



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

Guilherme Veloso da Silva

**CRESCIMENTO E FENOLOGIA REPRODUTIVA DE *Moringa oleifera* Lam.
SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE ESTERCO BOVINO**

PATOS – PB

2020

Guilherme Veloso da Silva

**CRESCIMENTO E FENOLOGIA REPRODUTIVA DE *Moringa oleifera* Lam.
SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE ESTERCO BOVINO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais

Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

PATOS – PB

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR

S586c Silva, Guilherme Veloso da

Crescimento e fenologia reprodutiva de *Moringa oleifera* Lam. Submetida a diferentes doses de esterco bovino / Guilherme Veloso da Silva. – Patos, 2020.

91f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2020.

“Orientação: Prof. Dr. Jacob Silva Souto.”

Referências.

1. Cultivo. 2. Adubação. 3. Fenofases. I. Título.

CDU 634.75

Guilherme Veloso da Silva

**CRESCIMENTO E FENOLOGIA REPRODUTIVA DE *Moringa oleifera* Lam.
SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE ESTERCO BOVINO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Campina Grande, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Ciências
Florestais, para obtenção do título de Mestre em
Ciências Florestais

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2020



Prof. Dr. Jacob Silva Souto
Orientador (UAEF/CSTR/UFCG)



Prof. Dr. João Batista dos Santos
Examinador interno (UAEF/CSTR/UFCG)



Profa. Dra. Jussara Silva Dantas
Examinadora externa (UACTA/CCTA/UFCG)

*Quem foi que disse que isso aqui não era pra mim se equivocou
Fui eu quem criei, vivi, escolhi me descobri e agora aqui estou
... Se for fazer pela metade não vale (não vale)
Eu vivo com doses de só Deus que sabe
O resto ninguém sabe.*

Karol Conka

DEDICATÓRIA

A Deus por ter concedido paciência e sabedoria na caminhada, à minha família por todo apoio incondicional, em especial ao meu pai Gilberto e à minha mãe Severina.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido força, coragem e sabedoria para a realização desse sonho. À minha família, por todo amparo e por não ter medido esforços para a concretização dos meus objetivos.

Ao meu orientador, Jacob Silva Souto, serei eternamente grato por todos os ensinamentos adquiridos. Obrigado pela confiança, autonomia e todo auxílio na realização desta pesquisa.

Sou grato à CAPES pela concessão da bolsa de estudo, que foi fundamental para a conclusão dessa etapa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, em especial à professora Ivonete Alves Bakke pelas inúmeras ajudas, pela amizade, pelos conselhos, pela disponibilidade, pela confiança e pelo exemplo de profissional e ser humano.

Agradeço a João Batista dos Santos, por sua digna pretensão em colaborar, auxiliando na execução desta pesquisa.

À Professora Patrícia Carneiro Souto, pelo apoio e pela dedicação, ensinando-me que não há barreiras para o conhecimento. Obrigado pela colaboração e pelos ensinamentos.

À Professora Maria Das Graças Veloso Marinho, que colaborou de forma fundamental para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao grupo de pesquisa do LabNut, em especial a Arliston Pereira Leite, Manoella de Queiroz Rodrigues Limeira, por toda troca de aprendizado durante a condução dos trabalhos no decorrer do mestrado.

Aos amigos, por todos os conselhos, ajudas, conversas e troca de aprendizado concedido durante longos anos, por toda cumplicidade e companheirismo. Agradeço a Lucas Ferreira, Keliane Oliveira, Erick Gomes, Tibério Henrique, Adalberto Filho, Augusto Limão, Sayonara Costa, Nauan, Laiza Gomes e Gabriela Muricy

Aos meus amigos do mestrado Viviane, Enrique, Ediglécia e Marinalva, gratidão por todos os momentos de descontração e preocupação durante o mestrado.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desse sonho.

Muito obrigado

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I. Crescimento e caracterização morfológica de plantas de moringa (*Moringa oleifera* L.) submetidas a diferentes doses de esterco bovino.

- Figura 1.** Mapa da Paraíba com destaque para o município de São José do Bonfim-PB.....41
- Figura 2.** Croqui da área experimental. São José do Bonfim-PB- 2020.....43
- Figura 3.** Nivelamento do terreno, marcação de piquetes e distribuição das doses de esterco. São José do Bonfim-PB- 2020.....44
- Figura 4.** Abertura das covas, distribuição dos tratamentos e mistura do solo e esterco. São José do Bonfim-PB- 2020.....44
- Figura 5.** Porcentagem de emergência de plântulas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%). São José do Bonfim-PB- 2020.....47
- Figura 6.** Índice de velocidade de emergência de plântulas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%). São José do Bonfim-PB- 2020.....48
- Figura 7.** Altura de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 30 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.....49
- Figura 8.** Diâmetro do caule de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 30 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.....50
- Figura 9.** Número de folhas de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 30 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.....51
- Figura 10.** Altura de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 60 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.....52
- Figura 11.** Diâmetro do caule de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 60 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.....53

Figura 12. Número de folhas de plantas de <i>Moringa oleifera</i> Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 60 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.....	54
Figura 13. Altura de plantas de <i>Moringa oleifera</i> Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.....	55
Figura 14. Diâmetro do caule de plantas de <i>Moringa oleifera</i> Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.....	56
Figura 15. Número de folhas de plantas de <i>Moringa oleifera</i> Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.....	57
Figura 16. Número de ramificações laterais de <i>Moringa oleifera</i> Lam. em função das doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.....	58
Figura 17. Altura das ramificações laterais de <i>Moringa oleifera</i> Lam. em função das doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.....	59
Figura 18. Caracterização das fases fenológicas de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) do oitavo ao nonagésimo dia. São José do Bonfim-PB 2020.....	63
CAPÍTULO II. Fenologia reprodutiva de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) sob efeito de diferentes doses de esterco bovino.	
Figura 1. Mapa da Paraíba com destaque para o município de São José do Bonfim-PB, 2020.....	71
Figura 2. Plantas marcadas de acordo com os códigos fenológicos. São José do Bonfim-PB, 2020.....	72
Figura 3. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, botões florais presentes em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.....	76
Figura 4. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, árvores floridas presentes em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.....	78

Figura 5. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, fim de floração em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.....	79
Figura 6. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, frutos novos presentes em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB,2020.....	80
Figura 7. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, frutos maduros presentes em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.....	81
Figura 8. Porcentual de intensidade de Fournier para fenologia reprodutiva de moringa e precipitação mensal. São José do Bonfim-PB, 2020.....	82
Figura 9. Porcentual de intensidade de Fournier para fenologia reprodutiva de moringa e temperatura média máxima e mínima mensal. São José do Bonfim-PB, 2020.....	84

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO I. Crescimento e caracterização morfológica de plantas de moringa (*Moringa oleifera* L.) submetidas a diferentes doses de esterco bovino.**

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental. São José do Bonfim-PB, 2020.....	42
Tabela 2. Atributos químicos do esterco bovino. São José do Bonfim-PB, 2020.....	42

CAPÍTULO II. Fenologia reprodutiva de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) sob efeito de diferentes doses de esterco bovino.

Tabela 1. Observações fenológicas de plantas de moringa. São José do Bonfim-PB, 2020.....	73
Tabela 2. Descrição da intensidade de Fournier São José do Bonfim-PB, 2020.....	74
Tabela 3. Duração das diferentes fases de desenvolvimento de moringa em campo. São José do Bonfim-PB, 2020.....	86

SÚMARIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO GERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Origem e botânica da moringa.....	18
3.2 Importância nutricional da moringa.....	19
3.3 Uso e aplicações da moringa	20
3.3.1 Alimentação animal.....	20
3.3.2 Alimentação humana.....	21
3.3.3 Tratamento de água	22
3.4 Cultivo de moringa.....	23
3.6 Adubação orgânica.....	24
3.7 Fenologia de plantas.....	27
3.7.1 Fenologia reprodutiva.....	28
3 REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO I Crescimento e caracterização morfológica de plantas de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) submetidas a diferentes doses de esterco.....	38
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1 INTRODUÇÃO	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1 Local de condução do experimento.....	42
2.2 Clima	42
2.3 Origem do material propagativo	43
2.4 Solo da área experimental	43
2.5 Análise química do esterco bovino	43
2.6 Delineamento experimental.....	44
2.7 Croqui do experimento.....	44
2.8 Limpeza da área experimental e preparo do solo.....	45
2.9 Semeadura	45
3.0 Variáveis analisadas	45

3.1.1 Porcentagem de emergência	46
3.1.2 Índice de velocidade de emergência.....	46
3.1.3 Avaliações de crescimento.....	46
3.1.4 Caracterização morfológica.....	47
4 Análise estatística.....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6 CONCLUSÕES	64
7 REFERÊNCIAS	64
CAPITULO II Fenologia reprodutiva de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) sob efeito de diferentes doses de esterco bovino.....	68
RESUMO.....	66
ABSCTRACT.....	67
1 INTRODUÇÃO	71
2 MATERIAL E MÉTODOS	72
2.1 Local de condução do experimento.....	72
2.2 Clima	72
2.3 Origem do material propagativo	73
2.4 Procedimento experimental	73
2.5 Métodos de amostragem.....	73
2.6 Observações fenológicas	73
2.6.1 Porcentual de intensidade de Fournier	74
2.6.2 Índice de atividade	75
2.6.3 Índice de sincronia	75
2.7 Avaliações climáticas.....	76
2.7.1 Precipitação.....	76
2.7.2 Temperatura.....	76
2.8 Análise estatística.....	76
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4 CONCLUSÕES	88
5 REFERÊNCIAS	88

RESUMO GERAL

A *Moringa oleifera* Lam. é uma espécie arbórea oriunda do Nordeste indiano, amplamente cultivada em países tropicais como Índia, Egito, Filipinas, Ceilão e Tailândia. No Brasil, seu cultivo vem se intensificando nos últimos anos em função da sua versatilidade de uso, bem como de suas propriedades nutricionais. Trata-se de uma espécie rústica de rápido crescimento que necessita de pouca tecnologia para o cultivo, tornando-se uma excelente alternativa para o pequeno e médio produtor, uma vez que possui alto valor agregado e capacidade de adaptação em diversas regiões do país, em especial na região Nordeste. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses de esterco bovino e sua respectiva influência no crescimento e na fenologia reprodutiva da cultura da moringa. O experimento foi instalado no Assentamento Tubarão, localizado na zona rural do município de São José do Bonfim-PB. As sementes utilizadas na semeadura foram coletadas de árvores matrizes no município de Patos-PB. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%), quantificados em litros por cova, da seguinte forma: 0,0; 0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 L/cova. As covas foram abertas nas dimensões de 0,40m x 0,40m x 0,30 m largura, comprimento e profundidade, respectivamente. Em cada cova, foram semeadas cinco sementes. Cada unidade experimental foi composta por 10 plantas por parcela. Para a caracterização morfológica dos estágios vegetativos, foram realizadas observações diárias a partir do quinto dia após a semeadura. As variáveis analisadas foram: índice de velocidade de emergência, porcentagem de emergência, altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas, altura de ramos laterais e número de ramos laterais. As fases do desenvolvimento foram ilustradas à medida que ocorreram mudanças significativas em sua estrutura, marcadas nos períodos de 8,10, 12, 15, 30, 60 e 90 dias após a semeadura. Para o estudo fenológico, marcaram-se 10 indivíduos dentro da parcela, os quais foram observados semanalmente de acordo com as fenofases reprodutivas (botões florais, árvores floridas, fim de floração, frutos novos presentes, frutos maduros). Foram utilizados dois métodos de observação: o índice de atividade fenológica e o Índice de Fournier. Os valores desses índices foram associados à precipitação e à temperatura. A dose de 4% de matéria orgânica foi a que proporcionou melhor desempenho nas variáveis de crescimento. A construção da escala fenológica dos estágios vegetativos de moringa servirá como subsídio para a compreensão das fases de desenvolvimento. As fontes de adubação 3% e 4% apresentaram melhores resultados para os aspectos fenológicos. A floração da moringa deve ser considerada anual, pelo fato de a planta apresentar período de floração em determinados meses do ano. Independentemente das fontes de adubação, a fenologia reprodutiva apresentou forte relação com a precipitação. O período de floração foi de 60 dias, a maturação fisiológica teve duração de 100 dias, o tempo entre a emergência e produção foi de 8 meses.

Palavras-chave: Moringácea, adubação orgânica, fenofases

GENERAL ABSTRACT

Moringa oleifera Lam. is a tree species from Northeast India, widely cultivated in tropical countries like India, Egypt, Philippines, Ceylon and Thailand. In Brazil, its cultivation has intensified in recent years due to its versatility of use, as well as its nutritional properties. It is a fast-growing, rustic species that requires little technology for cultivation, making it an excellent alternative for small and medium producers, since it has high added value and the ability to adapt in different regions of the country, in especially in the Northeast region. In this context, this study aimed to evaluate different doses of bovine manure and their respective influence on the growth and reproductive phenology of the moringa culture. The experiment was installed in the Tubarão settlement, located in the rural area of the city of São José do Bonfim-PB. The seeds used for sowing were collected from parent trees in the city of Patos-PB. The experimental design used was in randomized blocks, with five replications. The treatments corresponded to five doses of bovine manure (0, 3, 4, 5 and 6%), quantified in liters per pit, as follows: 0.0; 0.9; 1.8; 2.7 and 3.6 L/pit. The pits were opened in the dimensions of 0.40m x 0.40m x 0.30 m in width, length and depth, respectively. In each hole, five seeds were sown. Each experimental unit was composed of 10 plants per plot. For the morphological characterization of the vegetative stages, daily observations were made from the fifth day after sowing. The variables analyzed were: emergence speed index, percentage of emergence, plant height, stem diameter, number of leaves, height of lateral branches and number of lateral branches. The development phases were illustrated as there were significant changes in its structure, marked in the periods of 8, 10, 12, 15, 30, 60 and 90 days after sowing. For the phenological study, 10 individuals were selected within the plot, which were observed weekly according to the reproductive phenophases (flower buds, flowering trees, end of flowering, new fruits present, ripe fruits). Two observation methods were used: the phenological activity index and the Fournier Index. The values of these indexes were associated with precipitation and temperature. The 4% dose of organic matter was the one that provided the best performance in the growth variables. The construction of the phenological scale of the vegetative stages of moringa will serve as a subsidy for understanding the stages of development. Fertilizer sources 3% and 4% showed better results for phenological aspects. The flowering of the moringa must be considered annual, because the plant has a flowering period in certain months of the year. Regardless of the sources of fertilization, reproductive phenology showed a strong relationship with precipitation. The flowering period was 60 days, the physiological maturation lasted 100 days, the time between emergence and production was 8 months.

Keywords: Moringaceae, fertilization organic, phenophases

1 INTRODUÇÃO GERAL

A *Moringa oleifera* Lam é uma espécie arbórea pertencente à família *Moringaceae*, nativa da Índia, muito apreciada e cultivada em países asiáticos e africanos, em virtude de sua capacidade de adaptação a climas quentes e secos. Seu cultivo vem se difundindo nos mais variados continentes. É uma planta que apresenta uma pluralidade em relação ao seu uso devido às suas propriedades nutricionais e terapêuticas. Suas folhas são ricas em vitamina A, C e E, fonte de proteínas, cálcio, potássio, magnésio, ferro, manganês e cobre e também contém boas quantidades de fenóis totais e carotenoides (JESUS et al., 2013; HEKMAT et al., 2015; SOUTO; MAIOR JÚNIOR, 2018).

Atualmente o interesse por informações sobre a cultura da Moringa surge devido à capacidade de uso das diferentes partes da planta na indústria de cosméticos, farmacêutica, bem como o uso das sementes que tem sido empregado no tratamento de água, já que as sementes contêm proteínas ativas que são consideradas excelentes coagulantes, auxiliando na redução da turbidez da água. As folhas e flores são consideradas alimentos fortificantes e vêm sendo inseridas na dieta humana, em alguns países, no combate à fome através do uso da farinha das folhas e sementes bem como o consumo *in natura* (HSU; ARBAINSYAH, 2006; PEREIRA et al., 2011; VALVERDE et al., 2014).

O cultivo da moringa vem se intensificando nos últimos anos no Brasil, mais especificamente no semiárido brasileiro. Isso se deve ao fato de a espécie se desenvolver com precipitações a partir de 250 mm e tolerar temperaturas máximas de até 48°C, que são características comuns para a região (SANTOS et al., 2015). A moringa é pouco exigente em relação ao solo, porém solos alagados dificultam seu estabelecimento. O solo ideal para o desenvolvimento da cultura deve ser areno-argiloso bem drenado, com pH variando de 4,5 a 8 (SOUTO; SOUSA, 2018).

Os estudos sobre fenologia reprodutiva buscam descrever os eventos internos e externos que ocorrem no ciclo de vida das plantas, enfatizando duas fenofases reprodutivas: floração e frutificação (MORELLATO et al., 2016). A fenologia reprodutiva das espécies é essencial para compreender as características morfofisiológicas durante as fases reprodutivas, sendo fundamental para entender os processos e sua interação com o ambiente e manejo, auxiliando de forma eficiente na elaboração de modelos descritivos de crescimento, sendo primordial para estudos de ecologia e conservação da biodiversidade (FAYAD et al., 2001; CÂMARA, 2006).

Em virtude da importância da compreensão do comportamento vegetal em diferentes ambientes, vários estudos estão sendo realizados com o intuito de observar o comportamento de plantas em distintos ecossistemas (DAVIES et al., 2013; CORTÉS-FLORES et al., 2017).

No semiárido brasileiro, o esterco bovino é uma das principais fontes orgânicas utilizadas pelos agricultores, em função da disponibilidade dentro das propriedades, bem como do baixo custo de aquisição (GALVÃO et al., 2008). De acordo com Souto e Sousa (2018), a adubação orgânica promove inúmeros benefícios de ordem física, química e biológica para o solo. O uso de fontes orgânicas como esterco e húmus consiste em uma prática eficiente para suprir o baixo teor de matéria orgânica dos solos do semiárido brasileiro (BAKKE et al., 2010).

O uso de fontes orgânicas tem demonstrado excelentes resultados em diversas culturas. Oliveira Junior et al. (2009), analisando diferentes tipos de esterco no cultivo de moringa, observaram que o esterco bovino proporcionou benefícios para a cultura. Zayed (2012), estudando o uso de diferentes biofertilizantes em cultivo de moringa, obteve respostas positivas em relação ao crescimento e à absorção de nutrientes.

Atualmente poucos estudos estão direcionados a esta temática, dada a multiplicidade de usos da moringa, aliados ao fato de ser uma alternativa para a geração de renda para produtores rurais do semiárido brasileiro. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses de esterco bovino e sua respectiva influência no crescimento e na fenologia reprodutiva da cultura da moringa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e botânica da moringa

A *Moringa oleifera* Lam é uma espécie exótica nativa da Índia, pertencente à família *Moringaceae*, composta por apenas um gênero (*Moringa*) e 14 espécies, com ampla distribuição por todo o mundo, principalmente em países tropicais (FRANCO, 2010; RAMOS et al., 2010). A cultura da moringa foi introduzida no Brasil desde 1950, através da Secretaria de Agricultura do Estado do Maranhão. Desde então, seu cultivo vem se acentuando ao longo dos anos no Brasil, principalmente nas regiões semiáridas do Nordeste, devido à boa adaptação da espécie às condições de clima. A moringa é classificada como uma planta rústica e de crescimento rápido podendo chegar até 12 m de altura, com boa capacidade de resistir à época de estiagem, fenômeno comum em regiões áridas (SOUZA; LORENZI, 2008; ALMEIDA, 2010).

De acordo com Santos (2010), em relação às características botânicas, a moringa é constituída por folhas compostas verdes pálidas, decíduas, alternadas, pecioladas, bipinada com sete folíolos pequenos. As flores têm as pétalas variando nos tons de branco e creme, diclamídea, monoclinas, perfumadas, inseridas em uma inflorescência terminal do tipo cimosa.

O fruto é uma cápsula trilobular de cor marrom esverdeado, deiscente, de tamanho que pode variar 30 a 45 cm e espessura de 1,8 cm, de formato triangular com abertura em três fendas, envolvendo em torno de 15 a 20 sementes. (LORENZI; MATOS, 2002; RADOVICH, 2011; SANTOS, 2010).

De acordo com Ramos et al. (2010), as sementes são bitegmentadas e exalbuminosas, escuras por fora, envolvidas por uma ala que ajuda no processo de dispersão e uma semente de coloração clara no seu interior.

O caule apresenta casca espessa, mole, reticulada de cor pardo-clara. O lenho é mole, poroso, amarelado, com presença de látex. No cerne, há uma grande quantidade de mucilagem rica em arabinose, galactose e ácido glucurônico (SANTOS, 2010).

A moringa apresenta uma raiz principal pivotante, tuberosa, espessa, comprida, de coloração branco-amarelada, com função de armazenar água e energia para atender às exigências da planta em períodos de estiagem. Os tubérculos são semelhantes a um rabanete e foram evidenciadas propriedades consideradas abortivas em suas raízes (ARAÚJO, 2010; RAMOS et al, 2010; SANTOS, 2010). O interesse em buscar mais informações sobre essa espécie ajuda a compreender os aspectos ecológicos, botânicos e morfológicos que são de grande relevância (SOUTO; MAIOR JÚNIOR, 2018).

3.2 Importância nutricional da moringa

Os benefícios em termos nutricionais e medicinais se devem ao fato de que as diferentes partes da planta contêm elevadas concentrações de vitaminas e nutrientes como: vitaminas A, C e E, e minerais, incluindo ferro, cálcio, zinco e selênio. São ricas em antioxidante como β -caroteno, e o teor de gorduras nas sementes é excelente fonte de óleo (32% a 40%) de alto valor alimentício, assemelhando-se ao azeite de oliva, rico em Ômega 9 (70%), ácido oleico, Ômega 6 e Ômega 3. As folhas contêm os 10 aminoácidos indispensáveis para a saúde humana (FUGLIE, 1999; MBORA, 2004; MOYO, 2011; HEKMAT et al., 2015).

As folhas de moringa são ótimas fontes de proteínas, e os níveis proteicos podem chegar a até 30%, variando de acordo com as condições de cultivo, fatores climáticos, diferentes tipos de solo e época de coleta das folhas (FERREIRA et al. 2008).

