



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
CAMPUS DE PATOS - PB**



**AMANDA DE LIRA FREITAS**

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO NO ESTADO  
NUTRICIONAL DE *Moringa oleifera* LAM., NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E  
MICROBIOLÓGICAS DO SOLO**

**Patos – Paraíba - Brasil**

**2020**

**AMANDA DE LIRA FREITAS**

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO NO ESTADO  
NUTRICIONAL DE *Moringa oleifera* LAM., NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E  
MICROBIOLÓGICAS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para obtenção do título do Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto**

**Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Vilma Maria dos Santos**

**Patos – Paraíba – Brasil**

**2020**



F866i Freitas, Amanda de Lira.

Influência da aplicação de esterco bovino no estado nutricional de Moringa oleífera LAM., nas propriedades químicas e microbiológicas do solo. / Amanda de Lira Freitas. - 2020.

67 f.

Orientador: Professor Dr. Jacob Silva Souto.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

1. Esterco bovino como adubo. 2. Adubação orgânica. 3. Adubação com esterco bovino. 4. Nutrição vegetal. 5. Moringa oleífera - estado nutricional. 6. Utilização de recursos florestais. 7. Diagnose nutricional em espécies florestais. 8. Solo - propriedades microbianas. 9. Solo - propriedades. 10. Solo - atividade microbiológica. 11. Nutrição foliar com esterco bovino. I. Souto, Jacob Silva. II. Título.

CDU:631.81(043.2)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**AMANDA DE LIRA FREITAS**

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO NO ESTADO  
NUTRICIONAL DE *Moringa oleifera* LAM., NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E  
MICROBIOLÓGICAS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos-PB, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

**Aprovada em: 13 de março, 2020**



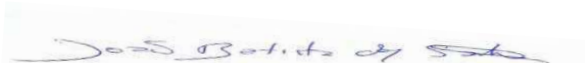
---

**Prof. Dr. Jacob Silva Souto**  
Universidade Federal de Campina Grande  
(Orientador)



---

**Prof. Dr. Francisco Tomaz de Oliveira/IFPB/Campus de Sousa**  
(1º Examinador)



---

**Dr. João Batista dos Santos/PNPD/CAPES/UFCG**  
Universidade Federal de Campina Grande  
(2º Examinador)

À minha família, em especial, aos meus pais, José Alves de Freitas e Maria Lúcia de Lira Freitas, aos meus irmãos, Ana, Adriana, André e João Paulo, aos meus sobrinhos, Giovanna, João Victor, Felipe e Karina, ao meu noivo Diego Rubens, pelo amor, carinho e apoio de sempre.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, todo poderoso, por me proporcionar dom da vida, minha saúde e a saúde da minha família, sou grata a Ele que em nenhum momento me deixou desistir.

Ao meu pai, José Alves de Freitas, meu guerreiro e meu herói e, principalmente, à minha mãe, Maria Lúcia meu espelho, meu exemplo de mãe e mulher. Aos meus irmãos Ana Lúcia, André, Adriana e João Paulo que abriram mão do estudo para que eu pudesse chegar até aqui e continuar na caminhada acadêmica, gratidão por todo apoio e aos meus sobrinhos Giovanna, João Victor, Luíz Felipe e Karina.

Ao meu noivo Diego, meu companheiro de todas as jornadas, grande amor da minha vida e aos meus anjos Ágata, Antonieta e Angelina minhas filhas de quatro patas, agradeço por todo amor, inspiração, companheirismo e compreensão. Amo vocês!

Ao professor Doutor Jacob Silva Souto, por aceitar minha orientação e não hesitar em me ajudar mesmo sabendo que o tempo era curto. Agradeço a paciência desde o início.

À Universidade Federal de Campina Grande e a todos os professores. Já se passaram nove anos nesta casa, obrigada pela oportunidade de fazer parte desta instituição.

Em especial, à Professora Doutora Vilma Maria, que foi fundamental para que o trabalho conseguisse se concretizar. Foi professora e amiga, só tenho a agradecer muito por tudo.

Às secretárias da UACF Ednalva e Ivanice e ao secretário da Pós-Graduação em Ciências Florestais Paulo Cesar por toda assistência em todos os momentos.

Aos meus colegas do mestrado, pela convivência e a troca de conhecimento, Sérgio Túlio, Roberta, Angélica, Marinalva, Samara, Guilherme, Lenildo, Henrique e Viviane. Aos meus amigos da UFCG que levarei para a vida: Mailson, Átila, Rosilvam e José e aos integrantes do time de vôlei da UFCG.

**Os meus mais sinceros agradecim**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 Região semiárida.....	13
2.2 <i>Moringa oleifera</i> .....	14
2.3 Adubação orgânica .....	15
2.4 Propriedades químicas do solo .....	16
2.5 Propriedades microbianas do solo .....	16
2.6 Diagnose nutricional em espécies florestais.....	18
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>32</b>
<b>ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA NUTRIÇÃO DE <i>Moringa oleifera</i> Lam. E</b>	
<b>PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.....</b>	<b>32</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
2.1 Área de estudo.....	37
2.2 Delineamento experimental .....	38
2.3 Instalação e condução do experimento .....	39
2.4 Coletas das amostras de solo.....	39
2.5 Coletas das amostras de folhas .....	40
2.6 Características Avaliadas.....	41
2.6.1 características químicas do solo .....	41
2.6.2 Características nutricionais .....	41
2.7 Análise dos dados.....	41
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
3.1 Características químicas do solo .....	42
3.2 Propriedades químicas do Tecido foliar da <i>M. oleifera</i> .....	44
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>
<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>52</b>
<b>ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO EM PLANTIO DE <i>Moringa oleifera</i> EM</b>	
<b>FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO .....</b>	<b>52</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>55</b>

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>57</b>
<b>2.1 Área de Estudo.....</b>	<b>57</b>
<b>2.2. Montagem do experimento .....</b>	<b>57</b>
<b>2.3 Coletas e preparo das amostras de solo .....</b>	<b>57</b>
<b>2.4 Atributos avaliados.....</b>	<b>57</b>
<b>2.4.1 Atributos microbiológicos.....</b>	<b>57</b>
<b>2.4.2 Atividade enzimática .....</b>	<b>58</b>
<b>2.5. Análise estatística.....</b>	<b>58</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>



## RESUMO GERAL

A *Moringa oleifera* é uma espécie exótica amplamente encontrada no semiárido brasileiro, que se destaca pela adaptação às condições da região e pelos seus diversos usos. No entanto, informações sobre a nutrição de *M. oleifera* e as características dos solos cultivados com essa espécie ainda são escassas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de esterco bovino na nutrição foliar de *M. oleifera* e nas propriedades químicas e microbiológicas do solo. O experimento foi conduzido a campo no período de dezembro (2018) a junho (2019), no município de São José do Bonfim – PB. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos (D0=controle, D30=30 g kg<sup>-1</sup>, D40=40 g kg<sup>-1</sup>, D50= 50 g kg<sup>-1</sup> e D60=60 g kg<sup>-1</sup>) e cinco repetições. Amostras de folhas e de solo foram coletadas no período de floração e frutificação da *M. oleifera*. A partir das amostras de folha, foram avaliados os teores de macronutrientes (N, C, P, K, Ca, Mg, S e a razão C/N) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Nas amostras de solo, avaliaram-se as características químicas (pH, H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, P, K<sup>+</sup>, Al, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, capacidade de troca de cátions (CTCefetiva), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), carbono orgânico total (COT), Cu, Fe, Mn e Zn) e microbiológicas (carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo, quociente metabólico, quociente microbiano e atividade das enzimas β-glicosidase, fosfatase, urease, β-glicosaminidase e desidrogenase). O uso de esterco bovino influenciou as propriedades químicas e microbiológicas do solo e os teores de macro e micronutrientes nas folhas de *M. oleifera*. De modo geral, os valores de pH, Mg, K, P; SB, V% e a CTC do solo apresentaram aumento com aplicação de esterco bovino em comparação com a dose D0. Variações significativas foram observadas nos teores de Fe, Zn e Cu, enquanto o Mg não apresentou diferença significativa. Os resultados obtidos para as propriedades microbiológicas demonstraram que a aplicação de esterco bovino influenciou a biomassa e a atividade microbiana do solo. O CBM, a fosfatase, β-glicosidase, β-glicosaminidase e a relação β-glicosidase/Urease apresentaram aumento com a aplicação do esterco. Em relação aos macronutrientes e micronutrientes nas folhas de *M. oleifera*, observaram-se redução no teor de N a partir da dose D\_40 e aumento do C e da relação C/N (D\_60), Mg, S e B. Para os teores foliares de P, K e Zn, não foram observadas diferenças significativas entre as doses. A aplicação de diferentes doses de esterco promove efeitos distintos na biomassa e atividade microbiana do solo e na nutrição foliar de *M. oleifera*. No entanto, destaca-se que a aplicação de esterco é favorável à saúde do solo e pode contribuir para a melhoria nutricional de *M. oleifera*.

**Palavras-chave:** Semiárido. Composto orgânico. Diagnose foliar. Enzimas do solo.

## GENERAL ABSTRACT

*Moringa oleifera* is an exotic species widely found in the Brazilian semiarid region, it stands out for its adaptation to the conditions of the region and for its diverse uses. However, information about the nutrition of *M. oleifera* and the characteristics of soils cultivated with this species are still scarce. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of different doses of bovine manure on the foliar nutrition of *M. oleifera* and on the chemical and microbiological properties of the soil. The experiment was conducted in the field in the period from December (2018) to June (2019), in the city of São José do Bonfim - PB. The experimental design was in randomized blocks with five treatments (D<sub>0</sub>=control, D<sub>30</sub>=30g kg<sup>-1</sup>, D<sub>40</sub>=40g kg<sup>-1</sup>, D<sub>50</sub>= 50 g kg<sup>-1</sup> and D<sub>60</sub>=60 g kg<sup>-1</sup>) and five repetitions. Leaf and soil samples were collected during the flowering and fruiting period of *M. oleifera*. From the leaf samples the contents of macronutrients (N, C, P, K, Ca, Mg, S and the C/N ratio) and micronutrients (B, Cu, Fe, Mn and Zn) were evaluated. The soil samples were evaluated for chemical (pH, H<sup>+</sup>Al<sup>3+</sup>, P, K<sup>+</sup>, Al, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, cation exchange capacity (CTCefetive), base sum (SB), base saturation (V%), total organic carbon (TOC), Cu, Fe, Mn and Zn) and microbiological (microbial biomass carbon (MBC), soil basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and activity of the enzymes β-glucosidase, phosphatase, urease, β-glucosaminidase and dehydrogenase). The use of bovine manure influenced the chemical and microbiological properties of the soil and the contents of macro and micronutrients in the leaves of *M. oleifera*. In general, the pH, Mg, K, P, SB, V% and CEC values of the soil increased with the application of bovine manure compared to the D<sub>0</sub> dose. Significant variations were observed in Fe, Zn and Cu contents, while Mg did not show significant difference. The results obtained for microbiological properties show that the application of bovine manure influenced the soil microbial biomass and activity. The CBM, phosphatase, β-glucosidase, β-glucosaminidase and β-glucosidase/Urease ratio showed an increase with manure application. In relation to the macro and micronutrients in the leaves of *M. oleifera*, a reduction in N content was observed starting with the dose D<sub>40</sub> and an increase in C and the C/N ratio (D<sub>60</sub>), Mg, S and B. For the foliar contents of P, K and Zn no significant differences were observed among the doses. The application of different doses of manure promotes distinct effects on soil biomass and microbial activity and on foliar nutrition of *M. oleifera*, however, it is highlighted that the application of manure is favorable to soil health and can contribute to nutritional improvement of *M. oleifera*.

**Keywords:** Semiarid. Organic compost. Foliar diagnosis. Soil enzymes.

## 1. INTRODUÇÃO

As características climáticas da região semiárida brasileira dificultam o estabelecimento e a persistência de diversas espécies arbóreas nativas e exóticas. Nessa região, a introdução de plantas exóticas de rápido crescimento vem sendo realizada com finalidade de suprir necessidades agrícolas, florestais e também para arborização urbana. Entre essas, a *Moringa oleifera* Lamarck, árvore nativa do norte da Índia e amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais, vem sendo cultivada com sucesso no Brasil (VASCONCELOS et al., 2019; MODISAOJANG-MOJANAGA et al., 2019). O cultivo da *M. oleifera* na região semiárida pode ser bastante vantajoso, uma vez que todas as partes da planta podem ser utilizadas com diversas finalidades. As folhas da *M. oleifera* possuem alto teor nutricional e podem ser obtidas quando a maioria das espécies da Caatinga não apresentam fitomassa disponível para o uso. Desse modo, o cultivo pode contribuir para geração de renda, auxiliando na melhoria da qualidade de vida da população, em especial, nas regiões mais carentes.

Apesar da *M. oleifera* suportar condições ambientais adversas, para alcançar melhor rendimento da espécie, é importante a utilização de substrato rico em nutrientes essenciais. Nesse contexto, a adubação orgânica com esterco bovino constitui uma prática amplamente adotada e economicamente viável. A utilização de esterco contribui para aumentar a produtividade das culturas, especialmente no semiárido brasileiro, onde os solos geralmente são deficientes em matéria orgânica. Além de disponibilizar nutrientes para as plantas, a utilização de esterco favorece o estabelecimento e a uniformidade das plantas.

A aplicação do esterco bovino promove mudanças nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, na nutrição das plantas. A maioria dos processos fisiológicos e metabólicos ocorre nas folhas, por isso são mais suscetíveis às variações na disponibilidade de nutrientes no solo, tornando-se importante indicador do estado nutricional da planta (MALAVOLTA et al., 2006). A partir da análise nutricional do tecido foliar, é possível entender as respostas fisiológicas das plantas às condições ambientais, verificar a necessidade ou não da aplicação de fertilizantes, bem como intervir no manejo das culturas (BIANCO et al., 2015; TOMIO et al., 2015).

A comunidade microbiana do solo pode ser afetada em termos de riqueza de espécies, abundância e diversidade funcional após a aplicação de esterco bovino, essas mudanças na comunidade microbiana tornam os solos mais resistentes a estresse e perturbações (LARNEY et al., 2016; LIU et al., 2016). A adição de esterco na camada superficial do solo também estimula a atividade microbiana do solo, influenciando positivamente na rotatividade de matéria

orgânico e no fluxo de energia do solo (POWLSON; MACDONALD; POULTON, 2014). No entanto, poucos estudos tem buscado compreender os efeitos da aplicação de esterco no solo, cultivado com espécies florestais de rápido crescimento no campo, e como o uso de esterco animal interfere na nutrição dessas plantas, bem como na atividade microbológica do solo.

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito das doses de esterco bovino na nutrição da *M. oleifera*, nas propriedades químicas e microbológicas do solo no semiárido paraibano.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Região semiárida

O semiárido brasileiro ocupa aproximadamente 1.142.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se por todos os estados da região Nordeste, compreendendo ainda uma porção do estado de Minas Gerais. Cerca de 26,4 milhões de pessoas residem no semiárido brasileiro, onde desenvolvem atividades intensivas como agricultura de subsistência, criação de gado e extração crônica de madeira e produtos florestais não madeireiros (BEZERRA, 2002; SOUZA FILHO, 2011; BARACUHY, FURTADO, FRANCISCO, 2017). Ao longo dos anos, a realização dessas atividades vem ocasionando a formação de remanescentes florestais e o empobrecimento e a homogeneização da biota no semiárido (OLIVEIRA; CHAVES; LIMA, 2009).

A vegetação nativa do semiárido é a Caatinga, caracterizada por plantas decíduas com elevado grau de xerofilia, perde sua biomassa foliar nos períodos de estiagem, e que geralmente apresentam espinhos ou acúleos (BEZERRA, 2002). A flora da Caatinga é a mais diversificada entre as florestas tropicais sazonalmente seca, suportando 950 gêneros, 3.150 espécies e 152 famílias de plantas com flores; com 31 gêneros de plantas endêmicas (QUEIROZ et al., 2017) e diversos tipos fitofisionômicos que formam um mosaico vegetacional. A vegetação da Caatinga tem sido extensivamente explorada pela população com finalidades medicinais, frutíferas, melíferas, para energia e principalmente para a manutenção e nutrição dos rebanhos bovinos (GARIGLIO, 2010). Além disso, as áreas de Caatinga nativa dividem espaço com diversas culturas agrícolas, no entanto, devido às limitações hídricas e os solos pouco férteis e com baixo teor de matéria orgânica, a maior exploração agrícola no semiárido é resultante da agricultura itinerante (BARACUHY; FURTADO; FRANCISCO, 2017).

