

**Uso da carapaça do mexilhão-dourado como substituto do calcário, na correção do solo  
e no fornecimento de cálcio**

**Use of the golden mussel shell as a limestone substitute in soil correction and calcium  
supply**

**Uso de la concha de mejillón dorado como sustituto de la piedra caliza en la corrección  
de suelos y suministro de calcio**

Recebido: 19/11/2020 | Revisado: 01/12/2020 | Aceito: 05/12/2020 | Publicado: 08/12/2020

**Kátia Luciene Maltoni**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6619-4504>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [katia.maltoni@unesp.br](mailto:katia.maltoni@unesp.br)

**Nataly Freire de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9689-6400>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [natalyfreireoliveira@gmail.com](mailto:natalyfreireoliveira@gmail.com)

**Thaís Soto Boni**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7201-6122>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [thais.boni@unesp.br](mailto:thais.boni@unesp.br)

**Gláucia Amorim Faria**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2474-4840>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [glaucia.a.faria@unesp.br](mailto:glaucia.a.faria@unesp.br)

**Ana Maria Rodrigues Cassiolato**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2021-2647>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [ana.cassiolato@unesp.br](mailto:ana.cassiolato@unesp.br)

**Resumo**

Neste trabalho propôs-se avaliar o uso da carapaça do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) como substituto do calcário na correção do solo. Para isto, vasos de 30 L foram preenchidos com solo ácido e arenoso, a este adicionaram-se doses (0, 1,0; 2,0 e 2,5 t ha<sup>-1</sup>) de

carapaças de mexilhão moída-MM (0,25mm), em pedaços-MP (8 mm) e de calcário-CALC, este último como referencia. Uma adubação com NPK (08-28-16) de 1t ha<sup>-1</sup> foi realizada para o crescimento inicial do milho, planta indicadora. Após 30 dias de incubação do solo com os corretivos (CALC, MM e MP), o milho foi semeado e permaneceu em cultivo 90 dias. Transcorrido este período procedeu-se às avaliações de solo (fertilidade) e planta (altura, diâmetro do colmo, clorofila foliar, massa seca de parte aérea e raiz e comprimento de raiz). Os resultados mostram que MM pode substituir CALC, pois eleva o Ca<sup>2+</sup> no solo, o pH, reduz Al<sup>3+</sup> e acidez potencial, em comportamento estatisticamente igual a CALC. O MP produziu o mesmo padrão de resposta para as variáveis analisadas, no entanto necessita de doses maiores ou mais tempo para reação, devido à granulometria mais grosseira. Diante das observações conclui-se que o MM pode substituir o CALC e que a neutralização do alumínio ocorre, para ambos, com 1,8 t ha<sup>-1</sup>, enquanto para MP são necessárias 3,05 t ha<sup>-1</sup>. O milho respondeu igualmente a CALC, MM e MP, portanto o uso da carapaça do mexilhão como corretivo pode ser um meio eficaz de destinação deste resíduo.

**Palavras-chave:** *Limnoperna fortunei*; Calagem; Solos ácidos; Cultivo de milho; Cerrado; Destinação de resíduo.

### **Abstract**

This work's purpose is to evaluate the use of the golden mussel shell (*Limnoperna fortunei*) as a limestone's substitute in soil correction. For this, 30 L pots were filled with acidic and sandy soil, to which were added doses (0, 1.0; 2.0 and 2.5 t ha<sup>-1</sup>) of milled mussel shells-MM (0, 25mm), mussel shells in pieces-MP (8 mm) and limestone-CALC, the latter as a reference. A fertilization with NPK (08-28-16) of 1t ha<sup>-1</sup> was carried out for the initial growth of corn, the indicator plant. After 30 days of soil incubation with the correctives (CALC, MM and MP), the corn was sown and remained in cultivation for 90 days. After this period, the soil (fertility) and plant (height, stem diameter, leaf chlorophyll, dry mass of aerial part and root and root length) evaluations were carried out. The results show that MM can replace CALC, since it increases the Ca<sup>2+</sup> in the soil, the pH, reduces Al<sup>3+</sup> and potential acidity, a behavior statistically equal to CALC. The MP produced the same response pattern for the variables analyzed; however, it requires larger doses or more time for reaction, due to the coarser particle size. Based in the observations, it is concluded that MM can replace CALC and the aluminum neutralization occurs for both, with 1.8 t ha<sup>-1</sup>, while for MP 3.05 t ha<sup>-1</sup> is required. Corn also responded to CALC, MM and MP, so the use of the mussel shell as a corrective can be an effective mean of disposing this residue.

**Keywords:** *Limnoperna fortunei*; Liming; Acidic soils; Corn cultivation; Cerrado; Waste disposal.

## Resumen

En este trabajo se propuso evaluar el uso de la concha de mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) como sustituto de la piedra caliza en la corrección de suelos. Para ello se llenaron macetas de 30 L con suelo ácido y arenoso, a lo que se les adicionó dosis (0, 1,0; 2,0 y 2,5 t ha<sup>-1</sup>) de conchas de mejillón molidas-MM (0, 25mm), en piezas-MP (8 mm) y caliza-CALC, esta última como referencia. Se realizó una fertilización con NPK (28-08-16) de 1t ha<sup>-1</sup> para el crecimiento inicial del maíz, planta indicadora. Luego de 30 días de incubación del suelo con los correctivos (CALC, MM y MP), el maíz se sembró y permaneció en cultivo por 90 días. Después de este período, se realizaron las evaluaciones de suelo (fertilidad) y de plantas (altura, diámetro del tallo, clorofila foliar, masa seca de la parte aérea y raíz, y longitud de raíz). Los resultados muestran que MM puede reemplazar CALC, ya que aumenta el Ca<sup>2+</sup> en el suelo, el pH, reduce Al<sup>3+</sup> y la acidez potencial, en un comportamiento estadísticamente igual a CALC. El MP produjo el mismo patrón de respuesta para las variables analizadas, sin embargo requiere dosis mayores o más tiempo de reacción, debido al tamaño de partícula más grueso. A la vista de las observaciones, se concluye que MM puede reemplazar a CALC y que la neutralización del aluminio ocurre, para ambos, con 1,8 t ha<sup>-1</sup>, mientras que para MP se requiere 3,05 t ha<sup>-1</sup>. El maíz también respondió a CALC, MM y MP, por lo que el uso de la concha de mejillón como correctivo puede ser un medio eficaz para eliminar este residuo. Incluir o resumo em espanhol.

**Palabras clave:** *Limnoperna fortunei*; Encalado; Suelos ácidos; Cultivo de maíz; Cerrado; Destino de residuos.

## 1. Introdução

A acidez do solo é um dos principais aspectos químicos a afetar o crescimento das plantas, uma vez que interfere na disponibilidade de nutrientes e de elementos tóxicos, bem como na atividade da microbiota (Kunhikrishnan, et al., 2016; Abalos, et al., 2020).

Em geral, os solos de regiões quentes e úmidas são ácidos e podem apresentar teores elevados de Al trocável (Ciotta et al., 2004), deficiência em Ca<sup>2+</sup> e outros elementos, acarretando numa barreira ao desenvolvimento das raízes (Yadav et al., 2020), prejudicando a disponibilidade de N, P, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, S e Mo. Isto mostra quão importante é a calagem, uma vez

que eleva o pH, interferindo na ativação de enzimas e na disponibilização de nutrientes no solo (Sinsabaugh et al., 2008; Silva et al., 2020; Nolla et al., 2020).

O calcário é uma rocha moída, em cuja composição predomina o carbonato de cálcio (CETEM, 2013). Seu uso é amplamente difundido para correção do solo, porém restrições econômicas podem limitar esta estratégia, restringindo a produção agrícola (Sade et al., 2016). Assim, a substituição do calcário por materiais alternativos, de menor custo, mesmo que regionais, pode contribuir para melhorar o solo com menor investimento. A carapaça do mexilhão-dourado poderia ser uma alternativa tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, particularmente em regiões de ocorrência do mexilhão. Esta situação pode favorecer pequenos produtores e, particularmente, os que atuam em sistema agroecológico.

