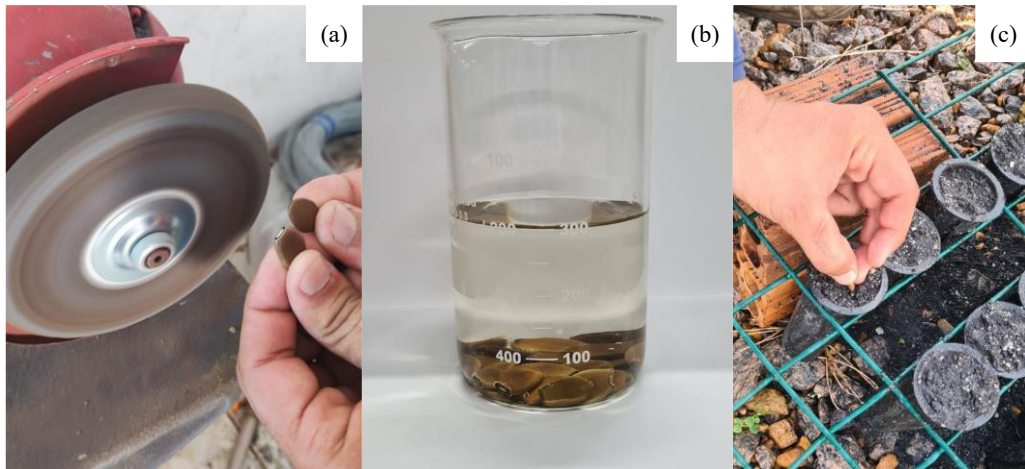
Durante a condução do experimento, a umidade do solo foi mantida próximo a 70% do volume total de poros, condição de capacidade de campo, completando-se com água quando necessário, de acordo com o método de estimativa de evapotranspiração diária das plantas, conforme descreve Salvador (2011).

4.6 Produção das mudas de paricá

As sementes foram adquiridas do banco de sementes da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Essa espécie apresenta um comportamento ortodoxo, permitindo que as sementes sejam conservadas por longos períodos (Araújo *et al.*, 2016). Elas formam armazenadas em garrafas plásticas transparentes, em condições de temperatura ambiente em torno de ± 28 °C.

Para o processo de produção das mudas, foram utilizadas sementes de *S. amazonicum*, submetidas à quebra de dormência física, com escarificação do tegumento, e embebição por duas horas, segundo metodologia descrita por Leão e Carvalho (1995). Após este processo as sementes foram dispostas em tubetes preenchidos com 54 cm³ de areia e terra preta em uma proporção 2:1 (Figuras 6a, 6b e 6c). Aos 9 dias após a semeadura, foi verificada as primeiras germinações, e as mudas estavam consideradas aptas ao transplante aos 20 dias após o início das germinações, quando atingiram aproximadamente 15 cm de comprimento da parte aérea (Viera; Weber; Scaramuzza, 2020).

Figura 6 – Etapas do processo de quebra de dormência física com uso de lixa mecanizada (a), embebição em água (b) e semeio (c). Porto Grande, Amapá, Brasil.

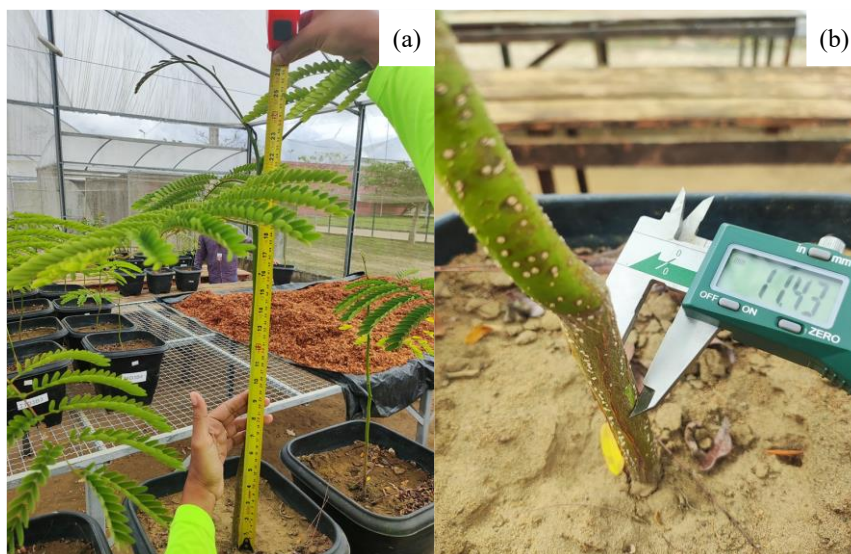


Fonte: Autor (2024).

4.7 Variáveis analisadas

As plantas jovens de paricá foram cultivadas por um período de 107 dias após o transplântio, sendo realizadas as medidas da altura da planta, com trena graduada a 5 cm da superfície do solo (Figura 7a); e o diâmetro de caule, com paquímetro digital (Figura 7b). Em seguida, o solo dos vasos foi revolvido e o sistema radicular das plantas retirado e lavado cuidadosamente para a retirada de resíduos de solo.

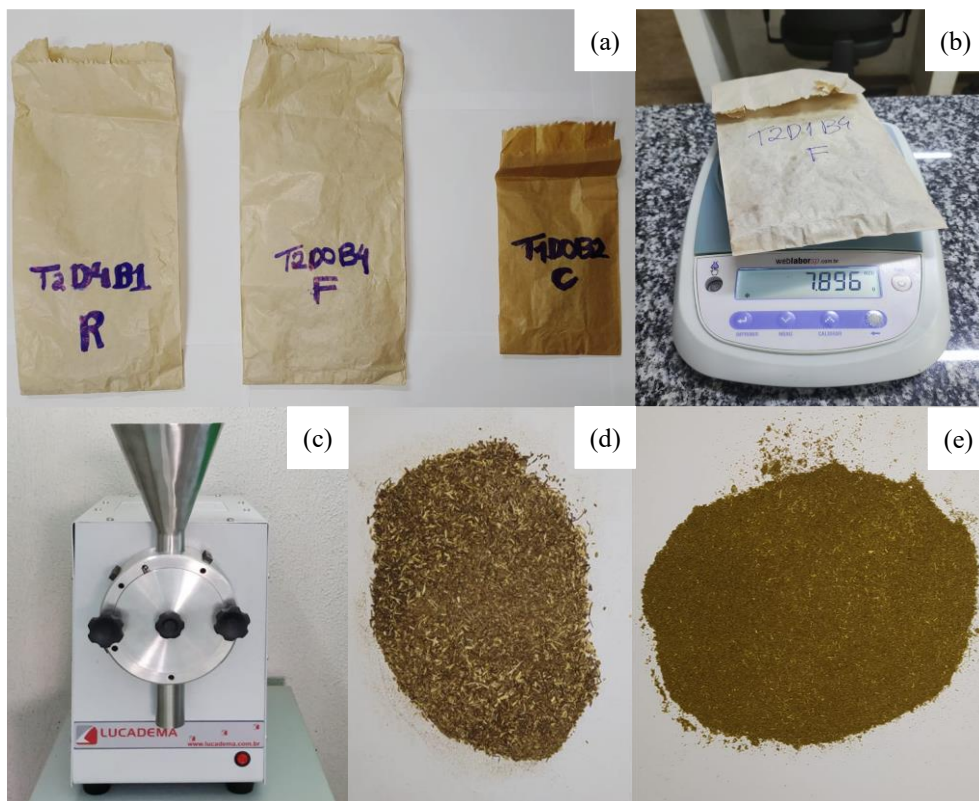
Figura 7 - Coleta dos dados biométricos de altura da planta (a) e do diâmetro do caule (b) das plantas jovens de Paricá submetido a aplicação de doses de pó de brita em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.



Fonte: Autor (2024).

