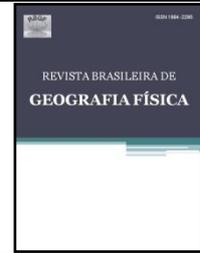




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Viabilidade técnica do uso de gesso reciclado da construção civil como insumo agrícola¹

Hélio Pereira Feitosa¹ & Suzi Huff Theodoro² 1 - Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Universidade de Brasília (PPG-MADER/UnB). E-mail: arkeyd@gmail.com 2 – Pesquisadora Sênior Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Universidade de Brasília (PPG-MADER/UnB). E-mail: suzitheodoro@unb.br

Artigo recebido em 16/09/2019 e aceito em 18/12/2019

RESUMO

A disposição de resíduos de gesso sem os cuidados necessários promove a contaminação do ar, do solo e do lençol freático. Entretanto, há possibilidade de reciclagem e utilização desses materiais como insumo agrícola, os quais podem promover resultados semelhantes ao gesso agrícola no cultivo de culturas de ciclo curto. Essa pesquisa avaliou a viabilidade técnica e o custo da utilização de gesso reciclado derivado da construção civil como substitutivo ao gesso agrícola, por meio de um experimento onde se observou o seu desempenho a campo na neutralização do alumínio trocável e disponibilização de cálcio mais magnésio no solo. Também se comparou o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho na área experimental, que foi composta por nove tipos de tratamento com quatro repetições distribuídos de forma casualizada em 36 parcelas, totalizando uma área de 241,5m². Após o desenvolvimento completo do milho coletou-se amostras de solo de todos os tratamentos e de indivíduos em todas as parcelas, os quais foram separados e pesados. Os resultados demonstraram que o gesso reciclado, se comportou de forma semelhante ao gesso agrícola ou foi mais eficiente na neutralização do alumínio trocável e na melhoria nos índices de Capacidade de Troca Catiônica. Quanto à produção vegetal, verificamos estatisticamente que não houve diferença significativa entre as parcelas. Conclui-se que o gesso reciclado é um substituto eficiente para o gesso agrícola, mas ainda necessita de uma cadeia de reciclagem e beneficiamento que possibilite sua oferta aos agricultores a um custo menor que a do gesso agrícola.

Palavras-chave: Gesso reciclado, reuso de insumos, agricultura periurbana, remineralizador de solos

Technical feasibility of using recycled gypsum of civil construction as an agricultural input

ABSTRACT

The disposal of gypsum waste without observing the necessary precautions can promote the contamination of the air, soil and groundwater. However, there is possibility of recycling of this material as an agricultural input promoting a similar result to the agricultural gypsum in the cultivation of crops of short cycle. The present research evaluated the technical feasibility and the cost of the use of recycled gypsum derived from the civil construction as substitutive to the agricultural gypsum derived from mineral tillage, in an experimental area where was observed the field performance of this material as an input for the exchangeable aluminum neutralization and the availability of calcium plus exchangeable magnesium in the soil. The development and productivity of maize in the experimental area were also compared with nine types of treatments and four replications distributed randomly in 36 plots, which resulted in a total area of 241.5m². After the complete development of the maize cycle, soil samples were collected from all treatments as well as from individuals in all plots that were separated and weighed. The results showed that the gypsum recycled had a similar way to the agricultural gypsum, was more efficient with regard to the neutralization of the exchangeable aluminum and the improvement in the Capacity of Cations Exchange. Regarding plant production, it was verified from statistical treatments that there was no significant difference between plots, but still needs a chain of recycling and processing that enables its offer to farmers at a lower cost than the gypsum

Key words: recycled plaster, reuse of inputs and peri-urban agriculture, soil remineralizer.

¹ O presente artigo é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, aprovada em junho de 2018 no Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, da Faculdade de Planaltina da Universidade de Brasília.

Introdução

A produção de resíduos da construção civil constitui-se em importante risco de dano ao meio ambiente, à saúde pública e à sociedade, conforme exposto por Blumenschein (2004) e Blumenschein, et al. (2013), que afirmaram que a disposição de resíduos é uma parte da cadeia produtiva da indústria de construção que causa impactos ambientais negativos de alta intensidade no solo, no lençol freático, nas águas superficiais, bem como no ar, na flora, na fauna e na paisagem.

De modo geral, tais resíduos são tratados de forma incorreta, notadamente quando da sua deposição, sem os devidos cuidados e, quase sempre, em locais inapropriados. Em especial, os resíduos de gesso, devido principalmente a baixa resistência mecânica, solubilidade e a presença de enxofre, exigem cuidados especiais por seu potencial tóxico de liberação de gases inflamáveis e de contaminação do solo (John & Cincotto, 2003).

Uma variedade considerável de estudos tem sido realizada com o objetivo de encontrar formas de absorver os diversos materiais que compõem os resíduos da construção civil ao longo de sua própria cadeia. Entretanto, outros possíveis usos têm sido negligenciados suscitando a possibilidade de outras práticas ou usos, tais como aqueles propostos nos trabalhos de Lasso (2011) e de Santos (2014), voltados para práticas agronômicas.

A utilização desses resíduos, encontra amparo científico nos pressupostos da rochagem/calagem, que sugerem que o uso de determinados tipos de rochas (ou de seus subprodutos) que se comportam como fonte de uma série de macro e micronutrientes (Leonardos, et. al., 1976, Theodoro, 2000 e Theodoro e Leonardos, 2015, Carvalho et. al., 2018) e, como fonte de cálcio, funcionando como um condicionador de solos.

Para que o gesso, proveniente da reciclagem os resíduos da construção civil, possa ser utilizado como insumo agrícola, basta que ele seja processado e assuma as características de um condicionador de solo. Existe um espaço importante para o uso de gesso reciclado da construção civil como insumo agrícola. Pela analogia entre a sua composição química e a do gesso agrícola, sugere-se que o material descartado pela construção civil se torne apto a ser utilizado na agricultura, com comportamento similar ou comparável ao gesso agrícola. Como vantagem, esse material não necessita dos processos de lavra e beneficiamento mineral, além de estar disponível próximo as áreas de consumo, que em geral

localizam-se em áreas urbanas ou periurbanas.

Partindo dessa presunção, a nossa principal hipótese sugere que esses materiais auxiliam os sistemas radiculares das plantas a explorar um pacote maior de solo, ampliando o acesso à água em camadas subsuperficiais e propiciando um melhor desenvolvimento das culturas e o conseqüente aumento de produtividade. Além disso, o uso de gesso reciclado apresentar-se como uma alternativa com custo menor que o gesso agrícola. Considerando essas hipóteses, o presente estudo teve como principal objetivo a avaliação da viabilidade técnica e o custo da utilização de gesso reciclado derivado da construção civil como substitutivo ao gesso agrícola.

Para além disso, a presente pesquisa procurou avaliar parâmetros de solo, tais como a neutralização do alumínio e disponibilização de cálcio mais magnésio trocável, bem como o desempenho (desenvolvimento e a produtividade) a campo do gesso reciclado utilizando-se da cultura do milho (*Zea mays*).

Para aferir os resultados foi implantado um experimento com nove tipos de tratamentos (quatro tipos de associações de insumos) e mais a parcela controle (dois tipos de gesso entregues no local de plantio, insumos convencionais (NPK) e um remineralizador de solo derivado de uma rocha denominada micaxisto carbonático).

