



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**VARIAÇÃO TEMPORAL DE ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DA
Moringa oleifera Lam. CULTIVADA EM ÁREA DEGRADADA**

CAMILLA ALVES BARBOSA

PETROLINA - PE

2017

CAMILLA ALVES BARBOSA

**VARIAÇÃO TEMPORAL DE ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DA
Moringa oleifera Lam. CULTIVADA EM ÁREA DEGRADADA.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção
de título de Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA - PE
2017**

B238

Barbosa, Camilla Alves.

Variação temporal de aspectos morfofisiológicos da *Moringa oleifera* Lam. Cultivada em área degradada / Camilla Alves Barbosa. - 2017.

53 f.: il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2017.

Bibliografia: f. 50-53.

1. Fisiologia vegetal. 2. Moringa. 3. Área degradada. I. Título.

CDD 571.2

CAMILLA ALVES BARBOSA

**VARIAÇÃO TEMPORAL DE ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DA
Moringa oleifera Lam. CULTIVADA EM ÁREA DEGRADADA.**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF
SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural, exigido
para a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: ____ de _____ de ____.

Marijke Natalia Daamen
Mestre - UNEB

Patrícia Pereira Alves
Especialista – IF SERTÃO

Ana Rita Leandro dos Santos
Mestre – IF SERTÃO

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso, foi realizado em Petrolina-PE, entre os meses de maio a setembro de 2016. Tem como objetivo averiguar comportamento da *Moringa oleifera* Lam. em solo de área degradada da Caatinga quanto ao crescimento inicial e caracterização estomática. Foram escolhidas 20% do total de plantas presentes na área, sendo representativas de um total de 103 plantas de moringa. O plantio está localizado em área experimental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Os parâmetros analisados foram: medidas biométricas (altura, diâmetro e quantidade de ramificações), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de peso foliar (RPF), caracterização dos estômatos e índice de clorofila (ICF). Obteve-se como resultado através de análise microscópica a identificação de folhas hipoestomáticas com estômatos anomacíticos. Através das análises biométricas observou-se um incremento gradual satisfatório tanto em crescimento vertical quanto em diâmetro. Determinou-se o valor da TCR em $0,098 \text{ g.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ em plantas pequenas e $0,047 \text{ g.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ em plantas grandes, em relação a quantidade de clorofila durante um período de 42 dias, intervalo de coleta entre os dias após semeadura, que variaram entre 31,95 e 32,05 clorofilas a e entre 7,75 e 6,40 clorofilas b, não demonstraram alterações significativas durante o período de observação. Os valores da RPF foram 0,36 e 0,40, estes não demonstraram diferenças significativas num intervalo de tempo de duas semanas. As plantas deste presente estudo apresentaram boa evolução em área degradada, mesmo sendo cultivada em um solo raso, alto grau de compactação, com baixos níveis de nutrientes e água em parcimônia, a mesma conseguiu se estabelecer.

Palavras-chave: Estresse hídrico, estômatos, crescimento, clorofilas.

Dedico este trabalho a minha mãe Marinalva Alves Neta Barbosa, aos meus irmãos Lucas Alves (*in memórian*) e Vanille Alves e a meu namorado Saulo Reis. Como também a Dona Zilda (*in memória*), Seu Ênio, Joane, Fernanda, meus padrinhos Luciano e Cida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Deus, pelas graças alcançadas e de como tem conduzido a minha vida.

A minha inspiradora orientadora Ana Rita Leandro, que me auxiliou fundamentando e concretizando essa pesquisa.

A minha mãe, Marinalva Alves, minha âncora que me mantém firme com suas palavras de perseverança para seguir com meus objetivos. E aos meus irmãos Lucas Alves (*in memória*) e Vanille Alves por acreditarem no meu potencial, como também a minha tia Blandineide que se mostrou presente em muitos momentos da minha vida acadêmica me dando subsídio quando eu estava longe de casa.

Ao professor e amigo Silver Jonas Alves Farfan, pelo apoio, paciência, dedicação e sabedoria que compartilhou comigo durante minha trajetória acadêmica.

Ao IF Sertão PE, ao Centro Vocacional Tecnológico de Agroecologia Sertão Pernambucano (CVT) por disponibilizar o espaço e os insumos para a realização do experimento. Em especial aos colaboradores do CVT como Lucas Araújo, João Batista Bagagem, João Rafael Moura, Luisa Bittencourt, Marcos Xavier entre muitos outros que foram peças fundamentais para a implantação e resultados deste trabalho.

A Vinícius Ferreira pelo serviço voluntário prestado, mesmo aos fins de semana. E em especial a Ronaldo Pereira, que me apresentou à moringa e me fez querer conhecer mais sobre essa cultura.

Agradeço a todas as pessoas e as instituições que, de alguma forma, contribuíram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos com quem tive o prazer de compartilhar momentos inesquecíveis: Dejaina Santos, Durval Júnior, Félix Honório, Jéssica Danielle, Ana Letícia, Pabiane, Ariane Costa, Cassia Laliane, Amanda Mariane pelo apoio, carinho e paciência. E ao meu anjo Saulo Reis pelo amor, pelo companheirismo e paciência nos meus momentos mais atordoados.

Aos meus amigos da turma AG01 e AG02, pelos momentos compartilhados.