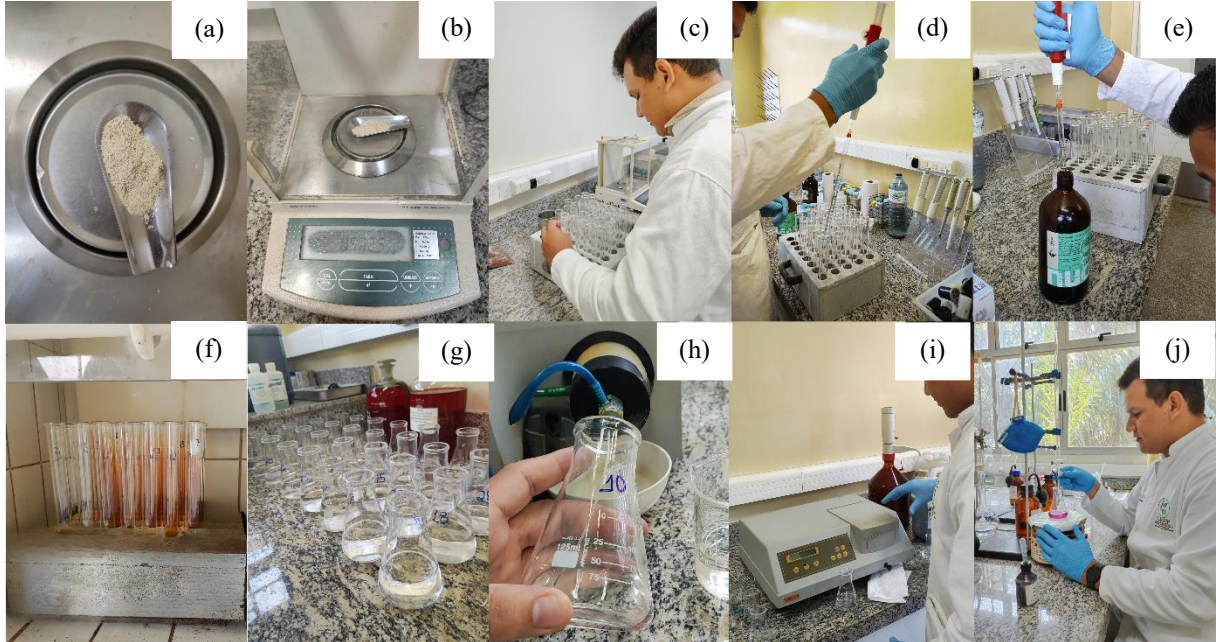
O material vegetal do paricá foi separado em parte aérea (folhas e caules) e raízes, acondicionado em sacos de papel; e em seguida foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65-70 °C por 72 h, até atingir massa constante, para obtenção da matéria seca. Após obter a matéria seca de folha (MSF), matéria seca de caule (MSC) e matéria seca das raízes (MSR), as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Figura 8); e em seguida submetidas às digestões nitroperclórica e sulfúrica, conforme metodologia da Embrapa (2017) (Figura 9).

Figura 8 - Matéria seca das folhas, caule e raiz das plantas de jovem de paricá (a), passagem da matéria seca das folhas raiz e caule (b), após a secagem da matéria, foi moído no moinho do tipo Willey (c) material moído dos compartimentos das plantas jovens de Paricá (d). Porto Grande, Amapá, Brasil.



Fonte: Autor (2024).

Figura 9 - Material do tecido vegetal moído (a), Pesagem do material moído (b), preparo para digestão em tubos de ensaio com 0,5 g por tudo (c), adição de ácido perclórico para digestão (d), adição de ácido nítrico para digestão (e), Digestão por via úmida a 200 °C em bloco digestor (f), soluções mãe para análise de potássio, fósforo, cálcio e magnésio (h), análise de potássio com fotômetro de chama(h), análise de fósforo por meio de espectrofotometria(i) e titulação para determinação de Ca e Mg (j).



Fonte: Autor (2024).

4.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análise de variância, quando significativo pelo teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$) e o efeito das doses de pó de brita com uso do software AgroEstat (Barbosa; Maldonado, 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância apresentou interação significativa entre granulometrias e doses (G x D) para a altura da planta ($p < 0,05$). Para o diâmetro do caule, houve efeito significativo apenas para as granulometrias (G) ($p < 0,05$). A matéria seca da folha foi significativamente afetada pelas doses (D) aplicadas ($p < 0,05$). Não foram observados efeitos significativos dos tratamentos para matéria seca do caule, matéria seca das raízes e matéria seca total. Os coeficientes de variação (CV%) ficaram entre 10,33% e 19,89%, indicando a precisão experimental. A altura das plantas apresentou a maior variação entre os tratamentos (CV = 12,66%), enquanto a matéria seca das raízes teve a menor variabilidade (CV = 10,33%) (Tabela 4). Estes resultados sugerem que a granulometria e as doses de pó de brita influenciam de forma

diferente o crescimento inicial do paricá, contribuindo principalmente a altura e o diâmetro do caule, bem como a produção de matéria seca foliar.

Tabela 4 - Análise de variância para altura da planta (AT), diâmetro do caule (DC), matéria seca da folha (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

Fonte de variação	G.L	Quadrado Médio					
		AT	DC	MSF	MSC	MSR	MST
Granulometria (G)	4	5,06 ^{ns}	3,83 [*]	0,62 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Doses (D)	4	18,79 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,92 [*]	1,33 ^{ns}	0,49 ^{ns}	4,66 ^{ns}
G x D	4	74,85 [*]	1,43 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,43 ^{ns}	6,47 ^{ns}
Erro	27	18,51	0,72	0,54	0,91	0,05	3,29
CV%	-	12,66	15,44	12,7	19,89	10,33	11,11

G.L = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; ** e * = significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autor, 2024.

E para o teor de nutrientes, a análise de variância revelou interações significativas entre G x D para a maioria dos nutrientes avaliados nas folhas, caule e raízes do paricá. Nas folhas, observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) em relação as doses de pó de brita para todos os macronutrientes (P, K, Ca+Mg, Mg), enquanto que o fator granulometria influenciou ($p < 0,01$) apenas o teor de Mg (Tabela 4).

No caule, tanto as doses quanto a interação (G x D) foram significativas para todos os nutrientes, com a granulometria afetando significativamente P, K e Mg mas não Ca+Mg (Tabela 4). Nas raízes, as doses influenciaram significativamente Ca + Mg e Mg, a granulometria afetou Ca + Mg e Mg, e a interação (D x G) foram significativas para P, Ca+Mg e Mg (Tabela 4).

Os coeficientes de variação oscilaram entre 6,33% e 29,76%. Os menores coeficientes de variação (CV%) foram observados para Ca+Mg nas folhas (6,33%) e P nas raízes (7,84%), enquanto os maiores foram para Mg no caule (29,76%) e nas raízes (22,63%). Estes resultados sugerem que tanto as doses quanto a granulometria do pó de brita influenciam significativamente a absorção e distribuição de nutrientes no paricá, com efeitos variáveis dependendo do nutriente e do órgão da planta analisado (Tabela 5, 6 e 7).

Tabela 5 - Fonte de variação para o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas folhas de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

Fonte de variação	G.L	Quadrado Média			
		P	K	Ca+Mg	Mg
Doses (D)	4	0,15**	4,78**	0,88**	36,21**
Granulometria (G)	1	0,01 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	39,67**
D x G	4	0,08**	3,86**	0,15*	9,81*
Erro	27	0,01	0,37	0,04	3,51
CV%	-	10	9,07	6,33	20,40

G.L = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; ** e * = significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autor, 2024.

Tabela 6 - Fonte de variação para o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) no caule de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

Fonte de variação	G.L	Quadrado Médio			
		P	K	Ca+Mg	Mg
Doses (D)	4	0,01**	1,85**	0,45**	0,93**
Granulometria (G)	1	0,01*	2,31*	0,19 ^{ns}	1,01**
D x G	4	0,01**	3,38*	0,47**	0,91**
Erro	27	0,001	0,45	0,08	0,03
CV%	-	19,40	15,20	17,73	29,76

G.L = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; ** e * = significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autor, 2024.