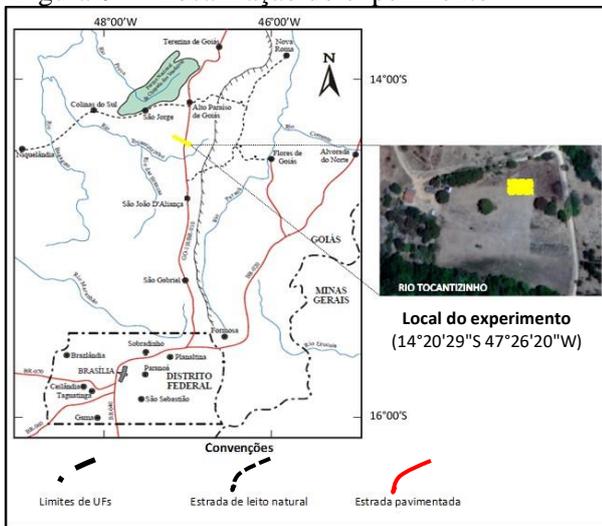
Material e métodos

O gesso utilizado para a condução do experimento da presente pesquisa foi coletado em Planaltina, cidade satélite do Distrito Federal. Nessa Região Administrativa (RA) ele é utilizado tanto em placa quanto o acartonado. O material coletado foi separado manualmente de outros resíduos como papel de sacos de cimento e de gesso-cola (fibra utilizada para unir as placas), metais e materiais diversos rejeitados nos canteiros de obra. Após a separação, o gesso (placas e artigos decorativos) foi fragmentado em partes menores de cerca de 4 cm.

Posteriormente, esses fragmentos passaram pelo processo de moagem, afim de se atingir a granulometria desejada (no mínimo 70%, passante na peneira com 0,84 mm, conforme IN SDA/MAPA nº 35/2006). Na sequência foi feito o peneiramento do material com duas peneiras (malha de 2 mm e de 1 mm), uma vez que segundo a mencionada IN, o gesso para ser comercializado como condicionador de solo deve ser constituído de partículas que deverão passar 100% em peneira de dois milímetros, sendo no mínimo 70% em peneira de 0,84 milímetros e no mínimo 50% em peneira de 0,3 milímetros.

Apesar da matéria prima para a pesquisa ter sido coletada no Distrito Federal, por questões relacionadas à disponibilidade de mão-de-obra, equipamentos e a necessidade de irrigação, o experimento a campo foi desenvolvido na fazenda Monjolinho, localizada no quilômetro 134, da rodovia GO 118, área rural do Município de Alto Paraíso de Goiás, que dista cerca de 146 km de Planaltina, conforme pode ser visto na Figura 01

Figura 01 – Localização do experimento



O município de Alto Paraíso de Goiás está inserido na Área de Proteção Ambiental - APA de Pouso Alto. Foi criada para fomentar o desenvolvimento sustentável e a preservação da flora, da fauna, dos mananciais, da geologia e o paisagismo da região de Pouso Alto, limítrofe à Chapada dos Veadeiros, no estado de Goiás (GOIÁS, 2001). Os tipos de rochas que compõem a geologia dessa região são incluídos no Domínio dos Planaltos, em estruturas sedimentares dobradas, da Faixa de Dobramentos Brasília, sendo relacionados principalmente a metassedimentos de baixo grau metamórfico do grupo Araí (Embrapa, 2001).

A área do experimento está localizada na unidade geomorfológica do Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí cujos solos, conforme Latrubesse (2006) desenvolvem-se principalmente sobre as litologias pertencentes aos metassedimentos do Grupo Araí e embasamento granítico-gnáissico da Faixa Brasília.

Quanto às características climáticas, conforme Ranieri (2011), a classificação de Köppen informa que a região se encontra submetida a um regime climático tropical semiúmido do tipo Aw, típico dos climas úmidos de savanas tropicais, caracterizado por duas estações bem definidas com um verão quente e

chuvoso, entre os meses de outubro a abril, e um inverno frio e seco, entre os meses de maio até meados de outubro.

As características pedológicas e climáticas são semelhantes na área do experimento e em Planaltina.

No que se refere aos materiais utilizados na pesquisa foi efetuada uma série de procedimentos, a fim de averiguar se os tipos de gesso que seriam utilizados possuíam composição química similares e se apresentavam algum tipo de elementos potencialmente tóxico. Para tanto, foram efetuadas análises químicas de três amostras (gesso agrícola, comum e acartonado), no laboratório da SGS-Geosol. Para determinar as características físicas foram coletadas amostras do solo em três profundidades, de 0 a 20, de 20 a 40 e de 40 a 60 centímetros.

O experimento foi constituído por 36 parcelas, considerando a presença de nove tipos de tratamento (quatro combinações de insumos) mais a parcela controle. Cada tratamento teve quatro repetições, com distribuição casualizada, onde cada parcela uma área de 2 m², separadas por entrelinhas com 0,5 m, o que resultou em uma área total de 241,5m².

As combinações de insumos formaram os seguintes tratamentos: Gesso reciclado (GR); Gesso Agrícola (GA); Remineralizador (R); Controle (C); NPK (formulação 4 14 8); Remineralizador (derivado de uma rocha rica em cálcio, magnésio e potássio) e gesso reciclado; Remineralizador mais gesso agrícola (R + GA); NPK mais Gesso reciclado (NPK + GR) e NPK mais gesso agrícola (NPK + GR), conforme pode ser verificado na Figura 02.

Os tratamentos foram organizados em grupos compostos cada um por uma parcela da borda e uma parcela do centro, identificadas pelo tratamento mais os números correspondes às colunas.

Optou-se pela aplicação dos insumos na superfície do solo o que foi feito a lança após o solo passar por aração e gradagem. Na sequência, com o auxílio de uma enxada, foram feitos pequenos sulcos com profundidade aproximada de 5 cm com a finalidade e orientar a aplicação e de demarcar as linhas de plantio (Figura 03).

Após três meses, foi feita uma coleta de amostras de solo na camada de 0 a 20 cm, com auxílio de um trado holandês, em cada uma das parcelas. Em seguida foram homogeneizadas, secas ao ar e tamisadas em peneira com malha de 2 mm de abertura. As amostras foram analisadas no Laboratório CAMPO – Centro de Tecnologias Agrícolas e Ambientais, de Paracatu/MG. Buscou-

se averiguar a disponibilidade de macro e micronutrientes. O Fósforo (P) e o potássio (K) foram avaliadas em espectrofotômetro de absorção molecular e de emissão em chama, respectivamente, após extração em Mehlich-1.

1	2	3	4
GR	C	R+GA	GR
R+GA	NPK+GR	NPK+GA	C
NPK+GA	R	NPK+GR	R+GA
C	R+GR	GA	R+GR
NPK+GR	R+GA	NPK	R
GA	NPK	C	NPK+GA
R+GR	NPK+GA	GR	GA
NPK	GR	R	NPK+GR
R	GA	R+GR	NPK

Figura 02 - Design de implantação do experimento. Onde: GA = Gesso Agrícola; R = Remineralizador; C = Controle e NPK = insumo químico.



Figura 03 - Parcelas durante a aplicação dos tratamentos.

A disponibilidade dos nutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e micronutrientes catiônicos foi determinada em espectrofotômetro de absorção atômica após extração em $KCl\ mol\ L^{-1}$ e Mehlich-1. A disponibilidade de enxofre (S) e boro (B) foi determinada em espectrofotômetro de absorção

molecular após extração em $Ca(H_2PO_4)_2$ em ácido acético e água quente, respectivamente. Os demais parâmetros foram avaliados conforme Donagema et al. (2013).

A quantidade de do gesso aplicado ao solo teve como referência de dosagem a recomendação realizada por Cruz *et al* (2011) para solos argilosos (36 a 60% de argila), na qual ele aponta que devem ser aplicados de 0,8 a 1,2 ton/ha, o que representou 320gramas por parcela, totalizando 11.520 gramas para toda a área.

A cultura instalada foi a de milho (uma variedade crioula de *Zea mays* de ciclo curto (90 a 120 dias) depositando-se duas sementes por berço de plantio, com o espaçamento de 50 cm entre linhas e 50 cm entre indivíduos da mesma linha, totalizando quatro linhas.