A Caatinga, assim como outras florestas secas é ameaçada pelas mudanças climáticas (SILVA et al., 2019). O aumento da temperatura associado a redução da precipitação e as secas extremas cada vez mais frequentes, podem resultar em aumento significativo da aridez (GOSLING; ARNELL, 2016), intensificando a desertificação (ZDRULI et al., 2017). A escassez de água nessas áreas limita o sucesso do estabelecimento das plantas e, conseqüentemente, a eficácia dos programas de restauração (PENNINGTON et al., 2009).

Embora as condições semiáridas proponham restrições climáticas significativas à persistência de espécies, diversas plantas exóticas foram introduzidas no semiárido para fins energéticos, madeireiros, forrageiros, para suprir necessidades agrícolas, florestais e para

arborização urbana e alimentação de animais de produção (RUFINO; SILVINO; MORO, 2019). Entre as espécies exóticas introduzidas no semiárido, destaca-se a *M. oleifera*.

## 2.2 *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera* Lamarck da família *Moringaceae* é uma árvore nativa do norte da Índia, amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais (VASCONCELOS et al., 2019; MODISAOJANG-MOJANAGA et al., 2019). Caracteriza-se pela rusticidade e elevada capacidade de propagação, adaptando-se bem às condições de clima tropical e aos solos áridos (FRIGHETTO et al., 2007). No Brasil, essa espécie foi introduzida em 1950 na Região Nordeste para uso ornamental e medicinal (JENKINS, 2018).

Atualmente, a *M. oleifera* é utilizada na alimentação, em fins industriais e medicinais, auxiliando o tratamento de diversas comorbidades, tornando-se economicamente importante. Todas as partes da *M. oleifera* são utilizadas, com destaque para as sementes, devido ao óleo, e as folhas, pelo valor nutricional e por possuir compostos bioativos (VASCONCELOS et al., 2019). As sementes de *M. oleifera* produzem entre 35% a 40% de óleo (principalmente ácido oleico) e podem ser usadas para a produção de biodiesel (OLIVEIRA FILHO et al., 2012). As folhas constituem importante fonte de proteínas (33,8%), vitaminas A, B, C e minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e zinco (FALOWO et al., 2018). Em nações em desenvolvimento, a farinha das folhas é usada como uma alternativa aos suplementos alimentares para combater a desnutrição, especialmente entre crianças e nutrízes, em virtude do seu valor nutricional (DHAKAR et al., 2011). Além das folhas, as vagens verdes e as sementes também podem ser utilizadas para consumo (STEVENS; BAIYERI; AKINNNAGBE, 2013).

A madeira da *M. oleifera* apresenta cor amarela e baixa densidade, sendo utilizada na produção de papel. Na parte externa é encontrado o látex e na interna, uma mucilagem, rica em polissacarídeos. A *M. oleifera* é considerada uma arbórea de pequeno porte, podendo alcançar cerca de 12 m de altura, com tronco estreito medindo entre 10 a 30 centímetros de diâmetro e copa aberta (forma de sombrinha) apresentando troca anual de folhas (LORENZI et al., 2002).

Os frutos da *M. oleifera* são deiscentes com cápsula loculicida, coloração verde ou marrom esverdeado, possuindo três valvas; a casca divide-se em endocarpo e exocarpo e suas sementes são globóides aladas (GONÇALVES, 2011). As folhas são pinadas (duas ou três) e cada folha tem em média sete folíolos (SOUZA; LORENZI, 2008). As flores apresentam coloração branca ou creme com estames amarelo (ORWA et al., 2009) e são ricas em néctar, recebendo visitas de diversos polinizadores, destacando-se as abelhas e os beija-flores (KIILL

et al., 2012). As raízes apresentam tubérculos para acumulação de água e energia, auxiliando no desenvolvimento da planta durante o período de estiagem (ARAÚJO, 2010).

O cultivo da *M. oleifera* em regiões secas pode ser muito vantajoso, uma vez que as folhas podem ser colhidas e utilizadas quando outras espécies não apresentam folhas (OLSON; FAHEY, 2011), constituindo excelente alternativa para região semiárida. Além disso, pode contribuir de forma sustentável para geração de renda, auxiliando para melhoria da qualidade de vida da população, em especial, nas regiões mais afetadas pela seca (SANTOS; MOURA; LIMA, 2016).

Vale ressaltar que recentemente, no Brasil, foi proibida a comercialização, a distribuição, a fabricação, a importação e a propaganda de alimentos que apresentem *M. oleifera* na composição em quaisquer formas de apresentação (BRASIL, 2019). Segundo a ANVISA a medida foi motivada pelo fato de não haver comprovação de segurança do uso da espécie em alimentos. No entanto, estudos realizados em diversos países têm demonstrado os efeitos benéficos da *M. oleifera*.

### **2.3 Adubação orgânica**

Os adubos orgânicos representam uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo e garantir a estabilidade dos sistemas de produção, uma vez que podem aumentar a produtividade e minimizar o impacto ambiental do uso do solo (JENKINS et al., 2009; SCHRÖDER et al., 2015, RILEY, 2016; MEDEIROS et al., 2017). Nesse contexto, o esterco bovino tem sido amplamente utilizado na agricultura, uma vez que disponibiliza macro e micronutrientes para as plantas (EDMEADES, 2003; JENKINS et al., 2009; HOPKINS et al., 2010; LV et al., 2011; REES et al., 2014; ABBOTT et al., 2018).

A utilização de esterco bovino pode garantir o desenvolvimento de mudas florestais, culturas agrícolas e de hortaliças, uma vez que os nutrientes encontrados nesse substrato favorecem a velocidade de estabelecimento e a uniformidade das plantas e, conseqüentemente, aumentam o potencial produtivo (CUNHA et al., 2006). Além disso, influenciam na qualidade de mudas e na sobrevivência das plantas após o transplante (TUCCI et al., 2009). Diversos trabalhos têm demonstrado os resultados positivos da aplicação de esterco bovino na produção de espécies florestais e hortaliças (ARTUR et al., 2007; BAKKE et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2012; ANTUNES et al., 2016; CAI et al., 2019; CHATZISTATHIS et al. 2020).

Os efeitos da aplicação do esterco também têm sido avaliados nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Estudos enfatizam que a utilização desse adubo orgânico

altera o pH do solo, aumenta os teores de carbono e de matéria orgânica do solo (MILLER et al., 2016). Além disso, aumenta a porosidade, a taxa de filtração, a capacidade de retenção de água, a condutividade hidráulica e a estabilidade de agregados no solo (RASOULZADEH; YAGHOUBI, 2014)

Além do efeito na produtividade das plantas e nas características químicas e físicas do solo, a aplicação de esterco promove mudanças na composição e funcionamento das comunidades microbianas do solo (ZATORRE, 2008). A diversidade microbiana do solo pode ser afetada em termos de riqueza de espécies, abundância e diversidade funcional após a aplicação de esterco bovino; essas mudanças na comunidade microbiana tornaram os solos mais resistentes a estresse e perturbações (STOCKDALE et al., 2013; KUMAR et al., 2014; LARNEY et al., 2016; LIU et al., 2016). A adição de esterco na camada superficial do solo também estimula a atividade microbiana do solo (GALVÃO; SALCEDO; OLIVEIRA, 2008), influenciando positivamente na rotatividade de matéria orgânica e no fluxo de energia do solo (POWLSON; MACDONALD; POULTON, 2014).

#### **2.4 Propriedades químicas do solo**

Os sistemas de uso e manejo do solo vão influenciar nas propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo. As práticas de manejo a quaisquer tipos de solo, necessariamente precisam ser aplicadas após um conhecimento prévio das características do solo. E as propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo são determinados pelo processo de formação, sua origem e por fim sua evolução em função das condições climáticas, topografia e os organismos biológicos que vivem no solo (MALAVOLTA et al., 2006).

E as propriedades químicas dos solos são ditas como o pH, teor de micronutrientes e macronutrientes, capacidade de troca catiônica, saturação por base, soma de bases e matéria orgânica (SILVA; CHAVES; LIMA, 2009).

#### **2.5 Propriedades microbianas do solo**

As características dos solos podem ser descritas usando propriedades físicas, químicas e microbiológicas, no entanto as mudanças impostas por fatores naturais ou antropogênicos são mais facilmente compreendidas a partir da utilização das propriedades microbianas do solo (FRAC et al., 2018). Nesse contexto, os microrganismos do solo são amplamente utilizados no



monitoramento da qualidade do solo, pois respondem rapidamente as mudanças ocorridas no ambiente (HEGER et al., 2012; CHERUBIN et al., 2015).

Os microrganismos do solo desempenham funções essenciais nos ecossistemas, são responsáveis pela decomposição e acúmulo da matéria orgânica, sustentando e regulando a ciclagem de nutrientes (MACHADO et al., 2012; BOWLES, 2014). Além disso, podem atuar aumentando a tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos e reduzindo o uso de insumos químicos (PIŚKIEWICZ; DUYTS; VAN DER PUTTEN, 2009; ROUPHAEL et al., 2017).

A biomassa microbiana do solo (BMS) representa a parte ativa da matéria orgânica e corresponde, em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo e de 1 a 5% do N total do solo, compreende um importante reservatório de nutrientes (LANGE et al., 2015). Propriedades microbiológicas do solo como o carbono da biomassa microbiana (CBM) (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987), a respiração basal (evolução de CO<sub>2</sub>) (ALEF; NANNIPIERI, 1995), a atividade de enzimas do solo (BURNS et al., 2013) e a relação respiração/carbono da biomassa microbiana, denominada quociente metabólico (ANDERSON; DOMSCH, 1985; BOWLES et al., 2014; NOVAK et al., 2018) e o quociente microbiano (qMIC) que representa a relação entre o CBM e o carbono orgânico total (SPARLING, 1997) são frequentemente utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso do solo. Esses indicadores, além de serem úteis para o monitoramento, também podem colaborar com o desenvolvimento de práticas de manejo do solo menos intensivas e prejudiciais à saúde do solo.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo é um dos principais indicadores da ciclagem de C e N no solo. O teor de CBM pode ser interpretado como indicativo da disponibilidade de nutrientes para as plantas podendo estar relacionado à qualidade do solo (SMITH; MARÍN-SPIOTTA; BALSER, 2015). O CBM permite identificar os efeitos das práticas de manejo e assim ajudar na adoção de sistemas mais sustentáveis (LI et al., 2018). A utilização de diferentes enzimas do solo constitui uma ferramenta poderosa para avaliar a funcionalidade dos solos no contexto da ciclagem de nutrientes e demanda de nutrientes microbianos (SINSABAUGH; FOLLSTAD SHAH, 2012). Entre as enzimas que podem ser empregadas para avaliar a qualidade do solo destacam-se as que estão envolvidas na ciclagem do carbono, do nitrogênio e do fósforo (Tabela 1).

As fosfatases são fundamentais no ciclo do fósforo, atuam na hidrólise de ésteres e anidridos de ácido fosfórico em fosfato inorgânico. Podem ser classificadas em ácidas, neutras, alcalinas e em geral produzidas e secretadas por plantas, bactérias e fungos, tendo como

exceção as fosfatases alcalinas que não são produzidas por plantas superiores (VARCHOT, BORELLI, 2005; BURNS et al., 2013). A urease catalisa a hidrólise da ureia em CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e NH<sub>3</sub> (nitrato) fornecendo N inorgânico para as plantas (UPADHYAY, 2012; SINSABAUGH, FOLLSTAD SHAH, 2012). A fosfatase e a urease são enzimas hidrolíticas que segue a cinética de Michaelis-Menten, ou seja, a atividade aumenta à medida que a concentração do substrato aumenta, até atingir uma taxa máxima de atividade (GERMAN et al., 2011).

Dentre as enzimas classificadas como celulolíticas, a  $\beta$ -glicosidases é a mais estudadas. Essa enzima catalisa o processo de hidrólise da celobiose em dois monômeros de glicose (GIANFREDA et al., 2005) fonte de energias importante e indispensável ao crescimento dos microrganismos. A N-acetil-b-D-glicosaminidase ( $\beta$ -glicosaminidase) é uma enzima envolvida na degradação de quitina nos solos, um dos biopolímeros mais abundantes na natureza, servindo como importante compartimento de C e N orgânico nos solos (EKENLER; TABATABAI, 2004). A quitina é componente estrutural em vários organismos, incluindo alguns fungos (EKENLER; TABATABAI, 2002). Devido à importância do C, N e P para nutrição das plantas e metabolismo microbiano, as enzimas envolvidas na assimilação desses elementos têm sido frequentemente estudadas (BURNS et al. 2013). No entanto, há poucos trabalhos que avaliam a atividade dessas enzimas em solos de áreas de Caatinga.

Tabela 1 - Enzimas do solo utilizadas na avaliação da qualidade do solo e suas funções primárias

Enzimas	Função primária	Ciclo*
Fosfatase	Disponibilizar fósforo para as plantas	P
Urease	Hidrolisar ureia e liberar N	N
$\beta$ -Glicosidase	Degradar celulose	C
$\beta$ - Glicosaminidase	Ciclagem do C e N	C e N
Desidrogenase	Oxidação da matéria orgânica	C

\* Ciclo Biogeoquímico predominante

## 2.6 Diagnóstico nutricional em espécies florestais

A maioria dos processos fisiológicos e metabólicos ocorre nas folhas, por isso são mais suscetíveis as variações na disponibilidade de nutrientes no solo, tornando-se importante indicador do estado nutricional da planta (MALAVOLTA et al., 2006). A partir da análise

nutricional do tecido foliar é possível entender as respostas fisiológicas das plantas as condições ambientais, verificar a necessidade ou não da aplicação de fertilizantes, bem como intervir no manejo das culturas (BIANCO et al., 2015; TOMIO et al., 2015).

A utilização de nutrientes foliares como critério de diagnóstico baseia-se na existência de relação entre o suprimento de nutrientes disponibilizado pelo solo e os teores dos elementos foliares. Assim, o suprimento inadequado de um nutriente resulta em desequilíbrio nutricional na planta que pode ser verificado por sintomas de deficiência característicos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Estudos realizados em diversas culturas têm demonstrado a relação direta entre as concentrações de nutrientes nos tecidos foliares e a disponibilidade no solo, permitindo identificar a deficiência nutricional por meio de análises químicas das folhas (KILLORN; ZOURARAKIS, 1992; LLANDERAL et al. 2018).

Outra metodologia para determinação da deficiência nutricional é diagnose visual, uma maneira prática e rápida para determinação do estado nutricional, mas bastante limitada e passível de erros, uma vez que é dependente da experiência do especialista (MALAVOLTA et al., 2006). Além disso, a presença de pragas, doenças e sintomas semelhantes para diferentes nutrientes podem causar confusão, principalmente com o avanço do desenvolvimento da planta. A sintomatologia visual foi utilizada por Vieira et al. (2011) e Wallau et al. (2008) na determinação da deficiência de nutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana* (Ducke) A.C. Smith) e em mogno (*Swietenia macrophylla* King). A diagnose visual de deficiência nutricional em espécies florestais pode ser uma técnica auxiliar para avaliação das necessidades de aplicação de fertilizantes.

Poucos estudos foram realizados sobre nutrientes foliares em espécies arbóreas, com destaque para os trabalhos realizados por Venturin et al. (2005), Souza et al. (2006) e Locatelli et al. (2007) que avaliaram o conteúdo de macro e micronutrientes nas folhas e o efeito da deficiência de nutrientes sob o crescimento de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl.) e de bandarra (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e candeia (*Eremanthus erythropappus*). Sintomas de deficiência de N, P, K, Ca, Mg e S e o efeito da omissão desses nutrientes na composição química das folhas de mudas de sangra-d'água (*Croton urucurana* Baill.) foram avaliados por Sorreano et al. (2012). Recentemente, Andrade e Boaretto (2019) investigaram as consequências da deficiência de macronutrientes nas folhas, nos caules e nas raízes em *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kintze (jequitibá-branco). Vale ressaltar que as espécies florestais apresentam exigências nutricionais distintas, assim o conhecimento do requerimento nutricional peculiar a cada espécie é

indispensável para alcançar maior produtividade, economia e menores impactos ambientais nos plantios florestais.