Tabela 7 - Fonte de variação para o teor de fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas raízes de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

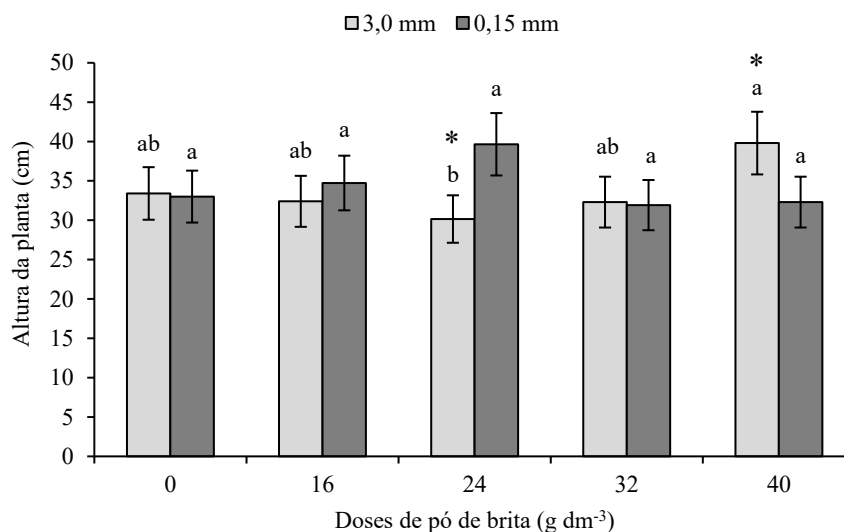
Fonte de variação	G.L	Quadrado Médio		
		P	Ca+Mg	Mg
Doses (D)	4	0,001 ^{ns}	0,15*	31,97**
Granulometria (G)	1	0,003 ^{ns}	0,31*	26,69**
D x G	4	0,003*	0,29**	9,73**
Erro	27	0,001	0,05	1,65
CV%	-	7,84	9,94	22,63

G.L = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; ** e * = significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autor, 2024.

5.1 Análises biométricas

A altura da planta apresentou interação significativa entre doses x granulometrias, com as doses 0,24 e 40 dm^{-3} , com granulometria 0,15m 3,0 mm, atingindo 39,65 e 39,8 cm de altura, respectivamente. Com um quadrado médio de (74,85), indicando que as variáveis influenciam conjuntamente o crescimento das plantas jovens de Paricá (Figura 10). As doses mostraram um efeito significativo ($p < 0,05$), enquanto a granulometria não apresentou significância isoladamente.

Figura 10 - Altura de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.



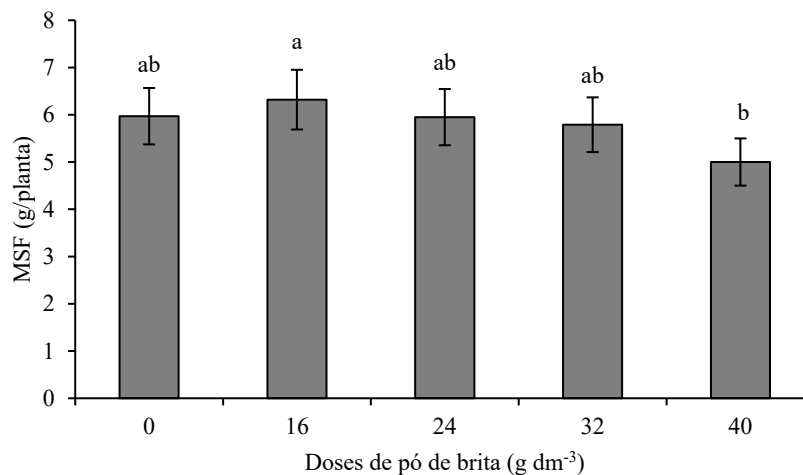
Barras verticais representam os erros-padrão das médias. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2024).

O uso de pó de brita combinado com a colagem, proporcionam o aumento do pH de solos ácidos que pode ter proporcionado maior crescimento das plantas. Em consonância com os achados de Batista *et al.* (2013), que observaram uma redução nos teores de alumínio trivalente (Al^{3+}) em resposta à adubação com brita e adição de calcário, podemos inferir que a adubação e o uso de pó de rocha contribuem para a melhoria das condições químicas do solo, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Para a MSF houve efeito significativo apenas para o fator doses com um quadrado médio de 1,92, significativo a $p < 0,05$ para a dose de $0,16 \text{ g dm}^{-3}$. Não foram observados efeitos significativos para o fator granulometrias nem para a interação entre G x D (Tabela 4).

Em trabalhos com Eucalipto (*Eucalyptus benthamii*) foram observados um aumento no incremento das doses de pó de brita nos solos, com uso de agrominerais, demonstrando efeitos positivos sobre fatores do crescimento como a MSF, e a nutrição das plantas com dose aproximada a estudada de ($0,20$ e $0,40 \text{ g dm}^{-3}$) (Figura 11), promovendo maior crescimento das plantas, que e passam por diversos metabólicos, de maneira que não apenas gera macronutrientes, mas também em micronutrientes e elementos benéficos (Silva *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013; Souza, 2022).

Figura 11 - Matéria seca das folhas (MSF) de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.



Barras verticais representam os erros-padrão das médias. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autor (2024).

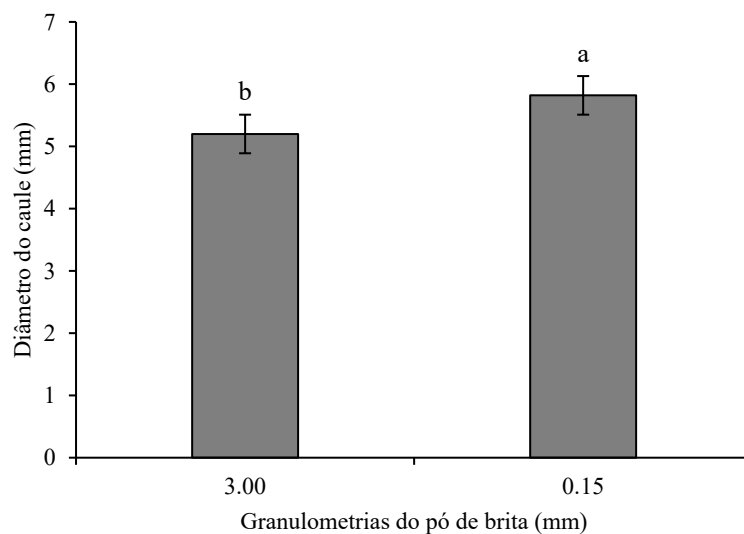
O desenvolvimento foliar e a translocação de nutrientes nas plantas, especialmente durante os estágios iniciais de crescimento, são processos complexos que podem ser influenciados por diversos fatores. As folhas desempenham um papel crucial na fotossíntese, que é fundamental para o desenvolvimento geral da planta, e a distribuição dos nutrientes na

planta não é uniforme. Elementos como K, P, Ca e Mg sendo alocados em quantidades diferentes em partes específicas, como as folhas e em algumas situações, fatores como a interceptação podem afetar esses processos de forma isolada, contribuindo para a complexidade do desenvolvimento e nutrição das plantas (Silva *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013; Souza, 2022).

O diâmetro do caule teve efeito significativo ($p < 0,05$) atingindo 5,82 mm de diâmetro, apenas para o fator G, com um quadrado médio de 3,83. Não foram observados efeitos significativos para o fator D nem para a interação G x D. Estes resultados sugerem que a granulometria do pó de brita influenciou significativamente o diâmetro do caule das plantas, enquanto as doses aplicadas e a interação entre granulometria e doses não tiveram impacto significativo neste parâmetro de crescimento.

A granulometria é um fator crucial para a viabilidade do uso de pós de rocha na agricultura e seu efeito nesta parte da planta é importante, onde o caule do paricá é a sua matéria comercializável, com atividade da madeira para diversas atividades. Com granulometria de 0,15 mm a menor granulometria utilizada neste trabalho (Figura 12), evidencia característica importante já que desempenha um papel fundamental na velocidade de dissolução do material. Sendo que partículas mais finas proporcionam uma dissolução mais rápida dos minerais, e essa propriedade é essencial para determinar a eficácia e a aplicabilidade dos pós de rocha como fonte de nutrientes para as culturas agrícolas, influenciando diretamente na disponibilidade dos elementos minerais para as plantas (Osterroht, 2003; Sustakowski, *et al.*, 2025).

Figura 12 – Diâmetro do caule de plantas jovens de paricá submetidas a granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.



Barras verticais representam os erros-padrão das médias. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2024).