Seguimoto (2013) encontrou resultados positivos ao comparar o teor de nutrientes e vitaminas presentes nas folhas de *M. oleifera* com produtos bases na alimentação humana, reconhecidos pelo alto valor nutricional. As folhas de moringa contêm 440 mg 100 g⁻¹ de cálcio, enquanto o leite, 120 mg, sendo a moringa superior a quase 3 vezes o conteúdo de cálcio do leite, enquanto que o teor de vitamina C é (220 mg 100 g⁻¹ folha seca). Já a laranja contém 30 mg, sendo a moringa 7,3 vezes mais rica em vitamina C; o teor de vitamina A encontrado na moringa equivale a 436 mg 100 g⁻¹; já o teor encontrado na cenoura é 315 mg, tornando-se as folhas 1,3 vezes superiores; já em relação à quantidade de potássio presente nas folhas, observa-se o equivalente a 259 mg 100 g⁻¹ e, comparando com a concentração de potássio presente na banana, 88 mg. Nota-se que a concentração nas folhas de moringa é superior 2,9 vezes. A moringa contém também o dobro de proteínas existentes no leite.

De acordo com Yang (2006) e Saini et al. (2014), as folhas de moringa apresentam alto teor de antioxidante ao comparar com frutos de morango, conhecidos pelo alto conteúdo de antioxidante. Diante disso, esses pesquisadores destacam o potencial das folhas de moringa na concentração de antioxidante.

Segundo Castro (2017), a moringa é reconhecida como um alimento funcional, de grande relevância para a suplementação de praticantes de atividades físicas, lactantes e pessoas que possuem deficiência nutricional. Para o autor, a moringa auxilia na alimentação de grupos de pessoas que buscam uma qualidade de vida mais saudável como os vegetarianos e veganos, que buscam uma alimentação equilibrada em termos nutricionais. Diante dos inúmeros benefícios nutricionais, o uso das folhas desidratadas tem despertado interesse no mercado de suplementos esportivos através da comercialização do pó das folhas de moringa em cápsulas

contendo 500 mg. Porém, a dosagem adequada é bem superior à quantidade de farinha de moringa presente na cápsula, que é insuficientemente pequena ao compararmos com a ingestão da composição por meio do consumo diário da farinha ou chá das folhas (FERREIRA, 2008; CASTRO, 2017).

O uso do pó seco das folhas de moringa tem sido empregado no tratamento de ratos diabéticos com o intuito de buscar alternativas para o tratamento dessa doença. Embora o uso do pó tenha proporcionado uma diminuição no índice glicêmico dos ratos testados, é necessário mais estudo para corroborar, principalmente em relação à composição *in natura*. Mesmo que os testes com animais sejam promissores, as propriedades farmacológicas presentes nas folhas de moringa não são permitidas para consumo humano com a finalidade de curar doenças como diabetes, problemas cardiovasculares, entre outras (GUPTA et al., 2018; LEONE et al., 2015).

3.3 Uso e aplicações da moringa

3.3.1 Alimentação animal

A moringa é uma alternativa para a alimentação animal por se tratar de uma espécie de rápido crescimento. O ponto ideal de corte para forragem ocorre aos seis meses após a emergência, com alta capacidade de rebrota e produção de biomassa (KARADI et al., 2006). Suas folhas apresentam alto teor de proteína bruta e presença de aminoácidos solúveis, caracterizando-a como uma espécie forrageira de alta qualidade (BAKKE et al., 2010).

De acordo com Farias et al. (2008), a moringa é uma alternativa viável para a produção de forragem na região semiárida em função do seu alto teor de proteínas e capacidade de rebrota. A moringa será uma ótima opção para o cultivo de pastagens na região semiárida, já que os sistemas convencionais de pastagens não sofrem as necessidades dos rebanhos nos meses de seca (REIS; GUEDES, 2010). Deste modo, o uso de moringa na alimentação animal serve de alternativa para o suprimento dos rebanhos nos meses de seca, bem como melhora a produtividade animal (GUALBERTO et al., 2014).

As composições bromatológica relatadas para a moringa variam conforme a região de cultivo onde a concentração pode variar em torno de 33% proteína, 37% de lipídeos e 44% de ácido oleico (BEZERRA; MOMENTÉ; MEDEIROS FILHO, 2004; GUALBERTO et al., 2014). As vagens de moringa verdes contêm cerca de 46,78% de fibra, cerca de 20,66% de proteínas e 30% de aminoácidos (SÁNCHEZ, 2010). Morais et al. (2017) obtiveram resultados positivos com o uso do feno de moringa na alimentação de bezerros lactantes, demonstrando a viabilidade desta dieta no desempenho dos animais.

A moringa tem sido empregada na alimentação animal através da inclusão do farelo das folhas nas dietas, e os efeitos são bastante positivos. Mukumbo et al. (2014) utilizaram farelo de moringa na dieta de suínos e observou-se que o incremento de até 5% propiciou um ganho de peso dos animais. Porém, à medida que ocorreu acréscimo do nível de farelo acima de 5%, foi observada uma piora na conversão do alimento.

As folhas da moringa desidratadas têm sido empregadas junto ao farelo na alimentação de aves de corte, e foram observados resultados promissores no teor de proteína dos animais que estavam recebendo rações junto ao farelo de moringa. Quando os níveis foram acima de 6%, o ganho de peso não se diferiu das que receberam o farelo com folha de moringa e nem das que receberam apenas o farelo (MELESSE; TURUNEH; NEGESSE, 2011).

Olugbemi, Mutayoba e Lekule (2010), estudando o efeito das folhas de moringa na dieta de galinhas poedeiras, verificaram uma redução no colesterol total de 22% e de 12,1% no colesterol da gema em relação àquelas aves que não receberam a ração suplementada com folhas de moringa.

3.3.2 Alimentação humana

A ingestão de folhas de *Moringa oleifera* na alimentação humana vem se difundido por todo o mundo, principalmente em países africanos como Gana, Nigéria, Etiópia, Malawi e Oriente Médio. Esses países têm incluído o pó das folhas e sementes de *Moringa oleifera* como fortificante alimentar na elaboração de sopas, pães, biscoitos, queijos, iogurtes, bolos, entre outras receitas, devido ao seu potencial nutricional que enriquece as refeições de vitaminas e minerais (AGBOGIDI; ILONDU, 2012).

A versatilidade no uso das diversas partes da moringa também vem se tornando alternativa para a indústria de alimentos no que se refere à elaboração de novos produtos (AGUSTINI et al., 2015). A elaboração da farinha de moringa, produzida pelas raízes da planta, confere grande concentração de carboidratos e valor energético, assemelhando-se com as farinhas de batata e mandioca (APRELINI, 2016).

Estudos mostram a viabilidade do uso do pó das folhas e as sementes de moringa aplicados em receitas com a finalidade de adicionar nutrientes essenciais, tais como vitaminas e minerais para alimentos básicos de baixo valor nutricional, a fim de melhorar seu estado nutricional (AGBOGIDI; ILONDU, 2012; OYEYINKA; OYEYINKA, 2018).

Karim et al. (2013), ao estudarem diferentes concentrações do pó das folhas de moringa, 2,5%, 5%, 7,5% e 10%, na adição de “amala”, pão consumido na África de baixo valor nutricional, constataram que a concentração de 10% aumentou a concentração de proteína do

“amala” em aproximadamente 48% e, conseqüentemente, ocorreu a adição de minerais como cálcio, magnésio, potássio, sódio e ferro ao “amala”. Entretanto, a concentração de 10% foi mal avaliada em virtude da alteração do sabor do “amala”. Das concentrações estudadas pelos autores, apenas 2,5% não foram capazes de alterar os atributos sensoriais.

Allen et al. (2006) ressaltam a importância do consumo adequado de alimentos fortificados com pó das folhas de moringa, desde que a adição de vitaminas e minerais não seja capaz de alterar as propriedades sensoriais do produto final.

É importante mencionar também o potencial de uso da moringa na indústria alimentícia. Suas folhas contêm fontes antioxidantes para uso na indústria de carne, melhorando a composição química, a cor e a estabilidade lipídica. Diante disso, pode-se afirmar que a moringa é também uma excelente fonte de ferro e de ácidos graxos poli-insaturados, que podem ser inseridos na elaboração de produtos alimentícios (SAINI et al., 2014; NKUKWANA et al., 2014; QWELE et al., 2013).

Embora o uso de moringa apresente potenciais para a aplicação na indústria de alimentos, é necessário haver mais pesquisas para a validação dessas descobertas, de forma mais segura, através do uso de técnicas mais sofisticadas para o aprimoramento dos resultados (OYEYINKA; OYEYINKA, 2018).

3.3.3 Tratamento de água

A busca por alternativas de baixo custo para o tratamento de água tem despertado interesse de muitos pesquisadores, já que a turbidez é uma das características organolépticas da água que pode trazer sérios riscos para a saúde. A turbidez acentuada refere-se à suspensão de partículas em estado coloidal, que estão suspensas e apresentam relação direta com microrganismos, causando sérios danos à saúde (CORDEIRO, 2008; HENNING et al., 2011).

O uso de sementes de moringa no tratamento de água é um procedimento simples e de baixo custo, tornando-se viável no tratamento de água superficial para o consumo humano. Siqueira et al. (2015) obtiveram, em seu estudo com sementes de moringa no semiárido, resultados de remoção de 92,77% da turbidez da água em relação ao valor do controle, bem como foi constatada uma redução no número de bactérias do grupo coliforme. Para Camacho et al. (2015), o processo de coagulação e floculação das partículas presentes na água turva promove a remoção de cianobactérias que estão em suspensão.

Segundo Valverde et al (2014), os estudos com moringa para tratamentos de água têm se acentuado devido às propriedades presentes nas sementes, como a forte presença de coagulantes e floculantes que são eficazes no tratamento de turbidez de água. O mesmo autor

ressalta que as sementes de moringa apresentam proteínas ativas que diminuem a turbidez da água, no entanto, para se obter êxito, logo após a coleta, é necessário que o tratamento seja realizado, já que um longo tempo de armazenamento diminui a eficiência do tratamento.

Estudos realizados, utilizando as sementes de moringa, evidenciam a quantidade adequada para o processo de purificação da água. Pinto e Hermes (2006) relatam que a quantidade de sementes depende do nível de impureza presente na água que será purificada. Os autores ainda mensuram que, para tratar 20 litros de água, são necessários aproximadamente 2g de sementes de moringa trituradas.

A aplicabilidade das sementes como coagulantes natural não afeta o pH da água. Deste modo, o método pode tornar-se um indicativo para a diminuição do uso de produtos químicos como sulfato de alumínio, muito empregado no tratamento de água para a redução do pH (BRITO et al., 2010).

3.4 Cultivo de moringa

O cultivo de moringa pode ser feito em canteiro, em áreas pequenas ou grandes dependendo da finalidade do plantio. A semeadura direta é a mais utilizada devido à facilidade de manuseio e à disponibilidade de sementes, principalmente quando a mão-de-obra é limitada, mas também há possibilidade de ser feito de forma assexuada por estruturas vegetativas (caules e ramos) já que a planta apresenta capacidade de rebrota (BAKKE et al., 2009; SOUTO; SOUSA, 2018).

Os espaçamentos para plantio da moringa mais utilizados são 3,0 m x 3,0 m ou 5,0 m x 5,0 m conforme o objetivo do plantio. As plantas de moringa se desenvolvem bem em uma ampla faixa de latitude e tipos de solo com pH variando entre 4,5 a 8. O solo ideal para o cultivo é o areno-argiloso, mas também podem se estabelecer em solos argilosos desde que sejam bem drenadas. Quando as plantas são submetidas a solos com problemas de encharcamento, seu estabelecimento é severamente prejudicado. As plantas de moringa são moderadamente tolerantes à seca, têm preferência por zonas tropicais e subtropicais, ambientes quentes com boa iluminação (SOUTO; SOUSA, 2018).

As temperaturas ideais para o cultivo de moringa estão em torno de 25°C a 30°C. Quando inferiores a 10°C ou situações de geada, comprometem seu desenvolvimento. Em relação à adaptação às diferentes intempéries climáticas, é uma planta versátil tolerante ao déficit hídrico, ideal para regiões áridas e semiáridas onde o regime pluviométrico é irregular ao longo do ano, podendo se estabelecer com precipitações a partir de 250 até 3000 mm,

ressaltando que a espécie é tolerante a solos de baixa fertilidade e responde bem à fertilização (SOUTO; SOUSA, 2018; RADOVICH, 2011).

Portanto, o cultivo de moringa é uma alternativa para a região Nordeste, porque todas as partes da planta apresentam utilidades e aplicações nos mais variados setores. Seu cultivo não necessita de muitas tecnologias para o bom desenvolvimento, poucos tratamentos culturais, sem exigência em relação ao solo e ao clima e muito adaptável a regiões áridas e semiáridas e de rápido crescimento (JESUS et al., 2013).

3.6 Adubação orgânica

A matéria orgânica do solo desempenha um papel imprescindível como indicadora da qualidade do solo, servindo de base para a sustentabilidade agrícola, devido aos benefícios proporcionados de ordens físicas, químicas e biológicas (LAL, 2004). De acordo com Mulvaney et al. (2010), os resíduos orgânicos encontrados no solo podem ser de origem animal ou vegetal, destacando-se os de origem vegetal como principal fonte de deposição de material orgânico no solo.

A taxa de decomposição desses materiais é controlada pela complexa interação de fatores climáticos, ação da população microbiana e composição química do material depositado (COSTA; SANGAKKARA, 2006). Os resíduos orgânicos presentes no solo exercem efeito direto, estimulando a dinâmica dos microrganismos do solo (ROLDÁN et al., 2003).

Entre esses resíduos, o esterco bovino tem se destacado como uma fonte promissora devido aos benefícios proporcionados ao solo, além de ser uma fonte de fácil aquisição e baixo custo para os agricultores do semiárido brasileiro (SOUTO; SOUZA, 2018).

De acordo com Brito (2010), os solos de grande parte das regiões semiáridas apresentam baixo teor de matéria orgânica e constante deficiência em N e P; já os elementos Ca e Fe são os nutrientes minerais encontrados em concentrações superiores às necessidades das plantas. Em virtude da deficiência natural dos solos da região semiárida do Nordeste brasileiro, em matéria orgânica, os agricultores de base familiar têm optado por utilizar esterco como alternativa para suprir a demanda de nitrogênio e fósforo em seus sistemas de cultivo (MENEZES; SALCEDO, 2007).

O interesse em utilizar o esterco bovino tem como princípio o aproveitamento dos nutrientes presentes nele, porque o esterco pode, muitas vezes, substituir a adubação mineral, além de proporcionar outros benefícios ao solo como melhoramento das características químicas, físicas e biológicas (DAMATTO JUNIOR et al., 2004).

Pode-se dizer que o princípio da adubação orgânica é manter a vida no solo através da deposição de resíduos que serve de substrato para a comunidade microbiana que atua no ciclo biogeoquímico, mas nem sempre essa adubação vai suprir as necessidades das espécies em um curto intervalo de tempo, pois todo processo de decomposição e de liberação dos nutrientes depende da ação dos organismos presentes no solo, o que demanda de um maior tempo quando comparado com a adubação mineral (BUSATO et al, 2009).

O uso de fontes orgânicas nos sistemas de cultivo auxilia no suprimento adequado dos nutrientes requeridos pelas plantas, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, entre outros (ROCHA et al., 2013).

O nitrogênio exerce um papel fundamental no desenvolvimento das culturas, sendo o macronutriente mais exigido pelas plantas e o elemento mais limitante nos mais diversos sistemas de cultivo. As absorções do N são nas formas N_2 , NO_3^- ou NH_4^+ e ureia. A baixa disponibilidade no solo se dá pelo fato de esse elemento encontrar-se na forma orgânica e não está prontamente disponível para as plantas. Parte desse nitrogênio é mineralizado por meio da atividade dos microrganismos durante o ciclo de determinadas culturas. Diante disso, nem sempre o aumento da quantidade de N no solo diz respeito à sua disponibilidade para as culturas (POLETTO, 2004; FAQUIN, 2005).

O fósforo é um dos macronutrientes menos exigidos pelas plantas e pode ser encontrado na solução do solo nas formas de H_3PO_4 , H_2PO_4 e HPO_4^{2-} , porém trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. A falta desse elemento no solo confere limitação na produção agrícola. Essa falta de P nos solos ocorre pelo fato de haver forte interação desse elemento com as partículas do solo. Através dessa fixação, ocorre uma redução na eficiência da adubação fosfatada (RAIJ, 1991; FAQUIN, 2005).

A dinâmica de disponibilidade do fósforo no solo é condicionada pela interação que esse elemento possui com as argilas óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Quando o P está em sua forma lábil, encontra-se na solução do solo adsorvido por ligações fracas, o que facilita sua absorção pelas raízes. Quando o P se encontra adsorvido por ligações fortes, a interação dificulta a dessorção do nutriente para a solução do solo, caracterizando sua forma não lábil e diminuindo, conseqüentemente, absorção pelas raízes das plantas (MATIAS, 2010).

O potássio é o segundo macronutriente mais exigido pelas plantas. Esse nutriente não se encontra no solo em teores tão limitantes quando comparado com o fósforo, sendo considerado o mais abundante na planta. A absorção do potássio na solução do solo, por parte das raízes, ocorre por meio da forma iônica K^+ . Esse nutriente não faz parte das moléculas

orgânicas na planta, mas desempenha funções imprescindíveis para a sua sobrevivência como manutenção do pH, ativador enzimático, participa do processo de fotossíntese, firmeza da parede celular, regula a translocação de nutrientes na planta, entre outras funcionalidades (FAQUIN, 2005).

A adubação potássica pode ser realizada tanto no sulco de semeadura quanto a lanço. O potássio tem alta mobilidade na planta tanto nos vasos de xilema quanto nos de floema. Devido a essa alta solubilidade, esse nutriente apresenta muitas perdas por lixiviação. Ao compararmos com os fertilizantes nitrogenados, essa perda é considerada pequena, porque o K^+ é retido nos sítios de troca. Quando ocorre a percolação na solução do solo, retira-se apenas a fração que está dissolvida na solução do solo (FAQUIN, 2005; GUEDES et al. 2006).

O magnésio é um macronutriente utilizado pelas plantas em grandes quantidades, porém em menores porções. Quando comparado ao nitrogênio e ao potássio, o magnésio é essencial na fotossíntese, pois participa dos processos metabólicos como a formação de ATP nos cloroplastos. Sua absorção pelas plantas é na forma Mg^{2+} na solução do solo, sendo reduzido por altas concentrações de outros cátions como K^+ , Ca^{2+} e NH_4^+ , devido à inibição competitiva (FAQUIN, 2005). Segundo Cavalcante et al. (2010), qualquer fonte orgânica adicionada ao solo proporcionará um aumento no teor de magnésio.

A matéria orgânica, além de ser uma indispensável fonte de Boro micronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento normal de plantas, é um nutriente que participa de vários processos metabólicos e fisiológicos, tais como: metabolismo de ácidos, hidratos de carbono, proteínas, ácido indol-3-acético e fenóis, fixação de nitrogênio, transporte de açúcares, síntese de DNA e RNA e estabilidade de constituintes da parede celular (FAQUIN, 2005; GOLDBACH et al., 2001; AHMAD et al., 2012). Alguns fatores podem acarretar a deficiência de B nas plantas, entre eles, os baixos índices pluviométricos, associados a altas temperaturas, baixo teor de matéria orgânica e pH do solo (SHORROCKS, 1997).

Portanto, ao longo dos anos, tem se buscado uma alternativa para suprir as necessidades nutricionais das plantas com princípios sustentáveis, visando diminuir o processo de degradação e aumentar a fertilidade dos solos (ARAÚJO et al., 2011). Todavia, o uso de esterco com altos teores de lignina pode levar à imobilização dos nutrientes presentes, contribuindo para uma lenta disponibilidade para as plantas (SOUTO; SOUSA, 2018). Os autores ainda ressaltam a importância e a necessidade de novos estudos com uso de matéria orgânica com a finalidade de determinar doses adequadas, que proporcionem ganhos nos aspectos produtivos de moringa.

3.7 Fenologia de plantas

A fenologia caracteriza-se pelo estudo de ocorrências naturais repetitivos durante toda a vida das plantas, condicionada por fatores bióticos e abióticos ao longo do tempo, compreendendo todas as fases de crescimento dos vegetais, ou seja, da germinação até a senescência (FOURNIER, 1974; FORREST; MILLER-RUSHING, 2010).

A caracterização fenológica de plantas tem um papel imprescindível para explicar o comportamento das espécies submetido às variáveis climáticas em distintas regiões, contribuindo para conhecimentos a respeito das espécies, constituindo-se como instrumento eficaz no manejo. Dessa forma, possibilita a identificação através da observação das características morfológicas da planta (CÂMARA, 2006; HOJO et al., 2007; POST et al., 2008).

Para fazer o acompanhamento fenológico de uma espécie, é necessário levar em consideração a idade fisiológica em que a planta se encontra, devido a interferências de fatores ambientais ou do manejo, podendo levar ao aceleração ou ao retardamento dos estádios. Assim, o desenvolvimento de uma fase de uma planta pode variar de ano para ano em função das condições climáticas que atuam sobre a fenologia (CÂMARA, 2006).

Segundo Amorim, Sampaio e Araújo (2009), em seu trabalho com fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, há uma sincronia alta na fenofase brotamento de folhas na época chuvosa. Isso ocorreu justamente porque as plantas, nas regiões semiáridas, são estimuladas pela presença de chuvas. Isso reforça ainda mais a influência do clima das diversas regiões no que se refere aos aspectos fenológicos das plantas.

Os estudos, envolvendo diferentes estádios fenológicos, auxiliam na determinação da biologia reprodutiva das espécies, coleta de sementes e coleta de frutos. O estudo da fenologia colabora para a produção de culturas agroflorestais, combate de pragas, criação de abelhas, programas de melhoramento genético, recuperação de áreas degradadas e manejo de unidade de conservação (FOURNIER, 1974; NEVES; FUNCH; VIANA 2010).