Dentre os nutrientes mais requeridos pelas plantas, chamados macronutrientes, tem-se cálcio (Ca), fósforo (P), nitrogênio (N) e potássio (K). Quanto aos micronutrientes, requeridos em menor quantidade, ocorrem o boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn) (WHITE; BROWN, 2010).

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, L. K.; MACDONALD, L. M.; WONG, M. T. F.; WEBB, M. J.; JENKINS, S.N.; FARRELL, M. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 34–50, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesawebsite/meteorologiac Chuvas/?formdate=&produto=municipio&periodo=anual>>. Acesso em 29 de julho 2019.

ALEF, K., NANNIPIER, A. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Academic Press. London, 1995.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; Gerd Sparovek. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em 07 de jun. 2019.

AMORIM, M. J.; NOVAIS, S.; RÖMBKE, J.; SOARES, A. M. Avoidance test with *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): effects of different exposure time and soil properties. **Environmental Pollution**. v. 155, n. 1, p. 112–6, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.10.028>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

AN, Y. J. Assessment of comparative toxicities of lead and copper using plant assay. **Chemosphere**. v. 62, p. 1359– 1365, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.07.044>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência de macronutrientes em *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kintze. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 29, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050986099>. Acesso em: 03 de jan. 2020.

ANTUNEA, M. R.; CASTILHOS, R. M. V.; CASTILHO, D. D.; LEAL, O. A.; ANDREAZZA, R. Crescimento inicial de acácia-negra com vermicompostos de diferentes Resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2016.

ARAÚJO, M. S. **Manejo de Espécies Florestais para Produção de Madeira, Forragem e Restauração de Áreas Degradadas**. Caicó: EMPARN, v. 5, 60p, 2010.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, RENATO. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.6, p.843-850, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600011>. Acesso em: 02 de fev. 2020

BAKKE, I A. SOUTO, S. J. SOUTO, P. C. BAKKE, O. A. Características de crescimento e valor forrageiro da *Moringa oleifera* lam.) Submetida a diferentes adubos Orgânicos e intervalos de corte. **Engenharia Ambiental**, v. 7. N. 2, p. 133-144, 2010. Disponível em:

<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=1132&article=500&mode=pdf>. Acesso em 25 de dez. 2019.

BARACUHY, J. G. V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M. **Tecnologia de convivência com o semiárido brasileiro**. EDUFCEG, 2017.

BATAGLIA, O. C. et al. **Análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1978. (Boletim técnico, 87).

BEZERRA, N. F. **Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**. FUN-CEME. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série Debates, n. 24, dez. 2002.

BIANCO, M. S.; CECÍLIO FILHO, A. B.; DE CARVALHO, L. B. Nutritional Status of the Cauliflower Cultivar 'Verona' Grown with Omission of out Added Macronutrients. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 4, 2015. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123500>. Acesso em: 27 de jan. 2020.

BOWLES, T. M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. F. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 252-262, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.004>. Acesso em 28 de jan. 2020.

BRASIL, Resolução-RE nº 1.478, de 3 de junho de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 106, 3 de junho de 2019. Seção I, p.42.

BURNS, R. G.; DE FOREST, J. L.; MARXSEN, J.; SINSABAUGH, R. L.; STROMBERGER, M. E.; WALLENSTEIN, M. D.; WEINTRAUB, M. N.; ZOPPINI, A. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 58, p. 216-234, 2013.

CAI, A.; XU, M.; WANG, B.; ZHANG, W.; LIANG, G.; HOU, E.; LUO, YIQI. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. **Soil & Tillage Research**, v. 189, p. 168-175, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.022>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

CAMPESTRINI R.; PRATES, R. G.; SOUSA, S. A.; OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; FIDELIS, R. R. Eficiência de genótipos de arroz no uso de nitrogênio em solos de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 19, n. 1, p. 25-32, 2014. Disponível em: <https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/pap.2014.005/39>. Acesso em 22 jan. 2020.

CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; CURVÊLO, C. R. S.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Estado nutricional de pinheira sob adubação orgânica do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 579-588, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rca/v43n3/a22v43n3.pdf>. Acesso em: 25 de dez. 2019.

CHATZISTATHIS, T.; PAPADAKIS, I. E.; PAPAIOANNOU, CHATZISSAVVIDIS, A. C. GIANNAKOULA, A. Comparative study effects between manure application and a controlledrelease fertilizer on the growth, nutrient uptake, photosystem II activity and photosynthetic rate of *Olea europaea* L. (cv. 'Koroneiki'). **Scientia Horticulturae**. v. 264,

2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109176>. Acesso em 15 de já. 2020.

CHERUBIN, M.R.; EITELWEIN, M.T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.W.; SILVA, R.F.; SILVA, V.R.; BASSO, C.J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.39, p. 615-625, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140462>. Acesso em: 24 de dez. 2019.

DHAKAR, R. C.; MAURYA, S. D.; POONIYA, B. K.; BAIRWA, N.; GUPTA, M. SANWARMAL. Moringa: The herbal gold to combat malnutrition. **Chronicles of Young Scientists**, v. 2, n. 3, p. 119-125, 2011. Disponível em: <http://www.cysonline.org/text.asp?2011/2/3/119/90887>. Acesso em 04 de dez. 2019.

EDMEADES, D. C. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 66, p. 165–180, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1023999816690>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

EKENLER, M.; TABATABAI, M. A.  $\beta$ -Glucosaminidase activity of soils: effect of cropping systems and its relationship to nitrogen mineralization. **Biology and Fertility Soils** (2002) 36:367–376 DOI 10.1007/s00374-002-0541-x

EKENLER, M.; TABATABAI M. A.  $\beta$ -Glucosaminidase Activity as an Index of Nitrogen Mineralization in Soils, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 35:7-8, p. 1081-1094, 2004. Disponível em: DOI: 10.1081/CSS-120030588. Acesso em 23 de dez. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed.rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p. 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, p. 403, 2006.

FALOWO, A. B.; MUKUMBO, F. E.; IDAMOKORO, E. M.; LORENZO, J. M.; AFOLAYAN, A.; MUCHENJE, V. Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. **Food Research International**, v. 106, p. 317-334, 2018.

FRAÇ, M. et al. Fungal biodiversity and their role in soil health. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p.707, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29755421>. Acesso em 25 de dez. 2019.

FRIGHETTO, R. T. S.; FRIGHETTO, N.; SCHNEIDER, R. P.; LIMA, P. C. F. O potencial da espécie *Moringa oleifera* (Moringaceae). I. A planta como fonte de coagulante natural no saneamento de águas e como suplemento alimentar. **Revista Fitos**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 78-88, 2007.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100013>. Acesso em 02 de fev. 2020.

GARIGLIO, A. M. A rede de Manejo Florestal da Caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S.B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (orgs). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília, Serviço Florestal Brasileiro. p. 199-204. 2010.

GERMAN, D. P.; WEINTRAUB, M. N.; GRANDY, A. S.; LAUBER, C. L.; RINKES, Z. L.; ALLISON S. D. Optimization of hydrolytic and oxidative enzyme methods for ecosystem studies. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, p.1387–1397, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.03.017>. Acesso em: 23 de dez. 2019.

GIANFREDA, L.; RAO, A. M.; PIOTROWSKA, A.; PALUMBO, G.; COLOMBO, C. Soil enzyme activities as affected by anthropogenic alterations: intensive agricultural practices and organic pollution. **Science of The Total Environment**, v. 341, n. 1, p. 265-279, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.005>. Acesso em 27 de jan. 2020

GONÇALVES, E. G. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. Eduardo Gomes Gonçalves, Harri Lorenzi. 2. Ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

GOSLING, S. N.; ARNELL, N. W. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. **Climatic Change**. v. 134, p 371-385, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10584-013-0853-x.pdf>. Acesso em 27 de jan. 2020

GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal**. v. 4, n. 2 p. 83–91, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>. Acesso em 27 de jan. 2020.

HEGER, T. J.; IMFELD, G.; MITCHELL, E. A. D. Special issue on “Bioindication in soil ecosystems”: Editorial note. **European Journal of Soil Biology**, v. 49, n. 1, 2012.

HINDT, M. N.; GUERINOT, M. L. Getting a sense for signals: regulation of the plant iron deficiency response. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research**, v. 1823, n. 9, p. 1521–1530, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2012.03.010>. Acesso em: 20 Jan. 2020.

HOPKINS, D. W.; WAITE, I. S.; O'DONNELL, A. G. Microbial biomass, organic matter mineralization and nitrogen in soils from long-term experimental grassland plots (Palace Leas meadow hay plots, UK). **European Journal of Soil Science**, v. 62, n. 1, p. 95–104, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01320.x>. Acesso em 02 de fev. 2020.

JENKINS, S. N.; WAITE, I. S.; BLACKBURN, A.; HUSBAND, R.; RUSHTON, S. P.; MANNING, D. C.; O'DONNELL, A. G. Actinobacterial community dynamics in long term



managed grasslands. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 95, p. 319–334, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10482-009-9317-8>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

JENKINS, K. Moringa Oleifera, Um Milagre Da Natureza Vivagreen. **Multi Science Journal**. 2018. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/multiscience/comment/view/96/0/31429>. Acesso em 17 de nov. 2019.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica. Ceres, 1985. 492p

KIILL, L. H. P., MARTINS, C. T. V., LIMA, P. C. F. *Moringa oleifera*: registro dos visitantes florais e potencial apícola para a região de Petrolina, PE. Petrolina: **EMBRAPA Semiárido, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2012. 19 p.

KILLORN, R.; ZOURARAKIS, D. Nitrogen fertilizer management effects on corn grain yield and nitrogen uptake. **Journal of Production Agriculture**, v.5, p.142-148, 1992. Disponível em: doi:10.2134/jpa1992.0142. Acesso em: 24 de dez. 2019.

KUMAR, A.; VERMA, J. P. Does plant— Microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review. **Microbiological Research**, v. 207, p. 41-52, 2018. Disponível em: Doi: 10.1016/j.micres.2017.11.004. Acesso em 02 de fev. 2020.

KUMAR, S.; PATRA, A. K.; SINGH, D.; PURAKAYASTHA, T. J. Long-term chemical fertilization along with farmyard manure enhances resistance and resilience of soil microbial activity against heat stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 200, n. 2, p.156–162, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jac.12050>. Acesso em 02 de fev. 2020.

LANGE, M. et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**, v. 6, p. 6707, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms7707>. Acesso em 25 de dez. 2019.

LARNEY, F. J.; LI, L. L.; JANZEN, H.; ANGERS, D. A.; OLSON, B. M. Soil quality attributes, soil resilience, and legacy effects following topsoil removal and one-time amendments. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 96, n. 2, p. 177–190, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjss-2015-0089>. Acesso em 02 de fev. 2020.

LAVRES JUNIOR, J.; BOARETTO, RM; SILVA, MLS; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da cultivar mamoneira Iris. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 145-151, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n2/23821.pdf>. Acesso em 28 de jan. 2020.

LI, H.; CHEN, Z.; ZHOU, T.; LIU, Y.; ZHOU, J. High potassium to magnesium ratio affected the growth and magnesium uptake of three tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n.12, p. 2813–2821, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311918619495>. Acesso em 28 de jan. 2020.

LIU, T.; CHEN, X.Y.; HU, F.; RAN, W.; SHEN, Q.R.; LI, H.X.; WHALEN, J.K. Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: evidence from a meta-analysis of nematode communities. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 223, p.199–207, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.015>. Acesso em 02 de fev. 2020.

LOCATELLI, M.; MACÊDO, R. S. de; VIEIRA, A. H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de cedro rosa (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes deficiências nutricionais. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 645-647, 2007. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ded3/e61ccad35ec9e6663f76e83ddfcf69770f08.pdf>. Acesso em: 24 de dez. 2019.

LORENZI, H., MATOS, F. J. **Plantas Medicinais no Brasil – Nativas e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, P. 346-347, 2002.

LV, M. R.; LI, Z. P.; CHE, Y. P.; HAN, F. X.; LIU, M. Soil organic C, nutrients, microbial biomass, and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) after 18 years of fertilizer application to an infertile paddy soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, p. 777–783, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-011-0584-y>. Acesso em: 02 de fev 2020.

MACHADO, D. M.; SCHOSSLER, T.R.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Atividades microbianas e as transformações no ciclo dos elementos no solo. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, 2012. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/atividades%20microbianas.pdf>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 638 p. 2006.

MARGALEF, O.; SARDANS, J.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M.; MOLOWNY-HORAS, R.; JANSSENS, I. A.; CIAIS, P.; GOLL, D.; RICHTER, A.; OBERSTEINER, M. ASENSIO, D.; PEÑUELAS. Global patterns of phosphatase activity in natural soils. **Scientific Reports**, v. 7, 2017. Disponível em: doi: 10.1038/s41598-017-01418-8. Acesso em 27 de jan. 2020.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of hight plants**. 3. ed. Oxford-Inglaterra: Elsevier, 2012. 643 p.

MASSENSINI A. M.; BONDUKI V. H. A.; MELO C. A. D.; TÓTOLA M. R.; FERREIRA F. A.; COSTA M. D. Soil microorganisms and their role in the interactions between weeds and crops. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 873-884, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000400022>. Acesso em: 28 de jan. 2020.

MATA, J. F.; SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; VIRIRA, L. M. Production of hybrid corn under doses of bovine manure. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 3, n. 3, p. 125-134, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5777/paet.v3i3.1207>. Acesso em 02 de fev. 2020.

MEDEIROS, R. L. S.; CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, A. C. P. SOUZA, V. C. Crescimento e qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam em diferentes proporções de composto orgânico. **Revista Ifes Ciência**, Instituto Federal do Espírito Santo, v. 3, n.1, p. 204-216, 2017. Disponível em: <https://ojs2.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/777>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

MILLER, J.; BEASLEY, B.; DRURY, C.; LARNEY, F.; HAO, X. Y. Influence of long-term application of composted or stockpiled feedlot manure with straw or wood chips on soil cation exchange capacity. **Compost Science & Utilization**, v. 24, p. 54–60, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2015.1055009>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

MOCHIDA, K.; SHINOZAKI, K. Advances in Omics and bioinformatics tools for systems analysis of plant functions. **Planta & Cell Physiology**, v. 52, n. 12, p. 2017-2038, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcr153>. Acesso em: 28 de jan. 2020.

MODISAOJANG-MOJANAGA, M. M.; OGBUEWU, I. P.; OGUTTU, J. W.; MBAJIORGU, C. A. Moringa leaf meal improves haemato-biochemical and production indices in broiler chickens: a review. **Comparative Clinical Pathology**, v. 28, p. 621–632. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00580-019-02900-7>. Acesso em: 15 de jan. 2020

NOVAK, E.; CARVALHO, L. A.; SANTIAGO, E. F.; BRUMATTI, A. V.; SANTOS, L. L.; SALES, L. C. Variação temporal dos atributos microbiológicos do solo sob diferentes usos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 21-30, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v41n3/v41n3a03.pdf>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

NUNES, J. L. S., Potássio. **Agrolink**, Cuiabá, 2016. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/potassio\\_361446.html](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/potassio_361446.html). Acesso em: 20 jan. 2020.

OLIVEIRA FILHO, D. B.; FRANÇA, F. R. M.; SANTA'ANA, M. C. S.; SANTANA, M. S. F.; LEIE, N. S.; GAMA, G. J.; SILVA, G. F. Utilização de aditivos naturais a partir da *Moringa oleifera* Lam. para o melhoramento da estabilidade oxidativa do biodiesel. **Revista GEINTEC**, v. 2, n. 5, p. 490-504, 2012. Disponível em <http://revistageintec.net/index.php/revista/article/viewFile/75/178>. Acesso em: 20 jan. 2020.

OLIVEIRA, W. M.; CHAVES, I. de B.; LIMA, E. R. V. de. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um neossolo litólico do semiárido paraibano. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2103-2110.

OLSON, M. E.; FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 82, n.4, p 1071-1082, 2011. Disponível em: <https://jhu.pure.elsevier.com/en/publications/moringa-oleifera-a-multipurpose-tree-for-the-dry-tropics>. Acesso em: 12 de dez. 2019.

ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R.; JAMNADASS, R.; SIMONS, A. **Agroforestry Database**: a tree reference and selection guide version 4.0. 2009. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/treedb2/speciesprofile.php?Spid=1169>. Acesso em 29 de julho de 2019.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, ARY. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n.1, p. 437-457, 2009. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327>. Acesso em: 28 de jan. 2020.