Dadas as características do experimento e das amostras coletadas, decidiu-se pela utilização de um método estatístico não-paramétrico, respaldando-se na afirmação de Pontes e Correntes (2001) de que esse tipo de teste tem sido amplamente utilizado quando os dados provenientes de um experimento não possuem normalidade ou homogeneidade de variâncias”

Para tanto, o teste proposto por Kruskal & Wallis (1952) foi selecionado para verificação da efetividade da interação dos tratamentos com o solo, uma vez que permite realizar a comparação de três ou mais grupos em amostras independentes. Considerando que na hipótese nula (H_0) não há diferença entre os grupos e que na hipótese alternativa (H_A) existe uma diferença entre os grupos, foi utilizado o *software livre*, PAST (Paleontological Statistical), que conforme Rodrigues (2016) é um *software* completo que permite realizar análises estatísticas de forma profissional e precisa, compatíveis com *softwares* comerciais.

No caso da presente pesquisa, ao se rejeitar a hipótese nula (H_0), buscou-se investigar quais dos tratamentos diferem entre si através de comparações múltiplas não-paramétricas, por meio do teste *post hoc* proposto por Dunn (1964). Todas as análises foram realizadas com um nível de significância de $p\ valor < 0,05$.

Para comparar o rendimento da produção vegetal das parcelas optou-se pelo Rendimento Biológico aparente (R_{Ba}), que conforme Sperb (2005) representa a massa seca acumulada pela parte aérea da planta no estágio de maturidade e o Índice de Colheita aparente (IC_a), que segundo Colasante & Costa (1981) diz respeito à relação entre o rendimento de grãos e o rendimento biológico, obtido a partir da divisão do peso da massa seca de grãos pelo Rendimento Biológico

aparente, multiplicada por 100.

Assim, para obtenção do Rendimento Biológico aparente foram coletadas amostras de indivíduos em todas as parcelas. Para determinar a quantidade de indivíduos foi calculada uma amostra aleatória simples considerando uma população de 576 indivíduos (16 por parcela), nível de confiança de 95% e margem de erro de 5,28% que resultou na necessidade de coletar 216 indivíduos (seis indivíduos por parcela).

Os indivíduos da amostra foram elegidos seguindo como critérios que em cada parcela fosse coletado um em cada linha (no mínimo) e que a amostra possuísse todas as estruturas da parte aérea, do pendão à espiga, sendo o corte realizado rente ao solo.

Dessa forma a amostra foi coletada e subdividida pelos tratamentos, resultando em cerca de 900 litros de material pesando 65.620 gramas, separado em três tipos: (i) caule, folhas, pendão e palha; (ii) sabugo; e (iii) grãos, seco ao ar livre com temperatura ambiente média de 29 graus Celsius, em área coberta por 30 dias. Após esse período o material foi pesado em uma balança digital de gancho modelo BXD 602, com graduação de 10g.

No que se refere à determinação do custo do gesso reciclado considerou-se os valores relativos ao valor homem/hora de trabalho na construção civil no Distrito Federal, com encargos sociais. Tal opção baseou-se no fato de que a forma como o material foi processado assemelha-se às atividades desse setor. Além disso, adicionou-se o custo de transporte. Já para o gesso agrícola foi utilizado o menor valor de aquisição da tonelada de gesso agrícola, acrescido do frete no Distrito Federal.

Utilização do gesso x disponibilidade de alumínio no solo

Ordinariamente usado na agricultura, o gesso agrícola é constituído por sulfato de cálcio obtido como subproduto da fabricação dos ácidos fosfórico, fluorídrico e bórico e da dessulfurização dos gases de combustão (John & Cincotto, 2007, Snip, 2002 e Pinheiro, 2011).

Esse insumo agrícola possui características químicas que o qualificam como condicionador de solo, pois potencializa a disponibilidade de sulfato de cálcio e magnésio em camadas mais profundas (Sousa *et al* 2005), sem que haja modificação considerável nas camadas superficiais. Além disso, apesar de não alterar o potencial Hidrogeniônico, ele diminui a concentração de alumínio trocável nas camadas subsuperficiais propiciando melhores condições para o crescimento radicular das plantas.

As características supracitadas indicam, de

acordo com Sousa *et al* (2005) e Maschietto (2009), que ao se aplicar o gesso no solo, o sulfato movimenta-se para camadas inferiores acompanhado de cátions, o que aumentaria o teor de cálcio e magnésio e diminuiria a toxidez de alumínio. Essa ação tende a melhorar o ambiente do solo para o desenvolvimento das raízes desde o primeiro ano de aplicação do material.

Vários trabalhos têm demonstrado que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma mais visível dessa toxicidade em plantas, podendo conduzir à deficiência mineral e estresse hídrico (Echart & Molina, 2001). A redução do crescimento da parte aérea ocorre em um momento posterior (Ryan *et al*, 1993; Echart & Molina, 2001) e parece ser uma consequência dos danos que ocorrem na raiz.

O enxofre (S) e o cálcio (Ca) são os principais componentes dos resíduos presentes no gesso. De acordo com Alvarez *et al* (2007), a deficiência de enxofre é fator limitante da produção agrícola em extensas áreas do Brasil, pelo fato de apresentar significativa importância no desenvolvimento das plantas, participando da constituição proteica, na síntese de clorofila, na formação de ferroxidina, entre outros constituintes.

Stripp e Casarin (2010) afirmam que o aumento do teor de nitrogênio no tecido da planta depende do enxofre e ambos são necessários para a formação de aminoácidos e proteínas essenciais na planta, além de possuir papel de defesa contra pragas e doenças ao contribuir com compostos secundários que os contém.

Segundo Blankenau (2007), o cálcio é importante para o crescimento das raízes e dos brotos, aumenta a tolerância ao estresse por calor, vento e frio e a resistência a pragas e doenças, pois atua na alongação e divisão celular. No solo, o cálcio melhora a estrutura, a permeabilidade e a infiltração da água.

Em solos cuja Capacidade de Troca de Cátions observada se apresenta baixa (menor ou igual a 5 cmol/dm³) geralmente tem-se maior lixiviação do nitrogênio e do potássio. Em valores adequados representa, portanto, a capacidade de liberação de vários nutrientes e a redução da ocorrência de efeitos tóxicos, principalmente, do alumínio.

Já o gesso acartonado, utilizado na construção civil, é composto tipicamente por gesso natural hidratado (gipsita), papel, fibras de vidro, vermiculita, argilas, amido e potássio, além de agentes espumantes, dispersantes e hidro-repelentes (John & Cincotto, 2003).

O chamado gesso comum é o utilizado nos blocos de alvenaria, placas para forro e elementos

decorativos, geralmente é obtido como resultado da calcinação da rocha de gipsita (Drywal, 2012).

Considerando tais pressupostos e levando-se em conta que a implementação de sistemas de produção mais sustentáveis e mais baratos vem se tornando uma necessidade, imposta seja por questões ambientais e legais seja pelos aspectos econômicos, será necessário ampliar o desenvolvimento e uso de fontes alternativas de nutrientes para assegurar os níveis de produtividade dos diversos tipos de culturas.

Uma das alternativas que vem rapidamente ganhando adeptos é o uso de fontes minerais – remineralizadores, os quais se enquadram como uma das alternativas para viabilizar a continuidade da agricultura, segundo um padrão mais sustentável (Theodoro & Leonardos 2006).

Os remineralizadores (pós de rochas) de solos se configuram como o principal pressuposto da tecnologia da Rochagem. Leonardos et al. (1987) e Carvalho et al. (2018) sugeriram que a adição de determinados tipos de rochas ricas em macro e micronutrientes ao solo amplia a oferta de nutrientes. Theodoro (2000) informa que o uso de tais materiais possibilita o rejuvenescimento dos solos empobrecidos quimicamente ou lixiviados e fundamentando-se na busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos minerais e na produtividade sustentável.