Conforme Câmara et al. (2006), a elaboração de uma escala fenológica consiste em uma ferramenta que contribui para a identificação através de letras e números, sendo de grande relevância para a identificação do estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra. Portanto, conhecer o momento fisiológico em que a planta se encontra e atender às exigências de manejo proporcionam ótimos rendimentos para culturas.

3.7.1 Fenologia reprodutiva

A compreensão da fenologia reprodutiva de espécies arbóreas é fundamental para entender a dinâmica das relações entre os fatores edáficos e sua influência sobre a capacidade reprodutiva das espécies. Trata-se de uma ferramenta indispensável para a determinação de parâmetros para a conservação dos ecossistemas, sendo fundamental conhecer conceitos básicos da reprodução e sobrevivência das espécies (MORELLATO et al 2010; SILVA, 2012).

A fase reprodutiva apresenta grande relevância por se tratar de período determinante na perpetuação das espécies e também na etapa de interesse agrícola (MANTOVANI; MARTINS, 1988). Dessa forma, o conhecimento a respeito do ciclo biológico de determinadas espécies através de estudos fenológicos é um instrumento essencial para a compreensão dos fatores externos que exercem influência sobre o processo reprodutivo a partir das observações fenológicas das espécies, por meio da floração, frutificação e senescência, aspectos que servirão de subsídio para várias análises, comparativas posteriores, em função das distintas condições edafoclimáticas (MORELLATO et al., 2000; MORELLATO et al., 2010; FREIRE et al., 2013).

O comportamento fenológico pode apresentar variações dentro de uma espécie quando submetido a diferentes condições ambientais. Essas variações nas fases de floração e frutificação podem ocorrer entre população e indivíduos, o que se deve à influência das condições climáticas, evidenciando a precipitação e a temperatura do ar (NEWSTROM et al., 1994; STEPHENSON, 1981; SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES, 2014).

Estudos que abordem fenologia de espécies arbóreas no bioma Caatinga ainda são escassos. Souza et al. (2014), com seu estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no estado do Rio Grande do Norte, constataram que as espécies apresentaram uma alta sincronia no brotamento de novas folhas durante o período de maior disponibilidade hídrica. Os mesmos autores afirmam que as espécies estudadas apresentaram o mesmo comportamento fenológico quando encontradas em regiões mais secas, sendo estimuladas pela precipitação. Isso demonstra que algumas espécies apresentam mesmo comportamento condicionado por fatores climáticos, entre eles, a precipitação, que é o que mais se destaca.

Machado et al (1997) ressaltam que a presença de chuvas esporádicas no período seco nem sempre garantirá que todos os eventos biológicos se iniciem ou tenham continuidade naquela época. Esse mesmo aspecto também foi observado por Talora e Morellato (2000) em

seu estudo em região de clima úmido, ou seja, as plantas não são comprometidas de forma tão severa pela ausência ou presença de recurso, pois tudo depende do período analisado.

Os resultados encontrados em diversos estudos sobre essa temática variam conforme o ambiente de estudo, reforçando ainda mais a necessidade de estudos regionais em decorrência das diferentes respostas fenotípicas em função dos fatores abióticos (MANTOVANI et al., 2003). Portanto, os resultados obtidos nas pesquisas, nos mais diversos biomas, são de grande relevância no que se refere ao período de floração, frutificação e ao período apropriado para a coleta de sementes.

3 REFERÊNCIAS

AGBOGIDI, O.; ILONDU, E. *Moringa oleifera* Lam.: its potentials as a food security and rural medicinal item. **Journal Bio Innovation** v. 1, p. 156–167, 2012.

AGUSTINI M.A.B. et al. Maturidade fisiológica de sementes de moringa oleifera (LAM). Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Triângulo Mineiro Pró-Reitoria De Pesquisa, Pós-Graduação E Inovação. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**. v. 1, n. 1, p. 11-17, 2015.

AHMAD, W.; ZIA, M.H.; MALHI, S.S.; NIAZ, A.; SAIFULLAH, U. Boron deficiency in soils and crops: a review. **Crop Plant**. v.47, n.1, p.65–97, 2012.

ALLEN, L.H. et al. Guidelines on food fortification with micronutrients. **World Health Organization**. 2006. 376 p.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação da capacidade de adsorção de torta de Moringa oleífera para BTEX em amostras aquosas**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.

APRELINI L.O. Caracterização térmica, mecânica e morfológica de compósitos de polietileno de alta densidade com fibras da casca da semente da Moringa oleifera. Dissertação de Mestrado. REDEMAT REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS. UFOP – CETEC – UEMG. Ouro Preto, 2016.

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

ARAÚJO, E. R.; SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; SAMPAIO, V. S. B. Biomassa e nutrição mineral de forrageiras cultivadas em solos do semiárido adubados com esterco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 890-895, 2011.

AUGSPURGER, C.K. "Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs". **Biotropica**, v.15 p. 257-267, 1983.

BAKKE, I. A. et al. Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 2, p.133-144, 2010.

BEZERRA A.M.E.; MOMENTÉ V.G.; MEDEIROS FILHO S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.295-299, 2004.

BUSATO, J. G. et al. **Guia para adubação orgânica: Baseado na experiência com solos e resíduos do norte fluminense**. Rio de Janeiro: Rio Rural, 2009. 33 p.

BRITO, M. T. L. A. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. 2010. 42 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

CAMACHO F.P. et al. Uso do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. no tratamento de água com florações de cianobactérias. **Revista Tecnológica**, v. 23, n.3, p. 305-313, 2015.

CÂMARA, G. M. S. **Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura, 2006. p.63-66.

CASTRO, R. P. **Desenvolvimento de Bioprodutos Inovadores derivados da Moringa (Moringa Oleifera Lamarck)**. 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Tecnologia e Inovação, Escola de Ciências Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, L. C. F.; REBEQUI, A. M.; NUNES, J. C.; BREHM, M. A. S. Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 19-28, 2010.

CORDEIRO, W. S. **Alternativa de tratamento de água para comunidades rurais**. Campos dos Goytacazes. RJ, 2008. 97p.

CORTÉS-FLORES, J. et al. Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: influence of phylogeny and abiotic factors. **J. Bot.** v.104, n.5, p.39-49, 2017.

COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.111-133, 2006.

DAMATTO JUNIOR, E.R. et al. **Produção de composto orgânico a partir de serragem de madeira e esterco bovino para adubação de bananeiras**. ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Santa Catarina. **Anais**, 2004. 7 p.

DAVIES, T.J., et al. Conservatism in plant phenology. *Journal of Ecology*. v.101, n.2, p.1520–1530, 2013.

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

FARIAS, S. G. G.; FREIRE, A. L. O.; SANTOS, D.R. et al. Respostas de plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) inoculadas com fungos micorrízicos e submetidas ao estresse hídrico. **Engenharia Ambiental**, v.5, p.36-46, 2008.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. UFLA / FAEPE, 2005. 186p.

FAYAD J. A., et al. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p. 232-237, 2001.

FERREIRA, P. M. P. et al. Moringa oleifera: bioactive compounds and nutritional potential. **Revista de Nutrição**, v. 21, n.4, p. 431-437, 2008.

FORREST J.; MILLER-RUSHING A.J. Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences* v.365, p. 3101–3112, 2010.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v. 25, n. 4, p. 422-423, 1974.

FRANCO, M. **Uso de coagulante extraído de semente de *Moringa oleifera* como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas**. 2010. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.

FREIRE, J. M. et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 33, n. 75, p. 03-10,. 2013.

FUGLIE, L. J. **The Miracle Tree - *Moringa Oleifera*: Natural Nutrition For The Tropics**. Ed. Training Manual. Church World Service, Dakar, 1999. 63p.

GALVÃO, S. R.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 01, p. 99-105, 2008.

GOLDBACH, H.E.; YU, Q.; WINGENDER, R.; SCHULZ, M.; WIMMER, M.; FINDEKLEE, P.; BALUŠKA, F. Rapid response reactions of roots to boron deprivation. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, v.164, n.2, p.173–181, 2001.

GUEDES, M.C.; ANDRADE, C.A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M.E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 2, p.267-80, 2006.

GUALBERTO A. F. et al. Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleifera* Lam.): aspectos agroecológicos. **Revista Verde**. v 9, n. 5, p. 19 - 25, 2014.

GUPTA, S.; JAIN, R.; KACHHWAHA, S.; KOTHARI, S. L. Nutritional and medicinal applications of *Moringa oleifera* Lam.-Review of current status and future possibilities. **Journal of Herbal Medicine**, v.11, n. 2, p.124-129, 2018.

HEKMAT, S., et al. Consumer test of locally-grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in Mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with *Moringa oleifera*. **Journal of Health, Population and Nutrition**, v.33 n.1, p.60-68, 2015.

HENNING, E., et al. Um estudo para aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA EM GESTÃO, 7. Rio de Janeiro. **Anais**. 2011.

HOJO, R.H., et al. Caracterização fenológica da goiabeira ‘Pedro Sato’ sob diferentes épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.1, p.20-24, 2007.

HSU, R. M, S.; ARBAINSYAH, L. W. *Moringa oleifera*, Medicinal and Socio-Economic uses. **International Journal on Economic Botany**, v.1, p.1-25, 2006.

JESUS, A. R. **Cultivo da Moringa Oleífera**. Bahia, Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA. 2013. 23p. (Dossiê técnico).

KARADI, R.V.; GADGE, N.B.; ALAGAWADI, K.R.; SAVADI, R.V. Effect of *Moringa oleifera* Lam. rootwood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.105, n.2, p.306-311, 2006.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global. **Science**, v. 304, p.1623, 2004.

LEONE, A. et al. Cultivars genetic ethnopharmacology, phytochemistry and phamacology of Moringa Oleifera Leaves: Na Overview. **Internacional Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 6 p. 12791-12835, 2015.

LORENZI, H.; MATOS, F.J. **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002, 346-347p.

MACHADO, I.C.S.; BARROS, M.; SAMPAIO, E.V.S.B. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE. **Biotropica**, v.29, n.1, p. 57-68, 1997.

MATIAS, G. C. S. **Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados em solos com diferentes capacidades de adsorção de fósforo e teores de matéria orgânica**. 2010. 175 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de MojiGuaçú, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 11, p. 101-112, 1988.

MBORA A.; MUNDIA, G. S. Combating Nutrition with *Moringa oleifera*, **World Agroforestry Centre**, Nairobi, Kenya, 2004.

MBORA, A. AND G. MUNDIA. River water purification using Moringa oleifera seeds. World Agroforestry Publication. 2004 Acesso em< www.worldagroforestrycentre.org/units/gru/publications.asp> 17 de agosto 2018.

MELESSE, A.; TURUNEH W.; NEGESSE T. Effects of feeding moringa *Stenopetala* leaf meal on nutriente intake and growth performance of Rhode Islanda red chicks under tropical climate. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.14, n.2, p.485-492, 2011.

MENEZES, R.S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p.361-367, 2007.

MESSIAS, A. S.; SILVA, C. A. A. Microrganismos degradadores de resíduos sólidos. **In: FIGUEIREDO, M. V. B. et al. [Eds]. Microrganismos e biodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 423- 440.

MORAIS et al. *Moringa oleifera* na alimentação de bezerros lactentes da raça Pantaneira. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.18, n.1, p.152-160 2017.

MORELLATO, L. P., et al. Plant phenology to conservation biology. **Biol. Conserv.**, v.195, n.2, p. 60–72, 2016.

MORELLATO, L. P. C. et al. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. **In:**

Keatley, M. ; Hudson. I. L. (Org.). Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. 1 ed.: **Springer**, v.1, n.6, p. 108-128, 2010.

MORELLATO, L. P. C. et al. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v.32 p.811-823, 2000.

MOYO, B.; MASIKA, P. J A. HUGO, V. “Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves,” **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 60, p. 12925–12933, 2011.

MUKUMBO, F. E., et al. Effect of Moringa oleifera leaf meal on finisher pig growth performance, meat quality, shelf life and fatty acid composition of pork. **South African Journal of Animal Sciences**, v. 44, n.4, p.388-400, 2014.

MULVANEY, M.J.; WOOD, C.W.; BALKCOM, K.S.; SHANNON, D.A.; KEMBLE, J.M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal**, v.102, n.1, p.1425-1433, 2010.

NKUKWANA, T., et al. The effect of Moringa oleifera leaf meal supplementation on tibia strength, morphology and inorganic content of broiler chickens. **South African Journal of Animal**, v. 44, p. 228–239, 2014.

NKUKWANA, T., et al. Fatty acid composition and oxidative stability of breast meat from broiler chickens supplemented with *Moringa oleifera* leaf meal over a period of refrigeration. **Food Chem**, v. 142, p. 255–261, 2014.

NEVES L. E.; FUNCH L. S.; VIANA B. F. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** v.33, n.1, p.155-166, 2010.

NEWSTROM, L. E. et al. Diversity of long-term flowering patterns. **In**: McDADE, L. A. et al. (Eds.). **La selva**: Ecology and natural history of a neotropical rain forest. Chicago: University Chicago, 1994 p.142-160.

OLUGBEMI, T. S.; MUTAYOBA, S. K., LEKULE, F. P., Effect of Moringa (*Moringa oleifera*) Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens. **International Journal Poultry Science**, v. 9, p. 363-367, 2010.

OYEYINKA, ADEWUMI T.; OYEYINKA, SAMSON A. *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. **Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 1, p.127-136, 2018.

PERES, L.E.P. **Apostila de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: ESALQ-UPS, 2005. 400p.

PEREIRA, D. F., et al. Aproveitamento da torta da *Moringa oleifera* Lam. para tratamento de água produzida. **Exacta**, v. 9, n. 3, p. 323-331, 2011.

PINTO N.O.; HERMES L.C. **Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semiárido do Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Documentos 53. ISSN 1516-4691, 2006.

POLETTO, N. **Nitrogênio no solo e na planta e o manejo da adubação nitrogenada em cevada no sistema plantio direto**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

POST E.S. et al. Phenological sequences reveal aggregate life history response to climatic warming. **Ecology**, v.89,n.1, p.363-70, 2008.

QWELE, K., et al. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. **South African Journal of Animal Science**, v.93, n.6, p.455– 462, 2013.

RADOVICH, T. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa (*Moringa oleifera*) In: Elevitch, C.R. (ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR)** 2011. 11p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAMOS, L. M. et al. Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam). **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p. 156-160, 2010.

REIS, M.; GUEDES, C. D. Utilização da *Moringa oleifera* como forragem para alimentação de bovinos. In: II ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA. Sergipe, 2010.

ROCHA, I. T. M.; SILVA, A. V.; SOUZA, R. F.; FERREIRA, J. T. P. Uso de resíduos como fonte de nutrientes na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p. 47-52, 2013.

ROLDÁN, A. et al. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). **Soil & Tillage Research**, v.72, p.65-73, 2003.

SAINI, R., et al. Dietary iron supplements and *Moringa oleifera* leaves influence the liver hepcidin messenger RNA expression and biochemical indices of iron status in rats. **Nutr. Res.**, v.34, n 3 p.630– 638, 2014.

SANTOS, A. F. et al. Prospecção tecnológica da *Moringa oleifera* no tratamento de água. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY AND INNOVATION, 3.

Aracajú. **Anais do simpósio internacional de tecnologia e inovação**. Aracajú: Isti, 2015. v. 3, p. 254 – 262, 2015.

SANTOS, A. R. F. **Desenvolvimento Inicial de *Moringa oleifera* Lam. Sob Condições de Estresse**. Dissertação. 2010.87f (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2010.

SÁNCHEZ-MACHADO, J.A. et al. Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*, **Food Analytical Methods**, v.1, n.4, p.175-180, 2010.

SEGUIMOTO, E. S. **Composição nutricional e propriedades funcionais de murici (*Byrsonima crassifolia*) e da moringa (*Moringa oleifera*)**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Nutrição em Saúde Pública - faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. 125p.

SIQUEIRA, M. S. S. et al. Viabilidade da utilização da *Moringa oleifera* como método alternativo de tratamento de água no semiárido nordestino. **Revista Acadêmica – Científica, Scire.**, v. 8, n. 2, p.1-8, 2015.

SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de floresta estacional em Sorocaba, SP. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 687 - 696, 2014.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Boron Agric.**, v.17, n.6, p.3-5, 1997.

SILVA, C. B. **Fenologia reprodutiva de *Goupia glabra* Aubl. (*Goupiaceae*) em ecossistema de terra firme no município de Porto Grande, Amapá**. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado Estacional do Amapá, Amapá 2012.

SOUTO, J. S.; SOUSA, A. A. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam**. 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p.37-52.

SOUTO, P.C.; MAIOR JÚNIOR, S.G.S. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam**. 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p.15-32.

SOUZA, D. N. N. et al. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, 2014.

SOUZA; M.C.; LORENZI H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APIL 2 ed**. Instituto Plantarum: Nova Odessa. 2008. 704p

STEPHENSON, A.G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics** v.12, n.2, p.253-279. 1981.

TALORA, D.C.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 23, n.1, p. 13-26, 2000.

VALVERDE, K.C. et al. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural de *Moringa oleifera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **E-xacta**, v.7 n.1, p. 76-82. 2014

YANG, R., Nutritional and functional properties of Moringa leaves from germplasm, to plant, to food, to health. In: **Moringa and Other Highly Nutritious Plant Resources Strategies, Standards and Markets or a Better Impact on Nutrition in Africa**. American Chemical Society. 2006. p. 1-9.

ZAYED, M. S. Improvement of growth and nutritional quality of *Moringa oleifera* using different biofertilizers. **Annals of Agricultural Science**, v. 57, n. 1, p.53-62, 2012.

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE PLANTAS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ESTERCO

RESUMO

A *Moringa oleifera* é uma espécie pertencente à família Moringaceae, conhecida popularmente como baquete, quiabo de quina, muito cultivada em vários países, sendo considerada uma planta pantropical em função da sua capacidade de adaptação à ampla faixa de climas. É considerada uma espécie de uso múltiplo em função da sua composição química. O presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento de moringa submetida a diferentes doses de esterco, bem como caracterizar seus estágios vegetativos. O experimento foi instalado em área do assentamento Tubarão, localizado na zona rural do município de São José do Bonfim-PB. As sementes utilizadas na semeadura foram coletadas de árvores matrizes no município de Patos-PB. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) quantificadas em litros por cova, da seguinte forma: 0,0; 0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 L/cova. As covas foram abertas nas dimensões de 0,40m x 0,40m x 0,30 m de profundidade. Em cada cova, foram semeadas cinco sementes. Cada unidade experimental foi composta por 10 plantas por parcela. Para a caracterização morfológica dos estágios vegetativos, foram realizadas observações diárias a partir do quinto dia após a semeadura. As variáveis analisadas foram índice de velocidade de emergência, porcentagem de emergência, altura de plantas, diâmetro de caule e número de folhas, altura de ramos laterais e número de ramos laterais. As fases do desenvolvimento foram ilustradas à medida que ocorreram mudanças significativas em sua estrutura, marcadas nos períodos de 8, 10, 12, 15, 30, 60 e 90 dias após a semeadura. A dose de 4% de matéria orgânica foi a que proporcionou melhor desempenho nas variáveis de crescimento de plantas de moringa, mostrando efeito gradativo ao longo do tempo. A construção da escala fenológica dos estágios vegetativos de moringa serviu como subsídio para a compreensão das fases de desenvolvimento, manejo, bem como auxiliar na elaboração de calendários de adubação.

Palavras-Chave: Estágios vegetativos, adubação orgânica, escala fenológica

ABSTRACT

Moringa oleifera is a species belonging to the *Moringaceae* family popularly known as baquet, okra or quina, widely cultivated in several countries, being considered a pantropical plant due to its ability to adapt to a wide range of climates. Considered a kind of multiple use due to its chemical composition. The present study aimed to evaluate the growth of moringa submitted to different doses of manure, as well as to characterize its vegetative stages. The experiment was installed in an area of the Tubarão settlement located in the rural area of the municipality of São José do Bonfim-PB. The seeds used for sowing were collected from parent trees in the municipality of Patos-PB. The experimental design used was in randomized blocks with five replications. The treatments corresponded to five doses of bovine manure (0, 3, 4, 5 and 6%), quantified in liters per pit, as follows: 0.0; 0.9; 1.8; 2.7 and 3.6 L / pit. The pits were opened in the dimensions of 0.40m x 0.40m x 0.30 m in depth. Five seeds were sown in each hole. Each experimental unit was composed of 10 plants per plot. For morphological characterization of vegetative stages, daily observations were made from the fifth day after sowing. The variables analyzed: emergence speed index, percentage of emergence, plant height, stem diameter and number of leaves, height of side branches and number of side branches. The development phases were illustrated as there were significant changes in its structure, marked in the periods of 8, 10, 12, 15, 30, 60 and 90 days after sowing. The dose of 4% organic matter was the one that provided the best performance in the growth variables of moringa plants, showing a gradual effect over time. The construction of the phenological scale of the vegetative stages of moringa will serve as a subsidy for understanding the stages of development, management as well as assisting in the preparation of fertilization schedules.

Keywords: Vegetative stages, fertilization organic, phenological scale

1 INTRODUÇÃO

A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) é uma espécie arbórea pertencente à família *Moringaceae*, oriunda do Nordeste indiano, muito cultivada e apreciada em vários continentes, em virtude do seu potencial nutricional, terapêutico e de sua capacidade de adaptação aos climas quentes e secos (KARADI et al., 2006; FRANCO, 2010; SOUTO; MAIOR JÚNIOR, 2018). De acordo com Souza e Lorenzi (2008), trata-se de uma espécie rústica de rápido crescimento. Em virtude da capacidade de resistir em precipitações de até 250 mm, é considerada uma espécie relativamente tolerante à seca (RADOVICH, 2011).

É uma espécie largamente cultivada em outras regiões do mundo, tais como Europa, África e Ásia em função da sua capacidade de crescimento em ambientes quentes, úmidos e secos, incluindo solos de baixa fertilidade (KOU et al., 2018). A moringa torna-se uma boa alternativa para cultivo na região Nordeste e, de acordo com Radovich (2011), as espécies apresentam boa adaptação à região semiárida, sendo cultivadas em amplas faixas de solos.