A espécie *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), conhecida popularmente como “mexilhão-dourado”, é da Família Mytilidae Rafinesque (MMA, 2017) e vive em águas doces ou salobras (Darrigran & de Drago, 2000). O mexilhão-dourado é um molusco bivalve que chegou ao Brasil na década de 1990 e, devido a suas características e ao ambiente favorável à sua proliferação, tornou-se uma espécie exótica invasora, que vem causando impactos ambientais e econômicos, no País (Wachholz et al., 2017). Em sua fase adulta possui duas valvas de contorno triangular (Morton, 2015), com comprimento variando de 2,5 a 6,0 cm (Mansur et al., 2012).

O mexilhão-dourado tem distribuição original restrita à China, mas se expandiu para outros países da Ásia e para a América do Sul, estando presente na Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai e Bolívia (IBAMA, 2020; Rosa & Assis, 2020).

Introduzido em águas brasileiras, via águas de lastro de embarcações asiáticas, chegaram ao estuário do Rio da Prata (Argentina), por volta de 1991 (Barbosa, 2009). Sua primeira aparição no Brasil foi registrada em 1998, no lago Guaíba em Porto Alegre (RS). Seguindo seu curso, passou ao sistema hidroviário formado pelos rios Paraná e Paraguai, que representa o principal centro de dispersão do mexilhão-dourado para a região central do Brasil, com ocorrência registrada nos estados do Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais (Borges et al., 2017). Atualmente são encontrados, também, na Bacia do São Francisco (MMA, 2017).

O mexilhão-dourado apresenta grande capacidade de reprodução e dispersão, por ser uma espécie exótica invasora não tem predadores na fauna brasileira se espalhando com rapidez (Morton, 2015; Pimentel et al., 2001; Mansur et al., 2004; Machado & Oliveira, 2009). A presença de espécies exóticas invasoras é considerada a segunda maior causa de extinção de espécies nativas (Latini et al., 2016) e de perda de biodiversidade, ocasionando

impactos ambientais e socioeconômicos nas regiões onde se faz presente (Darrigran & Damboronea, 2009).

Relatado pela primeira vez no reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Ilha Solteira (SP), em março de 2004, sua presença causa transtornos à geração de energia e ao abastecimento de água devido à obstrução das tubulações e ao entupimento de filtros dos sistemas de arrefecimento das turbinas no setor de geração de energia, demandando manutenções específicas e frequentes, com custo elevado (Phillips et. al., 2006).

Além das mudanças na rotina das populações ribeirinhas que tem na pesca sua atividade principal (MMA, 2004), a incrustação do mexilhão nas telas dos tanques-rede impacta, ainda, a piscicultura da região, pois dificulta a passagem de água, o que pode levar a morte dos peixes. No Manual de Boas Práticas de Manejo em Aquicultura não há recomendação para o uso de produtos químicos na limpeza dos tanques redes, portanto, a limpeza deve ser manual, aumentando o custo da mão-de-obra e o tempo gasto na operação (Queiroz, 2016).

A busca por soluções para mitigar o impacto da invasão deste bivalve está longe de se esgotar, embora medidas venham sendo tomadas por meio do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Mexilhão-Dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil (IBAMA, 2020). No entanto, existem relatos da remoção do mexilhão-dourado das águas, mas sem adequada disposição do resíduo (Avelino et al., 2019). Caso a disposição das carapaças pudesse ser organizada em depósitos, estas poderiam ser exploradas na agricultura, particularmente na correção do solo e no fornecimento de cálcio, uma vez que são ricas em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), além de conter nitrogênio e fósforo (Barbosa, 2009).

Pensando no cultivo em solos ácidos, como os do Cerrado Brasileiro, que apresentam teores reduzidos de matéria orgânica e são pobres do ponto de vista nutricional (Haridasan, 2008; Reatto et al., 2008), o uso da carapaça do mexilhão-dourado poderia ser uma alternativa viável e interessante para pequenos produtores que vivem em locais onde ocorre retirada de mexilhão dos corpos d'água.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a possibilidade de uso da carapaça do mexilhão-dourado como substituto do calcário na cultura do milho.

## **2. Metodologia**

Para avaliar a possibilidade de uso agrícola da carapaça do mexilhão-dourado foi conduzido um experimento pelo Laboratório de Pedologia da Faculdade de Engenharia –

UNESP/Campus de Ilha Solteira, durante o ano de 2018. O experimento foi realizado em vasos (30 kg de solo) sob cultivo protegido. O solo utilizado foi coletado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp – FEPE, localizada em Selvíria-MS (Latitude 20° 22' 37" S e Longitude 51° 25' 23" O), na camada de 0,0 a 0,40 m e apresenta textura arenosa (areia = 883 g kg<sup>-1</sup>, silte = 17g kg<sup>-1</sup>, argila = 100 g kg<sup>-1</sup>), determinada pelo método da pipeta (Teixeira et al., 2017). O solo foi analisado quanto a atributos químicos segundo Raij et al. (2001), onde observou-se tratar de solo distrófico e de pH ácido (Tabela 1), além da baixa CTC, soma de bases e saturação por bases, indicando que o solo é quimicamente pobre.

**Tabela 1.** Análise inicial de fósforo (P), matéria orgânica (MO), reação do solo (pH), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al<sup>3+</sup>), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) do solo.

P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		
1	10	4,4	0,4	2	2	16,3	2	4,4	20,7
V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn			
%		-----		mg dm <sup>-3</sup>	-----				
21,7	31	0,63	0,6	13,7	7,6	1,2			

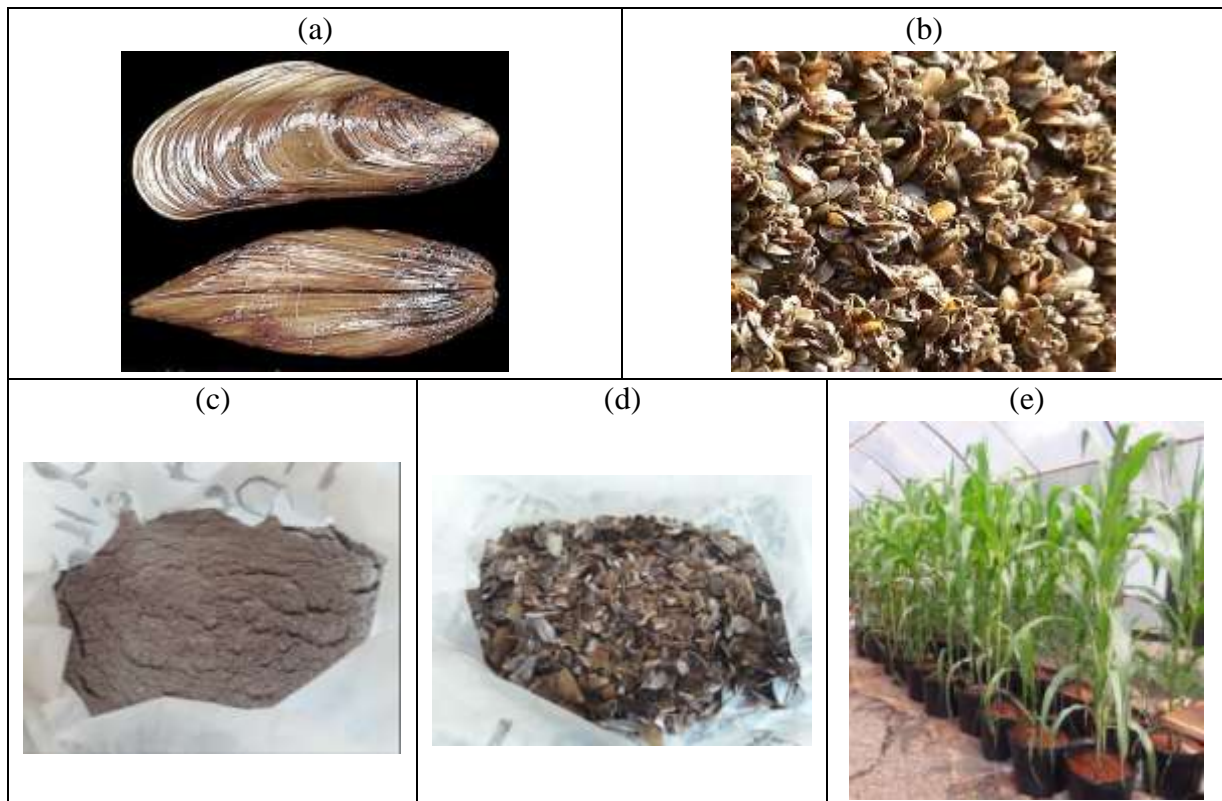
Fonte: Autores.