5.2 Teores de macronutrientes do tecido vegetal

Os nutrientes no tecido vegetal foliar das plantas jovens de paricá tiveram efeito significativo das doses para todos os nutrientes avaliados P, K, Ca+Mg e Mg ($p < 0,01$) (Figura 13). A granulometria apresentou efeito significativo apenas para o teor de Mg $p < 0,01$ (Figura 13) observou-se interação significativa entre G e D para todos os nutrientes, sendo P e K a $p < 0,01$, e Ca+Mg e Mg a $p < 0,05$ (Figuras 13a, 13b, 13c e 13d). As doses que proporcionaram efeitos significativos foram $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ e interação par dose $0,40 \text{ g dm}^{-3}$ para P, $0,32 \text{ g dm}^{-3}$ para K, $0,32$ e $0,40 \text{ g dm}^{-3}$ para Ca+Mg, e $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ para Mg. A granulometria que influenciou significativamente o teor de Mg foi $0,15 \text{ mm}$.

A composição do pó de brita, apresenta uma fonte primária de rochas félsicas, possuindo teores adequados de potássio (K) (Figura 13a). Esta característica é corroborada pela análise do pó de brita, que demonstrou um aumento significativo na quantidade de K, utilizado para fertilização. A análise dos teores de K na matéria seca da parte aérea, tanto nas folhas quanto no caule, indicou que a dose de $0,32 \text{ g dm}^{-3}$ proporcionou os melhores resultados em termos de quantidade de potássio no tecido vegetal das folhas.

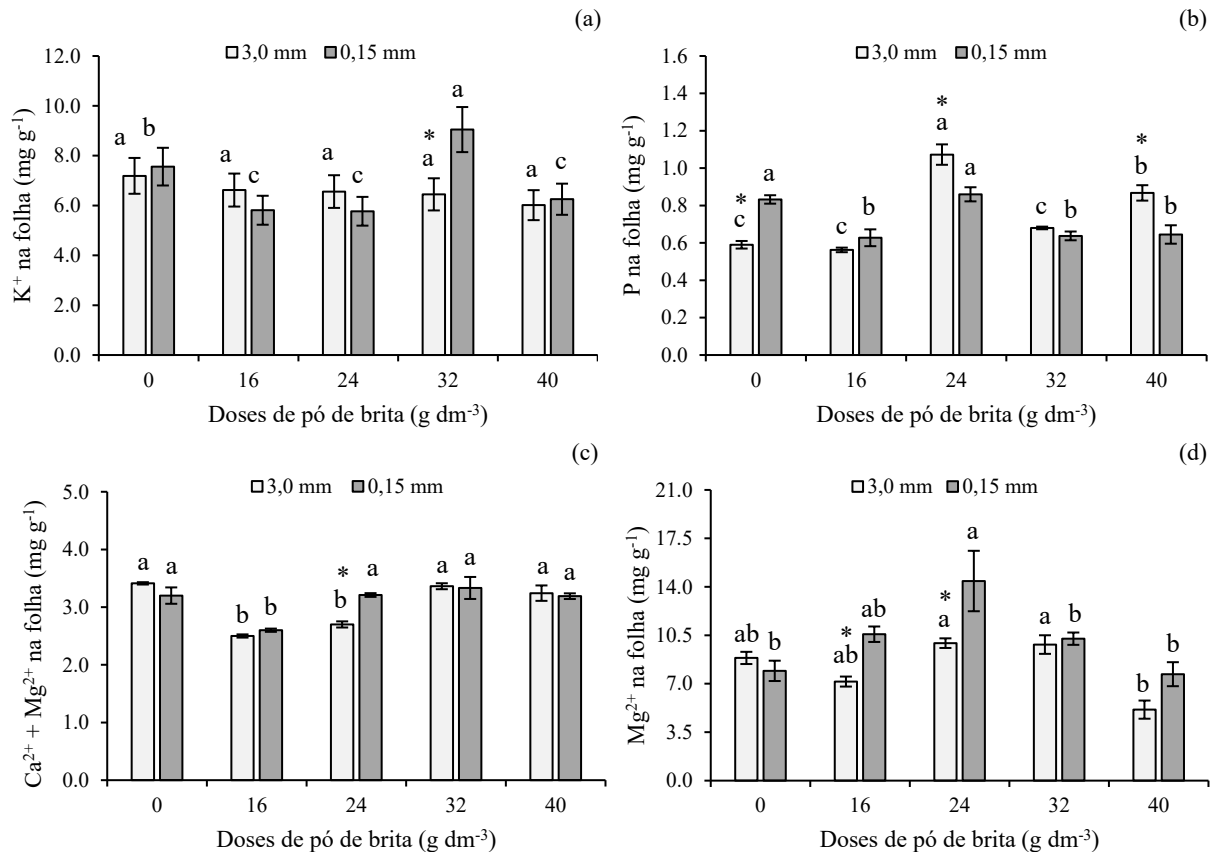
Ribeiro *et al.* (2010) verificaram maior facilidade de liberação de K utilizando rochas félsicas moídas como pó de britagem, com o K disponível sendo absorvido pelas plantas de soja durante o crescimento. Adicionalmente, uma pesquisa realizada no Sri Lanka demonstrou que fertilizantes à base de rochas graníticas e basálticas, provenientes de resíduos de rochas trituradas, liberaram até 65% de K e Mg, evidenciando o potencial dessas rochas na fertilização do solo e nutrição das plantas o que corrobora com os achados desse estudo também para o fator magnésio (Figura 13d).

Os íons de Mg são fundamentais para o metabolismo da planta, pois, além de participar da constituição da molécula de clorofila, é o nutriente que mais atua na ativação enzimática, sendo co-fator de quase todas as enzimas fosforilativas, as quais são essenciais aos processos de respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (Malavolta *et al.* 1997) Isso indica que as plantas jovens tendem a alocar uma quantidade significativa de K para suas partes em desenvolvimento ativo como as folhas.

A utilização de resíduos de rocha na agricultura pode ser justificada pelo aumento significativo no teor de Ca+Mg no solo, o que se reflete positivamente na nutrição das plantas (Figura 13c). O Mg desempenha funções cruciais no metabolismo vegetal, sendo um componente essencial da molécula de clorofila e atuando como ativador de diversas enzimas (Malavolta, 2006). Além disso, este nutriente tem um papel importante como carreador de

fósforo, contribuindo para uma melhor absorção e utilização deste elemento pelas plantas (Figura 13b).

Figura 13 - Teor de potássio (K), fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas folhas de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