A matéria orgânica do solo exerce uma função fundamental na estrutura física do solo. A estabilidade dos agregados aumenta a retenção de água, bem como serve de substrato para a comunidade microbiana que atua na decomposição desses resíduos e, conseqüentemente, disponibilização de nutrientes. De acordo com Souto e Souza (2018), o uso de adubação orgânica com esterco bovino é uma prática comum para agricultores do semiárido brasileiro. Isso ocorre pelo fato de o esterco ser uma fonte acessível e de baixo custo e por ser encontrado na propriedade ou perto dela.

Embora a moringa seja uma espécie com grande aptidão para a região semiárida em função da sua adaptação edafoclimática potencial forrageiro e nutricional, poucos estudos são direcionados ao conteúdo nutricional da planta em condições de cultivo. Pesquisas voltadas para essa temática podem auxiliar na obtenção de doses adequadas para o desenvolvimento satisfatório de moringa na região semiárida (SOUTO; NASCIMENTO, 2018).

O conhecimento sobre os aspectos morfológicos é relevante para compreender o comportamento das espécies de acordo com as condições climáticas às quais são submetidas em diferentes regiões. A moringa apresenta a raiz axial espessa, comprida, de coloração branco-amarelada e cilíndrica, o caule é tronco único de pequeno porte de coloração pardo-clara ou branca (LORENZI e MATOS, 2002; RAMOS et al, 2010). As folhas são compostas de coloração verde-parda; as flores têm coloração nos tons de branco a creme levemente perfumadas e são agrupadas numa inflorescência; seu fruto é uma cápsula trilobular e pode

abrigar de 15 a 20 sementes (CÁCERES et al., 1991; CÁCERES et al., 1992; RADOVICH, 2011).

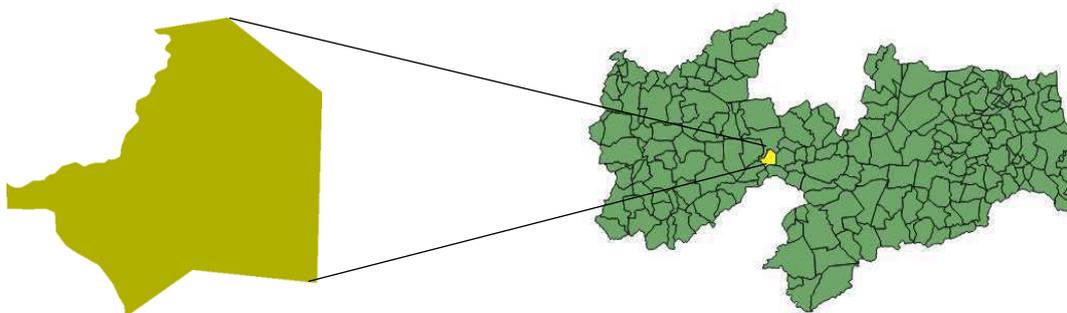
São escassos os estudos voltados para a caracterização de espécies arbóreas como a moringa, levando em consideração o grande potencial da espécie para o semiárido nordestino. Deste modo, faz-se necessário compreender os estágios vegetativos da moringa na busca de informações auxiliares sobre o cultivo da espécie e elaboração de calendários de adubação. O presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento de moringa submetida a diferentes doses de esterco, bem como caracterizar seus estágios vegetativos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

A área de estudo está localizada no município de São José do Bonfim-PB, o qual está situado na Região Geográfica Imediata de Patos-PB, sertão paraibano. O município está inserido na depressão sertaneja, com área territorial de 134,724 km² nas coordenadas geográficas 07° 9' 55" S e 37° 18' 26" W, altitude média 278 m, apresentando relevo ondulado a suavemente ondulado (IBGE, 2017).

Figura1. Mapa da Paraíba com destaque para o município de São José do Bonfim-PB.



Fonte: Silva, 2020

2.2 Clima

O clima do município de São José do Bonfim caracteriza-se por apresentar temperaturas elevadas e baixos índices pluviométricos. De acordo com Álvares et al. (2014), o clima da região é do tipo BSh, quente e seco e caracteriza-se por apresentar temperaturas médias anuais superiores a 25°C, com precipitação mal distribuída ao longo do ano.

2.3 Origem do material propagativo

As sementes de moringa utilizadas no experimento foram coletadas em plantas matrizes no município de Patos-PB. Os frutos foram colhidos diretamente na copa das árvores com auxílio de podão, acondicionados em sacos de náilon e transportados até o campus da UFCG, onde as sementes foram selecionadas no LabNut (Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas).

2.4 Solo da área experimental

Na área experimental, o solo predominante é o Luvissoilo Crômico, coletado na área experimental na profundidade de 0-20 cm para avaliação dos atributos químicos.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental.

pH	M.O.	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	H+Al	T	V
CaCl ₂ 0,01M	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³cmolc dm ⁻³						%
6,6	20,4	23,8	9,5	6,5	0,5	0,4	1,3	18,2	92,5

T = Capacidade de troca catiônicas = SB +(H⁺+Al⁺³); SB = Soma de bases = (Na⁺ + K⁺ + Ca⁺² + Mg⁺²); M.O. = Matéria orgânica; V = Valor de saturação por bases = (100 x SB/CTC). Fonte: os autores

2.5 Análise química do esterco bovino

O esterco bovino curtido foi adquirido no (NUPEARIDO), Fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, localizada no município de Patos– PB. Foi coletada uma amostra do esterco oriundo para a determinação dos seus parâmetros químicos.

Tabela 2 - Atributos químicos do esterco bovino

pH	M.O.	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	H+Al	Al
CaCl ₂ 0,01M	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³cmolc dm ⁻³					
7,92	388,6	1003	6,9	3,5	3,81	0,30	0,57	0,0

Fonte: Silva, 2020

As doses de esterco bovino foram realizadas de acordo com os dados obtidos da análise química do solo e do esterco bovino utilizando-se a seguinte expressão:

$$D_{EB} = \frac{(MO \text{ alcançada} - MO \text{ existente}) \times Vc \times ds}{MO \text{ existente no esterco}}$$

onde:

MO alcançada = são as doses

MO existente no esterco= teor de matéria orgânica no esterco

MO existente no solo= teor de matéria orgânica presente no solo

Vc = volume das covas

Ds = densidade do solo

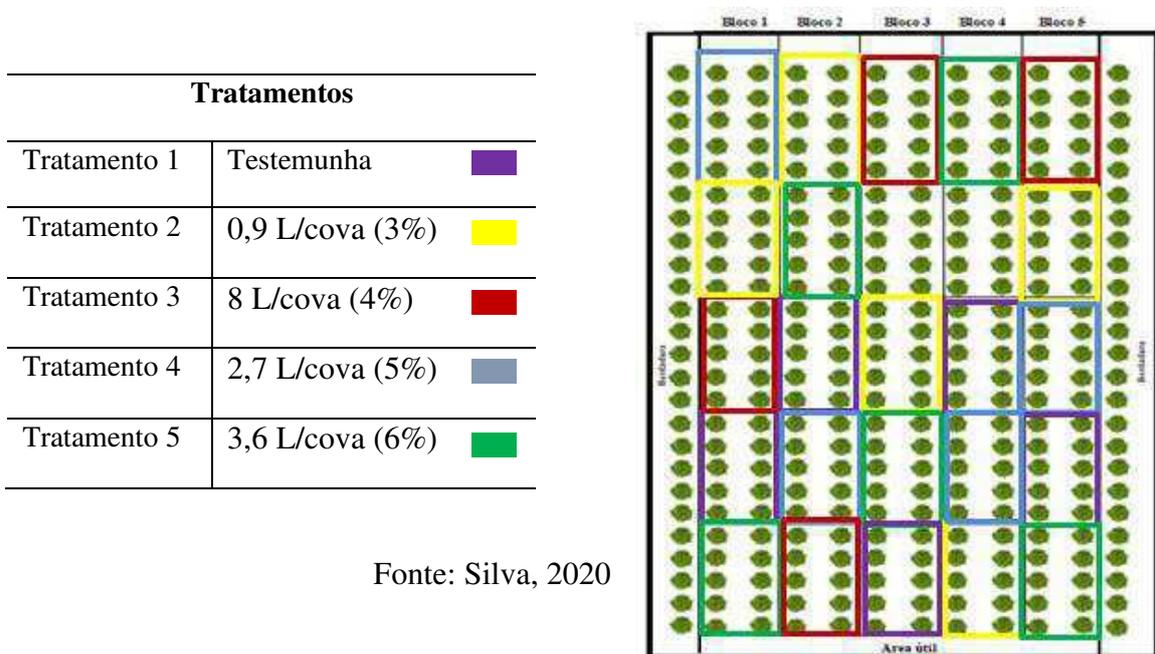
2.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%), quantificados em litros por cova, da seguinte forma: 0,0; 0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 L/cova. Cada unidade experimental foi composta por 10 plantas por parcela.

2.7 Croqui do experimento

Os tratamentos foram determinados de acordo com a análise química do solo. Em seguida, foram definidas as parcelas experimentais através do sorteio dos tratamentos, aleatoriamente designados dentro de cada bloco, de forma que todos os tratamentos tivessem a mesma chance de serem aplicados em qualquer um dos blocos na área experimento (Figura 2).

Figura 2. Croqui do experimento



Fonte: Silva, 2020

2.8 Limpeza da área experimental e preparo do solo

Foram realizados destocamento e limpeza da área experimental para retirar tocos ou restos de árvores e plantas invasoras. Em seguida, foram feitas as marcações com piquetes no espaçamento pré-estabelecido. As doses de esterco bovino utilizadas como tratamentos foram equivalentes às doses de 0 = controle, 3%= 0,9 kg, 4% =1,2 kg, 5% =2,7 kg e 6%=3,7 kg, que foram previamente pesadas de acordo com os referidos tratamentos e distribuídas de acordo com o sorteio (Figura 3).

Figura 3. Terreno nivelado (A); Marcação dos piquetes (B); doses de esterco pesadas (C)



Fonte: Silva, 2020

2.9 Semeadura

A sementeira foi realizada no dia 20 de dezembro de 2018, no município de São José do Bonfim-PB. As covas foram abertas nos locais marcados, no espaçamento 3 x 3 m indicado para a produção de frutos. As covas tinham dimensões de 0,40 x 0,40 e 0,30 cm de profundidade com volume total de 48L. A abertura das covas foi feita de forma manual. Após a distribuição das doses de esterco, foi realizada a mistura do esterco com o solo. Posterior a esta etapa, foi efetuada a sementeira nas covas. Em cada cova foram colocadas 5 sementes, totalizando 1.250 sementes ao todo (Figura 4).

Figura 4. Covas abertas (A); Distribuição dos tratamentos (B); Mistura do esterco e solo (C); Sementeira (D)



Fonte: Silva, 2020

3.0 Variáveis analisadas

3.1.1 Porcentagem de emergência

A porcentagem de emergência de plântulas no campo foi realizada através da metodologia de computar a porcentagem de plântulas normais obtidas no décimo quinto dia após a semeadura (BRASIL, 1992).

3.1.2 Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas no campo foi conduzido junto com o teste de emergência de plântulas, de modo que foram realizadas contagens diárias a partir da emergência da primeira plântula até o décimo quarto dia. O IVE foi calculado de acordo com metodologia descrita por Maguire (1962).

$$IVE = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n},$$

em que IVE = índice velocidade de emergência; E_1, E_2, \dots, E_n = número de plântulas normais emergidas a cada dia; N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias decorridos da semeadura da primeira até a última contagem. (MAGUIRE, 1962).

3.1.3 Avaliações de crescimento

A altura de plantas foi realizada com auxílio de uma régua graduada, desde o colo da planta até o ápice caulinar. O diâmetro do caule (DC) foi realizado com auxílio de um paquímetro digital; a medida foi realizada à altura de 5,0 cm do caule. O número de folhas (NF) foi obtido a partir da contagem de folhas compostas presentes nas plantas durante os meses de avaliação do experimento. A altura das ramificações laterais foi realizada com auxílio de régua graduada; já o número de ramificações laterais foi obtido através da contagem do número de ramos.

3.1.4 Caracterização morfológica

As observações foram realizadas diariamente a partir do quinto dia após a semeadura. As plantas foram marcadas para o acompanhamento do crescimento inicial. A caracterização iniciou-se à medida que o grupo de plantas presentes na área experimental começou a emergir.

Foram feitas observações diárias a partir do aparecimento da alça cotiledonar que rompe as barreiras físicas do solo até o desenvolvimento das plântulas, sendo descritas através de desenhos feitos de forma manual. As fases do desenvolvimento das plantas de moringa foram ilustradas à medida que ocorriam mudanças significativas em sua estrutura, marcadas nos períodos após a semeadura de 8, 10, 12, 15, 30, 60 e 90 dias, caracterizando os estágios vegetativos da planta. As descrições morfológicas foram baseadas em Duke (1969), Vidal e Vidal (2000). Posterior a essa etapa, foi feita a vetorização dos desenhos através do *software* Adobe Illustrator, tendo por finalidade tornar as ilustrações o mais fiel possível em relação a cores e formas, assemelhando-se às observações de campo, bem como melhorar a qualidade dos desenhos.

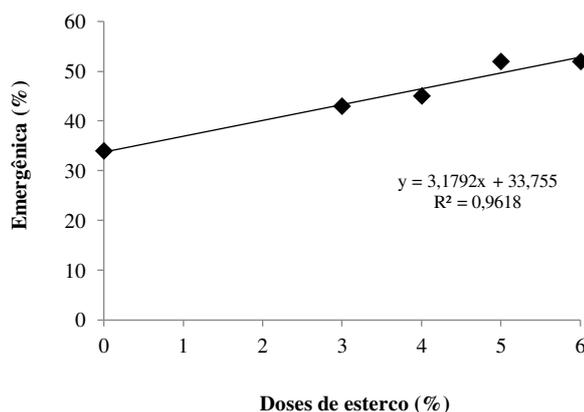
4 Análise estatística

Os dados obtidos das avaliações mensais referentes à emergência e ao índice de velocidade de emergência e crescimento de plantas de moringa, submetidas a diferentes doses de esterco, foram submetidos à análise descritiva para a comparação das médias entre os tratamentos, os quais foram representados por gráficos de regressão (emergência e índice de velocidade de emergência) e gráficos tipo boxplot para as variáveis de crescimento através do *software AgroEstat*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à emergência de sementes de moringa, pode-se observar que as sementes submetidas às doses de esterco de maiores concentrações proporcionaram um maior número de plantas emergidas (Figura 5), destacando-se as sementes submetidas aos tratamentos 5% e 6% de esterco bovino, que apresentaram bons resultados quando comparadas ao controle e às outras doses estudadas. Já as sementes submetidas às doses de esterco 3 e 4% não se diferiram em relação ao número de sementes emergidas, porém foram superiores ao controle.

Figura 5. Porcentagem de emergência de plântulas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%). São José do Bonfim-PB-2020.



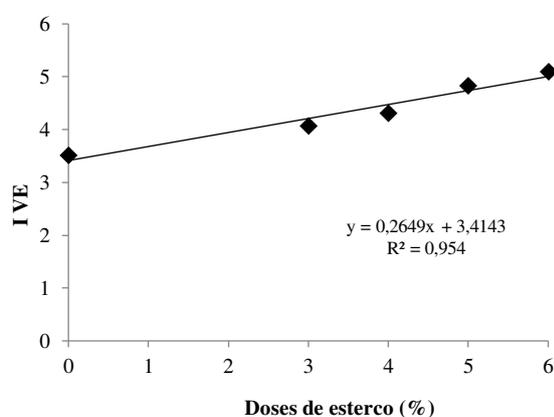
Estudando a germinação e o desenvolvimento de plântulas de moringa em função do peso da semente e do tipo de substrato, Bezerra, Momente e Medeiros Filho (2009) obtiveram resultados de germinação semelhante ao avaliarem o substrato Plantmax® e a mistura de solo e húmus de minhoca que resultaram em 99,3% para ambos os substratos; já em função do substrato pó de coco, a germinação foi de 98,3%. Pereira et al. (2015), em seu estudo de germinação e vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes temperaturas e substratos em condições de laboratório, com regimes de temperaturas alternadas 20 - 30°C, observaram que os resultados obtidos para a germinação nos substratos rolo de papel foi de 80% e de vermiculita, 99%.

Mesmo com adição do esterco bovino nos diferentes tratamentos, pode-se também enfatizar na (Figura 5) que a taxa de emergência de plantas submetidas aos tratamentos em destaque 5% e 6% ficou abaixo do que é relatado na literatura para moringa, sendo que a germinação em condições de laboratório pode chegar em torno de 90% e, em ambiente protegido, entre 80 e 90%.

No entanto, esse comportamento obtido nesta pesquisa é justificado pelo fato de que geralmente as altas porcentagens de germinação são obtidas em ambientes controlados onde todos os fatores favorecem a germinação, enquanto que, em condições de campo, o vigor das sementes é afetado em função das condições ambientais diversas como altas temperaturas, baixa disponibilidade de água, além da presença de pragas e doenças no solo que afetam diretamente a emergência de plantas no campo.

Os valores médios obtidos para a velocidade de emergência, observados na figura 6, demonstram que as sementes submetidas aos tratamentos com maiores doses de esterco bovino influenciaram de forma positiva no comportamento germinativo de sementes de moringa e, conseqüentemente, proporcionaram maior velocidade na emergência de plântulas, com destaque para as sementes submetidas ao tratamento referente à dose de 6% que apresentou índice de velocidade de emergência de (5,1), valor superior ao controle e aos demais tratamentos.

Figura 6. Índice de velocidade de emergência de plântulas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%). São José do Bonfim-PB-2020.



Enquanto que as sementes submetidas ao tratamento referente à dose de esterco a 5% apresentaram índice de velocidade de emergência de (4,83), as sementes submetidas à dose de esterco 4% apresentaram velocidade de emergência de (4,32) e a dose de 3% apresentou índice de (4,07). Bocchese et al. (2008), estudando o efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de *Tabebuia (heptaphylla)* em casa telada, verificaram a influência do tipo de solo na germinação. Os autores constataram que a adição de matéria orgânica ao solo argiloso proporcionou uma maior taxa de germinação quando comparado ao solo arenoso.

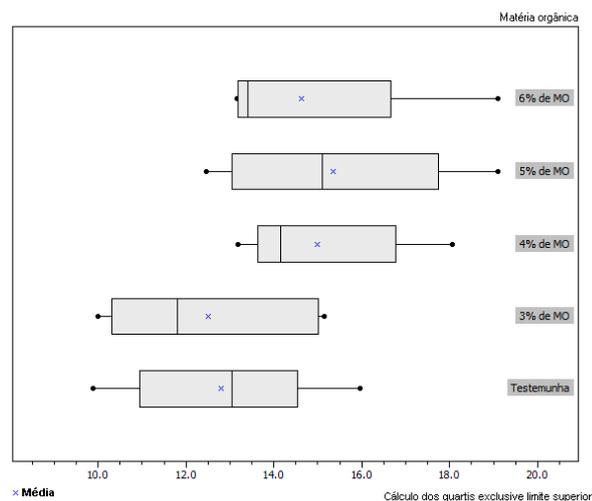
Na figura 2, nota-se que, quanto maior o teor de matéria orgânica no solo, maior sua capacidade de armazenar água e, conseqüentemente, maior a velocidade na emergência de sementes. Os benefícios que a matéria orgânica desempenha no solo, principalmente em relação à melhoria da textura, têm papel fundamental para a garantia de algumas características como maior retenção de água, drenagem lenta (HOFFMAN, 2001).

Segundo Santos (2010), as sementes de moringa são bastante sensíveis ao estresse hídrico durante o período da germinação. Dessa forma, a adição de material orgânico no solo proporciona melhores condições físicas para a emergência de plântulas. De acordo com

Carvalho e Nakagawa (2000), quanto maior for a retenção de água, maior será a hidratação dos tecidos presentes na semente e, conseqüentemente, mais rápido será a emissão do eixo embrionário.

Em relação à altura de plantas (Figura 7) aos 30 dias, observa-se que as plantas da testemunha (sem esterco) apresentaram altura mínima de 11 cm e máxima de 14,5 cm, enquanto que a média dos dados analisados apresentou altura média de 13 cm. Já as plantas submetidas ao tratamento 2 (3% MO) apresentaram altura mínima 10,5 cm e máxima de 15 cm, enquanto que a altura média corresponde a 12,5 cm. Para as plantas que correspondem ao tratamento 3 (4% MO), foi constatada uma maior uniformidade de altura de plantas, com mínima de 13,9 cm e máxima de 17 cm, com média de 15 cm para os dados observados.

Figura 7. Altura de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 30 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.



As plantas oriundas do tratamento 4 (5% MO) apresentaram alta variação em relação à altura, com mínima de 13 cm e máxima de 18 cm, sendo o tratamento que proporcionou o maior crescimento em relação à altura de plantas, com média de 15 cm. Ao compararmos o tratamento 4 (5% de MO) com o tratamento 3 (4% de MO), é importante ressaltar que o tratamento 4 apresentou maior altura de plantas, porém com alta variabilidade.

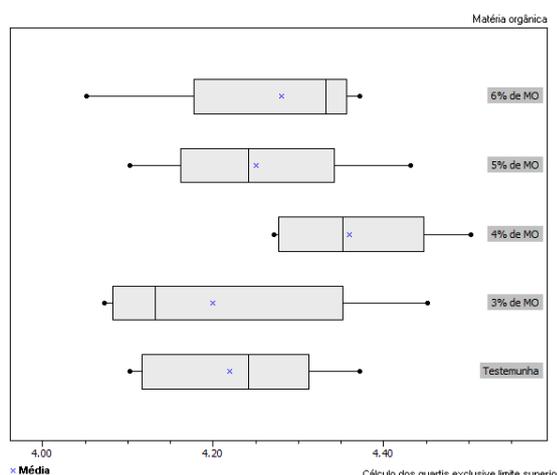
As plantas de moringa submetidas ao tratamento 5 (6% de MO) apresentaram altura mínima de 13,5 e máxima de 15 cm, com média de 14,6 cm. Ao compararmos os tratamentos estudados, observamos que os dados obtidos das plantas oriundas das doses 3 e 6 foram os que apresentaram menores variação em relação à altura de plantas. Almeida et al. (2016), trabalhando com diferentes doses de esterco bovino no cultivo de moringa, encontraram resultados semelhantes aos 30 dias após a semeadura, e a maior altura de plantas de moringa

foi obtida no nível 5% de esterco. Medeiros et al. (2017) constataram que a aplicação de diferentes proporções de esterco bovino junto ao solo (1:0; 1:1; 2:1; e 3:1) promoveu maior aumento na altura de plantas de moringa.