A carapaça do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1857) foi coletada em tanques-rede na confluência do Rio São José dos Dourados com o lago da Usina Hidrelétrica (UHE) de Ilha Solteira, formado pelo represamento das águas do Rio Paraná. Para coleta do mexilhão, vários tanques-rede foram levados à margem e, com o auxílio de uma lavadora de alta pressão, foram removidos da malha e coletados em lonas plásticas (Figura 1 (a) e (b)).

O mexilhão coletado foi seco ao ar, em local aberto e coberto, durante 120 dias. Transcorrido este período, as carapaças se encontravam abertas e secas, uma porção destas carapaças foi moída (moinho de facas Tipo Willley) e peneirada (0,25 mm) não ocorrendo descarte (100 % passou pela peneira), este material foi então denominado carapaça de mexilhão-dourado moído – MM. Outra porção de carapaças foi fragmentada e passada em peneira de 8 mm e denominada carapaça de mexilhão-dourado em pedaços-MP (Figura 1 (c) e (d)).

Na Figura 1 pode se observar o mexilhão-dourado inteiro, moído, em pedaços, sobre a malha de um tanque rede e o milho conduzido, em cultivo protegido usando a carapaça do mexilhão dourado.

**Figura 1.** Mexilhão-dourado (a) detalhe das valvas, (b) incrustação em tanque-rede, (c) carapaça do mexilhão-dourado moído (0,25 mm) – MM; e (d) carapaça do mexilhão-dourado em pedaços (8 mm) – MP.



Fontes: (a) adaptado de Carlos Henckers, 2019; (b) TV Tem, 2018; (c), (d) e (e) o autor Oliveira, N. F.

A carapaça do mexilhão foi analisada em laboratório do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) segundo método EPA-SW-846-3051a, com determinação por ICP-AES, de acordo com EPA-SW-846-6010c para metais, método Kjeldahl para nitrogênio, para umidade e sólidos voláteis, perda de massa a 60 e 500 °C, respectivamente e para pH, determinação em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo:água) segundo metodologia descrita em Abreu & Andrade (2006) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise físico-química da carapaça do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*).

Parâmetro	Unidade	Resultado	Parâmetro	Unidade	Resultado
<b>pH (em água 1-10)</b>	--	7,7	<b>Boro</b>	mg de B kg <sup>-1</sup>	<3,2
<b>Umidade</b>	% (m m <sup>-1</sup> )	0,9	<b>Cádmio</b>	mg de Cd kg <sup>-1</sup>	<0,4
<b>Sólidos Totais</b>	% (m m <sup>-1</sup> )	98,9	<b>Cálcio</b>	g de Ca kg <sup>-1</sup>	297
<b>Sólidos Voláteis</b>	% (m m <sup>-1</sup> )	16,6	<b>Chumbo</b>	mg de Pb kg <sup>-1</sup>	3,3
<b>Carbono orgânico</b>	g de C kg <sup>-1</sup>	71,9	<b>Cobre</b>	mg de Cu kg <sup>-1</sup>	10,7
<b>N* Kjeldahl</b>	g de N kg <sup>-1</sup>	23,0	<b>Cromo</b>	mg de Cr kg <sup>-1</sup>	3,2
<b>N* amoniacal</b>	mg de N kg <sup>-1</sup>	84,5	<b>Enxofre</b>	g de S kg <sup>-1</sup>	2,1
<b>N* nitrato-nitrito</b>	mg de N kg <sup>-1</sup>	42,8	<b>Ferro</b>	mg de Fe kg <sup>-1</sup>	1360
<b>Bário</b>	mg de Ba kg <sup>-1</sup>	140	<b>Fósforo</b>	g de P kg <sup>-1</sup>	1,6
<b>Sódio</b>	mg de Na kg <sup>-1</sup>	1822	<b>Magnésio</b>	g de Mg kg <sup>-1</sup>	0,46
<b>Potássio</b>	mg de K kg <sup>-1</sup>	551	<b>Manganês</b>	mg de Mn kg <sup>-1</sup>	15,9
<b>Arsênio</b>	mg de As kg <sup>-1</sup>	15,9	<b>Molibdênio</b>	mg de Mo kg <sup>-1</sup>	5,3
<b>Selênio</b>	mg de Se kg <sup>-1</sup>	5,3	<b>Níquel</b>	mg de Ni kg <sup>-1</sup>	<1,0
<b>Mercúrio</b>	mg de Hg kg <sup>-1</sup>	<1,0	<b>Zinco</b>	mg de Zn kg <sup>-1</sup>	508
<b>Alumínio</b>	mg de Al kg <sup>-1</sup>	508			

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas.

O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, sendo três corretivos de solo (MM, MP e calcário (CALC)) e 5 doses (0; 1,0; 1,5; 2,0; e 2,5 t ha<sup>-1</sup>), incorporados ao solo, perfazendo um total de 15 tratamentos com quatro repetições.

O calcário (PRNT 80, CaO 28% e MgO 20%) foi utilizado nas mesmas doses que a carapaça do mexilhão, como referência para avaliação da eficiência do uso deste resíduo e para o desenvolvimento satisfatório da cultura do milho, planta utilizada como indicadora (sementes da variedade DEKALAB 390 PRO3), foi realizada uma adubação (1,0 t ha<sup>-1</sup>) com NPK (08-28-16) em todos os tratamentos.

O solo (30 kg) foi acondicionado em vasos, teve os resíduos (MM ou MP), o CALC e o NPK incorporados de acordo com descrição apresentada na Tabela 3, onde é possível verificar que todos os tratamentos foram adubados com NPK e receberam doses variáveis da carapaça do mexilhão-dourado, tanto moída quanto em pedaços, e outros tratamentos receberam as mesmas doses de calcário, como referência para aferir os efeitos das carapaças aplicadas.

Na sequência os todos os vasos receberam água (6 L) segundo a capacidade de retenção de água do solo (Bernardo et al., 2008), foram então colocados dentro de sacos plásticos e permaneceram incubados por 30 dias.



Findo o período de incubação, a semeadura foi realizada (agosto/2018), com 5 sementes de milho por vaso, que apresentaram 93,5% de viabilidade em teste de tetrazólio (Neto, 2009). Com uma semana a maioria das sementes já havia germinado, e aos 15 dias procedeu-se o desbaste, deixando duas plantas por vaso. O experimento foi irrigado, manual e diariamente, com a mesma quantidade de água por vaso e com água purificada devido a presença de cálcio na água (Boni et al., 2015).

**Tabela 3.** Tratamentos (Trat) e doses (Doses) equivalentes a 1,0 t ha<sup>-1</sup> (15g por vaso de 30 kg); 1,5 t ha<sup>-1</sup> (22,5g por vaso de 30 kg); 2,0 t ha<sup>-1</sup> (30g por vaso de 30 kg) e 2,5 t ha<sup>-1</sup> (37,5g por vaso de 30 kg).

Trat	Doses	Trat	Doses*
01	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 1,0 t ha <sup>-1</sup> de MM	07	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 2,0 t ha <sup>-1</sup> de MP
02	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 1,5 t ha <sup>-1</sup> de MM	08	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 2,5 t ha <sup>-1</sup> de MP
03	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 2,0 t ha <sup>-1</sup> de MM	09	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 1,0 t ha <sup>-1</sup> de CALC
04	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 2,5 t ha <sup>-1</sup> de MM	10	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 1,5 t ha <sup>-1</sup> de CALC
05	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 1,0 t ha <sup>-1</sup> de MP	11	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 2,0 t ha <sup>-1</sup> de CALC
06	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 1,5 t ha <sup>-1</sup> de MP	12	1 t ha <sup>-1</sup> de NPK + 2,5 t ha <sup>-1</sup> de CALC

Fonte: Autores.