PISKIEWICZ, A. DUYTS, H. VAN DER PUTTEN, W. Soil microorganisms in coastal foredunes control the ectoparasitic root-feeding nematode *Tylenchorhynchus ventalis* by local interactions, **Journal Functional Ecology**, v. 23, 2009. Disponível em <http://doi-10.1111/j.1365-2435.01510.x>

POWLSON, D. S.; MACDONALD, A. J.; POULTON, P. R. The continuing value of long-term field experiments: insights for achieving food security and environmental integrity. In: Dent, D. (Ed.), *Soil as World Heritage*. Springer, Netherlands, Dordrecht, p. 131–157. 2014. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6187-2\\_16](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6187-2_16). Acesso em: 02 de fev. 2020

QUEIROZ, L. P., CARDOSO, D., FERNANDES, M. F., MORO, M. F. Diversity and Evolution of flowering plants of the Caatinga Domain. In: Silva, J. M. C., Leal, I. R., Tabarelli, M. (Eds.). **Caatinga- The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer, Cham, 2017.

RASOULZADEH, A.; YAGHOUBI, A. Inverse modeling approach for determining soil hydraulic properties as affected by application of cattle manure. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.7, n. 2, p. 27–35, 2014. Disponível em: <http://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/665>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

REES, H.W.; CHOW, T. L.; ZEBARTH, B.; XING, Z.; TONER, P.; LAVOIE, J.; DAIGLE, J. L. Impact of supplemental poultry manure application on potato yield and soil properties on a loam soil in north-western New Brunswick. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 94, n. 1, p. 49–65, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjss2013-009>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

RILEY, H. Residual value of inorganic fertilizer and farmyard manure for crop yields and soil fertility after long-term use on a loam soil in Norway. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 104, p. 25–37, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-015-9756-8>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

ROUPHAEL, Y.; CARDERELLI, M.; BONINI, P.; COLLA, G. Synergistic Action of a Microbial-based Biostimulant and a Plant Derived-Protein Hydrolysate Enhances Lettuce Tolerance to Alkalinity and Salinity. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 138, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00131>. Acesso em 22 de dez. 2019.

RUFINO, M. R.; SILVINO, A. S.; MORO, M. F. Exóticas, exóticas, exóticas: reflexões sobre a monótona arborização de uma cidade brasileira. **Rodriguésia**, v.70, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970051>. Acesso em: 25 de dez. 2019.

SAHRAWAT, K. L. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, p. 1471-1504, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/PLN-200025869>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

SAMPAIO, E. V. S. B. **Overview of the Brazilian Caatinga**. In: Seasonally dry tropical forests. (Medina, E. Eds.). New York, USA. Cambridge University Press. p. 35-63, 1995.

SANTOS, C. A.; MOURA, F. B. P.; LIMA, L. N. Potencialidades e uso da moringa (*Moringa oleifera* Lam.). In: **Conservação dos recursos naturais**. Paulo Afonso: SABEH, 2016. 138 p.

SCHRÖDER, J. J.; VERMEULEN, G. D.; VAN DER SCHOOT, J. R.; CAN DIJK, W., HUIJSMANSM, J. F. M.; MEUFFELS, G. J. H. M.; VAN DER SCHANS, D. A. Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. **European Journal of Agronomy**, v. 64, p. 29–36, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.011>. Acesso em: 02 de fev. 2020

SILVA, C. P.; GARCIA, K. G. V.; TOSTA, M. S.; CUNHA, C. S. M.; NASCIMENTO, C. D. V. Adubação nitrogenada no crescimento inicial de mudas de jaqueira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 174-180, 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/Adubacao%20nitrogenada.pdf>. Disponível em: 02 de fev. 2020.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga- The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer, Cham., 2017.

SILVA, J. L. S.; CRUZ-NETO, O.; RITO, K. F.; ARNAN, X. LEAL, I. R.; PERES, C. A.; TABARELLI, M.; LOPES, A. V. Divergent responses of plant reproductive strategies to chronic anthropogenic disturbance and aridity in the Caatinga dry forest. **Science of the Total Environment**, v. 19, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135240>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

SINSABAUGH, R. L.; FOLLSTAD SHAH, J. J.; FINDLAY, S. G.; KUEHN, K. A.; MOORHEAD, D. L. Scaling microbial biomass, metabolism and resource supply. **Biogeochemistry**, v. 122, p. 175-190, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-014-0058-z>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

SMITH, A. P.; MARÍN-SPIOTTA, E.; BALSER, T. Successional and seasonal variations in soil and litter microbial community structure and function during tropical postagricultural forest regeneration: a multiyear study. **Global Change Biology**. v. 21, N. 9, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.12947>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

SOUZA FILHO, F. A. **A política nacional de recursos hídricos: desafios para sua implantação no semiárido brasileiro**. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 440p.

SOUZA, P. A.; NELSON VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 261- 270, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050981907>. Acesso em 22 de dez. 2019.

SOUZA, V. C., LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, Brasil. 704 p. suppl.1, p. 1383-1389, 2008.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H. D.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de micronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, v. 17, p. 3, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602011000300008>.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil

health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). **Biological indicators of soil health**. Cambridge: CAB International, 1997. p. 97-120.

STEVENS, G. C.; BAIYERI, K. P.; AKINNNAGBE, O. Ethno-medicinal and culinary uses of *Moringa oleifera* Lam. in Nigeria **Journal of medicinal plant research**. v. 7, n.13, p. 799-804, 2013. Disponível em: DOI: 10.5897/JMPR12.1221. Acesso em 02 de dez 2019,

STOCKDALE, E. A.; BANNING, N. C.; MURPHY, D. V. Rhizosphere effects on functional stability of microbial communities in conventional and organic soils following elevated temperature treatment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 56-59, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.08.020>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

TAIZ, L; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Editora Artimed. 2004.

TOLEDO, R. L. **Deficiência de micronutrientes e efeito do níquel no estado nutricional do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims*)**. 2017. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2017.

TOMIO, D. B.; UTUMI, M. M.; PEREZ, D.V.; DIAS, J. R. M.; WADT, P. G. S. Antecipação do diagnóstico foliar em arroz de sequeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 50, n. 3, p. 250-258, 2015. Disponível em: doi: 10.1590 / S0100-204X2015000300009. Acesso em 22 de jan. 2020.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1802/180214233024.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200007>. Acesso em: 25 de dez. 2019.

UPADHYAY, L. S. B. Urease Inhibitors: A Review. **Indian Journal of Biotechnology**. V. 11, p. 381-388, 2012. Disponível em: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/15679/1/IJBT%2011%284%29%20381-388.pdf>. Acesso em: 27 de jan. 2020

VARSHOT, L. V., BORELLI, T. Application of  $\rho$ -nitrophenol ( $\rho$ NP) enzyme assays in degraded tropical soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 625–633, 2005. Disponível em: [https://www.semanticscholar.org/paper/Application-of-para-nitrophenol-\(pNP\)-enzyme-assays-Verchot-Borelli/939c47b1aa184ce026dd63891c0fd27a05a12cbe](https://www.semanticscholar.org/paper/Application-of-para-nitrophenol-(pNP)-enzyme-assays-Verchot-Borelli/939c47b1aa184ce026dd63891c0fd27a05a12cbe). Acesso em: 27 de jan. 2020

VASCONCELOS, M. C.; COSTA, J. C.; SOUSA, J. P. S. SANTANA, F. V. SOARES, T. F. S. N.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; SILVA-MANN, R. Biometric and Physiological Responses to Water Restriction in *Moringa oleifera* Seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n.1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.016515>. Acesso em: 27 de jan. 2020

VENTURIN, N.; SOUZA, P. A. de.; MACEDO, R. L. G de; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, v. 35, n. 2, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v35i2.4606>. Acesso em: 27 de dez. 2019.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. **Plant and Soil**, v. 368, n. 1-2, p. 87–99, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-013-1589-0>. Acesso em: 27 de jan. 2020

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F.; COSTA, A. C.; SOUZA, T. R. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Floresta**, v.41, n.4, p.789-796, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v41i4.25343>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

WALLAU, R. L. R.; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R, CAMARGOS, S. L.; Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 304-310, Lavras, set. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74411119003>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

WANG, X.; ZHU, B.; JIANG, Z.; WANG, S. Calcium-mediation of jasmonate biosynthesis and signaling in plants. **Plant Science**, 287 2019. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0168945219303516?token=BA5DA598E19307E2CA3ABF5D8079BEC8A151A68F9FD8A47CB9E25E43A5795C33B65C61D57D4E7626EE69A7EAB768800E>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ZATORRE, N. P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. **Gaia Scientia**, v. 2, n. 1, p. 9-13, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/2315>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

ZDRULI, P.; LAL, R.; CHERLET, M.; KAPUR, S. New World Atlas of Desertification and Issues of Carbon Sequestration, Organic Carbon Stocks, Nutrient Depletion and Implications for Food Security. In: ERŞAHIN S., KAPUR S., AKÇA E., NAMLI A., ERDOĞAN H. (eds) Carbon Management, Technologies, and Trends in Mediterranean Ecosystems. The Anthropocene: Politik Economics Society Science, **Springer, Cham**. v. 15, p. 13-25, 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45035-3\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45035-3_2). Acesso em: 20 jan. 2020.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in Agriculture-Status and Perspectives. **Journal of Plant Physiology**, 171, p. 656-669. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161713003611>. Acesso em: 20 Jan. 2020.

## CAPÍTULO 1

---

### ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA NUTRIÇÃO DE *Moringa oleifera* Lam. E PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

---



## RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a influência da aplicação de esterco bovino nos teores de nutrientes foliares de *M. oleífera* e nas propriedades químicas do solo. O experimento foi realizado no município de São José do Bonfim, Paraíba, conduzido em delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos (doses de esterco bovino): D0=controle, D30=30 g kg<sup>-1</sup>, D40=40 g kg<sup>-1</sup>, D50= 50 g kg<sup>-1</sup> e D60=60 g kg<sup>-1</sup> e cinco repetições. Amostras de folhas e solo foram coletadas no período de floração e frutificação da *M. oleífera*. A partir dessas amostras foram determinados os teores de macro e micronutrientes do tecido foliar e do solo. Aumento nos valores pH, Mg, SB, CTC e V% do solo foram observados nos solos após a aplicação de esterco em comparação ao tratamento sem esterco (D\_0). Os resultados da análise de tecido foliar demonstraram redução nos teores de N, Cu e Fe com a aplicação de esterco. Por outro lado, a relação C/N, S, B e Mn no tecido foliar apresentaram aumento com a aplicação de esterco bovino no solo. De modo geral, a partir dos resultados obtidos das análises químicas do solo e do tecido foliar evidenciam que a adubação com esterco bovino promove melhoria na fertilidade do solo e no estado nutricional de *M. oleífera*.

**Palavras-chave:** Semiárido paraibano. Espécie exótica. Nutrição de plantas

## ABSTRACT

This work aimed to evaluate the influence of the application of bovine manure on the foliar nutrient content of *M. oleifera* and on the chemical properties of the soil. The experiment was conducted in the city of São José do Bonfim, Paraíba, in a randomized block design with five treatments (doses of bovine manure): D0=control, D30=30 g kg<sup>-1</sup>, D40=40 g kg<sup>-1</sup>, D50= 50 g kg<sup>-1</sup> and D60=60 g kg<sup>-1</sup> and five repetitions. Leaf and soil samples were collected during the flowering and fruiting period of *M. oleifera*. From these samples the macro and micronutrient contents of leaf tissue and soil were determined. Increase in pH, Mg, SB, CTC and V% soil values were observed in the soils after manure application compared to the treatment without manure (D\_0). The results of leaf tissue analysis showed reduction in N, Cu and Fe contents with manure application. On the other hand, the C/N ratio, S, B, and Mn in the leaf tissue showed an increase with the application of bovine manure to the soil. In general, the results obtained from the chemical analyses of the soil and leaf tissue show that fertilization with bovine manure promotes improvement in soil fertility and in the nutritional state of *M. oleifera*.

**Keywords:** Semiarid region of Paraíba. Exotic species. Plant nutrition

## 1. INTRODUÇÃO

A Caatinga brasileira está concentrada na região nordeste do país, ocupando 912.529 de quilômetros quadrados (10% do território nacional), sendo considerada uma das maiores florestas secas dos neotrópicos (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017) e assim, como outras florestas secas é fortemente ameaçada pelas mudanças climáticas e pelos distúrbios antropogênicos (SILVA et al., 2019). Nesse contexto, o aumento da temperatura associado a redução da precipitação e as secas extremas cada vez mais frequentes, podem resultar em aumento significativo da aridez (GOSLING; ARNELL, 2016), intensificando a desertificação (ZDRULI et al., 2017). Além disso, a escassez de água nas áreas de Caatinga limita o sucesso do estabelecimento das plantas e conseqüentemente, a eficácia dos programas de restauração (PENNINGTON et al., 2009).

Embora as condições semiáridas proponham restrições climáticas significativas à persistência de espécies vegetais, diversas plantas exóticas foram introduzidas no semiárido brasileiro com fins energéticos, madeireiro, forragem, para suprir necessidades agrícolas, florestais e para arborização urbana (RUFINO; SILVINO; MORO, 2019). Entre essas, a *Moringa oleifera* Lamarck, árvore nativa do norte da Índia e amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais vem sendo cultivada com sucesso (VASCONCELOS et al., 2019; MODISAOJANG-MOJANAGA et al., 2019). A elevada capacidade de propagação e a rusticidade são características que favoreceram a adaptação dessa espécie as condições climáticas e aos solos pobres em nutrientes do semiárido (FRIGHETTO et al., 2007).

Em regiões secas, o cultivo da *M. oleifera* pode ser bastante vantajoso, uma vez que todas as partes da planta podem ser utilizadas e as folhas com alto teor nutricional podem ser obtidas quando outras espécies não apresentam fitomassa disponível para o uso (OLSON; FAHEY, 2011). Desse modo, a *M. oleifera* pode contribuir para geração de renda, auxiliando para melhoria da qualidade de vida da população, em especial, nas regiões mais afetadas pela seca (SANTOS; MOURA; LIMA, 2016). As sementes de *M. oleifera* produzem entre 35% a 40% de óleo (principalmente ácido oleico) e podem ser usadas para a produção de biodiesel (OLIVEIRA FILHO et al., 2012) e também para o tratamento de água potável. Por outro lado, as folhas constituem importante fonte de proteínas (33,8% de proteínas), vitaminas A, B, C e minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e zinco (FALOWO et al., 2018) e são amplamente utilizadas como suplemento alimentar e para fins medicinais.

A adubação orgânica com esterco bovino é uma prática amplamente adotada, uma vez que disponibiliza nutrientes para as plantas como nitrogênio, potássio e fósforo (EDMEADES,

2003; JENKINS et al., 2009; HOPKINS et al., 2011; LV et al., 2011; REES et al., 2014; ABBOTT et al., 2018). Assim, a utilização de esterco assume um papel importante para aumentar a produtividade das culturas, especialmente no semiárido onde os solos geralmente são deficientes em matéria orgânica. Desse modo, o uso de esterco bovino pode melhorar o estado nutricional e favorecer o estabelecimento e a uniformidade das plantas, além de aumentar a taxa de sobrevivência após o transplante de mudas (TUCCI et al., 2009).

A aplicação do esterco bovino promove melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Estudos tem enfatizado que a utilização desse fertilizante orgânico altera o pH do solo, aumenta os teores de carbono e de matéria orgânica do solo (MILLER et al., 2016). Além disso, aumenta a porosidade, a taxa de filtração, a capacidade de retenção de água, a condutividade hidráulica e a estabilidade de agregados no solo (RASOULZADEH; YAGHOUBI, 2014). No entanto, poucos estudos tem buscado compreender os efeitos da aplicação de esterco no solo cultivado com espécies florestais de rápido crescimento e como o uso beneficia na nutrição dessas plantas. Nesse sentido, a análise nutricional do tecido foliar pode ser aplicada para entender as respostas fisiológicas das plantas as condições ambientais, verificar a necessidade ou não da aplicação de fertilizantes, bem como intervir no manejo das culturas (BIANCO et al., 2015; TOMIO et al., 2015).