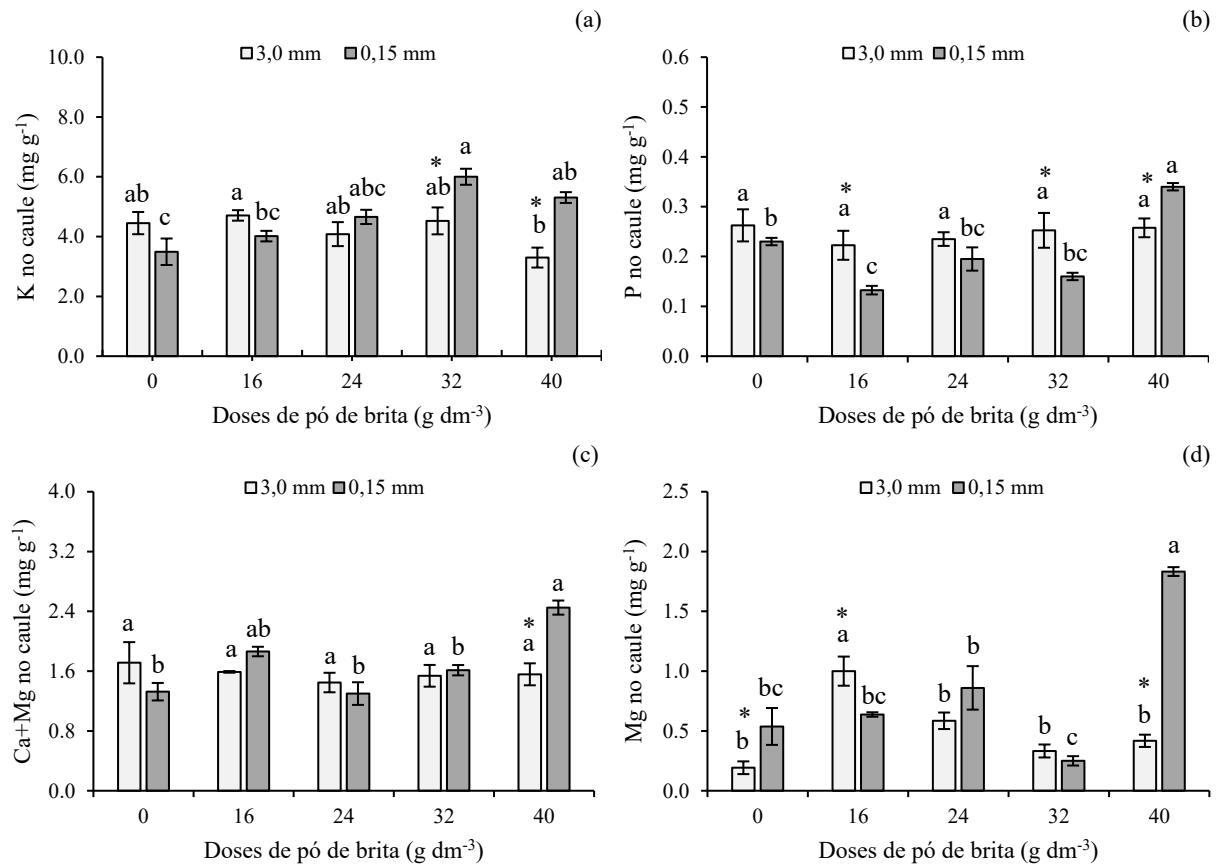


Barras verticais representam os erros-padrão das médias. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2024).

Para o teor de nutrientes no tecido vegetal do caule, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que o pó de brita apresenta incremento de P disponível nas doses de (0,24 e 0,40 g dm⁻³) de K (0,32 g dm⁻³), e para Mg de (0,16 e 24 g dm⁻³) além de níveis ideais para valores de magnésio com granulometria de 3 mm (Figura 14a).

Em contrapartida, foram observados baixos teores de cálcio Ca. E isso pode ter ocorrido devido a composição da rocha, já que pode existir diferença na composição da mesma fornecendo alguns elementos em maiores níveis que outros, onde ocorreu uma maior disposição de Mg em relação ao Ca (Figuras 14c e 14d) (Toscani; Campos, 2017), além de que os altos teores de Mg podem ter efeito antagonista que gera uma menor absorção de Ca (Fernades *et al.*, 2018).

Figura 14 - Teor de potássio (K), fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) no caule de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.



Barras verticais representam os erros-padrão das médias. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2024).

Caires e Fonseca (2000), contribui que, possivelmente pode ter ocorrido o que eles denominam de “absorção de luxo” do nutriente pela planta. Essa situação sugere que, apesar do acúmulo elevado de Mg, isso não se traduziu em um aumento proporcional na produção. Essa reflexão destaca a importância da solubilidade e da forma como os nutrientes são disponibilizados para a planta, fatores que influenciam não apenas a absorção, mas também a eficiência do uso dos nutrientes.

Outros estudos contribuem para o entendimento da dinâmica no P e Mg no tecido caulinar (Figuras 14b e 14d). Esses resultados estão em consonância com as afirmações de Ernani *et al.* (2001), que destacam que o fosfato natural apresenta maior dissolução em condições de solos tropicais. Assim, os dados apresentados aqui permitem inferir que o uso de remineralizadores não apenas aumenta as substâncias e parâmetros físico-químicos responsáveis pela fertilidade, na nutrição de plantas, e que apresentando um importante efeito

residual no caule, alinhado com os achados de outros estudos, como os de Waigwa *et al.* (2003), Almeida *et al.* (2007) e Husnain *et al.* (2014).

Além que em condições de bom suprimento de nutrientes, onde após ser absorvido pelas raízes é transportado no xilema até as folhas novas e retranslocado como dos caules para as raízes considerando a ordem decrescente $K > Ca > P > Mg$ (Malavolta *et al.* 1997).

E o processo físico pode ter contribuído, já que a moagem da rocha resulta em pó de granulometria muito fina, contribuindo para aumentar a reatividade no solo; partículas com diâmetro entre argila e silte liberam os nutrientes mais facilmente, segundo (D'Oliveira *et al.*, 2023).

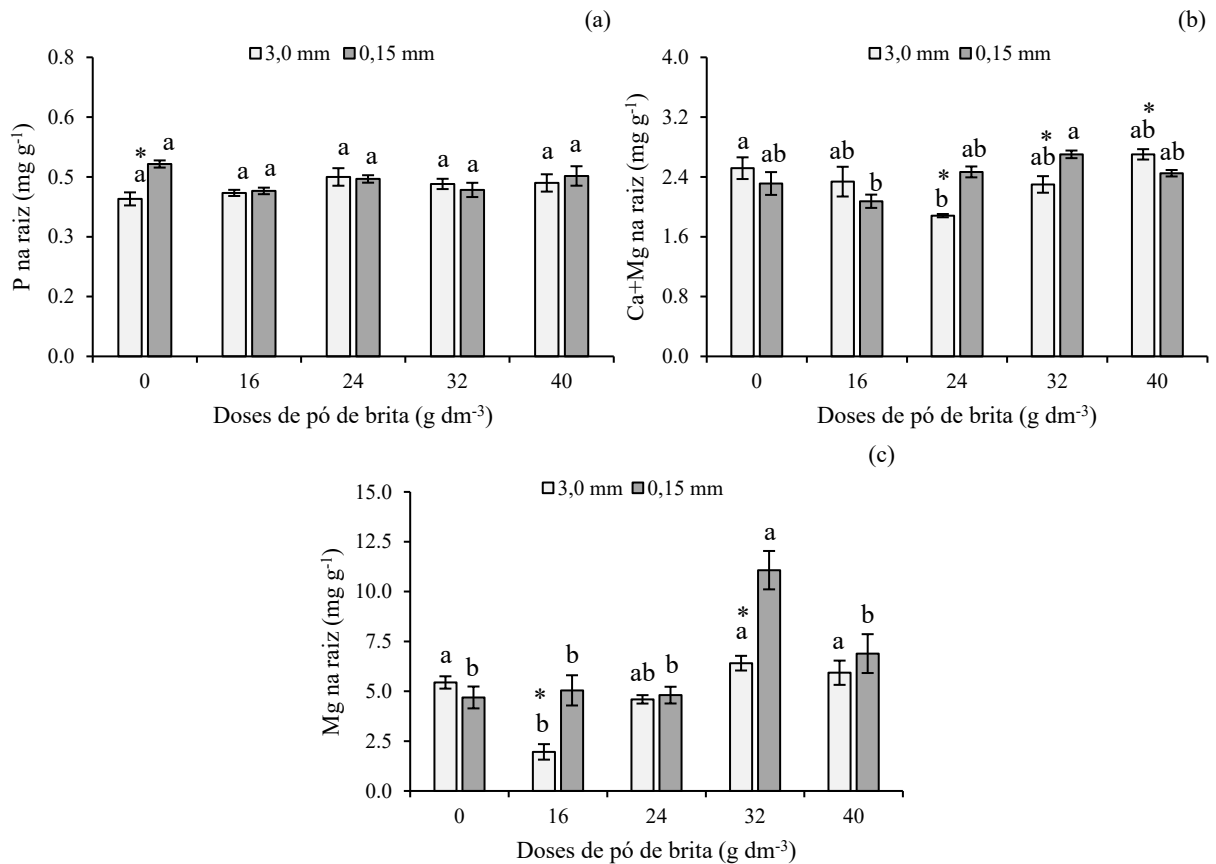
Portanto, acredita-se que o incremento desses elementos com a fertilização de pó de brita no tecido caulinar para o desenvolvimento desse tecido vegetal é importante, tanto para a nutrição das plantas e para o desenvolvimento desse órgão, já que é a parte fundamental na comercialização e uso da madeira, além da sustentação, onde corrobora a granulometria no diâmetro do caule (Figura 12) e os teores dos macronutrientes no tecido vegetal.