Transcorridos 90 dias desde a semeadura (Figura 1 e), as plantas foram avaliadas para altura (medida feita até a última bainha), índice de clorofila foliar (medido no limbo de uma folha na região do terço médio da planta com auxílio de um clorofilômetro portátil (ClorofiLOG® CFL 1030 Falker), comprimento de raiz, massa seca da parte aérea e do sistema radicular. A parte aérea das plantas foi colhida, as raízes foram separadas do solo, lavadas e ambas foram secas em estufa a 60 °C por 72 horas ou até obtenção de peso constante (Carneiro, 1995). O solo foi coletado, peneirado (2 mm), seco ao ar e atributos químicos foram analisados, segundo Rajj et al., (2001).

Os dados de planta e solo foram obtidos a partir de um modelo experimental quantitativo (Pereira et al., 2018) e submetidos à análise estatística descritiva, em que foi testada a hipótese da normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e, após comprovação desta hipótese, procedeu-se a análise de variância. As diferenças entre os níveis dos fatores e na interação entre eles foram testadas pelo teste F a 5%. Quando encontrada diferença significativa as médias dos corretivos foram comparadas por meio do teste Skott-Knott a 5% e as doses foram analisadas por meio da análise de variância na regressão. Para escolha do modelo de regressão mais apropriado, foi utilizado como base o p valor do desvio da

regressão não significativo ( $P > 0,05$ ), o p valor da equação de regressão significativo ( $P < 0,05$ ) e o ajuste do coeficiente de correlação ( $R^2$ ) superior, dentre as equações significativas pelo teste F. Todas as análises foram realizadas no software SISVAR (Ferreira, 2019).

### 3. Resultados

O MM e o CALC têm sobre a reação do solo a mesma influência (Tabela 4), isto é, os incrementos no pH ocorrem igualmente e linearmente, bem como a redução da acidez potencial (H+Al) e dos teores de alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ), este último com comportamento quadrático como apresentado na Tabela 4 e na Figura 2, com ponto de mínimo para MM e CALC em  $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ , enquanto para MP o ponto de mínimo está em  $3,05 \text{ t ha}^{-1}$ , observações esperadas para um corretivo de solo, que também elevaram os teores de cálcio trocável ( $Ca^{2+}$ ). Neste caso destaca-se o MM em relação ao MP, este último também apresenta resultados positivos, porém menores, em relação ao CALC, para correção do solo e incrementos em  $Ca^{2+}$ , fato associado ao tamanho das partículas.

Na Tabela 4 encontram-se os resultados dos atributos químicos do solo após este ser corrigido com MM, MP e CALC, destacando a correção da acidez que pode ser observada nas variações do pH, H+Al, e Al, entre outras observações em relação a cálcio, magnésio.

Na Figura 2 observa-se o comportamento do pH, da acidez potencial (H+Al), do alumínio, do cálcio e do magnésio, em função das doses de corretivos aplicada, onde é possível notar que o MM e o CALC apresentam o mesmo comportamento.

As doses de corretivo utilizadas mostram efeitos sobre todos os atributos avaliados (Tabela 4), exceto para o potássio trocável ( $K^+$ ), o qual não foi influenciado pelos corretivos (CALC, MM e MP), ou pelas doses. Não há quantidades declaradas de potássio no calcário e na carapaça dos mexilhões o conteúdo é de  $551 \text{ mg kg}^{-1}$  (Tabela 2).

Pequenas variações foram observadas nos teores de B ( $0,1$  para  $0,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Cu ( $0,6$  para  $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Zn ( $0,4$  para  $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ), e devem ser aplicados às culturas em acordo com recomendação técnica, não tendo os corretivos utilizados (CALC, MM e MP) promovido alterações no comportamento dos mesmos como explicitado na Tabela 5.

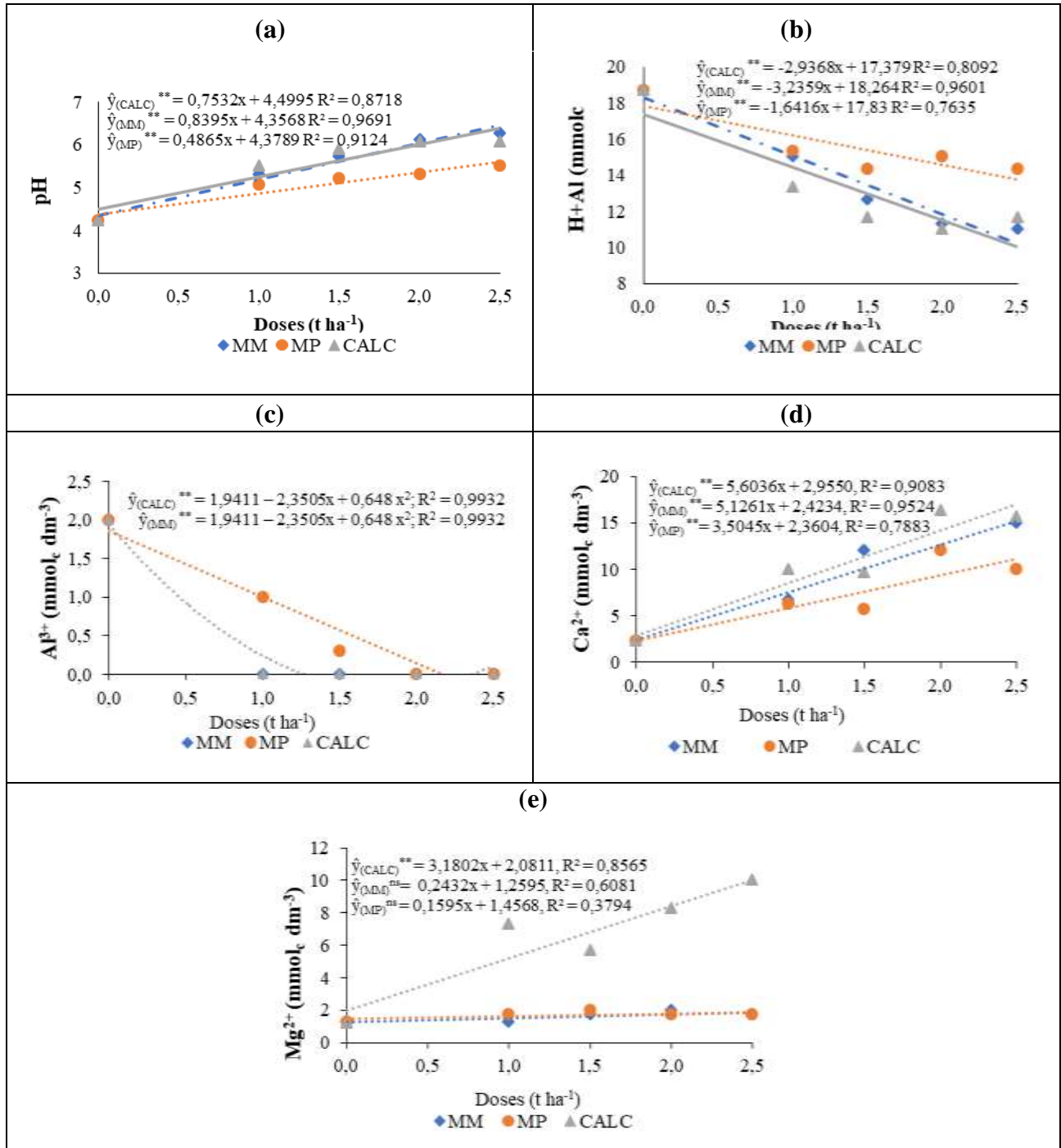
**Tabela 4.** Valores médios para fósforo (P), matéria orgânica (MO), reação do solo (pH), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), acidez potencial (H+Al) e alumínio (Al<sup>3+</sup>), nos tratamentos com aplicação de carapaça de mexilhão-dourado moído (MM), em pedaços (MP) e calcário (CALC) e doses utilizadas, bem como p-valor, média geral, equações de regressão, coeficientes de variação (CV) e correlação (R<sup>2</sup>). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si para p < 0,05. p valor=probabilidade de F.