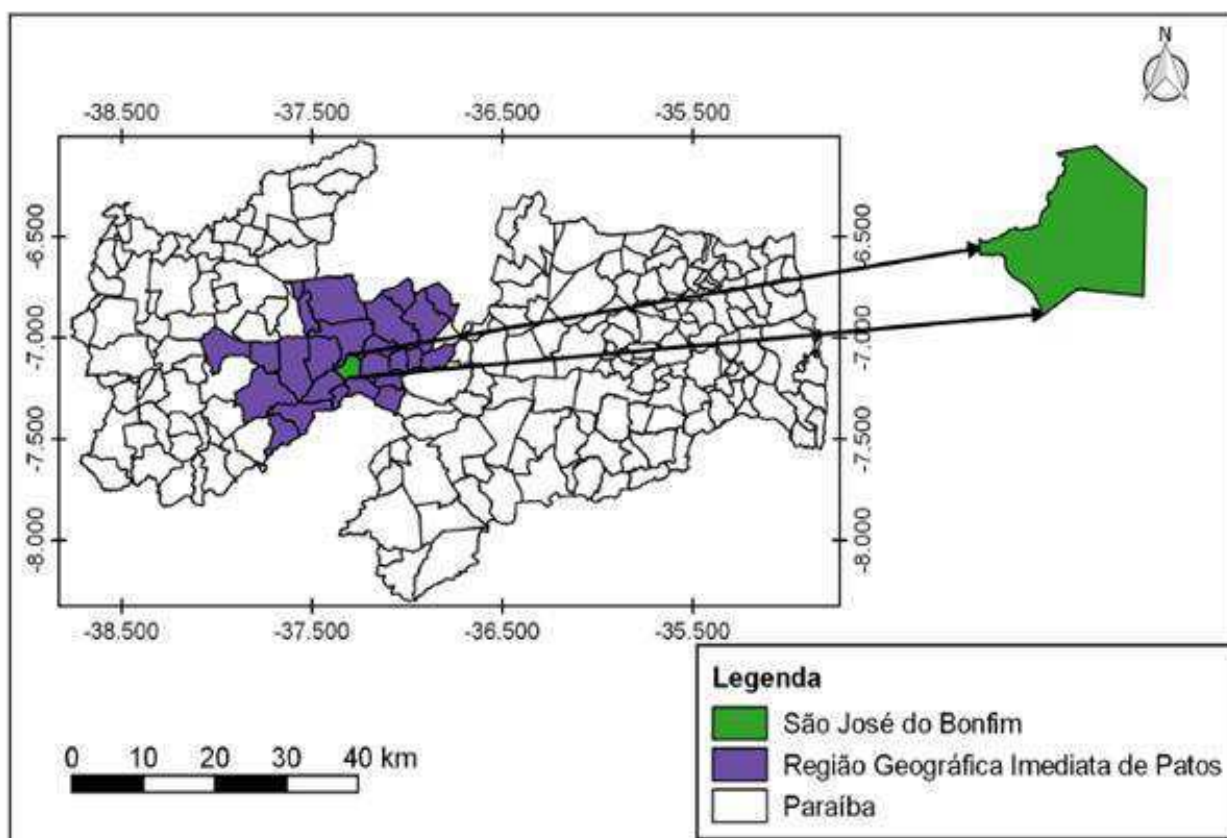
Os objetivos desse estudo foi avaliar o efeito de doses de esterco bovino na nutrição da *M. oleifera* e propriedades químicas do solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está situada no município de São José do Bonfim, PB, Região Geográfica Imediata de Patos-PB, sertão paraibano (Figura 1). O município abrange 134,724 km<sup>2</sup> entre as coordenadas geográficas 07° 9' 55" S e 37° 18' 26" W, com altitude de 281 m (IBGE, 2019). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é BSh, quente e seco, apresentando temperatura máxima anual de 38°C (ALVARES et al., 2013). A precipitação média anual é de 600 mm (AESAs, 2019).

Figura 1 – Localização do município de São José do Bonfim - PB.



Fonte: Freitas (2019).

As características químicas e granulométrica do solo da área experimental e a composição química do esterco bovino utilizado no cultivo de *M. oleifera* são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo (profundidade de 0-20 cm) da área experimental e do esterco utilizado para fertilização de *M. oleifera*.

Química do Solo		Granulometria do solo		Esterco bovino	
pH	6,00	Areia Total (g kg <sup>-1</sup> )	508,0	pH (CaCl <sub>2</sub> 0,01M)	7,92
Matéria Orgânica Total (%)	20,4	Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )	409,0	Relação C/N	18/1
Carbono Orgânico (%)	1,58	Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )	99,0	Umidade a 60-65 °C	15,17
P(mg/dm <sup>3</sup> )	60,00	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	88,0	Matéria Orgânica Total (%)	50,93
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	8,43	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	404,0	Carbono Orgânico (%)	25,50
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,64			N (%)	1,43
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,69			P (%)	0,73
Fe(mg/dm <sup>3</sup> )	71,28			Ca <sup>+2</sup> (%)	1,98
Zn(mg/dm <sup>3</sup> )	6,16			Mg <sup>+2</sup> (%)	1,94
Cu(mg/dm <sup>3</sup> )	2,50			K <sup>+</sup> (%)	1,36
Mn(mg/dm <sup>3</sup> )	172,90			S (%)	0,30
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,30			Fe (%)	1,24
H+Al(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,30			Zn (mg/kg)	141,60
SB(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,06			Cu (mg/kg)	30,00
V(%)	89,48			Mn (mg/kg)	673,10
CTC(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	12,36			B (mg/kg)	21,70
PST (%)	2,43				

Nutrilab – Laboratório de análise de solo e planta – UFRPE – EECAC e Laboratório de Análise Agrônômica e Ambiental (FULLIN).

## 2.2 Delineamento experimental

No experimento foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos, equivalendo as doses de esterco bovino (D<sub>0</sub>=controle, D<sub>30</sub>=30 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>40</sub>=40 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>50</sub>= 50 g kg<sup>-1</sup> e D<sub>60</sub>=60 g kg<sup>-1</sup>) e cinco repetições totalizando 25 unidades amostrais. A parcela experimental composta por 10 plantas, sendo avaliadas quatro plantas na unidade experimental. O cálculo da dosagem de esterco bovino a ser aplicada por cova foi feito de acordo com a proposta de Nascimento et al. (2015) com intuito de elevar o teor de matéria orgânica do solo (2,04 g.kg<sup>-1</sup>) disposto na Tabela 1.

$$Dea = (D_{MOA} - D_{MOE}) \times Vc \times ds \quad (1)$$

D<sub>EA</sub> = dosagem de esterco a ser aplicado por cova (g cova<sup>-1</sup>)

D<sub>MOA</sub> = teor matéria orgânica a ser alcançada no solo (g kg<sup>-1</sup>)

D<sub>MOE</sub> = teor matéria orgânica existente no solo (g kg<sup>-1</sup>)

Vc = capacidade volumétrica média da cova (L)

ds = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

### 2.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido com *M. oleifera* sendo o plantio estabelecido a partir de sementes coletadas na região de Patos-PB. No campo, cinco sementes foram semeadas em covas, com espaçamento de 3 m x 3 m e dimensões de 0,40 m x 0,40 m x 0,30 m de profundidade com volume de 48L. No total foram feitas 300 covas, com 250 covas de área útil e 50 de bordadura. Antes da semeadura foi realizada a incorporação do esterco bovino curtido (caracterização na Tabela 4), em diferentes doses. Após a emergência foi realizado o desbaste, deixando no campo a plântula mais vigorosa.

### 2.4 Coletas das amostras de solo

Seis meses após a aplicação dos tratamentos e da semeadura da *M. oleifera* (período da frutificação) (Figura 2), foi realizada a coleta das amostras de solo, a qual foi conduzida de forma aleatória, sorteando 4 indivíduos, por tratamento em cada bloco. A coleta de solo na rizosfera das plantas foi realizada em quadrante (Norte, Sul, Leste e Oeste) na profundidade de 0-20 cm e em seguida foram agrupadas resultando em uma amostra composta por parcela, totalizando 25 amostras.

Figura 2 - Plantio de *M. oleifera* com seis meses de idade



Fonte: Dados da pesquisa

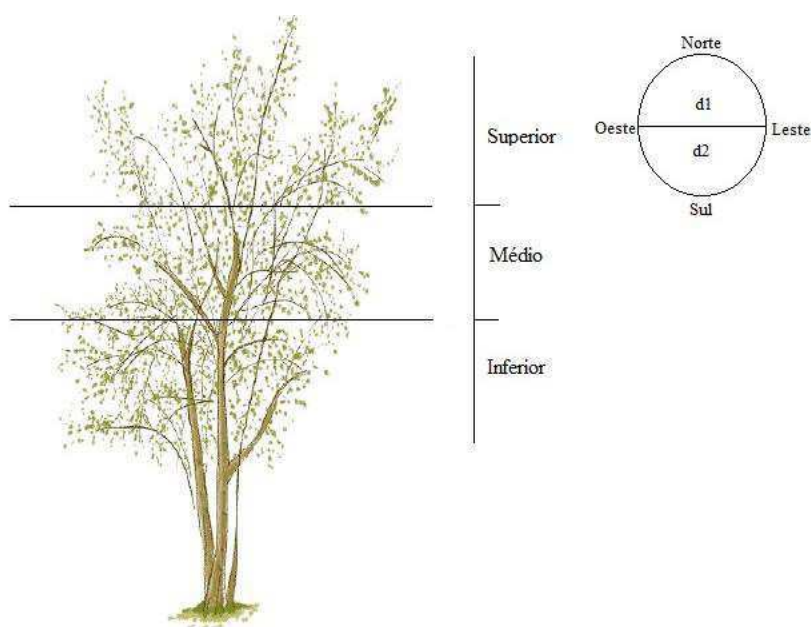
Após a coleta as amostras de solo foram levadas para o Laboratório de Solos do CSTR/UFCG. As amostras de solo foram secas ao ar passadas em peneira com malha de 2 mm, identificadas e encaminhadas para o Laboratório de análise de Solo e Planta da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para caracterização química.

## 2.5 Coletas das amostras de folhas

A coleta do material vegetal foi realizada nos mesmos indivíduos sorteados para coleta de solo. A retirada das folhas foi realizada na parte mediana da copa (folhas recém-maduras), em dois pontos cardeais (norte e sul) (Figura 3). As folhas foram colocadas em sacos de papel identificados e levadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas.

As folhas coletadas foram lavadas em água corrente, para retirada dos resíduos e posteriormente passadas em água destilada e colocadas para secar ao ar. Em seguida foram transferidas para sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar ( $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ ) por 72 horas. Na sequência foram submetidas a moagem em moinho tipo “Willey”, de acordo com metodologia descrita por Bataglia et al (1978). Após moídas, foram acondicionadas em recipientes plásticos hermeticamente fechados e encaminhado para análise nutricional no Laboratório Exata Hoff & Brait Ltda. localizado em Jataí – GO.

Figura 3 – Representação da copa *M. oleifera*, destacando o terço médio da coleta das folhas para análise.





## 2.6 Características Avaliadas

### 2.6.1 características químicas do solo

A determinação do pH do solo foi realizada em solução solo: água (1:2,5). A acidez potencial ( $H+Al^{3+}$ ) foi mensurada após extração com acetato de cálcio (EMBRAPA, 2009). O fósforo e potássio (P e  $K^+$ ) foram extraídos com solução Mehlich I, sendo o P quantificado por espectrofotometria o  $K^+$  por fotometria de chama Embrapa (2009). O cálcio e o magnésio ( $Al$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) foram extraídos com cloreto de potássio (KCl 1N) e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica segundo a metodologias descrita por Embrapa (2009). A capacidade de troca de cátions efetiva ( $CTC_{efetiva}$ ) foi determinada pela soma das bases trocáveis ( $Ca + Mg + Na + K$ ) e dos cátions ácidos ( $H + Al^{3+}$ ). A soma das bases (SB) foi calculada pela soma de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$  trocáveis. A saturação por bases (V%) foi calculada pela razão  $SB/CTC_{efetiva}$  (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico total foi mensurado por oxidação do carbono por via úmida (WALKLEY-BLACK), conforme Tedesco et al. (1995).

As análises de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e Zn seguiram a metodologia recomendada por Embrapa (2009), sendo extração com solução Mehlich I e leitura por espectrofotometria de absorção atômica.

### 2.6.2 Características nutricionais

No tecido foliar o Nitrogênio foi determinado segundo Embrapa (2009). Os teores de Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco foram mensurados seguindo as metodologias descritas por e Araújo et al (2002). A concentração de carbono da folha foi determinada por oxidação do carbono por via úmida (WALKLEY-BLACK), conforme Tedesco et al (1995). A análise de C foi realizada no laboratório de Microbiologia do solo da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos. A partir dos valores de C e N foi determinada a razão C/N.

## 2.7 Análise dos dados

Os dados das propriedades do solo e os teores de nutrientes foliares foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Diferenças estatísticas entre as médias foram acessadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade usando o software ASSISTAT (versão 7.7).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características químicas do solo

Houve diferença significativa entre as doses de esterco bovino para as características químicas do solo avaliados, exceto para os teores de Na e C obtidos que foram estatisticamente equivalentes (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização química do solo do plantio de *M. oleifera* localizado no Assentamento Tubarão, no município de São José do Bonfim-PB.

	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>30</sub></b>	<b>D<sub>40</sub></b>	<b>D<sub>50</sub></b>	<b>D<sub>60</sub></b>
<b>pH</b>	6,30 c	6,20 d	6,88 b	6,96 ab	7,08 a
<b>P (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	25,60 c	32,0 bc	32,0 bc	55,0 a	34,0 b
<b>K (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0,43 b	0,58 a	0,33 b	0,65 a	0,52 a
<b>Ca (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	8,03 b	8,41 b	9,60 a	9,00 ab	9,04 ab
<b>Mg (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0,29 b	1,18 a	2,23 a	2,21 a	2,00 a
<b>Na (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0,33 a	0,32 a	0,33 a	0,27 a	0,26 a
<b>SB (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	9,89 c	11,11 b	12,50 a	12,03 ab	11,71 ab
<b>H+Al (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	1,15 a	0,69 b	0,43 c	0,66 b	0,65 b
<b>C.T.C (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	10,96 b	11,86 ab	13,02 a	12,61 a	12,36 a
<b>V %</b>	88,92 b	93,64 a	95,95 a	95,42 a	94,65 a
<b>C %</b>	0,95 a	0,94 a	0,91 a	1,09 a	0,97 a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

De modo geral, os valores de pH, Mg, soma de base (SB), saturação por base (V%) e a CTC apresentaram aumento com aplicação de esterco bovino em comparação com a dose do tratamento D<sub>0</sub>. Estudos tem demonstrado que a aplicação de esterco bovino pode contribuir para diminuição da acidez do solo, uma vez que contêm substâncias alcalinas que promovem a elevação do pH (CAI et al., 2019). Por outro lado, a dissociação dos grupos funcionais (carboxílicos e fenólicos) existentes na matéria orgânica, proveniente do esterco, tendem a aumentar as cargas negativas do solo, influenciando positivamente a CTC, V% e a SB (SCHELLEKENS et al., 2017). A concentração de Mg no esterco aplicado ao solo é considerada elevada, sugerindo que o aumento do Mg na solução do solo seja resultado da aplicação do esterco (Tabela 2). A aplicação de doses de esterco bovino no solo para produção

de mudas de *Corymbia citriodora* (Hook.) por um período de 30 dias também promoveu aumento nos teores de Mg com aplicação de esterco (COSTA et al., 2011).

A adição de esterco bovino nos tratamentos D<sub>50</sub> e D<sub>60</sub> aumentou os teores de P no solo em comparação com tratamento D<sub>0</sub> (Tabela 2). Provavelmente a aplicação do esterco aumentou a disponibilidade de P no solo, principalmente de P na forma de ácidos orgânicos. Vale ressaltar que o teor de P no esterco bovino utilizado neste trabalho é considerado mediano (KIEL, 1985). O aumento do P no solo com a aplicação do esterco bovino foi verificado em mudas de *Olea europaea* (CHATZISTATHIS et al., 2020). Os solos da região semiárida são pobres em P, por isso a aplicação do esterco bovino como fonte de fósforo e de outros nutrientes é de extrema relevância para o melhor desenvolvimento da planta.

A adubação com esterco bovino influenciou o potássio do solo, diferenças significativas foram encontradas entre os tratamentos D<sub>30</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>60</sub> em comparação com o tratamento D<sub>0</sub> (Figura 2). O aumento do K no tratamento com esterco bovino em comparação com o tratamento controle foi verificado em solo com *Calophyllum brasiliense* (ARTUR et al., 2007). Houve diferença significativa da aplicação do esterco bovino no teor de Ca no solo apenas no tratamento D<sub>40</sub> quando comparado a D<sub>0</sub>. No entanto, as demais doses não diferiram entre si (Tabela 2). No trabalho realizado com produção de mudas de *Olea europaea* a aplicação de esterco não influenciou no teor de Ca no solo (CHATZISTATHIS et al., 2020).