De acordo com Costa et al. (2008), o esterco melhora a estrutura física do solo, aumenta a retenção de água, reduz as perdas por erosão e estimula a comunidade microbiana do solo. Esse resultado foi obtido para as plantas submetidas às maiores doses de esterco 4%, 5% e 6% que promoveram melhores condições para emergência de plântulas, o que garantiu, conseqüentemente, uma maior altura de plantas em relação aos demais tratamentos. É notório que essa diferença não foi tão discrepante entre o controle e demais tratamentos. Esse comportamento foi observado em função das condições físicas que o esterco proporcionou.

Para o diâmetro do caule de moringa (Figura 8) aos 30 dias após a semeadura, não foi observada grande variabilidade em relação ao diâmetro das plantas submetidas a diferentes doses de esterco. O diâmetro das plantas proveniente da testemunha apresentou menor diâmetro de 4,10 mm e maior de 4,30 mm, com média 4,22 mm. Para as plantas submetidas ao tratamento 2 (3%MO), foi constatada uma maior variabilidade nos diâmetros, sendo que o menor diâmetro foi de 4,07mm e maior de 4,35, com média de 4,20 mm para os dados analisados.

Figura 8. Diâmetro do caule de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 30 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.

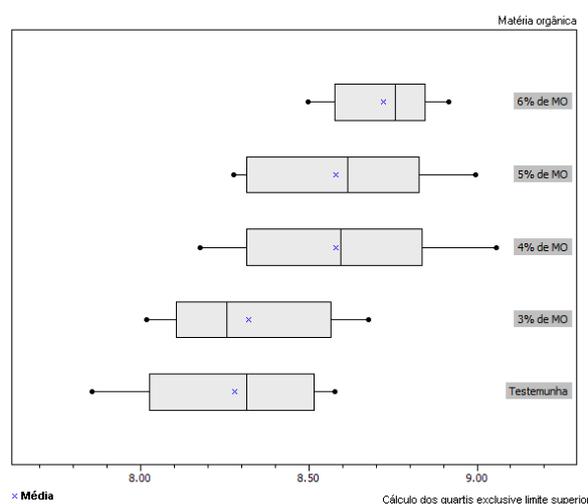


Já nas plantas submetidas ao tratamento 3 (4%MO), foi verificado que seu menor diâmetro 4,27 mm foi superior ao das plantas testemunha e demais plantas cultivadas em função dos demais tratamentos. Da mesma maneira, seu maior diâmetro 4,45 mm foi superior aos demais diâmetros em função dos respectivos tratamentos, destacando-se, em virtude da uniformidade observada, com média 4,45 mm. Dessa forma, é possível verificar que, aos 30

dias, após a semeadura, não houve efeito das doses de esterco no estágio inicial. Os resultados observados na (Figura 8) são semelhantes aos obtidos por Oliveira Júnior et al. (2009), sendo que, aos 30 dias, os autores obtiveram diâmetro do caule de 4 mm nas plantas testemunha e nas plantas que foram adubadas com esterco bovino. Vanegas Chácon (2006), estudando a biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo em diferentes materiais orgânicos, verificou que a taxa de degradação do esterco bovino aos 30 dias de incubação, foi de 15,6%, sendo a mais baixa entre as diferentes fontes orgânicas estudadas.

Na figura 9, observa-se que o aumento das dosagens de esterco bovino não proporcionou valores discrepantes em relação ao número de folhas de moringa aos 30 dias após a semeadura. Constatou-se que as plantas sem esterco (testemunha) apresentaram número mínimo de 8 folhas e máximo de 8,50 com média de 8,30. Já as plantas submetidas ao tratamento 2 (3%MO) apresentaram número mínimo de 8,10 e máximo de 8,60, com média de 8,30 para os dados avaliados. O número de folhas proveniente das plantas submetidas aos tratamentos 3(4%MO) e 4(5%MO) não apresentou diferença em relação ao número de folhas, valor mínimo e máximo, de 8,30 e 8,80 respectivamente; já a média para ambos os tratamentos foi de 8,60.

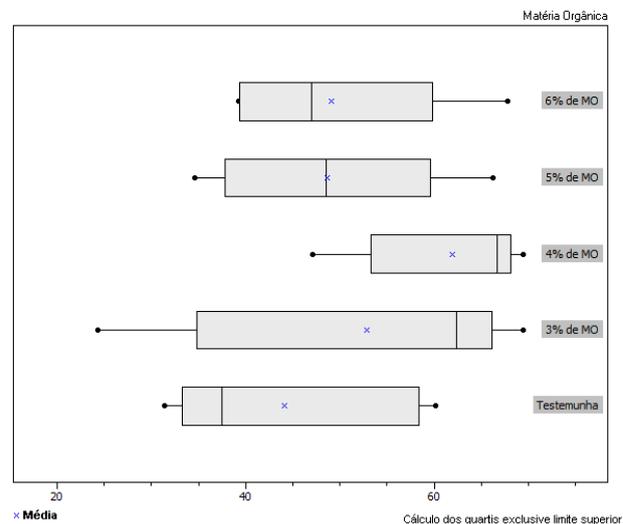
Figura 9. Número de folhas de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 30 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



Os valores médios para número de folhas obtidos no tratamento 5 (6%MO) correspondentes ao número de folhas corresponderam ao mínimo de 8,60 e máximo de 8,80, com média de 8,70. A partir dos resultados, é possível constatar que a matéria orgânica atua como um condicionante físico, proporcionando um melhor desempenho em função do acúmulo no solo.

Observa-se, na figura 10, que a altura das plantas de moringa, aos 60 dias de cultivo, apresentou variação de acordo com os tratamentos em que a testemunha apresentou altura mínima de 34 cm, máxima de 57 cm e média de 45 cm, sendo, neste caso, o tratamento que proporcionou menor altura de plantas. Já nas as plantas de moringa submetidas ao tratamento 2 (3%MO) de esterco bovino, foi constatada a altura mínima de 35 cm, máxima de 66 cm e média de 53cm para dados observados. Observa-se também que as plantas oriundas do tratamento 3 (4%MO) expressaram altura mínima de 53 cm e máxima de 69 cm, com média de 62 cm, sendo o tratamento que proporcionou maior altura de plantas em relação aos demais.

Figura 10. Altura de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 60 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



Em relação à altura de plantas provenientes do tratamento 4 (5%MO, foi verificado que a altura mínima de plantas foi de 37 cm e máxima de 60 cm e com altura média de 50 cm. Já as plantas submetidas ao tratamento 5 (6%MO) obtiveram altura mínima de 40 cm e máxima de 60 cm e média de 50 cm. A partir dos resultados, é possível verificar que as doses de 5% e 6% de esterco proporcionaram ganhos de crescimento em altura semelhantes, no entanto esse comportamento reforça a premissa de que o aumento das doses de esterco proporciona ganho de crescimento até certo ponto.

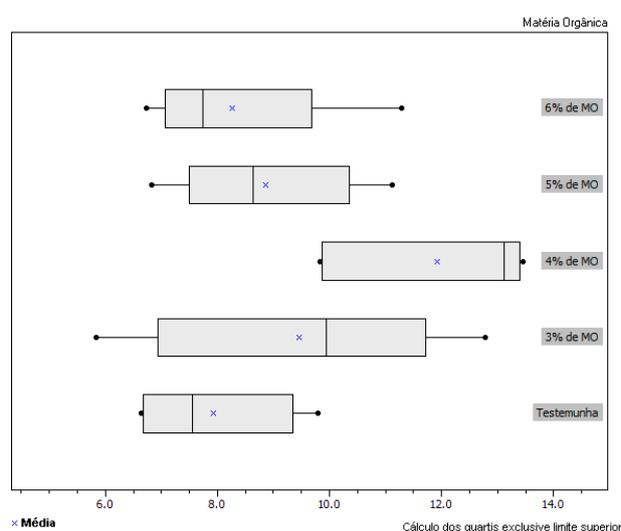
Os resultados obtidos são semelhantes aos de Oliveira Júnior et al. (2009), sendo que os autores, ao estudarem adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa, encontraram, aos 60 dias, altura de plantas em torno de 60 cm.

Rodrigues et al. (2016) encontraram resultados distintos na produção de mudas de moringa aos 51 dias. Após o plantio e cultivo em substratos produzidos a partir de diferentes

proporções de composto orgânico e fibra de coco verde, os autores constataram que o maior crescimento em altura foi obtido na proporção de 100% de composto orgânico. É importante ressaltar que, mesmo se tratando da mesma espécie, esse comportamento distinto pode ser explicado de acordo com a qualidade do composto orgânico e teor de nutrientes presentes, bem como as condições adequadas em casa de vegetação.

Em relação ao diâmetro do caule (Figura 11), verifica-se um comportamento semelhante às avaliações anteriores. As plantas sem esterco (testemunha) apresentaram menor diâmetro de caule aos 60 dias, apresentando diâmetro mínimo 6,5 mm e máximo de 9,4 mm e com média de 8 mm. Todas as plantas que receberam diferentes doses de esterco foram superiores à testemunha. É possível observar que as plantas de moringa submetidas ao tratamento 3 (4%MO) apresentaram diâmetro superior às demais doses estudadas, sendo que o diâmetro mínimo foi de 10 mm e máximo de 13,5 mm e com média de 12 mm para diâmetro do caule. Bortolini et al. (2012), ao estudarem diferentes substratos na produção de mudas de *Gleditschia amorphoides* Taub., verificaram que os substratos que continham esterco bovino apresentaram mudas com maior diâmetro de colo.

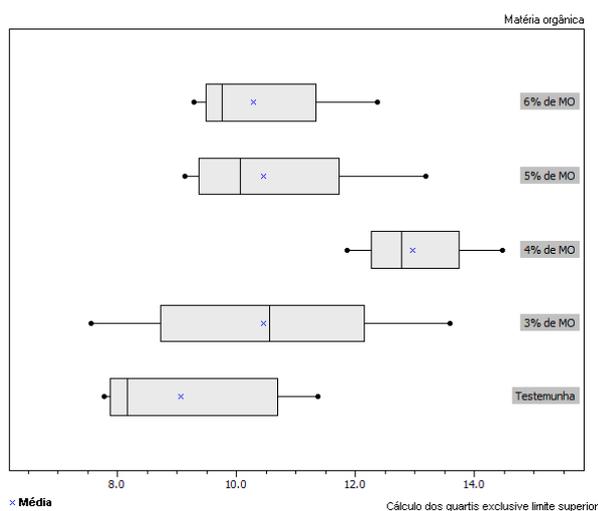
Figura 11. Diâmetro do caule de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 60 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



Diversos estudos indicam a eficiência da adubação com esterco bovino como o estudo realizado por Camargo (2011), em que o autor constatou a eficiência da incorporação de esterco bovino ao substrato na produção de mudas de moringa, obtendo resposta positiva com a adição do esterco ao comparar com os demais substratos estudados, constatando o efeito para todas as variáveis analisadas.

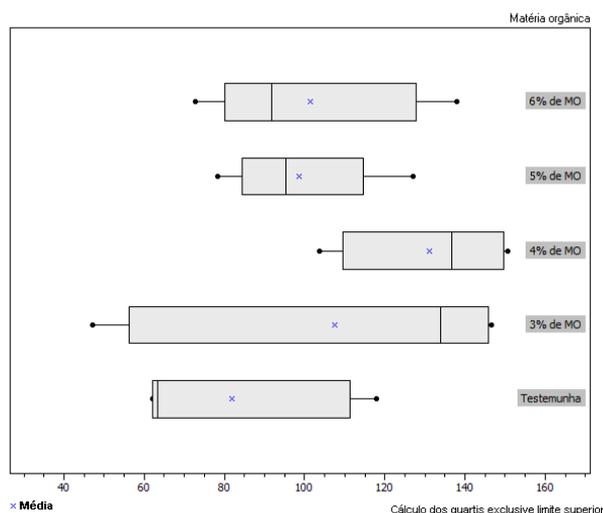
Quanto ao número de folhas de moringa aos 60 dias (Figura 12) em função das diferentes doses de esterco bovino, constatou-se comportamento semelhante aos obtidos na análise anterior, efetivando, dessa forma, condições de melhor desenvolvimento de folhas para as plantas que receberam as doses de esterco quando comparadas com a testemunha que apresentou menor número de folhas, mínimo de 8 e máximo de 10,5 com média de 8 folhas. Apesar dessas características, as plantas submetidas à dose de 4% de esterco bovino apresentaram o valor mínimo de 12,3, máximo de 13,9 e valores médio de 13 folhas, desempenho superior em relação às demais doses e à testemunha, além de baixa variabilidade, o que lhe confere maior uniformidade de plantas dentro do tratamento (FIGURA8).

Figura 12. Número de folhas de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 60 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



Para a altura aos 90 dias após da semeadura, observa-se, na figura 13, comportamento semelhante à altura de plantas, em que a testemunha foi inferior a todos as doses de esterco, de modo que a altura mínima de plantas foi de 62 cm, a máxima de 110 cm, com valor médio de 80 cm. Ao verificamos as plantas submetidas ao tratamento 3 (4%MO), observa-se que a menor altura foi de 110 cm e máxima de 150 cm, com altura média de 130 cm, tornando-se o tratamento que expressou maior rendimento nos parâmetros de crescimento.

Figura 13. Altura de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB- 2020.

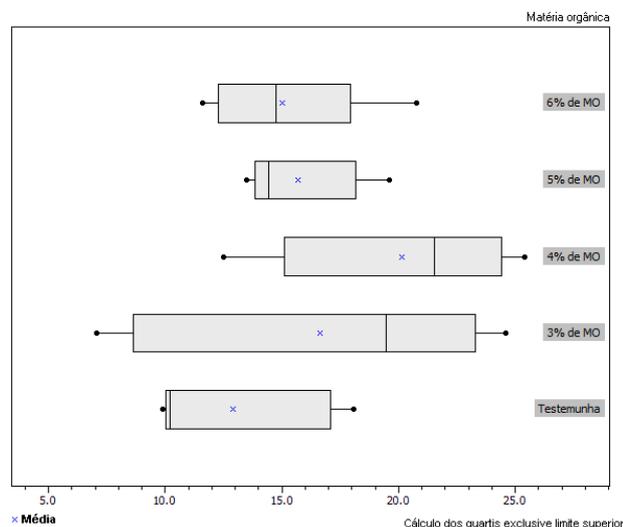


Oliveira Junior et al (2009) encontraram altura aos 90 dias de 65 cm com uso de esterco bovino em cultivo de moringa. Esse resultado distinto pode estar relacionado à limitação na condução, já que o autor fez a condução em vasos de 20L, aspectos que diferem muito em condição de campo, ressaltando importância de novos estudos na busca de doses adequadas para expressar o maior potencial produtivo de moringa.

Bonela et al. (2015), em seu estudo com diferentes fontes de esterco, verificaram que a relação C/N no esterco bovino era superior às demais fontes analisadas, o que promove menor disponibilidade de N em função do tempo para mineralização dos resíduos. Observa-se, na Figura 3, que os valores para altura de planta de moringa submetidas aos tratamentos que receberam maiores dose de esterco 4%, 5% e 6% apresentaram melhor desempenho, mas a diferença entre os tratamentos ainda não era tão evidente. Esse comportamento ocorre em função do tempo de mineralização do esterco, de modo que, ao longo das avaliações, foi evidente o aumento gradativo do efeito do esterco como condicionante químico por meio da mineralização da matéria orgânica. Esse comportamento foi acentuando aos 60 e 90 dias após a semeadura, em que podemos constatar qual dose proporcionou maior altura de plantas.

Ao analisar o diâmetro das plantas aos 90 dias após a semeadura, verifica-se, na figura 10, que a testemunha sem esterco se manteve inferior aos demais tratamentos, com diâmetro mínimo de 10 mm e máximo de 16 mm, apresentando diâmetro médio de 12 mm.

Figura 14. Diâmetro do caule de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



Bortolini et al. (2012), trabalhando com diferentes substratos, constataram que a presença de esterco bovino nos substratos proporcionou melhor desempenho para altura e diâmetro do caule de mudas de espinho-de-cristo (*Gledistchia amorphoides*).

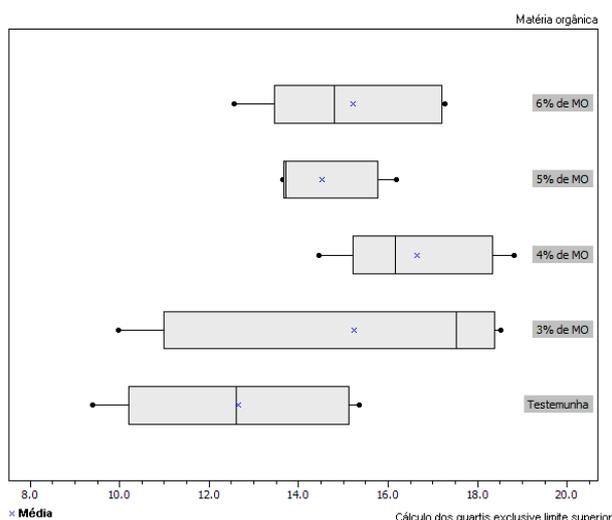
Ao longo das avaliações das plantas de moringa submetidas ao tratamento 3 (4%MO), foi possível constatar que tal tratamento foi o que expressou maior diâmetro do colo aos 90 dias após a semeadura com o diâmetro mínimo de 15,5 mm e máximo de 25 mm, com diâmetro médio de 20,5 mm. As plantas de moringa apresentaram melhores resultados para o diâmetro do caule quando submetidas à dose de esterco bovino correspondente a 4%, demonstrando assim a eficiência dessa dose para o cultivo de moringa. Esses resultados corroboram aos encontrados por Souza et al. (2015), que, estudando diferentes doses de esterco bovino no crescimento de moringa, encontram resultados semelhantes em relação ao diâmetro do caule, em que os tratamentos com o aumento das doses de esterco bovino conferiram menor diâmetro do caule.

Rosa et al. (2018), estudando doses de fertilizante para o crescimento da moringa, concluíram que o diâmetro do caule se enquadrou no modelo quadrático $Y=5,2141+0,7586x-0,0634x^2$ (81,27%) com dose ótima de 5,98 kg m⁻³.

Para a avaliação do número de folhas aos 90 dias após a semeadura, (Figura 15) verifica-se que as plantas submetidas ao tratamento 3 (4%MO) apresentaram maior média em relação aos demais tratamentos estudados, porém o número máximo de folhas para as plantas oriundas dos tratamentos 2 (3%MO) e 3 (4%MO) não diferiram, sendo 18 folhas para ambos. No entanto, vale ressaltar que a média dos tratamentos é distinta, e o tratamento 3 (4%MO) é superior ao 2

(3%MO) em função da maior uniformidade de plantas dentro do tratamento e, conseqüentemente, menor variação (FIGURA 15).

Figura 15. Número de folhas de plantas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias. São José do Bonfim-PB- 2020.



Souza et al. (2015), estudando diferentes doses de esterco bovino no crescimento de moringa, ao analisarem o número de folhas, constataram um decréscimo com o aumento das doses de esterco. Pereira et al. (2019), avaliando a produção e o crescimento da moringa em diferentes doses de esterco ovino, concluíram que a dose de 25,10 gramas promoveu maior incremento para altura, diâmetro e matéria seca da parte aérea.

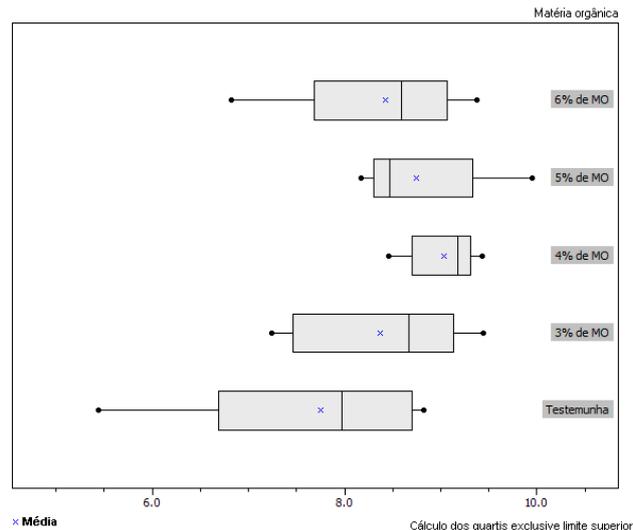
Muitos estudos mostram a eficiência do uso de esterco bovino no cultivo de plantas, e os resultados são eficientes para diversas espécies como os encontrados por Lucena et al (2006), os quais constataram a eficiência do uso de esterco no substrato, trabalhando com mudas de *Leucaena (Leucaena leucocephala)*. Guimarães et al., (2006) trabalhando com diferentes substratos para a produção de mudas de mamoneiras, concluíram que o substrato composto de solo e esterco bovino propiciou o melhor crescimento das mudas de mamona.

Oliveira et al (2008), em seu estudo sobre produção de mudas florestais em campo, obtiveram respostas positivas em função da adição de esterco no substrato, bem como Oliveira Júnior et al. (2009) trabalhando diferentes esterco no cultivo de moringa, e Rosa et al. (2018) trabalhando com fertilização controlada no cultivo de moringa.

Para a avaliação do número de ramificações laterais aos 90 dias, (Figura 16) constatou-se que as diferentes doses de esterco bovino promoveram maior número de ramos secundários em relação à testemunha. As plantas de moringa sem esterco apresentaram número de ramos

laterais variando de 7 a 9 ramos com média de 7,3. Já as plantas oriundas do tratamento 2 (3%MO) e 5 (6%MO) não apresentaram diferença em relação ao número máximo de ramos secundários em relação à testemunha.