FV	P	MO	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	Al <sup>3+</sup>
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----	mmolc dm <sup>-3</sup>	-----		
<b>TRAT</b>	0,2276	0,9134	<b>0,0001</b>	0,3870	<b>0,0006</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0288</b>
<b>DOSES</b>	<b>0,0054</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,0001</b>	0,9703	<b>0,0000</b>	<b>0,0030</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
<b>TRATxDOSE</b>	0,4412	0,1763	<b>0,0001</b>	0,6642	0,0661	<b>0,0025</b>	<b>0,0102</b>	0,0646
<b>Média geral</b>	32,9	9,6	5,4	0,5	9,2	3,3	7	0,5
<b>CV (%)</b>	26	5	2	20	24	49	14,2	60
<b>Tratamentos</b>								
MM	35,4a	9,7a	5,5a	0,53a	9,6a	1,6b	13,7a	0,4a
MP	30,0a	9,6a	5,1b	0,49a	7,3b	1,7b	15,5b	0,7b
CALC	33,0a	9,7a	5,6a	0,53a	10,8a	6,5a	13,3a	0,4a
<b>Doses</b>								
0,0	23,3	10,3	4,2	0,53	2,3	1,3	18,7	2,0
1,0	32,0	9,7	5,3	0,52	7,7	3,4	14,6	0,3
1,5	39,1	9,4	5,6	0,50	9,1	3,1	12,9	0,1
2,0	36,6	9,4	5,8	0,52	13,4	4,0	12,4	0,0
2,5	33,6	9,3	5,9	0,51	13,6	4,4	12,3	0,0
<b>Equações de Regressão para Doses</b>						<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p valor</b>	
<b>P</b>	$\hat{y}^{**} = 22,8452 + 16,3345x - 4,7416 x^2$					0,9147	0,016	
<b>MO</b>	$\hat{y}^{**} = 10,1952 + 0,3934x$					0,8784	0,000	
<b>pH</b>	$\hat{y}^{**} = 4,4144 + 0,6913x$					0,9303	0,000	
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	$\hat{y}^{**} = 2,5796 + 4,7447x$					0,9630	0,000	
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	$\hat{y}^{**} = 1,6186 + 1,1772x$					0,8966	0,000	
<b>H+Al</b>	$\hat{y}^{**} = 17,8228 - 2,6036x$					0,8844	0,000	
<b>Al<sup>3+</sup></b>	$\hat{y}^{**} = 1,5946 - 0,7898x$					0,7881	0,000	

Fonte: Autores.

O incremento nas doses dos corretivos contribuiu para mineralização da MO reduzindo seus teores no solo (10,3 para 9,3 g dm<sup>-3</sup>), ao mesmo tempo ocorreram incrementos em P, pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, CTC, redução em H+Al, Al<sup>3+</sup>, Fe e Mn (Tabelas 4 e 5). Estes resultados mostram que aumentar a quantidade de corretivo acentua os efeitos dos mesmos sobre a correção do pH do solo. Como consequência da elevação linear do pH, ocorreu redução, também linear, nos teores de Fe e Mn trocáveis, e quadrática para o Al<sup>3+</sup> indisponível no solo com a aplicação de 1,8 t ha<sup>-1</sup> de MM ou CALC. Ao utilizar MP a indisponibilidade do Al<sup>3+</sup> é alcançada na dose de 3,05 t ha<sup>-1</sup>, como descrito na Tabela 6, onde se encontra a significância para cada dose e tipo de corretivo aplicado.

**Figura 2.** Comportamento de (a) reação do solo (pH), (b) acidez potencial (H+Al), (c) alumínio (Al<sup>3+</sup>), (d) cálcio e (e) magnésio trocáveis, em relação a aplicação de doses crescentes de carapaça de mexilhão-dourado moída (MM), em pedaços (MP) e calcário (CALC).



Fonte: Autores.

**Tabela 5.** Valores médios para capacidade de troca catiônica (CTC), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) do solo, nos tratamentos com carapaça de mexilhão-dourado moída (MM); em pedaços (MP), calcário (CALC) e doses utilizadas, bem como p valor, equações de regressão e coeficiente de correlação ( $R^2$ ). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si para  $p < 0,05$ . Ponto de máximo para Fe= 2,0 e para Mn = 2,6.

FV	CTC	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>		
TRAT	<b>0,0000</b>	0,4066	0,0966	0,4377	<b>0,0000</b>	<b>0,0409</b>
DOSE	<b>0,0001</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0139</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0171</b>
TRATxD	0,0607	0,3441	0,5201	0,9805	0,1185	0,3545
Média	27,18	0,1	0,5	9	6,3	0,4
CV (%)	13	32	12	22	9	26
<b>TRAT</b>						
MM	25,5b	0,1a	0,5a	8,6a	6,1b	0,3b
MP	25,0b	0,1a	0,5a	9,5a	7,0a	0,3b
CALC	31,1a	0,1a	0,5a	9,0a	5,8b	0,4a
<b>DOSES</b>						
0,0	22,9	0,1	0,6	12,7	8,4	0,3
1,0	26,2	0,1	0,5	8,4	6,4	0,4
1,5	25,6	0,1	0,5	8,7	5,9	0,4
2,0	30,4	0,0	0,5	7,7	5,6	0,4
2,5	30,9	0,1	0,5	7,8	5,3	0,4
<b>Equações de Regressão para Doses</b>					<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p-valor</b>
<b>CTC</b>	$\hat{y}^{**} = 22,5502 + 3,3102x$			0,8830	0,000	
<b>B</b>	$\hat{y}^{**} = 0,1016 + 0,0219x$			0,7606	0,000	
<b>Cu</b>	$\hat{y}^{*} = 0,5514 + 0,0303x$			0,5427	0,008	
<b>Fe</b>	$\hat{y}^{**} = 12,5553 - 4,4657x + 1,1147x^2$			0,7930	0,014	
<b>Mn</b>	$\hat{y}^{**} = 8,3471 - 2,2964x + 0,4375x^2$			0,9242	0,002	
<b>Zn</b>	$\hat{y}^{*} = 0,3084 + 0,0384x$			0,3982	0,024	

Fonte: Autores.

Além de elevar o pH, os corretivos propiciaram incrementos em  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ . Todavia os incrementos em  $Mg^{2+}$  ocorrem apenas na presença do tratamento CALC, uma vez que MM e MP não contém em sua constituição (Tabela 2) quantidade de Mg que contribua para isto. O fósforo (P) também apresenta incrementos em sua disponibilidade no solo, com ponto de máxima disponibilidade na dose de 1,7 t ha<sup>-1</sup>.

Os desdobramentos da interação entre os tratamentos (MM, MP e CALC) e as doses aplicadas (0,0; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 t ha<sup>-1</sup>) trazem um detalhamento dos efeitos destes corretivos sobre pH, H+Al, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> (Tabela 6), onde é possível verificar que MM apresenta os mesmos resultados que CALC para pH, Al<sup>3+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, enquanto para H+Al os resultados são igualmente reproduzidos, porém a partir da dose de 1,5 t ha<sup>-1</sup>. O Mg<sup>2+</sup> é fornecido ao solo

apenas pelo CALC, o que fica explícito no desdobramento (Tabela 6), onde o  $Mg^{2+}$  mostra incrementos lineares à medida que as doses aumentam.