Importa destacar que este insumo pode estar disponível local/regionalmente, é mais barato que os insumos convencionais (na grande maioria importados), o que tende a resultar em produções mais sustentáveis e ambientalmente mais seguras (Theodoro & Leonardos, 2015).

É importante destacar que a disponibilização ou solubilização dos nutrientes derivados desses materiais é mais lenta do que os fertilizantes químicos solúveis, mas está aparente desvantagem é compensada com uma disponibilização por períodos de tempo mais longos (*slow-release*). Por isso, são considerados “fertilizantes inteligentes” (Theodoro, et al., 2013).

Por conta dessa característica, e assumindo protagonismo destacado, o Brasil foi o primeiro país a instituir, no seu arcabouço legal, o uso e a comercialização dos remineralizadores. A Lei nº 12.890, de 2013, regulamentada pelos Decreto nº 8.384, de 2014, inseriu este tipo de material como um insumo agrícola, ao estabelecer que

“os remineralizadores são todo o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e

micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo” (Brasil, 2013).

As Instruções Normativas nº 05 e 06, de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceram as garantias mínimas para comercialização e uso dos remineralizadores no Brasil (Brasil, 2016)

O uso de materiais fartamente disponíveis no País para uso agrícola ajuda a diminuir a necessidade de importação de insumos (cerca de 70% do que o Brasil consome é importado de apenas cinco países). Essa dependência do mercado internacional pode se converter, no médio e longo prazo, em um mecanismo restritivo para a continuação e reprodução do modelo convencional, devido ao expressivo aumento dos preços dos fertilizantes que vem ocorrendo nos últimos anos (Manning & Theodoro, 2018). Segundo esses autores, ainda que a maioria desses insumos se baseie na farta disponibilidade de combustível fóssil (nitrogenados) e minerais (rochas fosfáticas e potássicas), as perspectivas e os indicadores de preços indicam que haverá redução da disponibilidade e um contínuo aumento dos custos, especialmente dos fosfatados.

O uso de gesso reciclado pode, igualmente, desempenhar um importante mecanismo de acesso aos insumos e se converter em uma fonte acessível e mais barata de materiais que fomentem e ampliem a produção agrícola urbana e periurbana.

Resultados e discussão

Resposta do solo aos tratamentos

Para avaliação dos tratamentos foi feita a comparação dos elementos do Rendimento Biológico aparente (RBa) dos tratamentos, do Índice de Colheita aparente (ICa), do Cálcio, Enxofre, Cálcio mais Magnésio e da CTC do solo.

As amostras de solo foram coletadas no final do ciclo do milho (três meses), pois, conforme observado por Alves, *et al* (2013) em 90 dias após a aplicação do gesso é que ocorre a sua maior concentração na faixa de até 20 cm no solo. A análise da classe textural do solo mostrou que o mesmo é argiloso, sendo de 50% na primeira camada, 52,3 na segunda e de 57,5 na terceira.

A caracterização química do material mostrou traços insignificantes de arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio, o que, nesse quesito, o enquadra com um material semelhante aos remineralizadores (IN 05/2016).

A análise química também mostrou que o teor de sulfato é semelhante nos três tipos. No que

se refere aos macronutrientes, verificou-se que o gesso agrícola tem menor disponibilidade de cálcio, enquanto o acartonado tem o maior teor com uma diferença de cinco gramas. Os resultados são apresentados na Tabela 01.

Dadas as características do experimento, e por consequência dos grupos representados pelos tratamentos, e das amostras coletadas, decidiu-se pela utilização de um método estatístico não-paramétrico, o que é uma decisão comum, conforme expõem Pontes e Corrente (2001):

“Testes não-paramétricos ou de distribuição livre têm sido amplamente utilizados em substituição aos testes paramétricos usuais, em especial quando as pressuposições do modelo não se verificam, ou seja, quando os dados provenientes de um experimento não possuem normalidade ou homogeneidade de

variâncias.”

De acordo com os mesmos autores, esse tipo de teste vale-se da ordenação (*ranks*) dos dados (e não do seu valor intrínseco) e da aleatorização, onde se consideram todas as possíveis permutações (rearranjos) dos dados. Dentre os testes não-paramétricos utilizados para delineamentos inteiramente casualizados, o mais comum é o teste proposto por Kruskal & Wallis (1952), selecionado para verificação da efetividade da interação dos tratamentos com o solo, dadas as características das amostras do experimento.

O teste de Kruskal-Wallis (KW) permite realizar a comparação de três ou mais grupos em amostras independentes. Por essa característica é utilizado como método não-paramétrico alternativo à ANOVA.

Tabela 01 – Principais elementos de comparação.

Descrição da Amostra*	Enxofre Solo	Cálcio Solo	Magnésio Solo	m**	CTC**	Ca/Mg**
	mg/dm ³	emolc/dm ³	emolc/dm ³	%	emolc/dm ³	
C1-2	7,0	1,7	0,8	9	8,5	2,1
C3-4	4,3	2,2	0,9	12	8,0	2,4
GA1-2	122	6,1	0,6	3	11,7	10,2
GA3-4	81,3	3,5	0,5	14	10,1	7,0
GR1-2	101,3	8,7	0,8	0	14,5	10,9
GR3-4	74,1	5,4	0,6	3	11,3	9,0
NPK1-2	12,8	2,0	0,8	20	9,2	2,5
NPK3-4	9,1	1,9	0,8	16	9,8	2,4
NPK+GA1-2	20,2	2,7	0,5	8	9,0	5,4
NPK+GA3-4	117,9	5,2	0,7	5	11,7	7,4
NPK+GR1-2	90,9	5,6	0,5	4	12,2	11,2
NPK+GR3-4	82,4	3,8	0,5	11	10,2	7,6
R1-2	13,4	3,3	1,3	2	10,3	2,5
R3-4	11,2	2,4	0,9	12	8,9	2,7
R+GA1-2	143,5	4,6	0,5	5	10,9	9,2
R+GA3-4	241,4	6,5	0,6	0	12,3	10,8
R+GR1-2	137,0	5,0	0,6	5	11,0	8,3
R+GR3-4	157,3	5,5	0,6	1	11,1	9,2

*C – controle; GA – gesso agrícola; GR – gesso reciclado; NPK – nitrogênio, fósforo e potássio; R – remineralizador.

% m = saturação em alumínio; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; Razão Ca/Mg. **Fonte: Feitosa (2018)

A análise estatística dos valores apresentados na Tabela 01 resultaram nas seguintes constatações:

Enxofre: Para o enxofre, verificou-se que existe diferença significativa entre os grupos em relação as quantidades desse nutriente ($H = 15,33 > 2,733$).

Destaca-se que os tratamentos com associação de NPK mais Gesso apresentaram comportamentos totalmente distintos, enquanto que nos tratamentos com a presença dos dois tipos de gesso isolados ou associados ao remineralizador, obteve comportamento semelhante. A média do gesso

agrícola se apresenta muito próxima do valor superior do gesso reciclado, enquanto a média do segundo se assemelha ao valor inferior do primeiro. Já no segundo conjunto, R+GA/R+GR, o valor inferior do primeiro se assemelha à média do segundo (Gráfico 1).