A acidez potencial foi a única variável que apresentou redução com a aplicação do esterco bovino (Tabela 2). A redução da acidez potencial apresenta benefícios para o desenvolvimento das plantas, pois, algumas espécies vegetais não se desenvolvem em solos com acidez potencial elevada. A avaliação do uso de esterco bovino nas propriedades químicas do solo para produção de *Corymbia citriodora* demonstrou redução da acidez potencial com a adubação (COSTA et al., 2011).

O esterco bovino tem sido amplamente utilizado na agricultura, uma vez que disponibiliza macro e micronutrientes para as plantas (REES et al., 2014; ABBOTT et al., 2018). No presente estudo, a aplicação de esterco bovino promoveu variações significativas nos teores dos micronutrientes Fe, Zn e Cu, enquanto o manganês não apresentou diferença significativa (Tabela 3). Em resposta a aplicação de esterco bovino, os teores de Cu do solo diminuíram com o aumentando das doses (Tabela 3). Isso ocorreu provavelmente devido a contribuição do esterco para o aumento do pH do solo, o qual pode ter diminuído a disponibilidade de Cu no solo. Esse resultado está de acordo com o encontrado em plantio de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) sob diferentes doses de esterco curtido, no qual foi observado redução do Cu com a adição do esterco (LEONEL; DAMATTO JUNIOR, 2008).

Efeito da aplicação do esterco para os teores de Fe ocorreu a partir da aplicação do tratamento D<sub>40</sub>, o que pode estar relacionado com o aumento do pH no solo, um dos fatores mais relevantes na disponibilidade de nutrientes no solo.

Tabela 3- Teores de Micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) no solo de um plantio de *M. oleifera*, no município de São José do Bonfim (PB), 2019.

	Fe	Cu	Zn	Mn
	mg kg <sup>-1</sup>			
D <sub>0</sub>	67,10 a	1,11 a	2,54 b	76,92 a
D <sub>30</sub>	71,02 a	0,71 b	2,22 b	78,30 a
D <sub>40</sub>	54,45 b	0,56 c	2,36 b	82,28 a
D <sub>50</sub>	54,18 b	0,36 d	1,69 c	89,58 a
D <sub>60</sub>	53,39 b	0,02 e	4,00 a	84,08 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade

Os teores de Zn no solo foram afetados pela adubação com esterco bovino (Figura 6). Especificamente, a aplicação do tratamento D<sub>60</sub> aumentou o teor de Zn. Então esse aumento do teor de Zn no solo que recebeu o tratamento D<sub>60</sub> foi de 62 % em comparação com o tratamento que não recebeu esterco bovino.

A aplicação de esterco não teve efeito significativo no teor de manganês. Estudando o impacto de diferentes tipos de esterco (caprino e bovino e a mistura dos dois) na fertilidade do solo de oliveira (*Olea europaea* L.), não foi observado efeito de esterco bovino + caprino em relação ao controle para os teores de Mn (CHATZISTATHIS et al., 2020).

### 3.2 Propriedades químicas do Tecido foliar da *M. oleifera*

Os teores de N na folha da *M. oleifera* foram significativamente reduzidos a partir do tratamento que recebeu a dose D<sub>40</sub> (Tabela 4). Essa redução de N pode refletir maior absorção desse nutriente pela planta, uma vez que a coleta de material foi realizada durante o período de frutificação. A redução dos teores de N foliar em *M. oleifera*, foi registrada por Oliveira Junior et al. (2009). Os valores de N encontrados após aplicação de esterco bovino foram menores que os observados no tratamento testemunha.

Tabela 4 - Teores de Macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/Kg) do tecido foliar da *M. oleifera*, em um plantio, no município de São José do Bonfim (PB), 2019.

		D <sub>0</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>40</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>60</sub>
<b>Macronutrientes</b>						
<b>C/N</b>	-	14,98 b	13,68 b	13,18 b	14,58 b	18,22 a
<b>C</b>	%	61,40 b	54,37 b	51,24 b	54,28 b	72,51 a
<b>P</b>	g/kg	2,31 a	2,25 a	2,17 a	2,18 a	2,39 a
<b>N</b>	g/kg	41,28 a	41,86 a	39,13 b	37,20 b	38,65 b
<b>K</b>	g/kg	18,44 a	18,23 a	17,96 a	19,50 a	19,15 a
<b>Ca</b>	g/kg	21,88 a	25,00 a	26,05 a	24,53 a	22,61 a
<b>Mg</b>	g/kg	2,75 a	2,48 b	2,88 a	2,70 a	2,73 a
<b>S</b>	g/kg	5,27 c	6,01 b	5,89 b	6,05 b	6,61 a
<b>Micronutrientes</b>						
<b>B</b>	mg/kg	55,43 c	63,35 b	59,80 b	75,44 a	70,72 a
<b>Cu</b>	mg/kg	6,79 a	5,90 b	5,94 b	5,52 b	5,76 b
<b>Fe</b>	mg/kg	123,26 a	96,64 b	99,29 b	85,48 b	99,23 b
<b>Mn</b>	mg/kg	131,78 a	113,79 b	115,43 b	116,48 b	130,58 a
<b>Zn</b>	mg/kg	16,85 a	14,98 a	14,52 a	14,82 a	5,01 a

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O carbono do tecido foliar apresentou aumento significativo com aplicação do tratamento D<sub>60</sub> em relação aos demais tratamentos, o mesmo comportamento foi observado para relação C/N (Tabela 4). O aumento no carbono da folha com a aplicação da maior dose de esterco pode ser uma consequência da relação C/N do esterco bovino aplicado ao solo (18/1) (Tabela 4). No entanto, o acúmulo de C na folha pode influenciar na diminuição de cátions como Ca e Mg (HERNANDEZ GARCIA, 2019).

A aplicação do esterco aumentou significativamente os teores de enxofre com maior valor observado no tratamento D<sub>60</sub> (Tabela 4). A adição da dose mais elevada de esterco bovino provavelmente aumentou a concentração de S no solo contribuindo para o incremento de S no tecido foliar de *M. oleifera*. O teor de S contido no esterco bovino (0,3%) foi considerado médio (KIEHL, 1985), assim a partir da aplicação da maior dose foi possível incrementar os compostos de enxofre no tecido foliar (Tabela 4). Estudando a acumulação de macronutrientes na folha de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson (antigo *Eucalyptus citriodora*), Costa; Valeri (2012) observaram aumento de S no tecido foliar após a aplicação de esterco bovino.

O magnésio no tecido foliar apresentou redução significativa no tratamento D<sub>30</sub>, nas demais doses os valores não diferiram do tratamento controle (Tabela 4). Os teores observados de Mg no tecido foliar da *M. oleifera* estão dentro da faixa indicada para essências florestais

(DELL et al. 1995; WHITE E BROWN, 2010). A utilização de esterco de aves na adubação de *M. oleifera* promoveu redução dos teores de Mg no tecido foliar (DANIA; AKPANSUBI; EGHAGARA, 2014). Resultados inferiores para teores de magnésio na *M. oleifera* adubada com esterco bovino foram observados por Oliveira Junior et al. (2009).

Para os teores de fósforo, cálcio, potássio e zinco não foram observadas diferenças significativas após a aplicação de esterco bovino (Tabela 4). No entanto, os teores encontrados estão na faixa ótima para espécies florestais de acordo com Malavolta et al. (1997). Se tratando dos teores de K encontrados na *M. oleifera* submetida a adubação orgânica foi observado que a espécie extrai mais K do solo do que as espécies (arbórea) forrageiras encontradas na caatinga e o P é um elemento muito móvel dentro da planta, sendo incorporado e liberado em vários pontos, exercendo suas funções metabólicas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

Independentemente da dose utilizada de esterco bovino observou-se diminuição nos teores de Ferro e Cobre da folha após a aplicação (Tabela 4). A adubação orgânica pode ter influenciado na disponibilidade desses nutrientes, uma vez diminuíram após a adição de esterco bovino no solo (Tabela 4). Redução nos teores Fe foliar após a adição de esterco bovino foi observado em plantas de oliveira (*Olea europaea* L.) (CHATZISTATHIS et al., 2020). Moyo et al. (2011) ao analisarem a composição de folhas de *M. oleifera* observaram teores superiores aos registrados neste estudo. No entanto, o teor de Fe considerado suficiente para nutrição adequada de espécies florestais varia entre 50 mg/kg e 250 mg/kg (FAQUIN; 2005). Diante disso, os teores de Fe obtidos são adequados ao desenvolvimento da *M. oleifera*. Por outro lado, a aplicação de esterco bovino não influenciou o teor de Zn. (Tabela 4). A utilização de doses de esterco de curral na nutrição e produção *Ficus carica* não teve efeito nos teores de Zn e de outros micronutrientes na folha (LEONEL; DEMATTO JUNIOR, 2008).

Os teores de boro apresentaram aumento com a aplicação de esterco (Tabela 4). Esse aumento reflete a entrada de Boro no solo com a adição do esterco bovino (Figura 4). Os teores de B observados estão de acordo com o preconizado por White e Brown (2010) para espécies tropicais.

Para o Mn o resultado observado foi de redução após aplicação nos tratamentos D<sub>30</sub>, D<sub>40</sub> e D<sub>50</sub> em relação ao tratamento D<sub>0</sub>. Entretanto, o tratamento D<sub>60</sub> apresentou resultado semelhante ao controle (Tabela 4). A utilização de vermicomposto de esterco bovino na adubação de acácia negra (*Acacia mearnsii*) após 60 dias de emergência não influenciou o teor de Mn foliar (ANTUNES et al 2016). É importante destacar que a composição química das folhas de *M. oleifera* pode variar em função de diversos fatores, como, o local de cultivado, as diferentes fenofases, a disponibilidade hídrica e a idade da planta (SOUTO, 2017).

#### 4. CONCLUSÕES

O uso de esterco bovino, independente da dose aplicada, proporcionou melhorias na fertilidade do solo.

As doses de esterco bovino influenciaram o acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas de *M. oleifera*, cuja ordem foi (N > Ca > K > S > Mg > P) e (Mn > Fe > B > Zn > Cu) respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L. K.; MACDONALD, L. M.; WONG, M. T. F.; WEBB, M. J.; JENKINS, S.N.; FARRELL, M. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 34–50, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>. Acesso em: 02 de fev. 2020.
- AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesawebsite/meteorologiacuvas/?formdate=&produto=município&periodo=anual>. Acesso em 29 de julho 2019.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANTUNEA, M. R.; CASTILHOS, R. M. V.; CASTILHO, D. D.; LEAL, O. A.; ANDREAZZA, R. Crescimento inicial de acácia-negra com vermicompostos de diferentes Resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2016.
- ARAÚJO, G. C. L.; GONZALEZ, M. H.; FERREIRA, A. G. NOGUEIRA, A. R. A.; NÓBREGA, J. A. Effect of acid concentration on closed-vessel microwave-assisted digestion of plant materials. **Revista Spectrochimica acta part B: Atomic Spectroscopy**. v. 57, n. 12, p. 2121-2132, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0584854702001647>. Acesso em 29 de julho de 2019.
- ARAÚJO, M. S. **Manejo de Espécies Florestais para Produção de Madeira, Forragem e Restauração de Áreas Degradadas**. Caicó: Emparn, v. 5, 60p, 2010.
- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, RENATO. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.6, p.843-850, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600011>. Acesso em: 02 de fev. 2020
- BIANCO, M. S.; CECÍLIO FILHO, A. B.; DE CARVALHO, L. B. Nutritional Status of the Cauliflower Cultivar ‘Verona’ Grown with Omission of out Added Macronutrients. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 4, 2015. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123500>. Acesso em: 27 de jan. 2020.
- CAI, A.; XU, M.; WANG, B.; ZHANG, W.; LIANG, G.; HOU, E.; LUO, YIQI. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. **Soil & Tillage Research**, v. 189, p. 168-175, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.022>. Acesso em: 02 de fev. 2020.
- CHATZISTATHIS, T.; PAPADAKIS, I. E.; PAPAIOANNOU, CHATZISSAVVIDIS, A. C. GIANNAKOULA, A. Comparative study effects between manure application and a controlled release fertilizer on the growth, nutrient uptake, photosystem II activity and photosynthetic rate of *Olea europaea* L. (cv. ‘Koroneiki’). **Scientia Horticulturae**. v. 264,



2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109176>. Acesso em 15 de já. 2020.

COSTA, F. G.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; GONZALES, J. L. S. Esterco bovino para o desenvolvimento inicial de plantas provenientes de quatro matrizes de *Corymbia citriodora*. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90, p. 161-169, 2011.

COSTA, F. G.; VALERI, S. V. Efeito do esterco bovino no teor e acúmulo de macronutrientes em folhas de *Corymbia citriodora*. **Nucleus**, v. 9, n. 1, 2012. Disponível em: . Acesso em: 02 de fev. 2020.

DANIA, S. O.; AKPANSUBI, P.; EGHAGARA, O. O. Comparative Effects of Different Fertilizer Sources on the Growth and Nutrient Content of Moringa (*Moringa oleifera*) Seedling in a Greenhouse Trial. **Advances in agriculture**, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/726313>. Acesso em 22 de ago. 2019.

DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T. S. **Nutrients disorders in plantation eucalypts**. Camberra: Australian Center for International Agriculture Research, 1995. 104 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed.rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE. Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente, 2005.

FRIGHETTO, R. T. S.; FRIGHETTO, N.; SCHNEIDER, R. P.; LIMA, P. C. F. O potencial da espécie *Moringa oleifera* (Moringaceae). I. A planta como fonte de coagulante natural no saneamento de águas e como suplemento alimentar. **Revista Fitos**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 78-88, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial**: Município de São José do Bonfim, Paraíba, 2019.

JENKINS, S. N.; WAITE, I. S.; BLACKBURN, A.; HUSBAND, R.; RUSHTON, S. P.; MANNING, D. C.; O'DONNELL, A. G. Actinobacterial community dynamics in long term managed grasslands. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 95, p. 319–334, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10482-009-9317-8>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica. Ceres, 1985. 492p

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MOYO, B.; MASIKA, P. J.; HUGO, A.; MUCHENJE, V. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **African Journal of Biotechnology**, v. 10 n.60, p. 12925-12933, 2011. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/AJB>. Acesso em: 22 de jan. 2019.

NASCIMENTO, J. A. M.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. T. MENDONÇA, V.; ALBUQUERQUE JUNIOR, A. M.; MEDEIROS, S. A. S. Macronutrientes na cultura da melancia cultivada em Neossolo com esterco bovino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 10, n. 2, p. 224-229, 2015

LEONEL, S.; DAMATO JUNIOR, E. R. Efeitos do esterco de curral na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção da figueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30 n.2, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200046>. Acesso em: 24 de dez 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; MAIOR JUNIOR, S. G. S. Adubação com diferentes esterco no cultivo de Moringa (*Moringa oleifera* LAM.). **Revista Verde**, v.4, n.1, p.125 – 134, 2009.

OLSON, M. E.; FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 82, n.4, p 1071-1082, 2011. Disponível em: <https://jhu.pure.elsevier.com/en/publications/moringa-oleifera-a-multipurpose-tree-for-the-dry-tropics>. Acesso em: 12 de dez. 2019.

REES, H.W.; CHOW, T. L.; ZEBARTH, B.; XING, Z.; TONER, P.; LAVOIE, J.; DAIGLE, J. L. Impact of supplemental poultry manure application on potato yield and soil properties on a loam soil in north-western New Brunswick. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 94, n. 1, p. 49–65, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjss2013-009>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

RUFINO, M. R.; SILVINO, A. S.; MORO, M. F. Exóticas, exóticas, exóticas: reflexões sobre a monótona arborização de uma cidade brasileira. **Rodriguésia**, vol.70. Epub Oct 03, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970051>. Acesso em 26 de set. 2019.

SCHELLEKENS, J.; ALMEIDA-SANTOS, T.; MACEDO, R.S.; BUURMAN, P.; KUYPER, T.W.; VIDAL-TORRADO, P. Molecular composition of several soil organic matter fractions from anthropogenic black soils (Terra Preta de Índio) in Amazonia — A pyrolysis-GC/MS study. **Geoderma**, v. 288, p. 154–165, 2017.