**Tabela 6.** Desdobramento do teste de médias para reação do solo (pH), magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e acidez potencial (H+Al), alumínio ( $Al^{3+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ). Médias seguidas de mesma letra na linha, por variável, não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Doses (t ha <sup>-1</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )				Mg <sup>2+</sup> (mmolc dm <sup>-3</sup> )			
	MM	MP	CALC	P valor	MM	MP	CALC	P valor
0,0	4,2a	4,3a	4,2a	1,0000	1,3a	1,3a	1,2a	1,0000
1,0	5,3a	5,1b	5,5a	0,0012	1,3b	1,7b	7,3a	0,0001
1,5	5,7a	5,2b	5,9a	0,0000	1,7b	2,0b	5,7a	0,0069
2,0	6,1a	5,3b	6,0a	0,0000	2,0b	1,7b	8,3a	0,0000
2,5	6,3a	5,5b	6,1a	0,0000	1,7b	1,7b	10,0a	0,0000
<b>P valor</b>	0,0108	0,6499	0,1150		0,6540	0,7790	0,0000	
H+Al (mmolc dm <sup>-3</sup> )					Al <sup>3+</sup> (mmolc dm <sup>-3</sup> )			
	MM	MP	CALC	P valor	MM	MP	CALC	P valor
0,0	18,8a	18,7a	18,7a	1,0000	2,0a	2,0a	2,0a	1,0000
1,0	15,0b	15,3b	13,3a	0,0332	0,0a	1,0b	0,0a	0,0002
1,5	12,7a	14,3b	11,7a	0,0063	0,0a	0,3a	0,0a	0,2968
2,0	11,3a	15,0b	11,0a	0,0000	0,0a	0,0a	0,0a	1,0000
2,5	11,0a	14,3b	11,7a	0,0004	0,0a	0,0a	0,0a	1,0000
<b>P valor</b>	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	
Ca <sup>2+</sup> (mmolc dm <sup>-3</sup> )								
	MM	MP	CALC	P valor				
0,0	2,3a	2,3a	2,3a	1,0000				
1,0	6,7a	6,3a	10,0a	0,0995				
1,5	12,0a	5,7b	9,7a	0,0055				
2,0	12,0b	12,0b	16,3a	0,0339				
2,5	15,0a	10,0b	15,7a	0,0073				
<b>P valor</b>	0,0000	0,0001	0,0000					

Fonte: Autores.

O crescimento da planta indicadora (milho) foi avaliado considerando parâmetros como altura, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea e da raiz, índice de clorofila foliar, cujos resultados, apresentados na Tabela 7, mostram que a resposta da planta não difere entre MM, MP e CALC, apenas altura e índice de clorofila foliar (ICF) foram influenciados pelas doses aplicadas. Com comportamento linear crescente para clorofila e quadrático para

altura, mostrando um ponto de máximo neste caso para doses de 1,1 t ha<sup>-1</sup> de corretivo, independente de qual corretivo esteja sendo utilizado. Importante, portanto, destacar que para a planta utilizada como indicadora, nesta condição experimental e para os parâmetros avaliados, não há diferenças entre os tratamentos de correção do solo.

**Tabela 7.** Valores médios de altura (ALT), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSRAIZ) e índice de clorofila foliar (ICLOR), nos tratamentos MM = carapaça de mexilhão-dourado moído; MP = carapaça de mexilhão-dourado em pedaços, CALC = calcário e doses utilizadas, bem como p valor e equações de regressão e coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>). Ponto de máximo para ALT=1,10.

FV	ALT (cm)	CR (cm)	MSPA (g)	MSRAIZ (g)	ICLOR
TRAT	0,0980	0,6136	0,8552	0,3095	0,9052
DOSES	<b>0,0193</b>	0,1356	0,1593	0,7156	<b>0,0021</b>
TRAT x DOSE	0,7434	0,5349	0,4008	0,2874	0,4834
Média geral	77,3	67,8	97,3	24,4	29,0
CV (%)	8	13	18	20	15
<b>Tratamentos</b>					
MM	76,5a	66,3a	96,9a	24,3a	28,5a
MP	80,0a	67,6a	95,8a	25,8a	28,9a
CALC	75,3a	69,5a	99,2a	23,1a	29,2a
<b>Doses</b>					
0,0	76,7	69,0	106,1	23,1	23,5
1,0	77,0	68,4	101,8	23,9	28,9
1,5	83,2	67,1	98,8	23,7	29,7
2,0	76,3	72,9	93,8	25,5	30,2
2,5	73,1	61,5	86,1	25,9	32,2
<b>Variáveis</b>	Equações de regressão			<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p-valor</b>
ALT	y * = 76,2018 + 7,2542x - 3,3646x <sup>2</sup>			0,5497	0,015
ICLOR	y** = 24,3492 + 3,2490x			0,9266	0,000

Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

O solo utilizado neste trabalho é um solo arenoso e profundo, comum no cerrado brasileiro e como a maioria dos solos do cerrado apresenta baixos teores de nutrientes, elevada acidez e CTC baixa (Haridasan, 2008; Reatto et al., 2008), conjunto que restringe o crescimento e desenvolvimento das plantas (Amaral et al., 2017), sendo necessário proceder a correção. Neste caso, feita com calcário e carapaças de mexilhão-dourado moídas (MM) ou em pedaços (MP).

Os corretivos testados foram efetivos na redução da acidez do solo (pH, H + Al e Al<sup>3+</sup>) e no aumento do cálcio trocável, tendo todos o mesmo comportamento (CALC, MM e MP),

reações esperadas como resultado da calagem em qualquer tipo de solo (Álvarez et al., 2012; Goulding, 2016; Han et al., 2019; Nolla et al., 2020). No entanto CALC e MM (0,25 mm) apresentam também o mesmo desempenho, enquanto o MP (8,00 mm) promove resultados mais modestos. Este fato pode ser atribuído à granulometria mais grosseira do MP, visto que a eficácia dos corretivos depende de sua taxa de dissolução, e esta do tamanho das partículas, que quanto maior mais lentamente reage (Álvarez et al., 2009; Goulding, 2016; Nascimento et al., 2019), justificando os resultados (Tabelas 4 e 6, Figura 2).

Nas avaliações conduzidas nota-se ausência de resposta para  $K^+$ , no entanto é sabido que a correção do solo favorece a manutenção dos teores de  $K^+$  (Oliveira et al., 2001; Han et al., 2019), uma vez que aumenta a CTC efetiva e reduz as perdas por lixiviação (Oliveira et al., 2001), não produzindo variações, apenas a manutenção deste no solo, propiciada pela aplicação dos corretivos.

Para B, Cu e Zn, as pequenas variações observadas ocorrem em teores com indicativos de deficiência no solo, porém o solo arenoso e com baixo conteúdo de MO, pré-define a possibilidade de deficiência em B, Cu e Zn, que seria, particularmente, acentuada, para valores de pH abaixo de 5,0 e acima de 6,5 para B e Cu e acima de 7,0 para Zn (Resende, 2003). Assim, os teores encontrados no solo estão associados a uma deficiência pré-existente. Como não houve fornecimento destes micronutrientes, via adubação, não se observou variações em seus teores, mesmo com a elevação do pH do solo às faixas adequadas em função dos tratamentos (Tabela 4).

A correção do solo e as doses crescentes de corretivos aplicadas promoveram incrementos no pH e este contribuiu à mineralização da MO, ao produzir condições mais favoráveis à atividade microbológica, que decompõe a MO (Badalucco et al., 1992; Paradelo et al., 2015) e disponibiliza diversos elementos à solução do solo (Souza et al., 2018).

Os incrementos nas doses dos corretivos aplicados, além de elevarem o pH, promoveram a elevação nos teores de P,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e, conseqüentemente, na CTC do solo (Tabelas 4, 5 e 6, Figura 2). No entanto, estes incrementos dependem, além da dose aplicada, da composição do corretivo, isto é, da presença de cálcio, por exemplo, (Li et al., 2019; Castro et al., 2016). Não há diferenças entre CALC e MM para pH e  $Ca^{2+}$ , mostrando equivalência entre estes corretivos na neutralização da acidez do solo. Álvarez et al. (2012) verificaram efeitos semelhantes entre carapaças de mexilhão e calcário aplicados ao solo para pH e  $Al^{3+}$ , como também ocorreu neste trabalho (Tabela 4 e 6, Figura 2), onde as doses dos corretivos reduziram  $Al^{3+}$ , H+Al, Fe e Mn, com o incremento no pH do solo, tendo CALC e MM produzido os mesmos efeitos, e estes seguidos pelo MP.



Considerando que o papel da calagem é a neutralização do  $Al^{3+}$ , o fornecimento de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , e o aumento na disponibilidade de P (Kunhikrishnan et al. 2016) pode-se afirmar que o MM atende a esta demanda, uma vez que se mostra equivalente ao CALC (Tabelas 4, 6 e Figura 2), nos critérios indicados por Kunhikrishnan et al., (2016), excetuando-se os incrementos em  $Mg^{2+}$ .