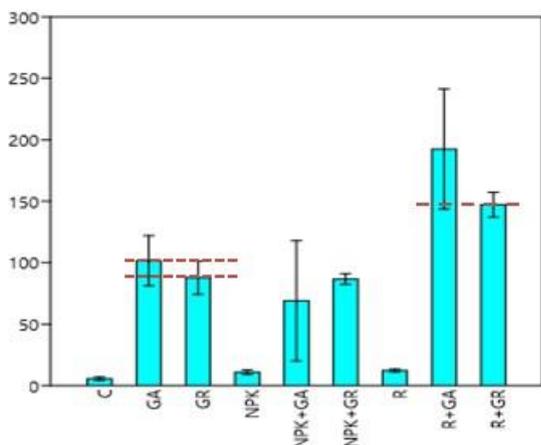


Gráfico 01 – Médias dos valores de enxofre nos tratamentos. **Fonte:** Feitosa (2018)

Cálcio: Quanto ao cálcio, existe diferença significativa entre os grupos ($H = 12,91 > 2,733$). As parcelas tratadas somente com NPK apresentaram quantidades de cálcio muito próximas às encontradas na parcela controle; as tratadas com o remineralizador exibiram uma quantidade de cálcio quase 50% superior à encontrada na parcela controle (este resultado condiz com a geoquímica dessa rocha calcissilicática). Já as parcelas tratadas com gesso reciclado apresentaram valores superiores às tratadas com gesso agrícola. Também as parcelas tratadas com NPK mais gesso reciclado resultou em uma maior disponibilização do cálcio que aquelas onde teve a mistura NPK mais gesso agrícola. Nas misturas do gesso com o remineralizador, o gesso agrícola se saiu melhor (Gráfico 2).

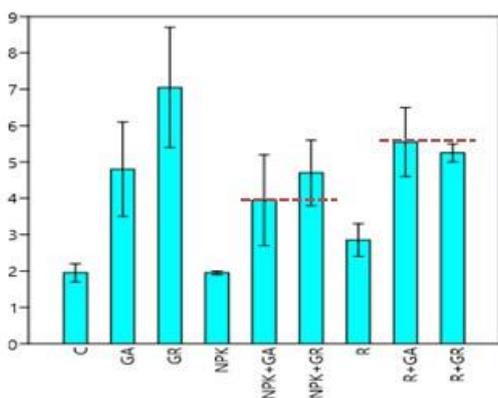


Gráfico 2 - Médias dos valores de cálcio nos tratamentos. **Fonte:** Feitosa (2018)

Cálcio/Magnésio: Quanto à relação Ca/Mg, existe diferença significativa entre os grupos ($H = 14,09 > 2,733$). As parcelas tratadas com gesso agrícola apresentam média próxima ao menor valor encontrado nas parcelas com gesso reciclado, que por sua vez manifestou media assemelhada ao maior valor das parcelas com gesso agrícola. Nas tratadas com gesso e NPK, a maior medida do gesso agrícola se equipara com a menor medida do gesso reciclado e nas tratadas com gesso e remineralizador, a menor medida do gesso agrícola se equipara à maior medida do gesso reciclado (Gráfico 3).

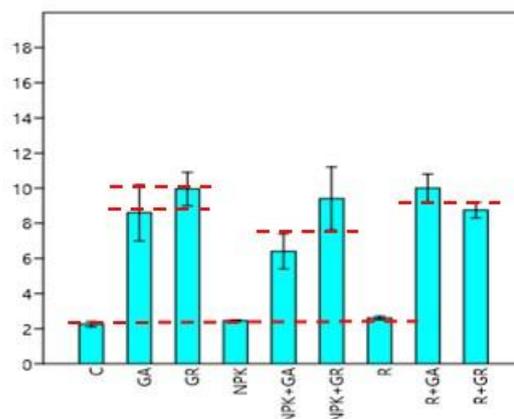


Gráfico 03 - Médias dos valores da relação cálcio/magnésio nos tratamentos. **Fonte:** Feitosa (2018)

Capacidade de Troca Catiônica (CTC): Verificou-se que existe diferença significativa entre os grupos em relação à CTC ($H = 10,96 > 2,733$). O comportamento das parcelas tratadas com gesso apresentou resultados semelhantes, seja de gesso puro, seja de gesso misturado com algum dos dois elementos utilizados. Isto evidenciou que a ação do gesso em relação à CTC do solo não varia quanto ao tipo de gesso utilizado ou quanto aos elementos que o acompanham nos tratamentos (Gráfico 4).

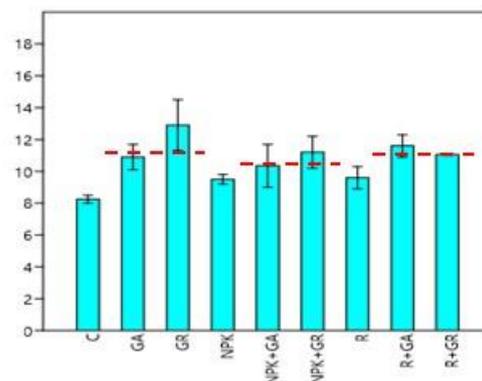


Gráfico 04 – Médias dos valores da CTC nos tratamentos. **Fonte:** Feitosa (2018)

tratamentos. **Fonte:** Feitosa (2018).

Saturação por alumínio (%m): Observou-se que neste aspecto existe diferença significativa entre os grupos ($H = 10,28 > 2,733$). Destacando-se os comportamentos das parcelas com gesso reciclado e com os dois tipos de gesso associados ao remineralizador, que apresentaram uma diminuição da saturação por alumínio considerável (Gráfico 05).

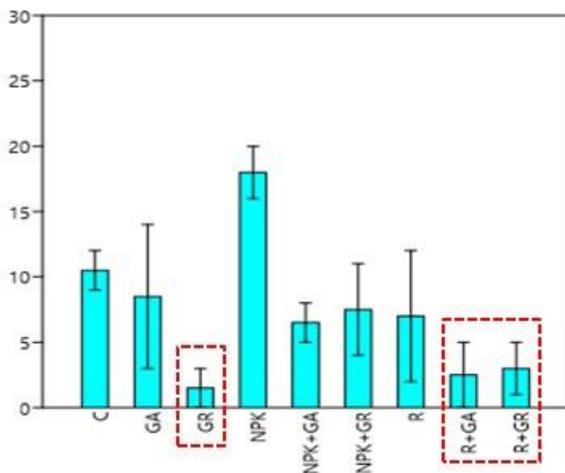


Gráfico 05 – Médias dos valores da saturação por alumínio (%m) nos tratamentos

Fonte: Feitosa (2018)

Fonte: Feitosa (2018)

Análise post hoc da resposta do solo aos tratamentos

Ao submeter os argumentos ao teste de Dunn, obteve-se, como destaque, o fato de não haver diferença significativa entre as parcelas cujos tratamentos receberam gesso em sua composição, seja isolado ou em mistura com outro material, assim, teve-se a confirmação de que o gesso reciclado tem comportamento semelhante ao gesso agrícola. Já a observação de não haver diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, apesar de terem sido observadas diferenças nas médias, ocorreu provavelmente pelo número reduzido de observações por tratamento.

Enxofre: A análise múltipla apontou que houve diferença significativa entre as parcelas controle e as que receberam remineralizador associado aos dois tipos de gesso; da mesma forma as parcelas tratadas com NPK e com remineralizador sem mistura diferiram das tratadas com remineralizador misturado aos dois tipos de gesso; Por consequência, as parcelas tratadas com remineralizador misturado aos dois tipos de gesso diferiram de forma significativa das parcelas

controle e das tratadas com NPK e remineralizador sem misturas.

Cálcio: O teste indicou haver diferença significativa entre as parcelas controle e as parcelas tratadas com gesso reciclado e com a mistura de remineralizador e gesso agrícola. As parcelas tratadas com NPK apresentaram o mesmo comportamento das parcelas controle. Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa.