Os teores de nutrientes nas raízes das plantas jovens de paricá tiveram para o P, apenas a interação entre G e D foi significativa ($p < 0,05$) para dose de $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ (Figura 15a), enquanto os fatores isolados não apresentaram efeito significativo. O teor de $Ca+Mg$ mostrou-se influenciado significativamente tanto pelas doses de $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ a $p < 0,05$ quanto pela granulometria $0,15 \text{ mm}$ ($p < 0,05$), com interação significativa ($p < 0,01$) entre esses fatores (Figura 15b). O Mg apresentou respostas significativas ($p < 0,01$) para granulometria e sua interação (Figura 15c).

A eficiência de absorção e dos teores de P, $Ca+Mg$ e Mg, pode inferir-se que está relacionado a condições das espécies amazônicas, por serem caracterizadas pela sua adaptação em solos com baixa fertilidade. E estudos com a dinâmica com absorção de P na relação solo-planta, são comumente encontradas altas concentrações de fósforo, isso está normalmente associado à menor suscetibilidade dessas espécies a condições de estresse nutricional (Fernandes *et al.*, 2000; Ostertag, 2010; Valadares, *et al.*, 2015).

Esta abordagem aproveita a capacidade natural das plantas de extrair nutrientes e outros elementos do solo, água e ar, aplicando-a à remoção de contaminantes inclui bioacumulação, biossorção e fitorremediação sendo o uso de plantas para absorver os poluentes através das raízes e translocação para a parte superior da planta sendo a raiz o mecanismo inicial de retirada dos solos esses elementos (Rezania *et al.*, 2016.). E existe estudos comprovados, que o paricá (*Schizolobium amazonicum*) é uma planta potencialmente fitoremediadora (Bastos, *et al.*, 2024).

Figura 15 - Teor de potássio (K), fósforo (P), cálcio+magnésio (Ca+Mg) e magnésio (Mg) nas raízes de plantas jovens de paricá submetidas a doses e granulometrias de pó de brita, em casa de vegetação, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.



Barras verticais representam os erros-padrão das médias. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2024).

Assim, elas acumulam nutrientes ao longo do tempo, mesmo em solos pobres, devido ao seu metabolismo mais lento e à menor demanda por nutrientes para o crescimento, as espécies adaptadas a solos pobres, portanto, demonstram uma estratégia de sobrevivência baseada na eficiência do uso de nutrientes e na tolerância a condições adversas, em vez de na capacidade de absorção rápida de nutrientes do solo.

6. CONCLUSÃO

O pó de brita como fertilizante no parâmetro de crescimento teve achados em reação principalmente ao diâmetro do caule onde a granulometria afetou positivamente, com granulometria de 0,15 mm, além da dose $0,32 \text{ g dm}^{-3}$ contribuiu para maior altura 39,8 cm, com interação, e a dose de $0,16 \text{ g dm}^{-3}$ na matéria seca da folha.

Para os teores de nutrientes nas folhas, caule e raiz a menor granulometria de 0,15 mm obteve melhor dinâmica de disponibilidade em relação aos elementos de K, Ca+Mg e Mg, fator diferente para o P com granulometria de 3,0 mm nas doses de $0,32$ e $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ obteve melhor absorção, respeitando as quantidades no tecido vegetal do Folhas > Caule > Raiz.

E encontrado uma elevada disponibilidade de magnésio no tecido vegetal nas plantas jovens de Paricá, apontando, infere-se a possibilidade de ser também utilizado como elemento de correção da acidez do solo, necessitando de maiores estudos para comprovações.

Embora nas análises de crescimento, não tenham atingido resultados satisfatórios para maioria das variáveis analisadas, algumas características como granulometria em fatores isolados como doses mostram potencialidades no uso como fertilizante, como os níveis de macronutrientes no tecido vegetal, necessitando ainda de maiores estudos a fim de corroborarem com o presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.; SILVA, F.J.P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no Sul do Brasil. **Agriculturas**, v.4, n.1, p.7-10, 2007.
- ALOVISI, A. M. T. RODRIGUES, R. B.; ALOVISI, A. A.; TEBAR, M. M.; VILLALBA, L. A.; MUGLIA, G. R. P.; K. A. I, P. M. Uso do pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da soja. **Research Society and Development**, v. 10, n. 6, p. 1-12, 2021.
- ALOVISI, A. M. T., TAQUES, M. M., ALOVISI, A. A., TOKURA, L. K., DA SILVA, J. A. M., CASSOL, C. J. Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. esp., p. 918-932, 2020.
- ALOVISI, A. M.T.; TAQUES, M. M.; ALOVISI, A. A.; TOKURA, L. K.; da SILVA, R. S.; PIESANTI, G. H. L. M. Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de pó de basalto. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 69-79, 2017.
- ALVES, L.W.R.; CASTRO, G.S.A. Produção de grãos: potencial para geração de riqueza no cerrado do estado Amapá. Macapá: Embrapa Amapá, 2014.
- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I. Improving chemical properties of a highly weathered soil using finely ground basalt rocks. **Catena**, v. 124, n.142, p. 147-161, 2015.
- ARAÚJO, A. V.; CAMARGO, M. A. D. S.; FERRAZ, A. P. F.; BRITO, A. C. V. Comparação de métodos para avaliar o teor de água em sementes de paricá (*Schizolobium parahyba*). **Revista Biociências**, v. 22, n. 2, p. 71-77, 2016.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat - **Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Versão 1.1.0.712, 2014.
- BARDIVIESSO, E. M.; BATISTA, T. B.; BINOTTI, F. F. D. S.; COSTA, E.; DA SILVA, T. A.; LIMA LANNA, N. D. B.; PETRONILIO, A. C. P. Pre-germination treatments of paricá (*Schizolobium amazonicum*) seeds. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 36, n. 4, p. 1193-1202, 2020.
- BASTOS, A. S. M.; ALVES, A. C. B.; BARROS, L. T. C.; GOMES, L. S.; NASCIMENTO, C. M.; RIBEIRO, D. M.; NOGUEIRA, G. A. S.; OLIVEIRA NETO, C. F. Avaliação de efeitos de cromo e 24-Epibrassinolídeo em parâmetros biométricos de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (PARICÁ). **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 6, p. 13-44, 2024.
- BATISTA, N. T. F.; RAGAGNIN, V. A.; GÖRGEN, C. A.; MARTINS, É. D. S.; BIZÃO, A. A.; MORAIS, L. D.; ARRUDA, E. **Uso de pó de rocha como condicionador de solos e fertilizante em cultura de cana-de-açúcar**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. Anais [...]. Poços de Caldas: [s.n.], 2013. p. 1-399.
- BEERLING, D. J.; KANTZAS, E. P.; LOMAS, M. R.; WADE, P.; EUFRASIO, R. M.; RENFORTH, P.; BANWART, S. A. Potential for large-scale CO₂ removal via enhanced rock weathering with croplands. **Nature**, v. 583, n. 7815, p. 242-248, 2020.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.

BOSOKI, R.; CREMON, C.; NILBE, C. M.; CREMON, T.; SILVA, A. N.; MANDARINO, A. P.; SILVA, G. F.; FREITAS, S. E. Otimização econômica na seleção de fertilizantes em propriedades rurais. **Global Science & Technology**, v. 10, n. 2, p. 49-57, 2017.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.

BRASIL. Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016. **Estabelece normas para a execução do programa de gestão de resíduos sólidos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 mar. 2016. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106>. Acesso em: 30 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, **incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 150, n. 240, p. 1, 11 dez. 2013.

BRITO, B. N.; SILVA, E. B. Análise multitemporal de uso e cobertura da terra na Reserva da Biosfera do Cerrado. **Ateliê Geográfico**, v. 13, n. 2, p. 73-91, 2019.

BURBANO, D. F. M.; THEODORO, S. H.; DE CARVALHO, A. M. X.; RAMOS, C. G. Crushed volcanic rock as soil remineralizer: a strategy to overcome the global fertilizer crisis. **Natural Resources Research**, v. 31, n. 5, p. 2197-2210, 2022.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CARDOZO, E.; PINTO, V.; NADALETI, W.; THUE, P.; SANTOS, M.; GOMES, C.; VIEIRA, B. Sustainable Agricultural Practices: Volcanic Rock Potential For Soil Remineralization. **Journal of Cleaner Production**, v. 466, p. 142-876, 2024.