As exigências do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento-MAPA para um possível uso deste material como corretivo da acidez do solo, e segundo a Instrução Normativa 06 de 10/03/2016 (MAPA, 2016), onde, para corretivos da acidez, apenas Cd e Pb estão contemplados com teores máximos permitidos (20 e 1.000 mg  $kg^{-1}$  para Cd e Pb, respectivamente), colocam o mexilhão-dourado em condições de uso perante a legislação vigente, uma vez que contém  $< 0,4$  mg  $kg^{-1}$  de Cd e 3,3 mg  $kg^{-1}$  de Pb, de acordo com a metodologia definida pelo MAPA (MAPA, 2017).

Estes resultados permitem indicar o uso do MM como substituto do CALC para correção do solo e fornecimento de cálcio, em detrimento do MP, pelo tempo destinado ao trabalho (120 dias, 30 dias de incubação e 90 dias desde a semeadura até o cultivo). Cabe, no entanto, comentar que o MP pode produzir bons resultados, porém o tempo necessário pode ser mais longo, devido ao tamanho das partículas empregadas neste experimento, o que poderia ser útil a depender da brevidade com que se esperam os resultados.

O milho, planta utilizada como indicadora, não teve seu comportamento influenciado pelos corretivos (CALC, MM e MP) sugerindo que a substituição de um pelo outro não traria prejuízo ao seu crescimento, independente do desempenho registrado, que pode ter interferência da dose de NPK aplicada (1t  $ha^{-1}$ ). Apenas altura e índice de clorofila foliar (ICF) apresentaram variações (Tabela 7).

A altura das plantas indicou a dose de 1,1  $kg$   $ha^{-1}$  como promotora do máximo crescimento, o que é importante considerando que a planta é dependente não só da correção da acidez do solo, senão de um conjunto de fatores edáficos. Sabe-se, também, que a correção da acidez melhora a eficiência da fertilização (Castro & Crusciol, 2015) e, neste caso, pode não ter sido eficiente em promover maior produção de biomassa, a qual poderia ter sido registrada em outras variáveis avaliadas (massa seca da parte aérea e da raiz, comprimento de raiz). Para Silva (2011), a deficiência de magnésio nas plantas de milho reduz o diâmetro do colmo da planta, altura da planta, número total de folhas, massa seca da parte aérea e da raiz, mostrando que além da correção do solo é necessário proceder a uma adubação eficaz.

Os incrementos lineares observados para o ICF do milho (Tabela 7) poderiam ser atribuídos aos teores de  $Mg^{2+}$  disponíveis (Gransee & Führs, 2013), uma vez que o magnésio

é constituinte da molécula de clorofila e importante em reações enzimáticas (Hermans et al., 2005). No entanto, os teores de  $Mg^{2+}$  não apresentaram diferenças significativas para as doses utilizadas quando os corretivos foram MM e MP, apenas o CALC propicia incrementos na disponibilidade de  $Mg^{2+}$  em função das doses aplicadas e do conteúdo de magnésio em sua composição (Tabela 2), explicando o comportamento do ICF.

A utilização da carapaça do MM pode substituir o calcário, considerando aspectos químicos do solo, bem como as avaliações feitas para planta, enquanto o MP devido aos resultados, decorrentes do tamanho das partículas, pode ser pensado como um corretivo de liberação mais lenta.

## 5. Conclusões

A utilização da carapaça do mexilhão-dourado moída pode substituir o calcário, considerando os aspectos químicos do solo;

O mexilhão em pedaços (MP) pode apresentar o mesmo desempenho do mexilhão moído (MM), na correção do solo, mas precisa de mais tempo, podendo ser pensado como um corretivo de liberação mais lenta;

Em solo arenoso, após 120 dias de condução do experimento, observou-se que 1,8 t  $ha^{-1}$  de MM ou CALC e 3,05 t  $ha^{-1}$  de MP foram suficientes para neutralização do  $Al^{3+}$ .

## 6. Considerações Finais

Observada a possibilidade de substituir o calcário pela carapaça do mexilhão-dourado, estando a mesma quimicamente em acordo com as exigências do MAPA, indica-se a realização deste trabalho em campo.

## Agradecimentos

A Faculdade de Engenharia, UNESP/Campus de Ilha Solteira e a equipe do Laboratório de Pedologia, pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho.

## Referências

- Abalos, D., Liang, Z., Dorsch, P., Elsgaard L. (2020). Trade-offs in greenhouse gas emissions across a liming-induced gradient of soil pH: Role of microbial structure and functioning. *Soil Biology and Biochemistry*, 150, 108006. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108006>
- Abreu, M. F. & Andrade, J. C. (2006). *Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais*. Editora IAC. Campinas.
- Álvarez, E., Fernández-Sanjurjo, M. J., Núñez, A., Seco, N. & Corti, G. (2012). Aluminium fractionation and speciation in bulk and rhizosphere of a grass soil amended with mussel shells or lime. *Geoderma*, 173-174, 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.12.015>
- Álvarez, E., Viadé, A. & Fernández, M. L. (2009). Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain). *Geoderma*, 152, 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.011>.
- Amaral, L. A., Ascari, J. P., Duarte, W. M., Mendes, I. R. N., Santos, E. S. & Julio, O. L. L. (2017). Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. *Agrarian*, 10(35), 31-41. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.4139>
- Avelino, P. G., Avelino, D. F. G. & Silva, T. A. (2019). Impactos provocados pelo descarte do *Limnoperna fortunei* em pisciculturas do submédio Rio São Francisco. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, 7(2), 282–288. <http://dx.doi.org/10.16891/2317-434X.v7.e2.a2019.pp282-288>
- Badalucco, L., Grego, S., Dell'Orco, S. & Nannipieri, P. (1992). Effect of liming on some chemical biochemical, and microbiological properties of acid soils under spruce (*Picea abies* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 14, 76–83.
- Barbosa, D. B. D. (2009). Utilização do resíduo moído de mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1857) como corretivo da acidez do solo e fonte de nutriente para as plantas. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Bernardo, S., Soares, A.A. & Mantovani, E.C. (2008). *Manual de irrigação*. (8a ed.), Viçosa: Editora UFV.

Boni, T. S., Maltoni, K. L., Feitosa, D. G. & Cassiolato, A. M. R. (2015). Influência da qualidade da água em experimento conduzido em vasos. *Cultura Agrônômica*, 4 (24), 343-354. <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2015v24n4p343-354>

Borges, P. D., Ludwig, S. & Boeger, W. A. (2017). Testing hypotheses on the origin and dispersion of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in the Iguassu River (Paraná, Brazil): molecular markers in larvae and adults. *Limnology*, 18(1), 31-39. <http://dx.doi.org/10.1007/s10201-016-0485-8>

Carneiro, J. G. A. (1995). *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

Castro, G. S. A., Cruciol, C. A. C., Costa, C. H. M., Ferrari Neto, J. & Mancuso, M. A. C. (2016). Surface application of limestone and calcium-magnesium silicate in a tropical no-tillage system. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(2), 362-379. <http://dx.doi.org/10.4067/S071895162016005000034>

Castro, G. S. A. & Cruciol, C. A. C. (2015). Effects of surface application of dolomitic limestone and calcium-magnesium silicate on soybean and maize in rotation with green manure in a tropical region. *Bragantia*, 74(3), 311-321. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0346>

CETEM. (2013). Exploração do calcário provoca diferentes impactos socioambientais no Brasil. Recuperado de: <<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbetes.aspx?verid=173>>.

Ciotta, M. N., Bayer, C., Ernani, P. R., Fontoura, S. M. V., Wobeto, C. & Albuquerque, J. A. (2004). Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 317-26. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000200010>.

Darrigran, G. & de Drago, I. E. (2000). Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortune* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *Nautilus*, 114, (2), 69-73. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702012000600004>

Darrigran, G. & Damborenea, C. (2009). *Introdução a biologia das invasões: O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle*. 2009. Ed. Cubo.