Cálcio/Magnésio: Houve diferença significativa entre as parcelas controle e as parcelas tratadas com gesso reciclado, com as misturas de NPK e gesso reciclado, de remineralizado com gesso agrícola e remineralizador com gesso reciclado. As parcelas tratadas com gesso reciclado diferiram das parcelas controle e das tratadas somente com NPK. Também as parcelas tratadas com NPK diferiram das tratadas com gesso reciclado, com as misturas de NPK e gesso reciclado e de remineralizador com gesso agrícola. As parcelas tratadas com a mistura de NPK e gesso agrícola e as tratadas somente com remineralizador não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos e as parcelas tratadas com a mistura de remineralizador e gesso reciclado diferiram somente da parcela controle.

CTC: As parcelas controle diferiram de forma significativa das parcelas tratadas com gesso reciclado e com as misturas de NPK com gesso reciclado e de remineralizador com gesso agrícola. As parcelas tratadas com gesso agrícola, NPK, NPK mais gesso agrícola, remineralizador e remineralizador mais gesso reciclado não apresentaram diferença significativa em relação às demais parcelas. Já as tratadas com gesso reciclado, NPK mais gesso reciclado e remineralizador mais gesso agrícola diferiram somente das parcelas controle.

Saturação por alumínio (m%): Não foi constatada diferença significativa entre as parcelas controle, as tratadas com gesso agrícola, com mistura de NPK e gesso agrícola, NPK e gesso reciclado, remineralizador sem mistura e as demais parcelas. As parcelas tratadas com gesso reciclado e com as misturas de remineralizador e gesso agrícola e remineralizador e gesso reciclado diferiram de forma significativa somente das parcelas tratadas com NPK; Já as parcelas tratadas com NPK diferiram das parcelas tratadas com gesso reciclado e com as misturas de remineralizador com gesso agrícola e remineralizador com gesso reciclado.

Resposta da cultura aos tratamentos

Para avaliação dos tratamentos foram realizadas a comparação dos elementos do Rendimento Biológico aparente (R_{Ba}) dos tratamentos e do Índice de Colheita aparente (I_{Ca}). A amostra foi coletada e subdividida pelos tratamentos, resultando em cerca de 900 litros de material pesando 65.620 gramas, separado em três tipos: (i) caule, folhas, pendão e palha; (ii) sabugo; e (iii) grãos.

Pelo volume e a indisponibilidade de estufas para secar esse volume de material optou-se por deixá-lo secar ao ar livre com temperatura ambiente, em área coberta, do dia 24 de fevereiro ao dia 24 de abril. Após esse período o material foi pesado em uma balança digital de gancho modelo BXD 602, com graduação de 10g, tendo sido obtidos os dados da tabela 02.

Tabela 02 – Material vegetal produzido.

Tratamento	Caule, folhas, pendão e palha (g)	Sabugo (g)	Grãos (g)	R _{Ba} (g)	I _{Ca} (%)
C	6.260	270	1.100	7.630	14,4
GA	4.990	310	860	6.160	14,0
GR	6.630	350	1.010	7.990	12,6
R	4.160	230	880	5.270	16,7
NPK	6.440	270	770	7.480	10,3
R+GR	5.870	330	950	7.150	13,3
R+GA	7.580	710	250	8.540	2,9
NPK+GR	5.730	1300	420	7.450	5,6
NPK+GA	6.330	400	1.220	7.950	15,3

Fonte: Os Autores (2018)

Há de se realizar uma ressalva quanto à quantidade de grãos produzidos, uma vez que o experimento recebeu constantes visitas de aves e de primatas que consumiram o terço apical de várias espigas, deixando-as desprotegidas à investidura de outros agentes como insetos e fungos, o que pode ter contribuído para a diminuição da quantidade e do peso dos grãos.

Ao observarmos de forma isolada a produção de grãos (Figura 04), em relação ao tratamento Controle (C), de forma geral, temos como destaque o único tratamento que o supera e o NPK+GA, associação tradicionalmente utilizada. Em seguida vemos o tratamento somente com GR com valores próximo ao Controle, o tratamento com R e o tratamento com GA.

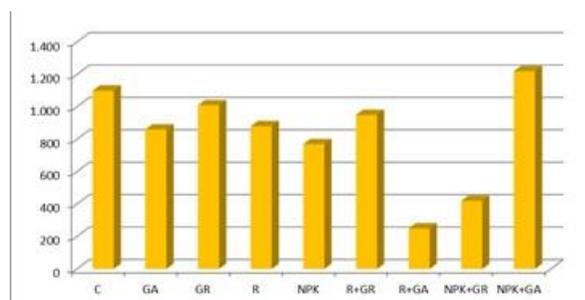


Figura 04 - Peso dos grãos por tratamento (g).

Fonte: Feitosa (2018)

Já se dividirmos os tratamentos em dois

grupos, tratamentos com elementos isolados e tratamentos com misturas, verificamos que, de um lado, no primeiro grupo, todos os tratamentos produziram resultados inferiores aos do Controle, sendo o GR o que mais se aproximou, ainda que seja um desempenho inferior. O R e o NPK tiveram o pior desempenho.

Por outro lado, no segundo grupo, somente o tratamento NPK+GA superou a produção do Controle, enquanto o tratamento R+GR se aproximou e os tratamentos NPK+GR e R+GA produziram menos que a metade do Controle.

Ao observarmos o I_{Ca}, verificamos que ocorreu uma variação de 13,8 pontos percentuais entre os tratamentos com menor e maior índice, valor superior à média que foi de 11,7% e que a mediana de 13,3%. Entretanto, apesar dessa variação significativa, não ocorreu variância estatisticamente significativa entre os tratamentos.

Apesar de não haver variância significativa, pode-se inferir que o tratamento com Remineralizador foi o que propiciou maior eficiência no transporte dos produtos da fotossíntese para os grãos.

Infere-se que pelo fato de o remineralizador ser um material não sintético (pó de rocha) sem a adição de qualquer aditivo e que não passou por nenhum processo industrial que

alterasse de forma significativa suas características (somente redução de granulometria, pela moagem), como por exemplo a calcinação, a qual o gesso reciclado foi submetido, sendo apresentado às plantas como qualquer outro componente do solo, ele tenha sido o tratamento melhor assimilado pelos processos biológicos dos vegetais, explicando-se assim a eficiência apontada pelo ICA.

Custo do gesso entregue na propriedade

Para realizar a comparação entre o custo do gesso agrícola e do gesso reciclado, foi realizado um levantamento que apontou como menor valor de aquisição e transporte o gesso vendido em Uberaba – Minas Gerais por R\$ 62,50/t acrescido do frete de R\$ 550,00/t totalizando o custo de R\$ 612,50/t.

Já para determinação do provável custo da tonelada de gesso reciclado, na ausência de uma cadeia produtiva desse material (produto), considerou-se o tempo/força de trabalho utilizada para produzir a quantidade necessária para o experimento e o frete, assim obtivemos como custo de R\$ 750,00/t mais R\$ 100,00/t de frete, totalizando o custo de R\$ 850,00/t. Uma diferença de R\$ 237,50/t.