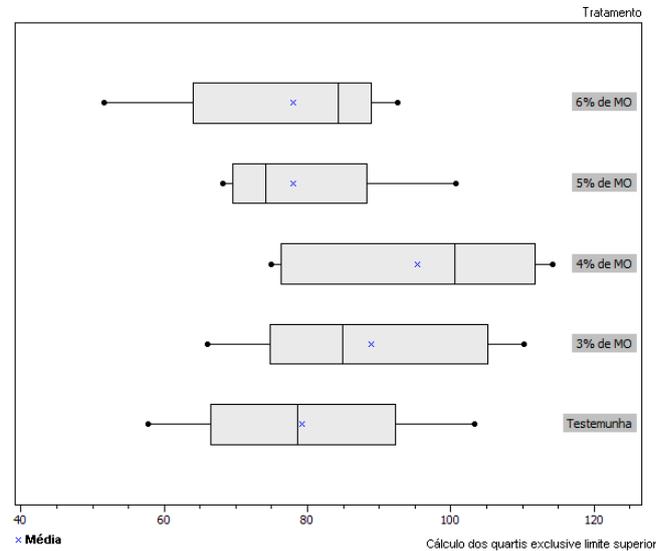
Figura 16. Número de ramificações laterais de *Moringa oleifera* Lam. em função das doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



As plantas de moringa sem esterco apresentaram número de ramos laterais variando de 7 a 9 com média de 7,3. Já as plantas oriundas do tratamento 2 (3%MO) e 5 (6%MO) não apresentaram diferença em relação ao número máximo de ramos, ambos constituídos de 9,2 e número médio de 8,4. Em relação às plantas submetidas aos tratamentos 3 (4%MO) e 4 (5%MO), estas foram as que apresentaram maior número de ramos laterais, ambos 9,4 ramos. No entanto, as plantas provenientes do tratamento 3 (4%MO) apresentaram maior uniformidade nos dados, com média de 9 ramos, quando comparadas com o 4 (5%MO).

Na figura 17, apresenta-se a altura das ramificações dos ramos secundários de plantas de moringa aos 90 dias e observa-se que a testemunha apresentou altura de inserção dos ramos laterais de 92 cm superior em relação à altura e inserção dos ramos laterais das plantas oriundas dos tratamentos 4 (5%MO) e 5 (6%MO). Já as plantas provenientes do tratamento 2 (3%MO) foram superiores à testemunha, com altura de 105 cm e média de 90 cm para os dados de altura de inserção. Em relação às plantas submetidas ao tratamento 3 (4%MO), estas foram superiores a todos os demais tratamentos com altura de inserção de 112 cm e média 95 cm.

Figura 17. Altura das ramificações laterais de *Moringa oleifera* Lam. em função das doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%) 90 dias após a semeadura. São José do Bonfim-PB-2020.



A caracterização morfológica de plantas é utilizada em diversos estudos, sendo de grande relevância para a compreensão do ciclo de desenvolvimento das espécies. O conhecimento sobre o tipo de germinação auxilia na diferenciação das espécies, podendo ser utilizado em trabalhos de inventário e de manejo florestal, além de auxiliar na compreensão do ciclo biológico e regeneração das espécies (DUKE, 1965).

Com relação à emergência e ao desenvolvimento da plântula de moringa em condições de campo, observa-se na (Figura 18, VE) que, aos 8 dias após a semeadura, a alça cotiledonar rompe as barreiras físicas do solo elevando os primórdios foliares à superfície. Durante o desenvolvimento dos primórdios, constatamos que as folhas ainda não se expandiram e apresentam coloração clara nos tons de amarelo e verde-claro. A alça cotiledonar tem tamanho aproximado de 4 cm, com forte aderência da semente à planta.

Aos 10 dias após a semeadura, verificamos que a alça cotiledonar fica ereta com comprimento médio em torno de 7 cm, com um tufo de folhas no ápice caulinar, ou seja, as folhas iniciam o processo de expansão dos primórdios (Figura 18, VE). Já a raiz axial apresenta formato cilíndrico e coloração esbranquiçada com comprimento médio em torno de 8 cm, com presença de raízes secundárias além da divisão das zonas de alongamento, zona pilosa e coifa. A semente, aos 10 dias, continua aderida à planta, caracterizando a germinação hipógea do tipo criptocotiledonar, em que cotilédones são aderidos ao tegumento até que ocorra o inteiro aproveitamento das reservas dos cotilédones para a planta.

O desenvolvimento, aos 12 dias, mostra que as folhas primordiais sofrem expansão, gerando folhas compostas constituídas por poucos pares de folíolos ainda com aspectos de enrolados e não apresentam folhas completamente expandidas. O caule e as folhas apresentam coloração verde (Figura 18, V1). Observa-se também um distanciamento do cotilédone em relação à planta, o que indica que as reservas estão sendo absorvidas; em poucos dias, ocorre o rompimento do cotilédone e da planta.

Para a caracterização, aos 15 dias, observa-se que há folhas jovens nessa fase que não apresentam folíolos de formato obovado e expandido, constituído por menor número de folhas em torno de 6 e com altura da parte aérea em torno de 11 a 15 cm. Em relação à raiz, verificamos que, aos 15 dias, o comprimento da raiz axial ocorre entre 9 a 11 cm, com diâmetro da parte mediana da raiz tuberosa de 13 mm. A partir do desenvolvimento de novas raízes laterais, constatou-se o rompimento da semente com a planta, devido à completa absorção das reservas presentes nos cotilédones.

O crescimento de plantas de moringa aos 30 dias após a semeadura, em relação à altura, foi equivalente a 20cm. Notaram-se também a presença de monofilos que são folhas mais complexas que surgem durante toda a vida da planta e o surgimento de novos folíolos em torno de 9 a 10 por planta (Figura 14 V10). Nessa fase, os folíolos exercem sua completa expansão do limbo foliar e os primórdios apresentam-se entumecidos, atuando no processo de diferenciação para o surgimento de novas folhas. A raiz aumenta seu comprimento encontrando-se em torno de 16 a 18 cm, com diâmetro da parte mediana da raiz tuberosa de 17 mm, com forte presença de novas raízes secundárias.

Aos 60 dias, verificam-se o amarelecimento e posterior queda das primeiras folhas da parte inferior da planta. Observamos 14 folhas compostas de filotaxia alternada, com disposição dística, sendo que essas folhas se inserem ao longo do caule em linhas opostas. Nessa fase, as plantas apresentam altura da parte aérea em torno de 66 cm.

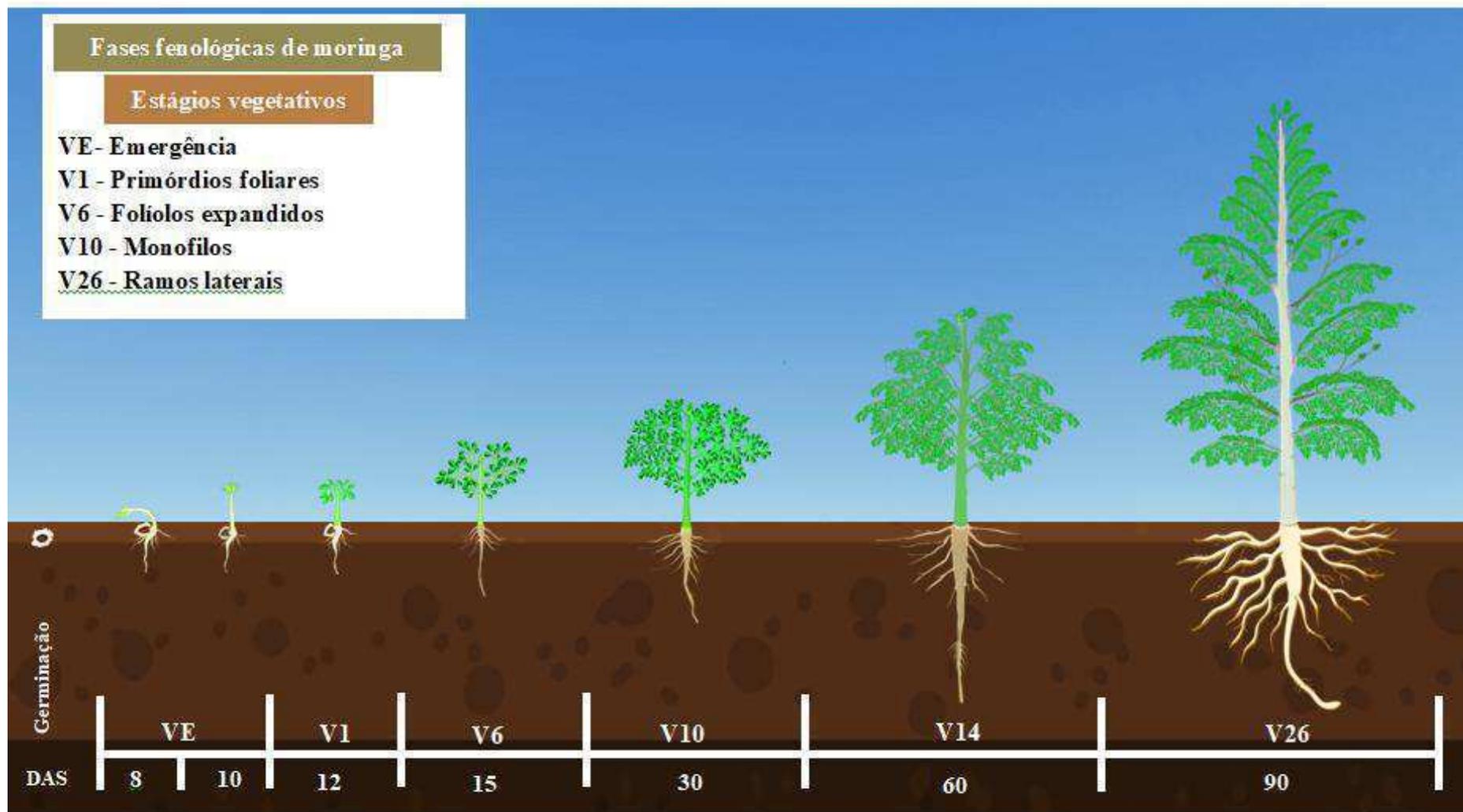
As folhas assumem a coloração verde pálida e o ápice caulinar passa a mudar sua coloração de verde para roxo-claro, bem como os pecíolos das folhas compostas e também se inicia o surgimento de gemas nas axilas das folhas (Figura 18 V14). As ramificações laterais surgem da atividade dos meristemas apicais no interior das axilas dos primórdios foliares. Quando tais primórdios atingem seu ponto de maturação, ocorre a formação de galhos, o que ocorre após a alta atividade do meristema apical (OLIVER; LARSON, 1996). A raiz avança no seu desenvolvimento apresentando 45 cm de comprimento, com aumento em espessura na parte mediana da raiz tuberosa de 22 mm.

Aos 90 dias, observa-se, na figura 14, uma árvore com todos os seus estágios vegetativos concluídos, apresentando mudanças na arquitetura da planta como o desenvolvimento de ramos laterais nas axilas que auxiliaram na formação de novas ramificações que constituirão a futura copa.

Esse acentuado crescimento dos ramos laterais aos 90 dias é um indicativo fundamental para a compreensão da passagem dos estágios vegetativos para o reprodutivo (Figura 18, V26). De acordo com Kretschmar et al. (2004), a acrotomia e dominância apical são as causas principais do retardamento dos estágios reprodutivos em espécies frutíferas.

O caule, nessa fase, assume coloração nos tons de cinza e pardo-claro; já na parte apical, assume coloração roxo-escura bem como nos pecíolos das folhas (Figura 18, V26). O número total de folhas fica em torno de 22 a 26 folhas, a altura da parte aérea 1,58 m, com folhas compostas na região mediana com cerca de 40 cm de comprimento com 6 a 8 pares de folíolos. O sistema radicular é amplamente desenvolvido de forma vertical e a raiz principal fica em de 78 cm, com diâmetro da raiz tuberosa de 62 mm.

Figura 18- Caracterização das fases fenológicas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) do oitavo dia ao nonagésimo dia. São José do Bonfim-PB-2020.



6 CONCLUSÕES

O crescimento de plantas de moringa foi influenciado pelas doses de esterco de forma gradativa em função do tempo de mineralização da matéria orgânica.

A dose de 4% de matéria orgânica foi a que proporcionou melhor desempenho nas variáveis de crescimento de plantas de moringa, mostrando efeito gradativo ao longo do tempo.

A construção da escala fenológica dos estágios vegetativos de moringa serviu de subsídio para a compreensão das fases de desenvolvimento, bem como auxiliará no manejo e na elaboração de calendários de adubação.

7 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p.711–728, 2014.

ALMEIDA, J. F. et al. Crescimento inicial de mudas de moringa (*moringa oleífera lam.*) sob diferentes doses de esterco bovino. In: I CONIDIS, 1., 2016, Campina Grande. **Anais I CONIDIS**. Campina Grande: Editora Realize, 2016. v. 1, p. 1 - 5.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTE, Valeria G.; MEDEIROS FILHO, Sebastião. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera Lam.*) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p.295-299, 2009.

BOCCHESI, R. A. et al. Efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de *bocchese Tabebuia heptaphylla*, em casa telada. **Cerne**, v. 14, n. 1, p.62-67, 2008.

BONELA, G.D. et al. Resposta de fontes de matéria orgânica em três grupos de alface. **Rev. Bras. Agropecu. Sustent.**, v.5, n.1, p. 89–95, 2015.

BORTOLINI M. F. et al. Crescimento de mudas de *Gleditschia amorphoides* Taub. produzidas em diferentes substratos. **Ciência florestal**, v.22, n.1, p.35-46, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CAMARGO, R. Substratos para produção de mudas de moringa oleífera l. em bandejas. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p 72–78, 2011.

CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRÓN, L.M.; AVILÉS, O.; PACHECO, G. *Moringa oleífera L. (Moringaceae)*: ethnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, v.45, n.4, p. 522-523, 1992.

CÁCERES, A.; CABRERA, O.; MORALES, O.; MOLLINEDO, P.; MENDIA, P. Pharmacological properties of *Moringa oleífera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 33, p.213-216, 1991.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4^oed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

COSTA, L. C. D. B. et al. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Cienc. Rural**, v.38, n.4, p. 2173–2180, 2008.

DUKE, J.A. On tropical tree seedlings. Seed, seedlings, systems and systematics. **Annals of Missouri Botanical Gardens**, v.56, n.2, p.125-161, 1969.

DUKE, J. A. Keys for the identification of seedling of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.52, n.3, p.314-50, 1965.

FRANCO, M. Uso de coagulante extraído de sementes de *Moringa oleífera* como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, SP. 2010.

GUIMARÃES, M. M. B. et al. Produção de muda de mamoneira em substrato contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizante mineral. In: **Anais ...2^o Congresso Brasileiro de Mamona**, 2006.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U.B.; MANÉBIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agric., Ecosys. Environ.**, v.86, n.3, p.263-275, 2001.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **São José do Bonfim-PB- IBGE Cidades 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-jose-do-bonfim/panorama>> Acesso em 03 fevereiro. 2019.

KARADI, R.V.; GADGE, N. B.; ALAGAWADI, K. R.; SAVADI, R. V. Effect of *Moringa oleífera* Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, n.1, p. 306-311, 2006.

KOU, X., Li, B., OLAYANJU, J.B., DRAKE, J.M., CHEN, N. Nutraceutical or pharmacological potential of *Moringa oleífera* Lam. **Nutrientes**, v.10, n.2, p. 343, 2018.

KRETZSCHMAR, A. A. et al Efeito do ácido naftaleno acético (ANA) e benzilaminopurina (BAP) no aumento do ângulo de inserção dos ramos em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p.343-344, 2004.

LORENZI, H., MATOS, F.J. **Plantas medicinais no Brasil** – nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002, p. 346-347

LUCENA, A. M. A. de et al. Desenvolvimento flamboyant em diferentes de mudas de leucina composições de substratos. **Revista Verde**, v. 1, n. 2, p. 16-23, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and 102 vigor. **Crop Sci.**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MEDEIROS, R. L. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Moringa oleifera lam* em diferentes proporções de composto orgânico. **Revista Ifes Ciência**, v. 3, n.1, p.204-216, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. et al. Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 1, p.125-134, 2009.

OLIVEIRA, R. B. et al. Produção de mudas de essenciais florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência Agrotecnológica**, v. 32, n.1, p.122-128, 2008.

OLIVER, C. D.; LARSON, B.C. **Forest Stands Dynamics**, USA, 1996. 509p.

PEREIRA, S. C. D.E. et al. Produção e crescimento inicial da moringa em diferentes doses de esterco ovino. **Agrarian academy**, v.6, n.11; p. 290, 2019.

PEREIRA et al. Germinação e vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 92 – 99, 2015.

RADOVICH, T. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa (*Moringa oleifera*). In: Elevitch, C.R. (ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR). Holualoa, Hawai'i. 2011. 11p.

RODRIGUES, L. A. et al. Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p.545-552, 2016.

ROSA, T. L. M. et al. Controlled release fertilizer in the growth of *Moringa oleifera* Lam. seedlings. **Floresta**, v. 48, n.3. p.303- 310, 2018.

SANTOS, A. R. F. **Desenvolvimento inicial de *Moringa oleifera* Lam. sob condições de estresse**. Dissertação 2010. 87f (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Sergipe, Pós-graduação em Recursos Naturais. UFS, São Cristóvão-, Sergipe, 2010.

SOUTO, P.C.; MAIOR JÚNIOR, S.G.S. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam.** 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p.15-32.

SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. A. M. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam.** 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p.55-79.

SOUTO, J. S.; SOUSA, A. A. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam.** 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p.37-52 .

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. 2008. 704 p.

SOUZA, T. M. A. et al. Crescimento e desenvolvimento inicial da cultura da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetida à fertilização orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.5, p.1-5, 2015.

VANEGAS CHACÓN, E. A. **biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo de materiais orgânicos de origem e vegetal**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica**: organografia. 4.ed. Viçosa: UFV, 2000. 114p.

CAPITULO II

FENOLOGIA REPRODUTIVA DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) SOB EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE ESTERCO BOVINO

RESUMO

Estudos sobre fenologia reprodutiva de espécies arbóreas auxiliam na compreensão do tempo de floração e no de frutificação que são necessários para a determinação de estratégias de conservação e manejo florestal em diferentes regiões. O objetivo deste trabalho foi acompanhar a fenologia reprodutiva de moringa submetida a diferentes doses de esterco bovino, verificando a duração das diferentes fenofases, associando as variáveis climáticas. O experimento foi instalado em área do assentamento tubarão, localizado na zona rural do município de São José do Bonfim-PB. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições, com 10 plantas por parcela, totalizando 250. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%), quantificados em litros por cova, da seguinte forma: 0,0; 0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 L/cova. As covas foram abertas nas dimensões de 0,40m x 0,40m x 0,30 m de profundidade. Marcaram-se 10 plantas dentro da parcela e foram observadas semanalmente as fenofases reprodutivas (botões florais, árvores floridas, fim de floração, frutos novos presentes, frutos maduros). Foram utilizados dois métodos de observação: o índice de atividade fenológica e o Índice de Fournier. Os valores destes índices foram associados à precipitação pluviométrica. As fontes de adubação 3% e 4% apresentaram melhores resultados para os aspectos fenológicos. A floração de moringa deve ser considerada anual pelo fato de a planta apresentar período de floração em determinados meses do ano. Independentemente das fontes de adubação, a fenologia reprodutiva apresentou forte relação com a precipitação. O período de floração foi de 60 dias, a maturação fisiológica teve duração de 100 dias, o tempo entre a emergência e produção foi de 8 meses.

Palavras-chave: Fenofases, Moringácea, floração, frutificação.

ABSCTRACT

Studies on the reproductive phenology of tree species help to understand the time of flowering and fruiting that are necessary for the determination of conservation and forest management strategies in different regions. The objective of this work was to follow the reproductive phenology of moringa submitted to different doses of bovine manure, verifying the duration of the different phenophases associating the climatic variables. The experiment was installed in an area of the shark settlement located in the rural area of the municipality of São José do Bonfim-PB. The experimental design used was in randomized blocks with five replications, with 10 plants per plot, totaling 250. The treatments corresponded to five doses of bovine manure (0, 3, 4, 5 and 6%), quantified in liters per pit, from as follows: 0.0; 0.9; 1.8; 2.7 and 3.6 L / pit. The pits were opened in the dimensions of 0.40m x 0.40m x 0.30 m in depth. 10 plants were marked within the plot, which were observed weekly the reproductive phenophases (flower buds, flowering trees, end of flowering, new fruits present, ripe fruits). Two observation methods were used: the phenological activity index, and the Fournier Index. The values of these indexes were associated with rainfall. Fertilizer sources 3% and 4% showed better results for phenological aspects. Moringa flowering should be considered annual because the plant has a flowering period in certain months of the year. Regardless of fertilization sources, reproductive phenology showed a strong relationship with precipitation. The flowering period was 60 days, the physiological maturation lasted 100 days, the time between emergence and production was 8 months.

Keywords: Phenophases, Moringaceae, flowering, fruiting.

1 INTRODUÇÃO

A *Moringa oleífera* Lam. é uma espécie arbórea exótica, oriunda do Nordeste indiano, definida como uma planta rústica de rápido crescimento, com boa adaptação à região de clima tropical (DUKE, 1987; SOUTO; MAIOR JUNIOR, 2018). Em função das suas propriedades químicas e nutricionais, quase todas as partes da planta são utilizadas na medicina tradicional ou com fins alimentícios (IQBAL; BHANGER, 2006). Em alguns países africanos, a moringa é utilizada como fortificante alimentar, sendo empregado o uso de folhas e sementes com a finalidade de melhorar o teor nutricional de alguns produtos de baixo valor nutricional como pão, bolos e etc. (AGBOGIDI; ILONDU, 2012; OYEYINKA; OYEYINKA, 2018).

De acordo com Souto e Sousa (2018), o cultivo de moringa na região Nordeste brasileira é uma alternativa para os produtores locais, por se tratar de uma planta rústica que demanda poucas tecnologias para o cultivo. Alguns estudos foram desenvolvidos na região semiárida com moringa como o de Oliveira Júnior et al. (2009) com diferentes fontes de adubação orgânica e Bakke et al (2010) com valor forrageiro da *Moringa* submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte.