Ferreira, D. F. (2019). SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Goulding, K. W. T. (2016). Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use Management*, 32(3), 390–399. <https://doi.org/10.1111/sum.12270>

Granssee, A. & Führs, H. (2013). Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*, 368(1-2), 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1567-y>

Han, T., Cai, A., Liu, K., Huang, J., Wang, B., Li, D., Qaswar, M., Feng, G. & Zhang, H. (2019). The links between potassium availability and soil exchangeable calcium, magnesium, and aluminum are mediated by lime in acidic soil. *Journal of Soils Sediments*, 19, 1382–1392. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2145-6>

Haridasan, M. (2008). Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(3), 183-195. <https://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>

Hermans, C., Bourgis, F., Faucher, M., Strasser, R.J., Delrot, S. & Verbruggen, N. (2005). Magnesium deficiency in sugar beets alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. *Planta*, 220(4), 541-549. <https://doi.org/10.1007/s00425-004-1376-5>

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2020). Plano Nacional de prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil. Recuperado de: [https://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/mexilhao-dourado/2020/2020-11-10-Plano\\_Mexilhao\\_Dourado.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/mexilhao-dourado/2020/2020-11-10-Plano_Mexilhao_Dourado.pdf).

Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Bolan, N. S., Xu, Y., Mandal, S., Gleeson, D. B., Seshadri, B., Zaman, M., Barton, L., Tang, C., Luo, J., Dalal, R., Ding, W., Kirkham, M. B. & Naidu, R. (2016). Functional relationships of soil acidification, liming, and greenhouse gas flux. *Advances in Agronomy*, 139, 1–71. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.05.001>

Latini, A. O., Resende, D. C., Pombo, V. B. & Coradin, L. (2016). *Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil*. Brasília: MMA. (Série Biodiversidade, 39).

Li, Y., Cui, S., Chang, S. X. & Zhang, Q. (2019). Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *Journal of Soils Sediments*, 19, 1393–1406. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>

Machado, C. J. S. & Oliveira, A. E. S. (2009). Espécies exóticas invasoras: problema nacional ainda pouco conhecido. *Ciência e Cultura*. 61(1), 22-23.

Mansur, M. C. D., dos Santos, C., Pereira, D., Paz, I., Zurita, M., Rodriguez, M., Nehrke, M. & Bergonci, P. (2012). *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção, controle*. Redes Editora, Porto Alegre.

Mansur, M. C. D., Callil, C. T., Cardoso, F. R. & Ibarra, J. A. A. (2004). Uma retrospectiva e Mapeamento da Invasão de Espécies de *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do Sudeste Asiático, na América do Sul. In: Silva, J. S. V. & Souza, R. C. C. L. *Água de Lastro e Bioinvasão*. Rio de Janeiro.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2004). Lançado o primeiro plano de emergência para evitar a expansão do mexilhão dourado. Recuperado de: [https://www.mma.gov.br/informma/item/1845-lancado-plano-de-emergencia-para-evitar-expansao-do-mexil hao-dourado.html](https://www.mma.gov.br/informma/item/1845-lancado-plano-de-emergencia-para-evitar-expansao-do-mexil-hao-dourado.html).

MMA – Ministério do Meio Ambiente (2017). Diagnóstico sobre a invasão do mexilhão-dourado (*limnoperna fortunei*) no Brasil. Consulta Pública. Recuperado de: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/centrais-de-conteudo/2017-10-02-consulta-publica-mexilhao-dourado-2-pdf>.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2016). Instrução Normativa nº 06, de 10 de março de 2016. Dispõe sobre as especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. Recuperado de:< [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393222/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-6-de-10-de-marco-de-2016-21393092](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393222/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-6-de-10-de-marco-de-2016-21393092)>.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2017). Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Recuperado de: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/manual-de-metodos\\_2017\\_isbn-978-85-7991-109-5.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/manual-de-metodos_2017_isbn-978-85-7991-109-5.pdf)>.

Morton, B. (2015) The Biology and anatomy of *limnoperna fortunei*, a significant freshwater bioinvader: blueprints for success. In: Boltovskoy, D. *Limnoperna fortunei: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel*. Switzerland: Springer International Publishing. 3-41.

Nascimento, E. V. S., Brasil, E. C. & Silva, G. R. (2019). Efeito da escória de siderurgia nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo Distrófico em Terra Alta - PA. *Revista Agroecossistemas*, 11(1), 97-121. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i1.2163>

Neto, J. B. F. (2009). *Teste de Tetrazólio*. In: Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA). Regras para análises de sementes. Brasília.

Nolla, A., Alves, E. O. S., Silva, T. G. & Bordin, A. V. (2020). Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(3), 2478-2487. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-156>

Oliveira, F. A., Carmello, Q. A. C. & Mascarenhas, H. A. A. (2001). Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. *Scientia Agricola*, 58(2), 329-335. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000200016>

Paradelo, R., Virto, I. & Chenu, C. (2015). Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.005>

Pereira A. S.; Shitsuka, D. M.; Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria, RS: Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T. & Tsomondo, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84, 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00178-X)

Queiroz, J. F. (2016). Boas Práticas de Manejo (BPM) para a Aquicultura em Viveiros Escavados e em Reservatórios. Recuperado de: [http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B8745558104D%7D\\_2016CT02.pdf](http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B8745558104D%7D_2016CT02.pdf)>.

Raij, B. van, Andrade, J. C., Cantarella, H. & Quaggio, J.A. (2001). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas Instituto Agrônômico.

Reatto, A., Correia, J. R., Spera, S. T. & Martins, S. (2008). *Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos*. In: Sano, S. M., Almeida, S. P. & Ribeiro, J. F. (Eds.), *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados/ Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.

Resende, A. V. (2003). Adubação com micronutrientes no Cerrado. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados. (Documentos, Embrapa Cerrados.).



Rosa, D. M. & Assis, P.S. (2020). *Limnoperna fortunei* Brasil: Histórico da dispersão, biologia populacional, impactos e controle. In: Hayashi, C. (Ed.), Ciências Ambientais: Recursos hídricos. Ribeirão Preto: Carmino Hayashi.

Sade, H., Meriga, B., Surapu, V., Gadi, J., Sunita, M. S. L., Suravajhala, P. & Kavi Kishor, P. B. (2016). Toxicity and tolerance of aluminum in plants: tailoring plants to suit to acid soils. *Biometals*, 29, 187–210. <https://doi.org/10.1007/s10534-016-9910-z>.

Silva, F. F. (2011). Sistema de visão artificial para a identificação da nutrição de milho submetido a níveis de cálcio, magnésio e enxofre. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

Silva, M. O., Veloso, C. L., Nascimento, D. L., Oliveira, J., Pereira, D. F. & Costa, K. D. S. (2020). Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 47838 - 47855. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-431>

Sinsabaugh, R. L., Lauber, C. L., Weintraub, M. N., Ahmed, B., Allison, S. D., Crenshaw, C., Contosta, A. R., Cusack, D., Frey, S., Gallo, M. E., Gartner, T. B., Hobbie, S. E., Holland, K., Keeler, B. L., Powers, J. S., Stursova, M., Takacs-Vesbach, C., Waldrop, M. P., Wallenstein, M. D., Zak, D. R. & Zeglin, L. H. (2008). Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. *Ecology Letters*, 11, 1252-1264. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01245.x>

Souza, M. S., Jardim, A. M. R. F., Araújo Júnior, G. N., Silva, J. R. I., Leite, M. L. M. V., Teixeira, V. I., Silva, T. G. F. (2018). Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. *Pubvet*, 12, 1-9. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9>

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A. & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. (3a ed.), Embrapa Solos, Brasília.

TV Tem (2018). Invasão de mexilhões atormenta piscicultores paulistas. <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/nosso-campo/noticia/invasao-de-mexilhoes-atormenta-piscicultores-paulistas.ghtml>

Wachholz, L., Vianna Nunes, R., Broch, J. & Souza, C. (2017). Possibilidade do uso de Mexilhão Dourado contaminado com metais tóxicos em dietas para frangos de corte. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9(2), 227 – 235. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n2.2017.562>

Yadav, D. S., Jaiswal, B., Gautam, M. & Agrawal, M. (2020). *Soil Acidification and its Impact on Plants*. In: Singh, P., Singh, S. K. & Prasad, S.M. (eds) *Plant Responses to Soil Pollution*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4964-9\\_1\(2020\)](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4964-9_1(2020))

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Kátia Luciene Maltoni – 30%

Nataly Freire de Oliveira – 15%

Thaís Soto Boni – 20%

Ana Maria Rodrigues Cassiolato – 20%

Glaucia Amorim Faria – 15%