Conclusões e recomendações

A busca por um ambiente equilibrado e saudável adequado ao desenvolvimento humano tem sido tema de debate frequente na sociedade contemporânea. As discussões abordam temas relacionados à eficácia do modelo de desenvolvimento das ciências e suas metodologias compartilhadas, mas também, e especialmente, a relação do uso da terra seja para a preservação/conservação das áreas de vegetação natural seja pelo uso para finalidades produtivas, como por exemplo, a agropecuária e florestas plantadas

Dessa forma, entendendo que está se falando de um sistema com vínculos sinérgicos bastante estreitos e interdependentes é importante destacar que uma ação ocorrida em uma parte pode apresentar suas consequências em outra. No caso dos resíduos produzidos nas áreas urbanas suas consequências podem promover efeitos negativos não somente onde foi produzido, mas, também, nas áreas rurais. Como mostrado ao longo dessa dissertação, o processo de geração de resíduos da construção civil ainda está longe de ser resolvido,

ainda que a legislação sancionada por meio da Lei nº 12.305/10 (Política Nacional de resíduos Sólidos) tenha permitido importantes avanços. Desde a sanção dessa Lei, outros desdobramentos se tornaram possíveis, entre os quais o reaproveitamento de materiais para mitigar impactos ambientais

Esse cenário de busca de alternativas e maior controle ambiental também está presente no Distrito Federal, que apesar de sua pequena extensão espacial (se comparado com as outras Unidades da Federação) abriga relações intensas entre a cidade e o campo, inclusive com sobreposições de funções. Assim, com esse pano de fundo, a presente pesquisa foi desenvolvida buscando, em linhas gerais, apontar mais uma alternativa para mitigar os problemas causados pelo gesso gerado a partir da geração de resíduos da construção civil e, que em muitos casos, vem sendo depositado de forma irregular em locais inapropriados. Esse tipo de material apresenta uma composição química (cálcio e magnésio) interessante para uso agrícola.

Considerando a importância da agricultura familiar na área periurbana e rural do DF, tais materiais podem se converter em uma alternativa para o incremento de renda em meio aos agricultores familiares, o que traria como benefícios mais imediatos a melhoria de sua qualidade de vida. O sucesso dessa empreitada pode potencializar um desenvolvimento rural de forma mais efetiva.

Considerando tais possibilidades, a presente pesquisa teve como hipótese principal que o gesso proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil promoveria um resultado semelhante ao gesso agrícola no cultivo de culturas de ciclo curto, propiciando condições para que os sistemas radiculares explorem um pacote maior de solo e alcance oferta de água em camadas subsuperficiais propiciando o aumento de produtividade. O teste conduzido a campo mostrou que os diferentes tratamentos com e sem a presença do gesso reciclado, oriundo dos resíduos da construção civil obtiveram os seguintes resultados:

a. As parcelas tratadas com gesso reciclado (GR), seja isolado ou em mistura, se comportaram de forma semelhante às tratadas com gesso agrícola (GA) na maioria dos aspectos observados e quando diferiu, apresentou resultados melhores, o que demonstra que o gesso reciclado é um substituto eficiente se comparado ao seu similar, que vem sendo comercializado tradicionalmente, quando se considera a disposição de nutrientes e o condicionamento do solo;

- b. A aplicação do gesso reciclado (GR) de forma isolada (sem estar compondo qualquer mistura) é a que apresentou melhores resultados para esse material, aproximando seus resultados da mistura comercial comum formada pelo NPK e gesso agrícola (GA);
- c. Entre os tratamentos constituídos por misturas que tiveram o gesso reciclado (GR) na sua composição, o que apresentou melhores resultados foi a associação ao remineralizador (R);
- d. Dos tratamentos que foram constituídos com a presença do gesso agrícola (GA), somente a mistura NPK+GA apresentou resultados melhores que os demais;
- e. No tratamento com remineralizador (R) sem mistura, as plantas apresentaram a melhor eficiência na conversão dos nutrientes presentes no solo em biomassa, considerando toda a parte aérea das plantas;
- f. Considerando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a sua saturação por alumínio trocável (m%) de forma conjunta, verificou-se que o tratamento com gesso reciclado (GR) foi o que apresentou melhor resultado obtendo o maior aumento da CTC ao mesmo tempo que promoveu a maior redução da %m. Nesse aspecto o remineralizador também se destacou nos tratamentos nos quais foi misturado ao gesso agrícola (GA) ou ao gesso reciclado (GR), possivelmente porque enquanto o enxofre do gesso reagiu com o alumínio aumentando a CTC, o cálcio do remineralizador somado ao cálcio do gesso diminuíram a saturação por alumínio (%);
- g. Ao observar os parâmetros de forma isolada, em alguns casos as parcelas controle (C) apresentaram resultados melhores que a maioria dos demais tratamento, o que suscita a necessidade de se realizar outras investigações com mais controle, como os que são realizados em ambientes como viveiro e casa de vegetação, além de um estudo preliminar para determinar as proporções mais apropriadas dos materiais a serem aplicados quando em mistura; Como um dos efeitos da aplicação do gesso e possibilitar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, a não utilização do peso das raízes no cálculo pode ter desviado os resultados do Rendimento Biológico aparente e do Índice de Colheita aparente da real contribuição que os tratamentos com gesso possam ter dado;
- h. Uma composição simples para o custo do gesso reciclado (GR) revelou que para o utilizar como insumo agrícola o custo seria

superior ao do produto comercial atualmente utilizado, o gesso agrícola (GA) o que aponta a necessidade de constituição de uma cadeia produtiva para que se tenha ganho em escala e consequente adequação do custo para níveis competitivos;

- i. A partir dos testes agrícolas conduzidos com diferentes tratamentos e misturas, incluindo o gesso reciclado, foi possível concluir que este tipo de insumo possibilita a neutralização do alumínio trocável (Al^{3+}) no solo. Para além disso, o GR apresentou um comportamento semelhante ao seu similar (GA) no que se refere à disponibilização de cálcio e magnésio.

Do ponto de vista produtivo, e considerando a cultura do milho, averiguou-se que este insumo somente não se igualou em eficiência ao seu equivalente comercializado no que se refere ao custo para disponibilizá-lo na propriedade. Mas este fato decorre, provavelmente, porque ainda não há o desenvolvimento de uma cadeia de processamento do material de forma adequada. Ainda que tais resultados econômicos mostrassem uma desvantagem comparável entre os dois tipos de gesso, a utilização do gesso reciclável mostra-se promissor, como uma tecnologia alternativa e aderente a busca por formas de produção mais sustentáveis, com menor uso/extração de recursos naturais.

Por fim, sabe-se que há muito ainda o que ser feito com relação à transformação de materiais considerados rejeitos em subprodutos adequados a outros fins, mas é necessário enfrentar este desafio, para que a humanidade tenha possibilidade de permanecer evoluindo de forma mais integrada à natureza.

Referências

- Alvarez, V. H. Roscoe, R., Kurihara, C. H., Pereira, N. de F., 2007. Enxofre. In: Novais, R. F., Alvarez, V. H., Barros, N. F. de, Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (Ed.), Fertilidade do solo. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 595-664.
- Alvares, H. V. G., Santos, R. K. M. dos, Maia, F. E., Rocha, I. T. M. da, Souza, E. R. de, Freire, F. J., Freire, M. B. G. dos S., 2013. Dinâmica da solução do solo após a adição de gesso em solo ácido. In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão. JEPEX 2013. UFRPE: Recife, Dez/2013 Disponível: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1151-1.pdf> Acesso: 10 ago. 2015.
- Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (DRYWALL), 2012. Resíduos de Gesso na Construção Civil: coleta,