Levando em consideração a versatilidade de uso da moringa, há poucos estudos voltados para a compreensão do manejo e principalmente direcionados para a adubação e nutrição mineral dessa espécie. Em virtude da importância e potencial para a região semiárida brasileira, é necessária a busca por novas informações sobre a moringa. Até o momento atual não há nenhum estudo publicado voltado para a fenologia reprodutiva e adubação orgânica de moringa.

A fenologia de plantas consiste no estudo dos ciclos repetitivos de vida de uma planta em função do tempo e condições climáticas, aos quais ela é submetida, correspondendo ao acompanhamento do estágio inicial até a senescência da planta (FOURNIER, 1974; SCHWARTZ, 2003). De acordo com Fournier e Charpentier (1975), estudos fenológicos são essenciais para a compreensão do comportamento das espécies em diferentes ecossistemas e também auxiliam no manejo e na ecologia evolutiva das espécies.

O estudo das mudanças climáticas tem chamado atenção de pesquisadores em todo o mundo, em função das alterações dos fatores ambientais, que implicam diretamente o comportamento fenológico de plantas (RICHARDSON et al., 2013). Os estudos fenológicos em diferentes regiões são importantes para a compreensão das interações entre fatores climáticos

e sua influência em comunidades vegetais (WU et al., 2012; ZENG et al., 2017; LANG et al., 2019).

Os padrões fenológicos reprodutivos são sazonais e podem ser influenciados por fatores abióticos como precipitação, temperatura e comprimento do dia (MORELLATO et al. 2000). De acordo com Dallacort et al. (2010), a precipitação é um dos fatores que mais influenciam na fenologia de espécies em regiões semiáridas.

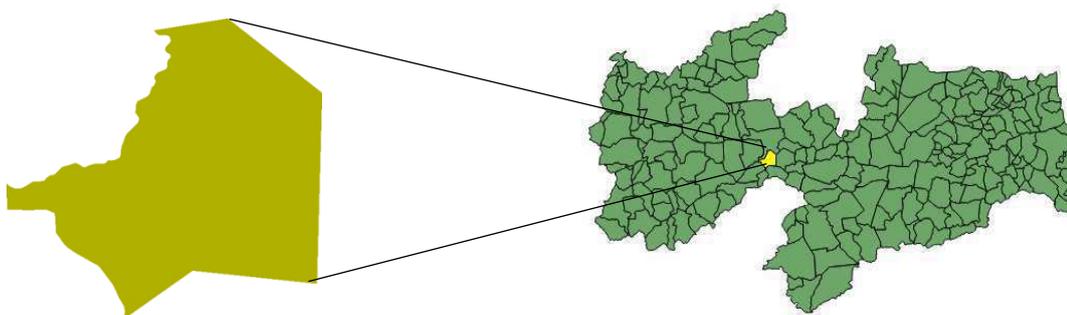
Objetivou-se com este trabalho acompanhar a fenologia reprodutiva de moringa submetida a diferentes doses de esterco bovino, verificando a duração das diferentes fenofases, associando as variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

A área de estudo está localizada no município de São José do Bonfim-PB, situado na Região Geográfica Imediata de Patos-PB, sertão paraibano. O município está inserido na depressão sertaneja, com área territorial de 134,724 km², nas coordenadas geográficas 7° 9' 55" S e 37° 18' 26" W, altitude média 278 m, apresentando relevo ondulado a suavemente ondulado (IBGE, 2017).

Figura1. Mapa da Paraíba com destaque para o município de São José do Bonfim-PB.



2.2 Clima

Fonte: Silva, 2020

O clima do município de São José do Bonfim caracteriza-se por apresentar temperaturas elevadas e baixos índices pluviométricos. De acordo com Álvares et al. (2014), o clima da região é do tipo BSh, quente e seco e caracteriza-se por apresentar temperaturas médias anuais superiores a 25°C, com precipitação mal distribuída ao longo do ano.

2.3 Origem do material propagativo

As sementes de moringa utilizadas nesse experimento foram coletadas de plantas matrizes na região de Patos-PB. Os frutos foram colhidos diretamente na copa das árvores, com auxílio de podão e acondicionados em sacos de náilon, transportados até o campus da UFCG, onde foram beneficiados no LabNut (Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas) na cidade de Patos.

2.4 Procedimento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de esterco bovino (0, 3, 4, 5 e 6%), quantificados em litros por cova, da seguinte forma: 0,0; 0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 L/cova. Cada unidade experimental foi composta por 10 plantas por parcela.

2.5 Métodos de amostragem

Foram avaliadas 10 plantas por parcela no período de dezembro de 2018 a outubro de 2019 para a determinação dos parâmetros fenológicos. As plantas foram marcadas e numeradas com fita adesiva plástica colorida (Figura 2), caracterizando as fenofases, seguindo a metodologia descrita por Fournier e Charpantier (1975).

Figura 2. Plantas marcadas de acordo com os códigos fenológicos



Fonte: Silva, 2020

2.6 Observações fenológicas

As observações foram realizadas semanalmente e adaptadas de acordo com Fournier e Charpantier (1975), sendo que foram registrados: botões florais aparecendo, floração adiantada

árvores totalmente florada, floração terminando ou fim de floração; frutos novos aparecendo, frutos maduros presentes (Tabela 2).

Tabela 1. Observações fenológicas

Índice de atividade		
Fenofase	Código	Progressão das fenofases
Floração	1	Botões florais ou inflorescências presentes
	2	Floração adiantada ou árvore totalmente florada
	3	Floração terminada ou terminando
Frutificação	4	Frutos novos presentes
	5	Frutos maduros presentes

Fonte: Silva, 2020

2.6.1 Porcentual de intensidade de Fournier

Neste método proposto por Fournier (1974), uma escala intervalar semiquantitativa permite estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo. O método é feito em cinco categorias de (0 a 4), com intervalo de 25% entre cada uma delas (Tabela 3). Os valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos presentes na parcela experimental são divididos pelo valor máximo de indivíduos da área experimental. Em seguida, (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor obtido corresponde a uma proporção. Então, multiplica-se por 100 para obtenção de um valor porcentual. Este método foi proposto por Fournier (1974).

$$\% \text{ de Fournier} = \frac{\sum \text{Fournier}}{4 \cdot N} \cdot 100$$

Onde: \sum Fournier corresponde aos valores de intensidade observados semanalmente para a espécie; e N é o número de indivíduos observados da espécie.

Tabela 2. Descrição da intensidade de Fournier

Escala de Fournier	
Categorias	Descrição
0	Ausência de fenofase
1	Presença de fenofase com magnitude entre 1% e 25%
2	Presença de fenofase com magnitude entre 26% e 50%
3	Presença de fenofase com magnitude entre 51% e 75%
4	Presença de fenofase com magnitude entre 76% e 100%

Fonte: Fournier (1974).

2.6.2 Índice de atividade

O índice de atividade foi descrito por Bencke e Morellato (2002) e consiste em um método simples, que considera apenas a presença ou ausência das fenofases. Este método de avaliação tem caráter qualitativo em relação ao número de indivíduos que apresentam seu potencial fenológico. No entanto, passa a adquirir um caráter quantitativo, indicando a porcentagem de indivíduos dentro da população que estão manifestando determinado evento fisiológico.

2.6.3 Índice de sincronia

A partir dos dados obtidos na intensidade, foi possível classificar a frequência de cada fenofase através do índice de sincronia para floração e frutificação descrito por Newstrom et al. (1994).

- (1) Contínuo (presença da fenofase ao longo do ano, mas pode haver alguns intervalos curtos com ausência);
- (2) Subanual (presença de mais de um ciclo da fenofase durante o ano);
- (3) Anual (ciclo em que a fenofase ocorre durante alguns meses seguidos, por um período com sua ausência);
- (4) Supra-anual (a fenofase ocorre em intervalos superiores a um ano).

O índice de sincronia da população (Z) estima a sobreposição no período de floração ou frutificação entre indivíduos da mesma espécie e é definido, segundo como Augspurger (1983), pela seguinte fórmula:

$$Z = \frac{\sum x_i}{N}$$

Onde: = Índice de sincronia para o indivíduo i

N = número de indivíduos na população

Quando $Z = 0$, indica que não há sincronia ou que não há sobreposição no período de floração/frutificação entre todos os indivíduos na população.

Quando $Z = 1$, indica perfeita sincronia ou que o período de floração/frutificação de todos os indivíduos da população ocorre na mesma época do ano.

2.7 Avaliações climáticas

2.7.1 Precipitação

Foi adotado um posto pluviométrico na localidade e, em seguida, verificou-se o comportamento dos dados utilizando alguns parâmetros da estatística descritiva. Assim, foi feito o levantamento pluviométrico mensal de uma série de dados, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) durante o período de avaliação do experimento.

2.7.2 Temperatura

Os valores de temperaturas foram obtidos por meio do banco de dados meteorológicos do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, através da coleta no banco de dados mensal que abriga dados meteorológicos diários em forma digital de séries históricas.

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos para o índice de atividade foram obtidos através das avaliações semanais referentes às plantas de moringa, expressando as diferentes fenofases em função das doses de esterco. Foi realizada a contagem do número de indivíduos nas fenofases, levando-se em consideração apenas a presença ou a ausência das fenofases. Em seguida, os dados foram submetidos à análise descritiva através do @Excel versão 2010 para a comparação dos tratamentos e representados por gráficos.

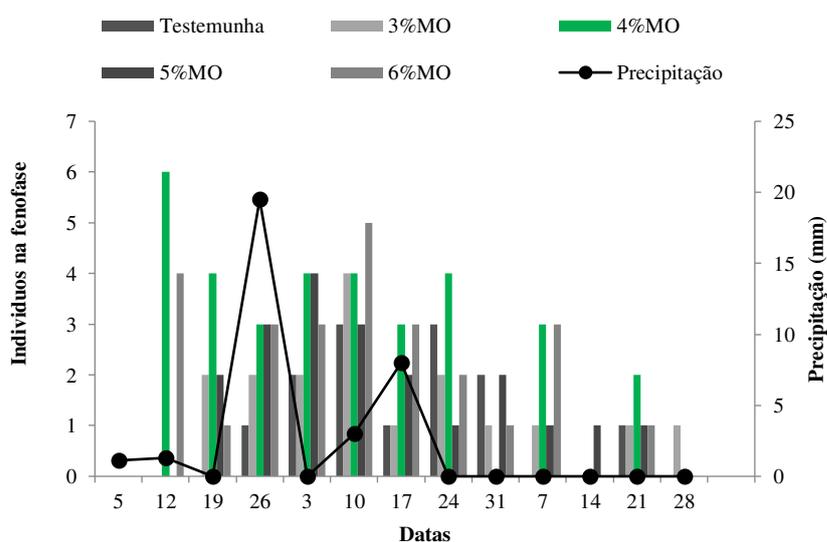
Para as variáveis climáticas, os valores obtidos no banco de dados meteorológicos, durante o período de avaliação mensal, foram submetidos à análise descritiva no programa @Excel versão 2010 representados por gráfico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de floração da população analisada teve início em abril e foi até julho de 2019, prologando-se por quatro meses, compreendendo os estágios botões florais presentes, árvores totalmente floridas e fim de floração.

Ao observar o número de indivíduos em função dos tratamentos, observa-se, na figura 3, que as plantas de moringa submetidas ao tratamento 1 sem esterco não apresentaram botões no início da floração. Somente a partir da terceira semana foi vista a presença de 1 indivíduo no tratamento 1. Ao longo das avaliações, foi observado um aumento lento e gradativo das plantas em que não foi aplicado esterco durante essa fenofase. As plantas oriundas do tratamento 2 (3%MO) apresentaram botões florais na segunda semana após o início das avaliações e foi intensificando ao longo das avaliações.

Figura 3. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase botões florais presentes, em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.



Já as plantas submetidas aos tratamentos 3 (4%MO) e 5 (6%MO) na primeira avaliação apresentaram maior número de plantas no estágio botões florais presentes, destacando o tratamento 3 (4%MO) em que se obteve o maior número de plantas nesse estágio durante todas

as avaliações. Para as plantas provenientes do tratamento 4 (5%MO), a presença de botões florais ocorreu a partir da segunda avaliação, aumentando de forma contínua ao longo do tempo.

Fernandes et al. (2013), em seu estudo sobre fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com diferentes fontes de adubação, constataram baixa ocorrência de inflorescência para plantas submetidas à adubação mineral. Os referidos autores afirmaram também que as maiores ocorrências de botões florais foram obtidas em virtude da adubação orgânica. As fontes utilizadas foram composto orgânico e esterco de curral.

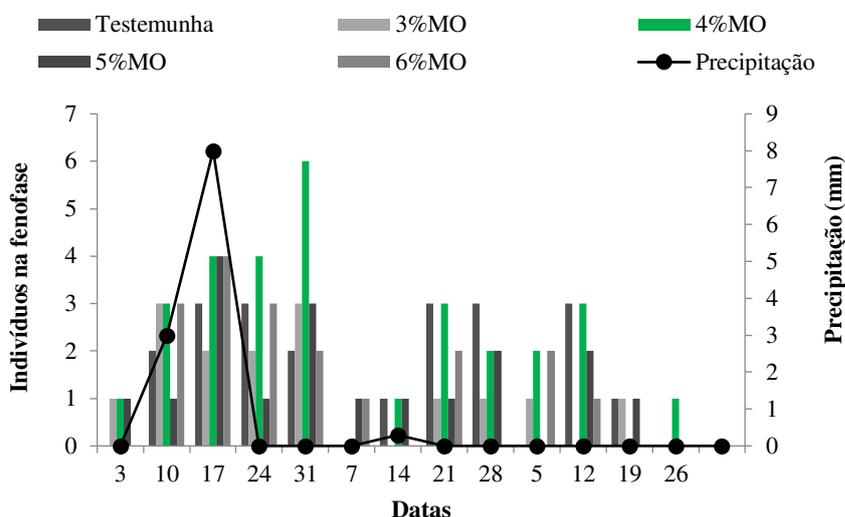
Verifica-se, na figura 3, que a presença de botões florais teve maior ocorrência nos intervalos de maior pluviosidade, demonstrando, dessa forma, que tais ocorrências estão correlacionadas com a precipitação, levando em consideração as condições climáticas da região, onde a estação chuvosa se concentra em um curto período do ano, o que proporciona às comunidades vegetais a capacidade de adaptação e sincronismo com a disponibilidade hídrica local.

Souza et al. (2014), em seu estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Rio Grande do Norte, constataram uma maior floração para plantas de catingueira (*Poincianella pyramidalis* [Tul.] L.P.Queiroz) apresentou correlação positiva entre a floração e as variáveis precipitação e umidade relativa do ar. Outros estudos corroboram com os nossos resultados, como os encontrados por Lima et al. (2018) trabalhando com fenologia de *Poincianella pyramidalis* [Tul.] em função da precipitação no semiárido, onde os autores verificaram que a precipitação favoreceu a produção de botões florais.

Em relação aos indivíduos que apresentaram árvores floridas, verifica-se, na figura 4, que, na primeira avaliação no tratamento 1 (sem esterco bovino), não apresentou árvores floridas, só a partir da segunda avaliação que foram constatados indivíduos nesta fenofase. Já as plantas submetidas ao tratamento 2 (3%MO) apresentaram árvores floridas a partir da primeira semana de observação. No início das avaliações, observou-se que o T2 (3%MO) e T3 (4%MO) são equivalentes em relação ao número de indivíduos expressando essa fenofase.

As plantas de moringa oriundas do tratamento 3 (4%MO) foram iguais ao T2 (3%MO), T4 (5%MO) e T5 (6%MO) no início das observações. A partir da quarta avaliação, as plantas submetidas à dose de 4% de esterco foram superiores aos demais tratamentos, em virtude da maior rapidez na emissão de botões florais na fenofase anterior, o que condiciona vantagens em relação ao tempo de ocorrência das fases posteriores.

Figura 4. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase árvores floridas, em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.



As plantas provenientes dos tratamentos 4 (5%MO) e 5 (6%MO) exibiram árvores floridas no início das avaliações com maior número de indivíduos na segunda e terceira semanas. Ao longo das avaliações, verificou-se uma estabilidade na expressão da fenofase das plantas que receberam adubação com esterco bovino.

Fernandes et al. (2013), ao estudarem a fenologia e adubação em pinhão-manso, constataram aumento do número de inflorescências no segundo ciclo de cultivo para as plantas que receberam composto orgânico e esterco bovino. Os autores relataram também que esse resultado era esperado em função da mineralização gradual da matéria orgânica.

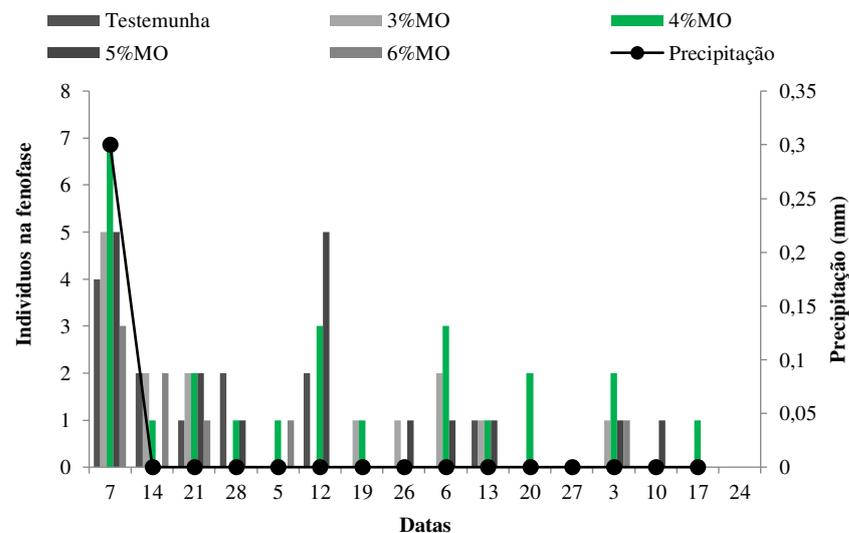
A floração ocorreu predominantemente no período de maior precipitação (Figura 2), demonstrando que, neste intervalo de precipitação, as árvores estavam floridas para todos os tratamentos observados.

De acordo com Andrade et al. (2006), as chuvas no bioma caatinga induzem a atividade fisiológica de crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo Borchert et al. (2005), em florestas tropicais secas, a distribuição das chuvas está relacionada com a floração, e o período de floração varia anualmente em função da sazonalidade de precipitação.

Em relação ao fim da floração (Figura 5) de plantas de moringa, constatou-se que as plantas submetidas às diferentes doses de esterco que emitiram mais rápido os botões florais foram aquelas que terminaram mais cedo o período de floração, dando destaque para as plantas provenientes do tratamento 3 (4%MO) que apresentou maior número de indivíduos com

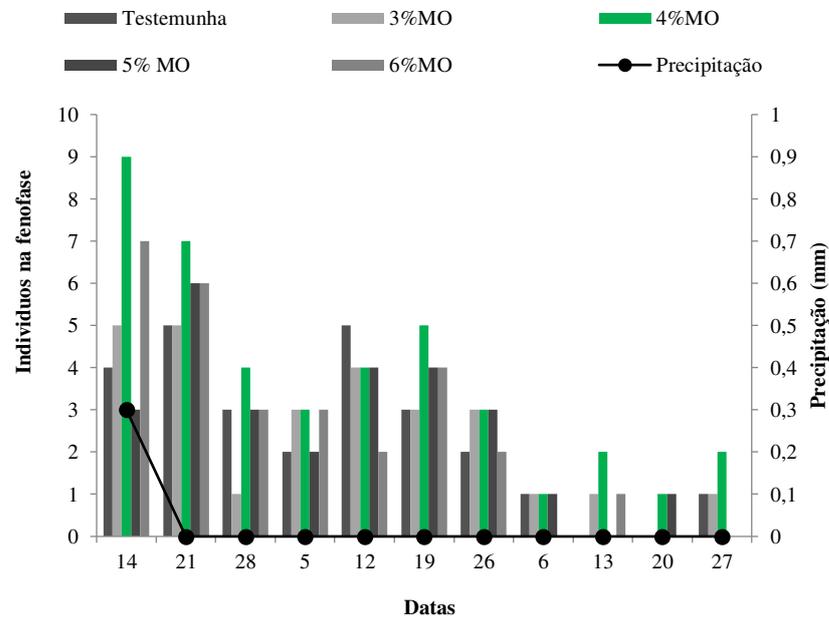
floração terminada. Já as plantas oriundas do tratamento 2 (3%MO) indicaram o segundo melhor tratamento. Observa-se pouca influência da precipitação nessa fase em virtude do auxílio nos períodos, já que o período de precipitação da região em estudo estava chegando ao fim.

Figura 5. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase fim de floração, em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.



O período de frutificação teve início no mês de julho de 2019, caracterizado como a presença de frutos novos nas plantas (Figura 6) em função do rápido florescimento nos estágios anteriores. As plantas submetidas à dose de 4% de esterco apresentaram maior número de indivíduos com frutos novos presentes ao longo das avaliações. Observou-se também que o período de precipitação estava chegando ao fim, o que, de certa maneira, influenciou no número de indivíduo nesta fenofase, já que altas temperaturas e baixos índices pluviométricos aceleram o processo de maturação dos frutos, promovendo a diminuição da qualidade das sementes (CÂMARA, 1998).

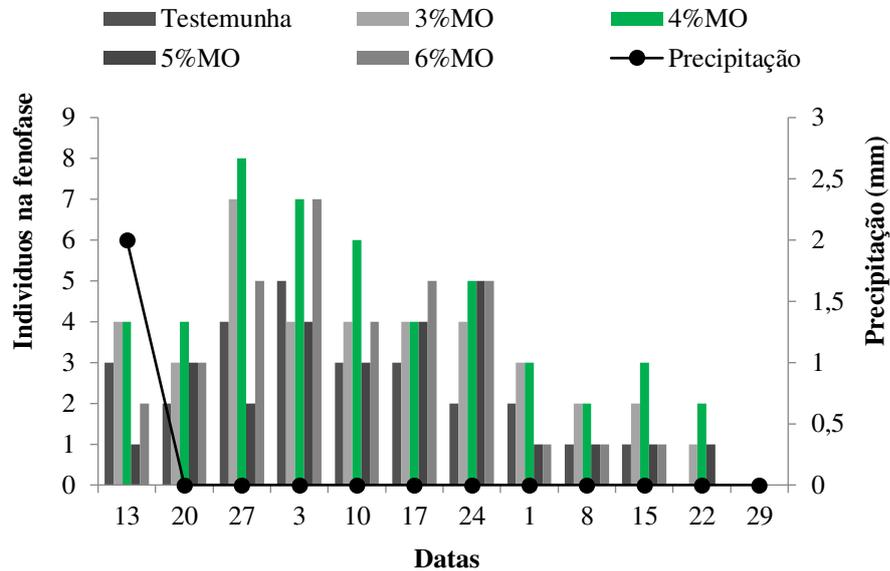
Figura 6. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, frutos novos presentes em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.