SOUTO, J. S. **Moringa**: 333 perguntas e respostas. Campina Grande (EDUFCG), 148 p. 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico 5. Embrapa-Acre. Ed. 2, 174p. 1995.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.

WHITE, P. J.; BROWN, P. H. Plant nutrition for sustainable development and global health. **Annals of Botany**, v. 105, p. 1073–1080, 2010. Disponível em: doi:10.1093/aob/mcq085. Acesso em: 14 de dez. 2019.

ZDRULI, P.; LAL, R.; CHERLET, M.; KAPUR, S. New World Atlas of Desertification and Issues of Carbon Sequestration, Organic Carbon Stocks, Nutrient Depletion and Implications for Food Security. In: ERŞAHİN S., KAPUR S., AKÇA E., NAMLI A., ERDOĞAN H. (eds) Carbon Management, Technologies, and Trends in Mediterranean Ecosystems. The Anthropocene: Politik Economics Society Science, **Springer, Cham**. v. 15, p. 13-25, 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45035-3\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45035-3_2). Acesso em: 20 Jan. 2020.

**CAPITULO 2**

---

**ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO EM PLANTIO DE *Moringa*  
*oleifera* EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO**

---

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de esterco bovino em cultivo de *M. oleifera* sobre a biomassa e atividade microbiana do solo após 180 dias da aplicação. O experimento foi realizado no município de São José do Bonfim – PB e conduzido em blocos casualizados com 5 tratamentos (doses de esterco): D<sub>0</sub>=controle, D<sub>30</sub>=30 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>40</sub>=40 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>50</sub>= 50 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>60</sub>=60 g kg<sup>-1</sup> e 5 repetições. Foram avaliadas as propriedades químicas e microbiológicas do solo (carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, quociente metabólico, quociente microbiano e atividades das enzimas β-glicosidase, urease e fosfatase, desidrogenase e β-glicosaminidase). Os resultados obtidos demonstram que a aplicação de esterco bovino influenciou a biomassa e atividade microbiana do solo. O CBM, a atividade da fosfatase, β-glicosidase, β-glicosaminidase, relação β-glicosidase/Urease apresentaram aumento com a aplicação do esterco bovino em comparação com o tratamento D<sub>0</sub>. Por outro lado, o qCO<sub>2</sub> diminuiu com a aplicação dos tratamentos D<sub>50</sub> e D<sub>60</sub>. As diferentes doses de esterco bovino promovem efeitos distintos na biomassa e atividade microbiana do solo, sendo a atividade da fosfatase, β-glicosidase, urease, o teor de CBM e o qCO<sub>2</sub> as variáveis mais sensíveis a aplicação das doses de esterco bovino no solo. Desse modo, a aplicação de esterco é favorável à saúde do solo, no entanto, estudos por períodos mais prolongados são recomendados visando o melhor entendimento dos efeitos na comunidade microbiológica a longo prazo.

**Palavras-chave:** Qualidade do solo. Fertilizante orgânico. Arbórea exótica. Biomassa

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the application of bovine manure in *M. oleifera* cultivation on soil microbial biomass and activity 180 days after application. The experiment was performed in the city of São José do Bonfim - PB and conducted in randomized blocks with 5 treatments (manure doses): D<sub>0</sub>=control, D<sub>30</sub>=30 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>40</sub>=40 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>50</sub>= 50 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>60</sub>=60 g kg<sup>-1</sup> and 5 repetitions. Soil chemical and microbiological properties (microbial biomass carbon, soil basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and activities of the enzymes β-glucosidase, urease and phosphatase, dehydrogenase and β-glucosaminidase) were evaluated. The results obtained show that the application of bovine manure influenced the soil microbial biomass and activity. The BOD, phosphatase activity, β-glucosidase, β-glucosaminidase, β-glucosidase/Urease ratio showed increase with the application of bovine manure compared to D<sub>0</sub> treatment. On the other hand, qCO<sub>2</sub> decreased with the application of D<sub>50</sub> and D<sub>60</sub> treatments. The different doses of bovine manure promote distinct effects on soil microbial biomass and activity, with phosphatase, β-glucosidase, urease, CBM content, and qCO<sub>2</sub> being the most sensitive variables to the application of doses of bovine manure in the soil. Thus, the application of manure is favorable to soil health, however, studies for longer periods are recommended in order to better understand the effects on the microbiological community in the long term.

**Keywords:** Soil quality. Organic fertilizer. Exotic tree. Biomass

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos orgânicos na atividade agrícola é uma prática bastante difundida, economicamente e ecologicamente viável, uma vez que proporciona aumento de produtividade das plantas, reduz o uso de fertilizantes químicos e o impacto ambiental. Entre os resíduos orgânicos, destaca-se o esterco bovino, material que fornece nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas e que pode contribuir para a melhoria da qualidade do solo. O esterco bovino também pode ser utilizado como substrato para o desenvolvimento de mudas florestais, uma vez que os nutrientes disponibilizados por esse resíduo influenciam na qualidade e na sobrevivência das mudas após o transplântio (TUCCI et al., 2009).

Além do efeito na produtividade das plantas e nas características químicas e físicas do solo, a aplicação de esterco promove mudanças na composição e funcionamento das comunidades microbianas do solo (ZATORRE, 2008). A diversidade microbiana do solo pode ser afetada em termos de riqueza de espécies, abundância e diversidade funcional após a aplicação de esterco bovino, essas mudanças na comunidade microbiana tornaram os solos mais resistentes a estresse e perturbações (LARNEY et al., 2016; LIU et al., 2016).

A adição de esterco na camada superficial do solo também estimula a atividade microbiana do solo, influenciando positivamente na rotatividade de matéria orgânica e no fluxo de energia do solo.

Os microrganismos do solo desempenham funções essenciais nos ecossistemas, são responsáveis pela decomposição e acúmulo da matéria orgânica, sustentando e regulando a ciclagem de nutrientes. Além disso, podem atuar aumentando a tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos e reduzindo o uso de fertilizantes químicos.

Propriedades microbiológicas do solo como o carbono da biomassa microbiana (CBM), a respiração basal (evolução de CO<sub>2</sub>), a atividade de enzimas do solo e a relação respiração/carbono da biomassa microbiana, denominada quociente metabólico e o quociente microbiano (qMIC) que representa a relação entre o CBM e o carbono orgânico total são frequentemente utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso do solo.

Esses indicadores, além de serem úteis para o monitoramento, também podem colaborar com o desenvolvimento de práticas de manejo do solo menos intensivas e prejudiciais à saúde do solo. Sendo assim, torna-se importante estudar os impactos da adição de esterco bovino nas propriedades microbiológicas do solo como ferramenta para monitorar as alterações

ocorridas no solo, decorrente dessa prática, especialmente em ambientes semiáridos onde a disponibilidade de nutrientes no solo geralmente é reduzida.

Diversas espécies exóticas foram introduzidas no semiárido brasileiro com fins energéticos, madeireiro, forragem, para suprir necessidades agrícolas, florestais e para arborização urbana (RUFINO; SILVINO; MORO, 2019). Entre essas, a *Moringa oleifera* Lamarck, árvore nativa do norte da Índia e amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais vem sendo cultivada com sucesso (VASCONCELOS et al., 2019; MODISAOJANG-MOJANAGA et al., 2019). Nessas regiões, o cultivo da *M. oleifera* pode ser bastante vantajoso, uma vez que todas as partes da planta podem ser utilizadas pela população e também pode contribuir para geração de renda, auxiliando para melhoria da qualidade de vida da população (OLSON, FAHEY, 2011; SANTOS, MOURA, LIMA, 2016).

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de doses de esterco bovino nas propriedades biológicas do solo, cultivado com *M. oleifera*.



## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de Estudo**

O experimento foi instalado no Assentamento Tubarão, município de São José do Bonfim-PB, Região Geográfica Imediata de Patos-PB, sertão paraibano (IBGE, 2019). O clima da região é quente e seco, apresentando temperaturas máximas de aproximadamente 38°C. A precipitação média anual é da ordem de 600 mm, o período de chuva é de janeiro a abril, enquanto o período seco se prolonga de maio a dezembro (ALVARES et al., 2013).

### **2.2. Montagem do experimento**

Para montagem do experimento o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (doses de esterco bovino) e cinco repetições (parcelas). As doses de esterco bovino testadas em *M. oleífera* foram: (D<sub>0</sub>=controle, D<sub>30</sub>=30 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>40</sub>=40 g kg<sup>-1</sup>, D<sub>50</sub>= 50 g kg<sup>-1</sup> e D<sub>60</sub>=60 g kg<sup>-1</sup>). As doses foram calculadas de acordo com Nascimento, et al. (2015) que leva em consideração o teor de matéria orgânica do solo. Na área experimental o teor de matéria orgânica do solo foi 2,04 g kg<sup>-1</sup>.

### **2.3 Coletas e preparo das amostras de solo**

As amostras de solo foram coletadas a 20,0 cm de profundidade na rizosfera de quatro indivíduos de *M. oleífera* por parcela e agrupadas para formar uma amostra composta, totalizando 25 amostras. Na ocasião da coleta as plantas estavam com seis meses de idade. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em isopor com gelo encaminhadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas/ UFCG/ Campus Patos. Para as análises microbiológicas as amostras foram armazenadas a 4 °C para preservar a atividade biológica.

### **2.4 Atributos avaliados**

#### **2.4.1 Atributos microbiológicos**

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi mensurado pelo método de fumigação - extração (VANCE et al., 1987). As amostras foram incubadas por 24 h com clorofórmio livre de etanol para eliminação dos microrganismos e a liberação dos componentes celulares. O C

foi extraído das amostras fumigadas e não fumigadas utilizando sulfato de potássio ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ). O teor de CBM foi obtido aplicando-se um fator de correção (Kc) de 0,41.

A respiração basal do solo (RBS) foi mensurada pela quantificação do  $\text{CO}_2$  liberado durante sete dias de incubação do solo em sistema fechado (ALEF; NANNIPIERI, 1995). Foi pesado 20 g de cada amostra de solo em respirômetros, dentro do recipiente foi adicionado um copo descartável de 100 ml com 10 ml de NaOH, solução que captura o  $\text{CO}_2$  por um período de 8 dias de incubação, posteriormente titulado com HCl (ALEF; NANNIPIERI, 1995).

O quociente metabólico do solo ou  $\text{qCO}_2$  foi obtido a partir da relação entre os valores da respiração basal do solo pelo carbono da biomassa microbiana (RBS/CBM), o quociente microbiano foi obtido da relação entre o (CBM/C orgânico), foram calculados de acordo Anderson e Domsch (1985) e Sparling (1997), respectivamente.

#### **2.4.2 Atividade enzimática**

As atividades da  $\beta$ -glicosidade (EIVAZI; TABATABAI, 1988), da fosfatase alcalina (TABATABAI; BREMNER, 1969) e da  $\beta$ -glucosaminidase foram determinadas pela liberação do p-nitrofenol após incubação do solo com os substratos específicos (p-nitrofenol- $\beta$ -D-glicopiranosídeo, p-nitrofenil fosfato e p-nitrofenil N-acetil- $\beta$ -D-glicosaminida respectivamente). A atividade das enzimas foi avaliada a  $37^\circ\text{C}$  por 1h e as leituras foram realizadas em espectrofotometria (410 nm). A atividade da urease foi mensurada por determinação da amônia liberada após a incubação do solo com solução de ureia por 3 horas a  $37^\circ\text{C}$  (KANDELER; GERBER, 1988). A atividade da desidrogenase foi medida como a taxa de redução do cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) para trifenilformazan (TFF) a  $37^\circ\text{C}$  por 24 horas e as leituras foram realizadas em espectrofotometria (485 nm). (CASIDA; KLEIN; SANTORO, 1964). Os valores das atividades da  $\beta$ -glicosidase e urease foram utilizados para calcular a razão carbono/nitrogênio, sendo denominada de B/U.

#### **2.5. Análise estatística**

Os dados das propriedades microbiológicas foram analisados por análise de variância (ANOVA) utilizando o software ASSISTAT (versão 7.7). Diferenças estatísticas entre as médias foram acessadas pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Além da análise univariada, o escalonamento multidimensional não métrico (NMS) foi utilizado para ordenar as áreas considerando as propriedades microbiológicas e as

propriedades químicas do solo. Diferenças estatísticas entre as doses foram analisadas usando o procedimento permutação multivariada PERMANOVA, baseada na distância de Sorensen. Grupos de amostras similares foram circulos na ordenação NMS com base no resultado da PERMANOVA ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as propriedades microbiológicas do solo demonstram que a aplicação de esterco bovino influencia a biomassa e atividade microbiana do solo. O CBM apresentou aumento significativo nos tratamentos D<sub>40</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>60</sub> em relação ao tratamento controle (Tabela 1). No entanto, os maiores valores foram encontrados no tratamento D<sub>60</sub>.

Tabela 1. Propriedades biológicas do solo após a aplicação de esterco bovino no cultivo de *M. oleifera* no Assentamento Tubarão, no município de São José do Bonfim, PB.

Tratamentos	CBM	RBS	qCO <sub>2</sub>	qMIC
	mg CBM g <sup>-1</sup> solo	mg C- CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo dia <sup>-1</sup>	mg CO <sub>2</sub> mg <sup>-1</sup> CBM dia <sup>-1</sup>	%
D <sub>0</sub>	136.788 cd	34.441 c	0.255 b	1.447 b
D <sub>30</sub>	127.914 d	38.704 b	0.303 a	1.388 b
D <sub>40</sub>	154.645 b	42.209 a	0.276 b	1.765 a
D <sub>50</sub>	161.433 b	34.856 c	0.218 c	1.472 b
D <sub>60</sub>	220.351 a	38.751 b	0.179 d	2.028 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Com aumento da dose de esterco potencialmente ocorre maior fornecimento de substratos (nutrientes para os microrganismos, resultando em uma comunidade microbiana abundante (FRANCIOLI et al., 2016; REN, et al 2019). Estudos realizados em solos agrícolas com aplicação de esterco relataram aumento da biomassa microbiana (ESPERSCHUTZ et al., 2007; HU et al., 2018; FOSTER et al., 2016; LUPWAYI et al., 2019).

Em relação a RBS, houve grande estímulo com a aplicação do tratamento D<sub>40</sub> em comparação os demais tratamentos, sugerindo elevada taxa de decomposição de compostos orgânicos no solo (Tabela 1). De modo geral, a quantidade do CO<sub>2</sub> emitida está relacionada à capacidade de degradação da matéria orgânica pela microbiota heterotrófica, o que constitui uma fase fundamental no ciclo do carbono (EPRON et al., 2006).

O quociente microbiano (qMIC) que expressa quanto do C orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana apresentou aumento significativo com a aplicação dos tratamentos D<sub>40</sub> e D<sub>60</sub> que promoveram aumento de 21% e 40% em relação ao tratamento controle (Tabela 1). Em locais sob condições favoráveis, há tendência de aumento da biomassa microbiana, e conseqüentemente, o qMIC tende a aumentar (KASCHUK et al., 2010; CUNHA et al., 2011). Além disso, mudanças no qMIC refletem o padrão de entrada da matéria orgânica

no solo e indicam se o carbono está sendo acumulado ou reduzido (ANDERSON; DOMSCH, 1985)

Por outro lado, o  $qCO_2$  que representa a relação entre o  $CO_2$  produzido pela respiração microbiana e o CBM diminuiu com a aplicação dos tratamentos  $D_{50}$  e  $D_{60}$  (Tabela 1). Esses menores valores encontrados indicam maior eficiência da utilização do substrato pela comunidade microbiana do solo (ZHAO et al., 2018). O  $qCO_2$  é uma medida de eficiência microbiana, assim uma comunidade microbiana mais eficiente tende apresentar baixa taxa de respiração por unidade biomassa (SANTOS; MAIA, 2013).

Os microrganismos do solo são os principais produtores de enzimas, especialmente em ambientes áridos e oligotróficos. As enzimas  $\beta$ -glucosidase,  $\beta$ -glicosaminidase e fosfatase, catalisam reações envolvendo as transformações biogeoquímicas de C, N e P no solo e são amplamente utilizadas para avaliar a atividade microbiana do solo e a mineralização de diversos tipos de substratos. No presente estudo, a  $\beta$  glicosidase (ciclo do C) apresentou aumento nos tratamentos  $D_{50}$  e  $D_{60}$  (Tabela 2). A  $\beta$ -glicosidase é considerada um potencial indicador da quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (LOPES et al., 2015; LANGE et al., 2015).