- armazenagem e destinação para reciclagem. São Paulo. Disponível: <http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/22.pdf>. Acesso: 10 ago. 2015.
- BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 5, de 10/03/ 2016
- BRASIL - Lei nº 12.854 de 26/08/2013
- Blankenau, K., 2007. Cálcio nos solos e nas plantas. In: Informações Agronômicas, nº 117 – março/2007, IPNI – International Plant Nutrition Institute, Piracicaba - SP. Disponível: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/BFF0205A79B5901983257AA100617428/\\$FILE/Parte-Klaus.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/BFF0205A79B5901983257AA100617428/$FILE/Parte-Klaus.pdf). Acesso: 07 out. 2017.
- Blumenschein, R. N., 2004. A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção. Brasília, 249 p. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Disponível em <https://rmdaveiga.files.wordpress.com/2011/01/tese-blumenschein.pdf> Acesso: 19 ago. 2017
- Blumenschein, R. N., Miller, K. B., Tomé, M. V. D. F., 2013. Inovação e Sustentabilidade na Indústria da Construção: Um Exercício de ensino no PPG/FAU-UnB. RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação, 1, 21-24.
- Carvalho, A. M. X, Cardoso, I. M., Souza, M. E. e Theodoro, S., 2018. H. Rochagem: o que se sabe sobre essa técnica? In: Cardoso, I. M. e Fávero, C. Solos e Agroecologia. Ed. Embrapa. Brasília. ISBN: 978-85-7035-774-8, 101-128.
- Colasante, L. O. e Costa, J. A., 1981. Índice de colheita e rendimento biológico, na comparação da eficiência de variedades de soja. In: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 16, Brasília/DF: Embrapa. Disponível: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/artic/e/download/16857/11187>. Acesso: 11 out. 2016.
- EMBRAPA, 2001. Caracterização de ambientes na chapada dos veadeiros / vale do Rio Paranã: contribuição para a classificação brasileira de solos. Planaltina-DF. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/download/274/t> Acesso em: 2017-03-15.
- Cruz, J. C., 2011. Produção de milho na agricultura familiar. Circular Técnica nº 159, Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo. Disponível: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45735/1/circ-159.pdf>. Acesso: 16 ago. 2015.
- Dunn, O. J., 1964. Multiple comparisons using rank sums. Technometrics, v.6, n.3, 241-52.
- Echart, Cinara Lima e Molina, S. C. 2001. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. Ciência Rural, Santa Maria/RS, v.31, n.3, 531-541. Disponível <http://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/15496/16362>. Acesso: 23 ago. 2015.
- Feitosa, H. P., 2018. Avaliação da Viabilidade Técnica e Custo do Uso de Gesso Reciclado da Construção Civil como Insumo para a Agricultura Familiar Periurbana em Planaltina no Distrito Federal. Dissertação de mestrado Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural. Universidade de Brasília. 78 p. Disponível em https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33090/1/2018_H%C3%A9lioPereiraFeitosa.pdf. Acesso: 01 set. 2017.
- GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. Gabinete Civil da Governadoria. Superintendência de Legislação. Decreto Nº 5.419, de 07 de maio de 2001. Disponível: http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/decretos/numerados/2001/decreto_5419.htm. Acesso: 20 ago. 2017.
- John, V. M.; Cincotto, M. A., 2003. Alternativas de gestão dos resíduos de gesso. São Paulo. Disponível: http://www.sibr.com.br/sibr/portal.jsp?id=9&agina=artigo.jsp&artigo_id=159 Acesso: 01 out. 2017.
- Lasso, P. R. O., 2011. Avaliação da utilização de resíduos de construção civil e de demolição reciclados (RCD-R) como corretivos de acidez e condicionadores de solo. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP. Disponível: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-01022012-151224/> . Acesso: 05 set. 2015.
- Latrubesse, E. M. e Carvalho, T. M. de., 2006. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Série Geologia e Mineração, nº 2. Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia - GO. Disponível: http://www.sieg.go.gov.br/downloads/Livro_geomorfologia.pdf Acesso: 03 mar. 2014.
- Leonardos, O. H., Fyfe, W. and Kronberg, B. I., 1976. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. Anais 29 Congresso Brasileiro de Geologia. BH, 137-145.
- Leonardos, Ot. H., Fyfe, W. and Kronberg, B.I., 1987. The Use of Ground Rocks in Laterite Systems: an Improvement to the Use of

- Conventional Soluble Fertilizers. *Chemical Geology*, 60, 361-370.
- Manning, D. e Theodoro, S. H., 2018. Enabling food security through use of local rocks and minerals. *The Extractive Industries and society*. 2018. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.11.002>. Acesso: 15 mar. 2018.
- Maschietto, E. H. G., 2009. Gesso agrícola na produção de milho e soja de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, PR, 2009. Disponível: http://bicentedeuepg.br/tde_arquivos/2/TDE-2009-11-25T080511Z-318/Publico/Evandro%20H%20G%20Maschietto.pdf . Acesso: 14 jun. 2016.
- Pinheiro, S. M. M., 2011. Gesso reciclado: avaliação das propriedades para uso em Componentes. Disponível: <http://pct.capes.gov.br/teses/2011/33003017041P4/TES.PDF> . Acesso: 10 jul. 2017.
- Pontes, A. C. F. e Correntes, J. E., 2001. Comparações múltiplas não-paramétricas para o delineamento com um fator de classificação simples. In: *Revista de Matemática e Estatística*. São Paulo, 19: 179-197. Disponível: http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v19/A10_Artigo.pdf. Acesso: 06 nov.2016.
- Ranieri, S. B. L., 2011. Elaboração de diagnóstico dos aspectos naturais (bióticos e abióticos) visando criação de unidades de conservação na região da Chapada dos Veadeiros/GO. Projeto “Políticas para o Cerrado e Monitoramento do Bioma” Iniciativa Cerrado Sustentável - MMA (P091827), Termo de Referência no 2011.1125.00002-3. Disponível: <http://www.altoparaiso.go.gov.br/IMG/PDF/Noticiaspdf20150922160345.pdf> Acesso: 20 mar. 2017.
- Rodrigues, W. C., 2016. Visão Geral do PAST (Paleontological Statistical). *Estatística na Mão*. Disponível: <http://estatisticanamao.agroamb.com.br/estatisticanamao/artigos.aspx?Id=10?ID=10> . Acesso: 07 mai. 2018.
- Santos, P. M. dos, 2014. Uso de resíduos de gesso como corretivo em solo salino-sódico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia /GO, v. 44, 1, 95-103, jan./mar. Disponível: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/articled/view/27197/16312>. Acesso: 09 ago. 2015.
- Syndicat National des Industries du Plâtre – SNIP (França), 2002. O gesso: físico-químico, fabricação e sua utilização. Tradução de Paulo Mariano Lopes. [s.l.: s.n.].
- Sousa, D. M. G., Lobato, E. e Rein, T. A., 2005. Uso de Gesso Agrícola nos Solos do Cerrado. Circular Técnica 32. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados. Disponível: www.cpac.embrapa.br/download/2180/t. Acesso: 09 ago. 2015.
- Sperb, D. F., 2005. Alterações na relação fonte-demanda no rendimento de grãos e crescimento da soja. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia apresentada à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/ RS. Disponível: <http://hdl.handle.net/10183/6279> . Acesso: 10 mar. 2018.
- Stripp, S. R. e Casarin, V., 2010. A importância do enxofre na agricultura brasileira. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, 129. p. 14-20.
- Theodoro, S. H. e Leonardos, O. H., 2015. Stonemeal: principles, potential and Perspective from Brazil. In: Goreau, T. J., Larson, R. W. and Campe, J. *Geotherapy: Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO2 increase*. CRC Press. USA. p. 403-418.
- Theodoro, S. H., Leonardos, O. H., Rocha, E. L., Mâcedo, I. e Rego, K. G., 2013. Stonemeal of amazon soils with sediments from reservoirs: a case study of remineralization of the Tucuruí degraded land for agroforest reclamation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 85, 23-34.
- Theodoro, S. H. and Leonardos, O. H., 2006. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro. v 78, 4, 715-720.
- Theodoro, S. H., 2000. A Fertilização da Terra pela Terra: Uma Alternativa de Sustentabilidade para o Pequeno Produtor Rural. Tese de doutorado. UnB, 231. Disponível: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20881/1/2000_SuziDeCordovaHuffTheodoro.pdf. Acesso 20 mar. 2017
- Kruskal, W. H., Wallis, W. A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Am. Stat. Assoc.*, v.47, 260, 583-621.