O tempo médio de amadurecimento dos frutos foi de três meses após a floração, ressaltando que esse tempo de amadurecimento pode ser influenciado pelo manejo da cultura e condições climáticas.

Observa-se, na figura 7 que, durante a maturação dos frutos, houve ausência de chuvas, o que é positivo, já que precipitações nesta fase de maturação poderiam comprometer a sanidade dos frutos devido à incidência de fungos patogênicos em função da umidade nas cápsulas. Nota-se que as plantas provenientes dos tratamentos 2 (3%MO) e 3 (4%MO) apresentaram maturação fisiológica mais rápida quando comparadas aos demais tratamentos em função do rápido desenvolvimento das fenofases anteriores.

Figura 7. Índice de atividade de plantas de moringa expressando fenofase, frutos maduros presentes em função de diferentes doses de esterco e precipitação, registradas semanalmente. São José do Bonfim-PB, 2020.



Em relação ao índice de sincronia, a floração de moringa deve ser considerada anual pelo fato de a planta apresentar período de floração em determinados meses do ano, em especial na estação chuvosa. De acordo com Cáceres et al. (1991), as plantas de moringa condicionadas a índices pluviométricos maiores que 600 mm por ano as árvores estão sempre floridas; em situação adversa, a planta só reproduz no período de maior precipitação.

No presente estudo, verificou-se que a população de plantas de moringa apresentou índice de sincronia ($Z = 0,716$) para o período de floração, demonstrando sincronia positiva entre a população, considerando a floração como anual. A frutificação pode ser considerada anual em função das condições de cultivo e fatores climáticos da região de estudo. O índice de sincronia ($Z=0,524$) para o período de frutificação coincide com a estação seca, o que gera uma irregularidade na frequência de frutificação. Quanto mais próximos de 1 o valor de Z , maior é a sincronia entre os eventos fenológicos.

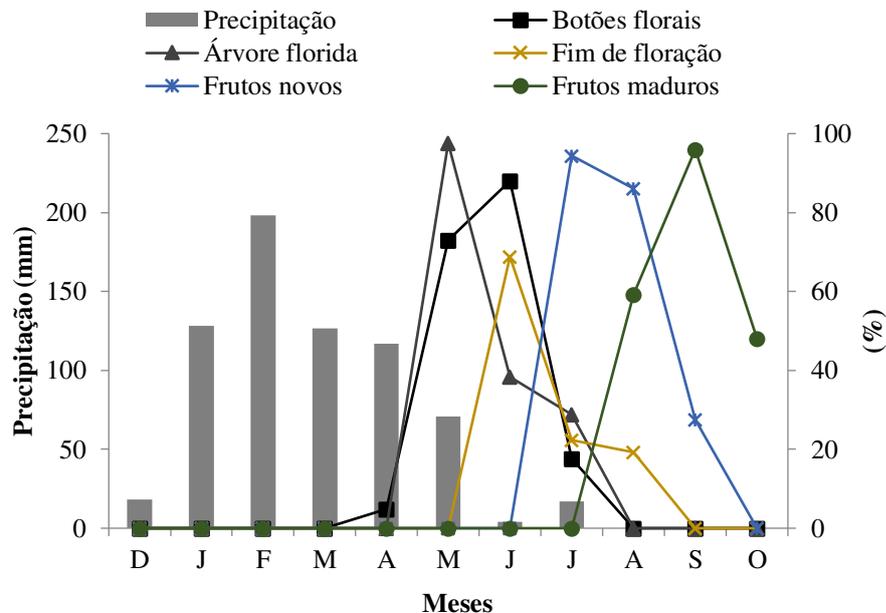
Com relação à porcentagem de Fournier para botões florais, verifica-se, na figura 6, que independentemente do manejo a que as plantas foram submetidas o início da floração representado pela fenofase (botões florais), iniciou em abril onde 4,8 % a partir deste momento os indivíduos começaram a emitir botões florais, em maio correspondeu a 73%. O mês de julho 88% sendo considerado o mês com maior emissão de botões florais de moringa, essa fenofase prologou-se até julho 22,4%.

Em relação à fenofase árvores floridas, (Figura 8) constatou-se que no mês de maio ocorreu maior número de plantas de moringa floridas, correspondendo a 97,6% em junho e 38,4% e 28,8% em julho, respectivamente.

O fim da floração ocorreu em junho, correspondendo ao mês em que os maiores números de indivíduos apresentavam-se com flores fecundadas e com grande número de pétalas no chão com o equivalente 68,8%. Nos meses seguintes, foi verificado o fim da floração gradativamente, sendo que em julho foi de 22,4% e em agosto, de 19,2%. Esse prolongamento no fim da floração está relacionado em decorrência das fenofases anteriores (Figura 6).

O período de floração obtido neste estudo deve-se à influência da precipitação nos meses anteriores, suprindo, assim, a necessidade hídrica da cultura. Durante todo período de floração observou-se também precipitação nos meses de abril, maio, junho e julho, proporcionando, dessa forma, condições favoráveis para a floração da moringa. As plantas arbóreas têm um sistema radicular profundo que favorece a absorção de água em maiores profundidades no solo (TAIZ; ZEIGER, 2013). Neste caso, em se tratando de moringa, além do sistema radicular profundo, a raiz principal apresenta uma raiz tuberosa que proporciona um maior armazenamento de água como mecanismo de defesa da espécie ao estresse hídrico.

Figura 8. Porcentual de intensidade de Fournier, para fenologia reprodutiva de moringa e precipitação mensal. São José do Bonfim-PB, 2020.



Pirani et al. (2009), ao estudarem a fenologia de uma comunidade arbórea no cerrado do Mato Grosso, constataram que a floração ocorre nos meses de maior estresse hídrico. Já Ferreira et al (2017) verificaram que a fenologia de espécies arbóreas nativas do Rio Grande do Sul não apresentou correlação significativa entre a precipitação pluviométrica e as fenofases. Pereira e Tonini (2012) encontraram resultados diferentes ao estudar fenologia da andiroba em Roraima, onde os autores relatam correlação negativa com a precipitação.

Outros estudos corroboram com os resultados encontrados como o de Amorim et al (2009) em seu estudo na caatinga nordestina. Os autores constataram que a floração e frutificação ocorrem na época da chuva. Morellato (2000) para as matas ciliares do rio Tibagi no Paraná e Funch, Funch e Barroso (2002) na Chapada Diamantina, Bahia observaram maior floração na estação chuvosas para as distintas espécies.

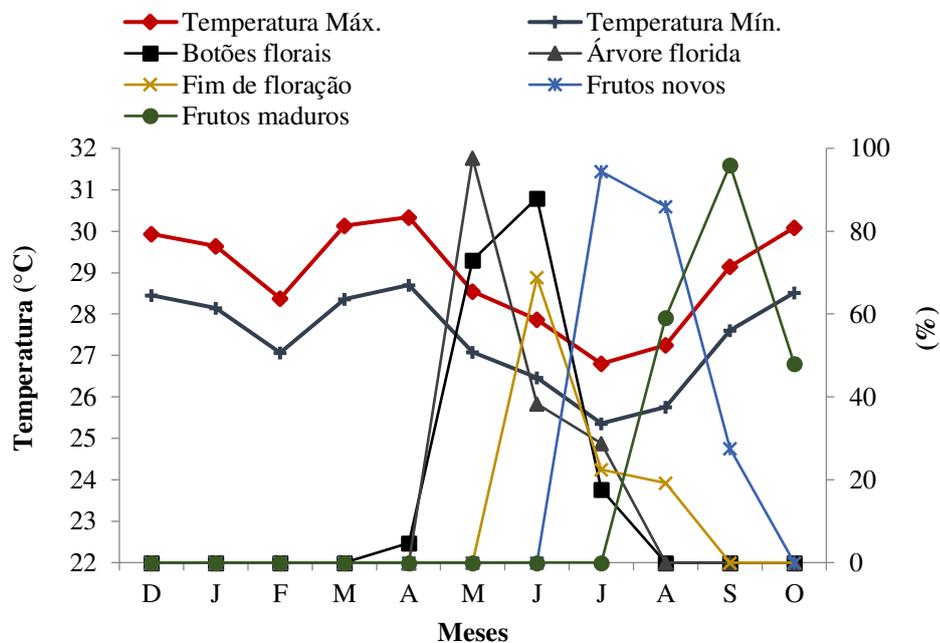
O início da frutificação ocorreu no mês de julho, onde árvores com frutos novos correspondiam a 94,4% sendo o período com maior número de frutos, no mês de agosto 88% e setembro 27,5%. Verifica-se, na figura 6, que a presença de frutos novos ocorreu no período final da precipitação. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Amorim et al (2009) em relação à frutificação que ocorreu na época de chuvas. Machado et al. (2013), ao estudarem fenologia da frutificação de espécies vegetais nativas no arquipélago de Fernando de Noronha, PE, verificaram que no maior grupo de plantas, ou seja, 74%, a frequência de frutificação ocorreu na época de chuvas referentes a janeiro e a julho.

A colheita dos frutos secos iniciou-se no mês de agosto, sendo que 59,2% das árvores apresentavam frutos em ponto de maturação. No mês de setembro, foram obtidos os maiores valores de colheita de frutos secos, o equivalente a 96%; já em outubro, a presença de indivíduos com frutos secos foi de 48%. A maturação dos frutos ocorreu na estação seca do ano e, na Figura 6, podemos observar ausência de chuvas de agosto a outubro.

Lenza e Klink (2006) observaram que o comportamento fenológico de espécies lenhosas no serrado em Brasília, isto é, a maturação dos frutos ocorre na estação seca para espécies com dispersão autocórica anemocórica; já para as espécies zoocórica a dispersão das sementes ocorre no período chuvoso. Esse resultado corrobora aos encontrados neste estudo, já que a maturação da moringa ocorreu na estação seca, levando em consideração que o fruto é do tipo cápsula loculicida, com três fendas longitudinais e suas as sementes apresentam cobertas de concha trilobadas que facilitam sua dispersão anemocórica (LORENZI e MATOS, 2002; RAMOS et al., 2010).

Em relação à temperatura do ar, verificou-se, na figura 9, que as maiores temperaturas médias mensais ocorreram em março e abril com 30,1°C e 30,3 °C e temperaturas mínimas de 28,3°C e 28,7°C, período que antecedia o início da floração de moringa marcado pela presença de botões florais presentes em abril. A partir do mês de maio, verificou-se um decréscimo para a temperatura que se estendeu até agosto, com máximas de 28,5, 27,8 26,8 e 27,5 °C e mínimas 27,8, 26,4, 25,3 e 25,7°C, respectivamente. No mês de maio, ocorreu maior percentual de indivíduos com botões florais 73% e árvores floridas de 97%. Verifica-se que a diminuição da temperatura foi favorável para o florescimento satisfatório da cultura

Figura 9. Porcentual de intensidade de Fournier, para fenologia reprodutiva de moringa e temperatura média máxima e mínima mensal. São José do Bonfim-PB, 2020.



O fim da floração ocorreu em junho com 68,8 %, julho 22,4% e agosto 19,2%. Observando os valores da figura 6 referentes à precipitação mensal, constatamos que, a partir de agosto, inicia-se a estação seca na região, o que resultou no aumento da temperatura a partir do mês de setembro com máxima de 29,1°C.

Ferrera et al. (2017), ao avaliarem a fenologia de espécies nativas no Rio Grande do Sul, verificaram que entre as variáveis climáticas estudadas apenas a temperatura apresentou relação com a fenofase botão floral. Gomes, Pinheiro e Lima (2008), ao analisarem a fenologia reprodutiva de quatro espécies de Sapotaceae na restinga de Maricá, RJ, verificaram correlação negativa para três espécies isoladas entre a fenofase floração e temperatura.

A frutificação iniciou-se em julho com a presença de frutos novos para 94,4% dos indivíduos e estendeu-se até setembro. Já a maturação dos frutos teve início em agosto e se estendeu até outubro, com temperatura máxima de 27,2°C setembro 29,1°C e outubro 30°C, caracterizados meses de altas temperaturas. Souza et al. (2012) relatam que a fenologia reprodutiva do maracujazeiro-azedo apresentou correlação positiva com a temperatura para o amadurecimento dos frutos. Os autores afirmam que a temperatura exerceu influência sobre a fenofase da espécie estudada. Os resultados encontrados por Sousa et al. (2012) assemelham-se aos encontrados neste estudo. Entretanto, é possível ver a sazonalidade para as diferentes espécies conforme a estação e região geográfica.

Em relação ao tempo de duração das fenofases de moringa, observa-se, na tabela 3, que da semente até a emergência de plantas leva em torno de oito dias, em condições de campo ressaltando que o tempo de emergência pode variar conforme o manejo empregado. O tempo relativo da emergência até a floração é de 120 dias, período em que ocorre o surgimento dos botões florais. O período do surgimento dos botões florais até presença de frutos novos levou em torno de 60 dias. O tempo de frutificação até a maturação foi 100 dias.

De acordo com Negi (1977), os frutos da moringa demoram cerca de três meses para atingir a maturação. Para Ramachandran, Peter e Gopalakrishnan (1980), a produção de frutos da moringa pode levar em torno de 6 a 8 meses. Os resultados obtidos nesta pesquisa assemelham-se com estudos anteriores; o período da emergência até a maturação dos frutos foi de 8 meses.

Nota-se ainda, na figura 8, que o maior percentual de frutos novos se deu no mês de julho/2019. Neste mês, a precipitação na área experimental foi de 16,8 mm, as plantas já estavam com sete meses após a semente. A partir deste mês, não ocorreram chuvas na área. Como afirmado anteriormente, se houver água no solo, a moringa florescerá e frutificará o ano inteiro, mostrando, dessa forma, o potencial dessa espécie para ser explorado no semiárido brasileiro.

Tabela 3. Duração das diferentes fases de desenvolvimento de moringa em campo. São José do Bonfim-PB, 2020.

Etapas	Duração
Semeadura à emergência	 8 dias
Emergência a floração	 8- 120 dias
Floração à frutificação	 120-180 dias
Frutificação a maturação	 180-280 dias
Ciclo completo	280 dias

Fonte: Silva, 2020

Dos 250 indivíduos avaliados na área experimental, 128 (51,2%) floresceram, frutificaram e completaram seu ciclo no período de 280 dias. Já 122 indivíduos (48,8%) não floresceram durante o período de avaliação permanecendo no estágio vegetativo.

Para Lang et al. (1987), o termo dormência é a suspensão do crescimento de qualquer órgão que contenha meristemas. Os mesmos autores definiram três pontos de controle de dormência: 1) ecodormência (regulamentada por fatores ambientais), (2) paradormência, (regulada por fatores fisiológicos como: dominância apical), e (3) endodormência (regulada por fisiológicos fatores dentro da estrutura afetada).

A definição de Lang et al (1987) pode esclarecer o fato de 122 indivíduos permanecerem em estágio vegetativo durante as avaliações. Foi observado que as plantas que não floresceram permaneceram crescendo em altura e com bastante número de folhas na copa. Devido a esse comportamento, acredita-se que esses indivíduos entraram no estado de dormência definido como paradormência, e os fatores fisiológicos internos como a dominância apical exercem efeito sobre o desenvolvimento do vegetal, proporcionando um estágio de repouso vegetativo.

4 CONCLUSÕES

As fontes de adubação 3% e 4% propiciaram os melhores resultados para os aspectos fenológicos, destacando-se a dose de 4% de esterco bovino.

A floração de moringa deve ser considerada anual pelo fato de a planta apresentar período de floração em determinados meses do ano, em especial na estação chuvosa.

Independentemente das fontes de adubação, a fenologia reprodutiva apresentou relação com a precipitação e temperatura do ar.

O período de floração foi de 60 dias, a maturação fisiológica teve duração de 100 dias, o tempo entre a emergência e produção foi de 8 meses.

5 REFERÊNCIA

AGBOGIDI, O.; ILONDU, E. *Moringa oleifera* Lam.: its potentials as a food security and rural medicinal item. **Journal Bio Innovation**, v. 1, p. 156–167, 2012.

ANDRADE, A. P. et al. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos pulsos de precipitação. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 43. 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ; UFPB, 2006. p. 138-155.

AMORIM, I. L. et al. Fenologia de Espécies Lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p.711–728, 2014.

AUGSPURGER, C.K. Phenology, flowering synchrony and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica**, v. 15, p.257-267, 1983.

BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25:237-248. **Revista Brasil. Bot.**, v.25, n.2, p.237-248, 2002.

BAKKE, I.A.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; BAKKE, O.A. Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera* Lam) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte. **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 113-114, 2010.

BORCHERT, R. et al. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. **Nature**, v.433, p.627-629, 2005.

CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura 1998. p. 26-39.

CÁCERES, A. et al. Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 33, p. 213-216, 1991.

CARMO, M.R.B.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. In: **Matas Ciliares: conservação e recuperação** (RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. eds.) Edusp, São Paulo, 2000. p. 125-141.

DUKE, J. A. Moringaceae: Horseradish-tree, Drumstick-tree, Sohnja, Moringa, Murunga-kai, Mulungay. In: BENGE, M. D. (Ed.) **Moringa a Multipurpose Tree that Purifies Water**, Boston, Science and Technology for Environment and Natural Resources, 1987. p.19-28

FERRERA T.S. et al. Fenologia de espécies nativas arbóreas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 753-766, 2017.

DALLACORT, R. et al. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 373-379, 2010.

FERNANDES, J. D. et al. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p.339-346, 2013.

FUNCH, L. S.; FUNCH, R.; BARROSO, G. M. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica**, v. 34, n.2, p. 40-50, 2002.

FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v.24, n.2, p.422-423. 1974.

FOURNIER, L.A.; CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los arboles tropicales. **Turrialba** v.25, n.1, p.45-48,1975.

GOMES, R.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A. Fenologia reprodutiva de quatro espécies de Sapotaceae na restinga de Maricá, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 4, p.679-687, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA INMET. Climas, Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>. > Acesso em 18 de novembro de 2019.

IQBAL, S.; BHANGER, M.I. Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n.4, p.544–551, 2006.

LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasil. Bot.**, v.29, n.4, p.627-638, 2006.

LANG, G. A. et al. Dormancy: toward a reduced universal terminology. **Hortscience**, v. 20, n.2, p. 809- 812, 1985.

LANG, G. A. et al. Endodormancy, paradormancy: and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **Hortscience**, v. 22, n.3, p. 371- 178, 1987.

LANG, W., et al. A new process-based model for predicting autumn phenology: how is leaf senescence controlled by photoperiod and temperature coupling? **Agric. Forest.**, v. 268, n. 4, p. 124–135, 2019.

LIMA, C. R. de et al. Fenologia de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. queiroz e sua relação com a distribuição temporal da precipitação pluvial no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 3, p.1035-1048, 2018.

LORENZI, H., MATOS, F.J. **Plantas medicinais no Brasil** – nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002, p. 346-347.

MACHADO, M. S. et al. Fenologia da frutificação de espécies vegetais nativas e a restauração florestal no arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n. 3, p.473-483, 2013.

MORELLATO, L. P. C. et al. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

NEGI, S.S. Fodder trees of Himachel Pradesh. **Indian Forester**, v. 103, n.9, p. 616–622, 1977.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G.; COLWELL, R.K. 1994b. Diversity of long-term flowering patterns. **In:** La Selva: Ecology and natural history of a neotropical rain forest (L.A. McDade, K.S. Bawa, H.A. Hespeneide & G.S. Harstshorn, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.142-160.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. de et al. Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Verde**, v. 4, n. 1, p.125-134, 2009.

OYEYINKA, ADEWUMI T.; OYEYINKA, SAMSON A. *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. **Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 1, p.127-136, 2018.

- PEREIRA, N. R. M.; TONINI H. Fenologia da andiroba (*carapa guianensis*, aubl, meliaceae) no Sul do estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 47-58, 2012.
- PIRANI, F. R. et al. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 23, n. 4, p. 1096-1109, 2009.
- RAMOS, L.M.; COSTA, R.S.; MÔRO, F.V.; SILVA, R.C. Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Comunicata Scientiae**, v. 1, n.2, p. 156-160, 2010.
- RAMACHANDRAN, C.; PETER, K.V.; GOPALAKRISHNAN, P. K. Drumstick (*Moringa oleifera*) a multipurpose Indian vegetable. **Economic Botany**, v. 34, n.3, p. 276–283,1980.
- RICHARDSON, A. D. et al. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. **Agric. Forest.**, v. 169, n. 4, p.156–173, 2013.
- SCHWARTZ, M. D.(Ed). **Phenology: an integrative environmental science**. Kluwer, Dodrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishes: 2003. 564p.
- SOUTO, J. S.; SOUSA, A. A. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam.** 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p. 37-52.
- SOUTO, P.C.; MAIOR JÚNIOR, S.G.S. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam.** 4. ed. Sergipe: UFS, 2018. p.15-32.
- SOUZA, D. N. N. et al. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, p.31-42, 2014.
- SOUZA, S. A. M. et al. Fenologia reprodutiva do maracujazeiro-azedo no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p.1774-1780, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 4. ed. 820p.
- WU, C. et al. Interannual and spatial impacts of phenological transitions, growing season length, and spring and autumn temperatures on carbon sequestration: a North America flux data synthesis. **Global. Planet**, v.92, n.1, p. 179–190, 2012.
- ZENG, Z. et al. Climate mitigation from vegetation biophysical feedbacks during the past three decades. **Nat. Clim.**, v.7, n.4, p. 432–436, 2017.