CASTRO, J. P. V.; LEANDRO, W. M.; BRASIL, E. P. F.; FERREIRA, K. R. S.; OLIVEIRA, C. B. A.; PASSOS, P. B. Parâmetros fitotécnicos e edáficos na cultura da soja (*Glycena max*) e a arroz (*Oryza sativa*) em classes de solos com uso de remineralizador de micaxisto. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. 59-61, 2022.

CLAESSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C. D.; LAMEIRA, O. A.; GAZEL FILHO, A. B. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará-PA (Brasil). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 679-687, 2015.

COSTA, A. A.; MASCARENHAS, A. R. P.; DOS SANTOS, C. M. M.; FARIA, C. E. T.; DUARTE, P. J.; CRUZ, T. M. Caracterização tecnológica de painéis engenheirados produzidos com madeira de paricá. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-21, 2020.

COSTA, W. J. P. Plano de Mineração do Estado do Amapá 2019-2030. 21.ed. Macapá, AP: Agência de Desenvolvimento Econômico do Amapá, 2019. 80 p.

DETTMER, C. A.; ABREU, U. G. P. de; GUILHERME, D. de O.; FERRARI NETO, J.; DETTMER, T. L. **Uso de 'pó de rocha' em sistemas de produção agrícola: breve análise sobre viabilidade técnica.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, 4., 2020, Naviraí. Anais... Naviraí: UFMS, 2020. p. 123-130. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112890.htm>. Acesso em: 31 jan. 2025.

D'OLIVEIRA, P. S.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E. Uso de pó de rocha em plantas forrageiras. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2023. 32 p.

DUCA, C.; YOKOMIZO, H.; MARINI, M. A.; POSSINGHAM, H. P. Cost-efficient conservation for the white-banded tanager (*Neothraupis fasciata*) in the Cerrado, central **Brazil**. **Biological Conservation**, v. 142, n. 3, p. 563-574, 2009.

DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O. D. Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 3, p. 473-488, 2022.

EDWARD, W. O. O. **Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado.** 2016. 55 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

EHLERS, T.; ARRUDA, G. O. S. Efeitos de pó de rocha basáltica adicionado em substratos para mudas de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 310-317, 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos.** 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n. 2, p. 573, 2017.

ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FERNANDES, R. O.; NETO, O. L. P.; SANTOS, J. S.; DA SILVA ALMEIDA, A. D.; PICANÇO, L. I. B.; MACIEL, C. G. Dormancy overcoming of *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Caesalpinoideae) seeds. **Revista Ciência Agrícola**, v. 17, n. 3, p. 41-44, 2019.

GOMES, T. O.; PEREIRA, G. M.; AGUIAR, O. J. R. Efeito da profundidade de semeadura na qualidade de mudas e no estabelecimento da janela de plantio de *Schizolobium parahyba* var.

amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby no sudeste paraense. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 128-139, 2021.

HOMMA, A. K. O. **Colhendo da natureza: o extrativismo vegetal na Amazônia**. 1.ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 219 p.

HUSNAIN, H.; KASNO, A.; ROCHAYATI, S. Pengelolaan hara dan teknologi pemupukan mendukung swasembada pangan di Indonesia. **Jurnal Sumberdaya Lahan**, v. 10, n. 1, p. 25-36, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Boletim de monitoramento de queimadas e incêndios florestais – 2022. São José dos Campos: INPE, 2022. 22 p.

JÚNIOR, J. J. A.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; PEROZINI, A. C.; DE SOUSA, J. V. A.; JUNIOR, L. F. R.; LIBERATO, P. V. Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 1-7, 2020.

JUNIOR, O. M S.; SILVA, E. A. C.; AMARAL, C. F. A. C.; MELÉM, T. M. F.; SILVA, W. S.; SILVA, P. S. **Atlas Geográfico Escolar do Estado do Amapá**. Macapá: GERCO/IEPA, 2022.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 6, p. 259-263, 2006.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; RIBEIRO, R. C. C. **Fertilização natural: rochagem, agricultura orgânica e plantio direto: breve síntese conceitual**. In: LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. Anais Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, p. 149-172. 2009.

LEÃO, N. V. M.; CARVALHO, J. E. U. Métodos para superação da dormência de sementes de paricá *Schizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke. **ABRATES**, v. 5, n. 2, p. 169, 1995.

LIMA, V. S.; NASCIMENTO, S. L.; SANTOS, M. C.; NASCIMENTO, B. L. M.; CÉSAR, S. F.; DIAS, J. M. S. Evaluation of the physical and mechanical properties of paricá wood (*Schizolobium amazonicum*) used in the plywood industry in the State of Maranhão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. 1-10, 2022.

LUCENA, V. B.; RAIMAM, M. P.; CARDOSO, N. A.; ALBINO, U. B. Influência de fungos micorrízicos-arbusculares em paricá (*Schizolobium amazonicum*) cultivado no estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 235-241, 2013.

LUCHES, A. V.; DE CASTRO LEITE, I. J. G.; DA SILVA GIARETTA, A. P.; ALVES, M. L.; PIVETTA, L. A.; MISSIO, R. F. Use of quarry waste basalt rock powder as a soil remineralizer to grow soybean and maize. **Heliyon**, v. 9, n. 3, p. 1-9, 2023.

MACHADO, C. T. T.; NASCIMENTO, M. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SENA, M. C. de; SILVA, L. de C. R. Extratores para potássio em solo adubado com pó de rochas silicáticas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 9 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 637 p.

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

MARQUES, K. D. M.; DE LIMA MOREIRA, W. C.; DE FRANÇA SILVA, J.; DO VALE MOREIRA, J. G.; MELHORANÇA FILHO, A. L. Efeito hormético de glyphosate no crescimento inicial de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 9-16, 2020.

MARQUES, V. J.; MARQUES, S. S. Rochagem no sul dos estados do Maranhão e Piauí. *In: Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2013, Poços de Caldas, MG, Resumos, 2013.* 33 p.

MELÉM JUNIOR, N. J.; FARIAS NETO, J. T. de; YOKOMIZO, G. K.-I. Caracterização dos cerrados do Amapá. Macapá: Embrapa Amapá, 2003. 5 p.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. D. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M.; BARROSO, K. D. O. Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 499-506, 2006.

MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012.

MELO, V. F.; WELTER, M. K.; CHAGAS, E. A.; UCHÔA, S. C. Crescimento inicial de mudas de murici em função de doses de pó de rocha. *In: Anais do Iº Simpósio Internacional de Botânica Aplicada e Iº Simpósio Nacional de Frutíferas do Norte e Nordeste*, Lavra: UFLA, 2012. p. 6-8.

NOGUEIRA, G. H. F.; FERREIRA, D. M.; OLIVEIRA, C. M. Reflexos da alta nos preços dos fertilizantes. **Agroanalysis**, v. 43, n. 5, p. 26-27, 2023.

NUNES, J. M G. **Caracterização de resíduos e produtos de britagem de rochas basálticas e avaliação da aplicação na rochagem**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário La Salle, Canoas, RS, 2012.

OGINO, C. M.; GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. Relação dinâmica: Fertilizantes minerais e agricultura brasileira. Texto para Discussão, 2023.

OLIAS, C.; LAJÚS, C. R.; BELLÉ, L. A.; BUSNELLO, F. J.; SAUER, A. V.; OLIVEIRA, S. S.; LUZ, G. L.; CARLESSO, L. C. Nodulação, temperatura, índice SPAD e índice NDVI na soja manejada sob sistema de produção bioagrícola com e sem a utilização do pó de rochas. *In: LAJÚS, C. R. (Org.). Tecnologia e Gestão da Inovação em Sistemas de Produção Sustentáveis*. Campina Grande: EPTEC, 2023, p. 5-9.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. A.; PIMENTEL, M. G.; PICANÇO, M. S. Propriedades mecânicas e análise microestrutural de um concreto produzido com agregado da região Amazônica brasileira. **Matéria**, v. 24, p. 12-29, 2019.

OLIVEIRA, C. P. **O método de avaliação por múltiplos critérios como apoio ao planejamento ambiental: aplicação experimental no cerrado central do Amapá, Brasil**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2009.