Tabela 2. Atividade enzimática do solo após a aplicação de esterco bovino no cultivo de *M. oleifera* no Assentamento Tubarão, no município de São José do Bonfim, PB.

	$\beta$ Glicosidase	Fosfatase	Urease	$\beta$ -glicosaminidase	Desidrogenase
	$\mu\text{g PNG g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$	$\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$	$\text{mg N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$	$\mu\text{g PNG g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$	$\mu\text{g TTF g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$
<b>D<sub>0</sub></b>	109,26 b	808,64 c	13,46 b	61,27 b	15,11 b
<b>D<sub>30</sub></b>	86,27 c	589,76 d	13,84 b	72,37 b	24,31 a
<b>D<sub>40</sub></b>	100,84 b	878,76 b	20,45 a	67,37 b	18,59 b
<b>D<sub>50</sub></b>	136,55 a	1049,68 b	22,48 a	96,90 a	16,30 b
<b>D<sub>60</sub></b>	147,71 a	1340,73 a	13,58 b	68,62 b	23,33 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A atividade da fosfatase foi influenciada pela aplicação de esterco bovino (Tabela 2), observando-se incremento na atividade dessa enzima a partir dos tratamentos  $D_{40}$ . Esses resultados sugerem que nessas condições os microrganismos necessitaram utilizar mais P para manter suas atividades metabólicas e suas estratégias de sobrevivência. Possivelmente, mudanças na composição ou abundância da comunidade microbiana associada a aplicação das maiores doses de esterco podem estar relacionadas com grupos de microrganismos intimamente associados ao ciclo do P (NAKATANI et al., 2011). Vale ressaltar que as fosfatases do solo são

derivadas principalmente da população microbiana (BURNS et al., 2013). Estudos têm mostrado o aumento da atividade enzimática da  $\beta$ -glicosidase e da fosfatase com aplicação de esterco bovino quando comparado com o tratamento controle (dose 0) (LUPWAYI et al., 2019).

A atividade da urease apresentou aumento significativo com a aplicação dos tratamentos D<sub>40</sub> e D<sub>50</sub> (Tabela 2). Variações na atividade da urease podem estar associadas ao teor de nitrogênio no solo, bem como a razão C/N. O pH do solo também pode ser um dos fatores capazes de influenciar a atividade da urease, uma vez que o pH afeta a disponibilidade de nutrientes no solo, a composição e a abundância de microrganismos. Mudanças na composição da comunidade microbiana afetaram a atividade da urease em solos tratados com resíduo orgânico (lodo de curtume) (NAKATANI et al., 2011).

A  $\beta$ -glicosaminidase é uma enzima envolvida na degradação de quitina nos solos, um dos biopolímeros mais abundantes na natureza, servindo como importante compartimento de C e N orgânico nos solos e a quitina é componente estrutural em vários organismos, incluindo alguns fungos. No presente estudo, a atividade da  $\beta$ -glicosaminidase apresentou aumento no tratamento D<sub>50</sub> (Tabela 2), sugerindo elevada biomassa fúngica no solo e de organismos como artrópodes que representam fonte de quitina para o solo. Francioli et al. (2016) observaram aumento na atividade da  $\beta$ -glicosaminidase, Fosfatase e COT com aplicação de esterco bovino em relação a dose 0.

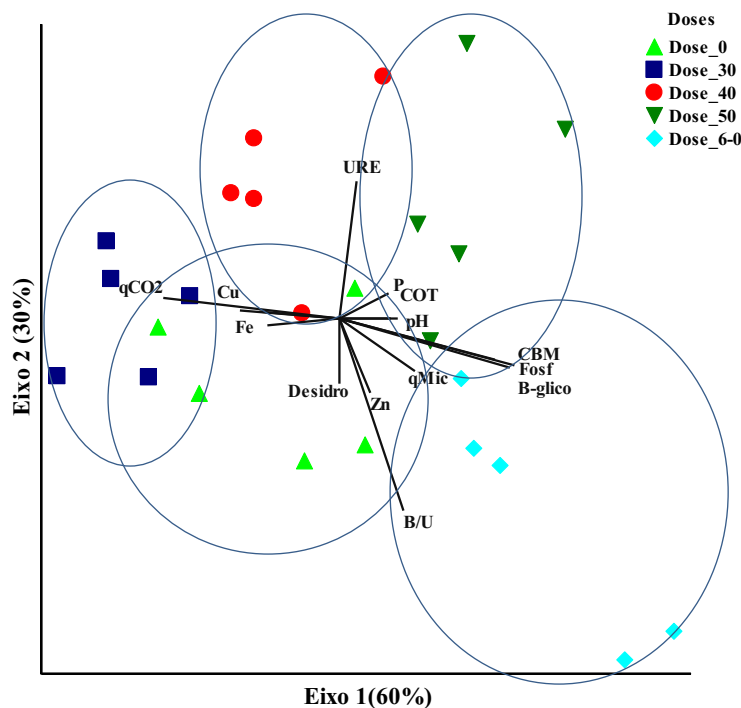
A desidrogenase apresentou aumento com a aplicação dos tratamentos D<sub>30</sub> e D<sub>60</sub> (Tabela 2). Esperava-se aumento da atividade da desidrogenase com aumento das doses aplicadas, no entanto esse padrão de resposta não foi observado. A desidrogenase está envolvida na decomposição da matéria orgânica refletindo a atividade oxidativa total da microbiota do solo e a geração de energia por meio de cadeias de transporte de elétrons. Diante desse resultado, destaca-se a necessidade de mais estudos para compreender os fatores que regulam a atividade de oxirredutases em solos tratados com esterco bovino.

Além da análise univariada foi realizada a ordenação NMS para representar a dissimilaridade entre os tratamentos aplicados, doses de esterco bovino. A ordenação NMS explicou 90% da variação dos dados, onde o eixo 1 explicou 60% e o eixo 2, 30% dessa variação (Figura 1). A distribuição das amostras no eixo 1 está associada principalmente as variações nas propriedades microbiológicas CBM, fosfatase e  $\beta$ -glicosidase,  $\beta$ -glicosaminidase, relação B/U e COT que aumentaram ao longo do eixo 1 (esquerda para direita) e redução de Fe, Zn e CU.

No eixo 2 observa-se aumento da atividade da urease e redução do qMIC, B/U, desidrogenase. No gráfico NMS, é possível perceber que todas as doses aplicadas influenciaram as propriedades do solo e que apresentaram atividade microbiana distinta. Essa observação foi

confirmada pela PERMANOVA, cujo os resultados são apresentados no gráfico NMS por meio de elipses. Nesse sentido, confirma-se que a aplicação das diferentes doses de esterco promoveu respostas distintas da biomassa microbiana que foram acompanhadas por variações nas propriedades químicas do solo (Figura 1).

Figura 1- Mudanças nas propriedades microbiológicas e químicas do solo após a aplicação de esterco bovino em cultivo de *M. oleifera*. Os dados agrupados nas elipses não diferem estatisticamente pela PERMANOVA a 5%. Os valores apresentados entre parênteses correspondem ao percentual da variação explicada pelos eixos da ordenação.



Observou-se que a atividade das enzimas urease, fosfatase,  $\beta$ -glicosidase, CMB e qCO<sub>2</sub> foram as variáveis que mais contribuíram para separação das doses, ou seja, que foram fortemente influenciadas pelas doses aplicadas. Esses resultados destacam a importância do componente microbiano como indicadores sensíveis para avaliar mudanças ocorridas no solo. Portanto, destaca-se que a aplicação de composto orgânico pode contribuir para melhoria das propriedades microbianas do solo, como também das propriedades químicas do solo (MILLER et al., 2002; ZHANG et al., 2018). Além de contribuir para o desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino.

#### 4. CONCLUSÕES

As propriedades químicas e microbiológicas do solo foram alteradas pela aplicação de esterco bovino em solos cultivados com *M. oleifera* no semiárido da Paraíba. As diferentes doses promovem efeitos distintos na biomassa e atividade microbiana do solo, sendo a atividade da fosfatase,  $\beta$ -glicosidase, urease, o teor de CBM e o  $q\text{CO}_2$  as variáveis mais sensíveis a aplicação das doses de esterco bovino no solo. Desse modo, a aplicação de esterco é favorável à saúde do solo, no entanto, estudos por períodos mais prolongados são recomendados visando o melhor entendimento dos efeitos promovidos na comunidade microbiológica a longo prazo.



## REFERÊNCIAS

- ALEF, K., NANNIPIER, A. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Academic Press. London, 1995.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; Gerd Sparovek. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, 2013. Disponível em:< <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em 07 de jun. 2019.
- ANDERSON, T. H., DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, v. 1, 81-89, 1985.
- BURNS, R. G.; DE FOREST, J. L.; MARXSEN, J.; SINSABAUGH, R. L.; STROMBERGER, M. E.; WALLENSTEIN, M. D.; WEINTRAUB, M. N.; ZOPPINI, A. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 58, p. 216-234, 2013.
- CASIDA, L. E.; KLEIN, D. A.; SANTORO, T. Soil dehydrogenase activity. **Soil Science**, v. 98, p. 371-376, 1964.
- CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.
- EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 7, p. 891-897, 1988.
- EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; DELEPORTE, P.; IFO, S.; KAZOTTI, G.; THONGO M'BOU, A.; MOUVONDY, W.; SAINT-ANDRÉ, L.; ROUPSARD, O.; JOURDAN, C.; HAMEL, O. Soil carbon balance in a clonal Eucalyptus plantation in Congo: effects of logging on carbon inputs and soil CO<sub>2</sub> efflux. **Global Change Biology**, v. 12, p.1021-1031, 2006.
- ESPERSCHUETZ, J.; GATTINGER, A.; MADER, P.; SCHLOTTER, M.; FLIESSBACH, A. Response of soil microbial biomass and community structures to conventional and organic farming systems under identical crop rotations. **FEMS Microbiol. Ecol.** v. 61, p. 26–37, 2007.
- FOSTER, E. J.; HANSEN, N.; WALLENSTEIN, M.; COTRUFO, M. F. Biochar and manure amendments impact soil nutrients and microbial enzymatic activities in a semi-arid irrigated maize cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 233, p. 404-414, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.029>. Acesso em: 20 de jan. 2020.
- FRANCIOLI, D.; SCHULZ, E.; LENTENDU, G.; WUBET, T.; BUSCOT, F.; REITZ, T. Mineral vs. Organic amendments: microbial community structure, activity and abundance of agriculturally relevant microbes are driven by long-term fertilization strategies.

**Frontier Microbiology**, v. 7, 2016. Disponível em:  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01446>. Acesso em: 24 de dez. 2019.

HU, X.; LIU, J.; ZHU, P.; CUI, X.; ZHOU, B.; CHEN, X.; JIN, J.; LIU, X.; WANG, G. Soil Bacterial Communities Under Different Long-Term Fertilization Regimes in Three Locations Across the Black Soil Region of Northeast China. *Pedosphere*, v. 28, n. 5, p. 751-763, 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60040-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60040-2). Acesso 02 de fev. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial:** Município de São José do Bonfim, Paraíba, 2019.

KANDELER, E., GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, p. 68–72, 1988. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00257924>. Acesso em 22 de dez. 2019.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, p. 1-13, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

LANGE, M. et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**, v. 6, p. 6707, 2015. Disponível em:  
<https://www.nature.com/articles/ncomms7707>. Acesso em 25 de dez. 2019.

LARNEY, F. J.; LI, L. L.; JANZEN, H.; ANGERS, D. A.; OLSON, B. M. Soil quality attributes, soil resilience, and legacy effects following topsoil removal and one-time amendments. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 96, n. 2, p. 177–190, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjss-2015-0089>. Acesso em 02 de fev. 2020.

LIU, T.; CHEN, X.Y.; HU, F.; RAN, W.; SHEN, Q.R.; LI, H.X.; WHALEN, J.K. Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: evidence from a meta-analysis of nematode communities. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 223, p.199–207, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.015>. Acesso em 02 de fev. 2020.

LLANDERAL, A., M. T.; LAO, J. I.; CONTRERAS M. L. Diagnosis and recommendation integrated system norms and sufficiency ranges for tomato greenhouse in Mediterranean climate. *HortScience* 53 (4):479–82. 2018. Disponível em: doi: 10.21273/HORTSCI12718-17. Acesso em 27 de fev. 2020.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C. Air-drying and long-term storage effects on  $\beta$ -glucosidase, acid phosphatase and arylsulfatase activities in a tropical Savannah Oxisol. *Applied Soil Ecology*, v. 93, p. 68-77, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.04.001>. Acesso em 24 de dez 2019.

LUPWAYI, N. Z.; ZHANG, Y.; HAO, X. THOMAS, B. W.; EASTMAN, A. H. SCHWINGHAMER, T. D. Linking soil microbial biomass and enzyme activities to long-term manure applications and their nonlinear legacy. *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology*, v. 74, p. 34-42, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2019.04.001>. Acesso em: 23 de dez. 2019.

- MILLER, J. J.; SWEETLAND, N. J.; CHANG, C. Soil physical properties of a Chernozemic clay loam after 24 years of beef cattle manure application. **Canadian Journal of Soil Science**. v. 82, n. 3, p.287–296, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/S01-025>. Acesso em: 24 de dez. 2019.
- MODISAOJANG-MOJANAGA, M. M.; OGBUEWU, I. P.; OGUTTU, J. W.; MBAJIORGU, C. A. Moringa leaf meal improves haemato-biochemical and production indices in broiler chickens: a review. **Comparative Clinical Pathology**. v. 28, p. 621–632. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00580-019-02900-7>. Acesso em: 15 de jan. 2020
- NAKATANI Y, KAWASUMI R, NISHIDA S. Change of inflow load and water environment in Osaka Bay. **J Jpn Soc Civil Eng B2(67)**:886–890, 2011
- NASCIMENTO, J. A. M.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. T. MENDONÇA, V.; ALBUQUERQUE JUNIOR, A. M.; MEDEIROS, S. A. S. Macronutrientes na cultura da melancia cultivada em Neossolo com esterco bovino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 10, n. 2, p. 224-229, 2015
- OLSON, M. E.; FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 82, n.4, p 1071-1082, 2011. Disponível em: <https://jhu.pure.elsevier.com/en/publications/moringa-oleifera-a-multipurpose-tree-for-the-dry-tropics>. Acesso em: 12 de dez. 2019.
- REN, F.; SUN, N.; XU, M.; ZHANG, X.; WU, L.; XU, M. Changes in soil microbial biomass with manure application in cropping systems: A meta-analysis. **Soil & Tillage Research**. v. 194, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.06.008>. Acesso em 26 de set. 2019.
- RUFINO, M. R.; SILVINO, A. S.; MORO, M. F. Exóticas, exóticas, exóticas: reflexões sobre a monótona arborização de uma cidade brasileira. **Rodriguésia**, vol.70. Epub Oct 03, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970051>. Acesso em 26 de set. 2019.
- SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicadores de qualidade do solo. In: **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 10, p.195-223, 2013.
- SANTOS, C. A.; MOURA, F. B. P.; LIMA, L. N. Potencialidades e uso da moringa (*Moringa oleifera* Lam.). In: **Conservação dos recursos naturais**. Paulo Afonso: SABEH, 2016. 138 p.
- TABATABAIA, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology Biochemistry**, v. 1, p. 301-307, 1969.
- TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987

VASCONCELOS, M. C.; COSTA, J. C.; SOUSA, J. P. S. SANTANA, F. V. SOARES, T. F. S. N.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; SILVA-MANN, R. Biometric and Physiological Responses to Water Restriction in *Moringa oleifera* Seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n.1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.016515>. Acesso em: 27 de jan. 2020

ZATORRE, N. P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. *Gaia Scientia*, v. 2, n. 1, p. 9-13, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/2315>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

ZHANG, Y.; HAO, X.; ALEXANDER, T.W.; THOMAS, B.W.; SHI, X.; LUPWAYI, N.Z. Longterm and legacy effects of manure application on soil microbial community composition. **Biology and Fertility of Soils**, v. 54, p. 269–283, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-017-1257-2>. Acesso em 17 de dez 2019.

ZHAO, F.Z.; REN, C.J.; ZHANG, L.; HAN, X.H.; YANG, G.H.; WANG, J.; Changes in soil microbial community are linked to soil carbon fractions after afforestation. **European Journal of Soil Science**, v. 69, p. 370-379, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ejss.12525>. Acesso em 24 de dez. 2019.