OLIVEIRA, M. J. **Diagnóstico do setor mineral do Estado do Amapá**. Macapá: IEPA. 2010. 148 p.

OLIVEIRA, M. J.; MATHIS, A. O recente Ciclo de Mineração no estado Amapá: uma análise preliminar com base na Produção Mineral, Arrecadação de Royalties e Taxa Anual por Hectare (Paper 363). *Papers do NAEA*, n. 1, p. 1-18, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015.

OSTERTAG, R. Foliar nitrogen and phosphorus accumulation responses after fertilization: an example from nutrient-limited Hawaiian forests. **Plant and Soil, The Hague**, v. 334, n. 1, p. 85-98, 2010.

PAGNOL, F.; LAJÚS, C. R.; DE ANDRADE BELLÉ, L.; BUSNELLO, F. J.; SAUER, A. V.; DE OLIVEIRA, S. S.; CARLESSO, L. C. Relação entre índice de vegetação da cultura da soja a partir da produção de bioinsumos on farm manejados com pó de rocha basáltica. *In: LAJÚS, C. R. (Ed.). Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis*. Campina Grande: EPTEC, 2023. p. 123-130.

PASSOS, L. P.; MOREIRA, Y. B.; CASTRO, C. R. T. de; CASTOR, J. de J. S. Contribuições do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *In: Anais do 29.º Workshop de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite – PIBIC/CNPq*, 2024. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2024. p. 9-14.

RABELO, L. K. L.; BAUMANN, S. R. T.; SANTA BRIGIDA, C. A.; DUMMONT, M.; MAESTRI, M. P.; AQUINO, M. G. C.; PALHETA, L. F. Análise da Rentabilidade Financeira de Um Plantio de Paricá (*Schizolobium Amazonicum*), em Santarém-Novo, Pará. **Revista Científica Rural**, v. 25, n. 1, p. 125-146, 2023.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAMOS, C. G.; HOWER, J. C.; BLANCO, E.; OLIVEIRA, M. L. S.; THEODORO, S. H. Possibilities of using silicate rock powder: An overview. **Geoscience Frontiers**, v. 13, n. 1, p. 1-8, 2022.

REIS, C. A. F.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Estado da arte de plantios com espécies florestais de interesse para o Mato Grosso. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 63 p.

REZANIA, S.; TAIB, S. M.; DIN, M. F. M.; DAHALAN, F. A.; KAMYAB, H. Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. **Journal of hazardous materials**, v. 318, p. 587-599, 2016.

RIBEIRO, Í. F. N., DA SILVA, M. C., DA SILVA RODRIGUES, T., DA SILVA, D. S., CARVALHO, C. A. Influência da água sobre a germinação de sementes de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber ex Ducke). **Advances in Forestry Science**, v. 10, n. 1, p. 1959-1963, 2023.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011.

SAMPAIO, R. A.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. Produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 499-503, 2008.

SANTIAGO, T. S., DAMASCENO, L. J., DE CINQUE MARIANO, D., EBLING, A. A., OLIVEIRA NETO, C. F., OKUMURA, R. S. Substratos e doses de fertilizantes de liberação lenta no crescimento e qualidade de Mudas de Paricá. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 3, p. 1-17, 2021.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C. e; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Revista e ampliada, Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 353 p.

SHIMIZU, E. S. C.; PINHEIRO, H. A.; COSTA, M. A.; SANTOS FILHO, B. G. D. Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente. **Revista Árvore**, v. 35, p. 791-800, 2011.

SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 1, p. 231-235, 2018.

SILVA, A.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; COELHO, C. M. M. Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de *Eucalyptus benthamii*. **Revista Floresta**. v. 42, n. 1, p. 69 - 76, 2012.

SILVA, R. C. D.; FERREIRA, E. P.; AZEVEDO, A. C. D. Weathering features of a remineralizer in soil under different land uses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. 1-11, 2021.

SILVEIRA, R.; SILVA, G. F.; BINOTI, D. H. B.; PASCHOA MANHÃES, L.; GONÇALVES, A. F. A.; AQUINO ARAGÃO, M. Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 92, n. 3, p. 597-604, 2017.

SOUSA, J. T. M.; DE SOUSA, G. G.; DA SILVA, E. B.; DE ARAÚJO VIANA, T. V.; DA COSTA FREIRE, M. H.; SIMPLÍCIO, A. Á. F. Desempenho agrônômico de genótipos de

amendoim sob estresse salino e diferentes formas de adubação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 2, p. 1-17, 2023.

SOUZA, F. N. S.; OLIVEIRA, C. G.; MARTINS, É. S.; ALVES, J. M. Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2017.

SOUZA, G. V. L. **Avaliação da eficiência agrônômica do pó de rocha basáltica como remineralizador de solos**. 2022. 75 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2022.

SOUZA, G. V. L. **Avaliação da eficiência agrônômica do pó de rocha basáltica como remineralizador de solos**. 2022. 80 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2022.

SOUZA, J. M. F.; REIS, E. F. D.; MARTINS, A. S.; SANTOS, A. L. F. Avaliação dos conflitos no uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Lamarão, Distrito Federal. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 950-964, 2019.

SUSTAKOWSKI, M. C.; PEREIRA, D. C.; GRILLO, R. P.; BORTOLINI, J.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A. Pó de rocha basáltica associado a plantas de cobertura e cama de frango sobre atributos da fertilidade do solo. **Revista Delos**, v. 18, n. 63, p. 34-45, 2025.

TEBAR, M. M.; ALOVISI, A. M. T.; MUGLIA, G. R. P.; VILLALBA, L. A.; SOARES, M. S. P. Residual effect of basaltic rock powder on the chemical and microbiological attributes of the soil and on the nutritional status of the soybean crop. **Research, Society and Development**, v. 10, p. 304-315 n. 11, 2021.

THEODORO, S.; M. C. H.; LEONARDOS, O. H.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço e Geografia**, v. 9, n. 2, p. 263-292, 2006.

TOSCANI, R. G. S; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.

VALADARES, S. V.; NEVES, J. C. L.; ROSA, G. N. G. P.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A.; LIMA, P. C. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 225-232, 2015.

VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; RODRIGUES, J. E. L. F.; SILVA, A. R. correção da acidez do solo. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. de J. M. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Pará. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

VIDAURRE, G. B.; VITAL, B. R.; OLIVEIRA, A. D. C.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; MOULIN, J. C.; SILVA, J. G. M. D.; SORANSO, D. R. Physical and mechanical properties of juvenile *Schizolobium amazonicum* wood. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, p. 147-161, 2018.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases no crescimento e na qualidade de mudas de paricá. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, p. 1-11, 2020.

VIEIRA, J.; QUINTELLA, C. M. Mapeamento de Ciência (Artigos com RSL) e de Desenvolvimento Tecnológico (Patentes) sobre Agricultura Sustentável visando à Fome Zero (ODS2). **Cadernos de Prospecção**, v. 16, n. 5, p. 1410-1427, 2023.

WAIGWA, M. W.; OTHIENO, C. O.; OKALEBO, J. R. Phosphorus availability as affected by the application of phosphate rock combined with organic materials to acid soils in western Kenya. **Experimental Agriculture**, v. 39, n. 4, p. 395-407, 2003.

YOKOMIZO, G. K. I.; COSTA, L. D. N.; FURTADO, R. G.; SANTOS, E. C.; SANTOS, I. C.; COSTA, L. N.; FURTADO, R. G. Diversidade vegetal, uso agrícola, política fundiária e perspectivas do cerrado amapaense de 2018 a 2022. *In: TÓPICOS ATUAIS EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E URBANO*. Editora Científica Digital, 2022. p. 222-244.

YOKOMIZO, G. K. I.; COSTA, L. do N. O uso do cerrado amapaense e os recursos vegetais. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 6, n. 3, p. 164-177, 2016.

ZANATTA, T. P.; CANTARELLI, E. B.; FONTANA, D.; BREZOLIN, P.; TRENTIN, C.; DELLA FLORA, D.; WERNER, C. J. Análise do desenvolvimento inicial de mudas de *Tabebuia impetiginosa* submetidas a diferentes tipos de substratos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 28, n. 2, p. 102-109, 2016.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. *In: BORGES, A. L. (Ed.). Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá*. Brasília: Embrapa, 2021. p. 263-303.