Se não podemos compreender o mínimo de uma flor ou de um inseto, como poderemos compreender o máximo do universo (Marquês de Maricá).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Planta de moringa adulta, localizada no IF Sertão -PE e suas diferentes partes.....	23
Figura 2: Croqui da área representando a localização das plantas de <i>Moringa oleifera</i> Lam., na área do experimento. A letra M representa as moringas e as letras M em vermelho representa a amostra de 20% escolhida como representativas.....	26
Figura 3: Área degradada do IF SERTÃO-PE.....	27
Figura 4: Localização espacial da área degradada do IF Sertão-PE, com delimitação da área mais afetada próximo ao experimento.....	27
Figura 5: Preparo do solo com subsolador nas linhas para cultivo.....	28
Figura 6: Etapas para coleta de moldes da epiderme para visualização de estômatos em que a foto 1 corresponde ao uso do esmalte para formar a película. A foto 2 se refere ao uso da fita adesiva e a foto 3 ao preparo da lâmina.....	30
Figura 7: Lâminas com películas retiradas de diferentes folíolos em locais distintos da planta.	30
Figura 8: Medição da clorofila a e b com uso do clorofilômetro.	31
Figura 9: Mensuração de medidas biométricas: altura (foto A) e diâmetro do caule (foto B).....	32
Figura 10: Visualização em microscopia óptica com aumento de 40 vezes, de estômatos de planta sem restrição hídrica.	33
Figura 11: Visualização de estômatos em planta com restrição hídrica.	34
Figura 12: Etapas da pesagem da massa fresco das plantas de moringa. Em que: a foto PC é a pesagem da parte aérea, a foto C são os caule e ramificações após a retirada dos folíolos e a foto F a pesagem das folhas.	35
Figura 13: Etapas do processo para análise de compactação do solo próximo a plantas de moringa. Foto 1: Posicionamento do cano-guia e do cilindro de ferro maciço, Foto	

2: Penetração do estilete ao solo e Foto 3: Mensuração de quanto o estilete penetrou ao solo.	36
Figura 14: Desenvolvimento do caule e das raízes na fase inicial da moringa.	37
Figura 15: Imagem das raízes da <i>Moringa oleífera</i> Lam., na mesma fase fenológica em que: A foto PP se refere a raiz de uma planta considerada pequena e a foto PG a uma raiz de uma planta considerada grande.	40
Figura 16: Visualizações microscópicas das lâminas foliares da moringa, em que a foto CEH representa lâminas de plantas submetidas a estresse hídrico e SEH de plantas sem estresse hídrico.	41
Figura 17: Imagens microscópicas da lâmina foliar abaxial da <i>Moringa oleífera</i> Lam., pela manhã e ao anoitecer. Em que A foto M representa a lâmina dos estômatos pela manhã e a foto N representa a lâmina de estômatos à noite.	42
Figura 18: Visualizações microscópicas das lâminas foliares da moringa, em que a foto CF representa folíolo com células flácidas e CT folíolos com células túrgidas.	42
Figura 19: Visualização microscópica dos estômatos, editada em preto e branco, localizados na epiderme abaxial da <i>Moringa oleífera</i> Lam.....	43
Figura 20: Visualização microscópica da epiderme foliar adaxial da moringa.....	43
Figura 21: Visualizações microscópicas das lâminas foliares da moringa (Moringaceae), mangueira e cajueiro (Anacardiaceae) em que a foto A representa a epiderme abaxial da mangueira, a foto B a epiderme abaxial do cajueiro, a foto C a epiderme abaxial de uma moringa com DAP maior que um ano e a foto D a epiderme abaxial da moringa deste experimento.	44
Figura 22: A foto A representa a fase inicial da moringa com 8 DAT, a foto B demonstra planta com 59 DAT, já a foto C representa a moringa 83 DAT, e a foto D representa a planta com 97 DAT.	46
Gráfico 1: Variação de temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%).	32
Gráfico 2: Análises biométricas de crescimento da <i>Moringa oleífera</i> Lam. A) Altura (cm), B) Diâmetro (mm) e C) Quantidade de ramificações por planta.	38
Gráfico 3: Análise estatística da razão de peso foliar (RPF) em relação ao tempo 1 (t1) e tempo 2 (t2).	48
Tabela 1: Análise de solo de área degradada localizada no CVT, Petrolina-PE.....	28
Tabela 2: Resumo dos procedimentos de coleta das amostras para análise estomática nos folíolos da moringa.....	31

Tabela 3: Valores biométricos referentes ao crescimento das plantas de moringa, de acordo com os dias após a semeadura.....	39
Tabela 4: Índice de clorofila (ICF), com análise estatística, em folhas de moringa na fase de crescimento.....	45
Tabela 5: Cálculo da TCR em $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ de uma amostra de plantas consideradas pequenas e outra amostra de plantas consideradas grandes.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEM-CVT – Biofertilizante produzido no CVT

CVT Agroecologia - Centro vocacional tecnológico em agroecologia

CE – Com estresse hídrico

°C – Graus Celsius

CO₂ – Gás carbônico

Cl_a – Clorofila a

Cl_b – Clorofila b

C – Caule

DAS – Dias após a sementeira

DAT – Dias após transplante

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

IF Sertão-PE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano

ICF – Índice de Clorofila

ln – Logaritmo natural

MMA - Ministério do Meio Ambiente

mm – Milímetros

MB-4 – Pó de rocha

pH - Potencial Hidrogeniônico

PC – Parte aérea da planta

PP – Planta Pequena

PG – Planta Grande

P1 e P2 – Peso seco inicial e final respectivamente

RPF - Razão de Peso Foliar

SE – Sem estresse hídrico

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TCR – Taxa de Crescimento Relativo

t1 e t2 – Tempo inicial e final respectivamente

UR – Umidade Relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2.OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 MORINGA (Moringa oleifera Lam.).....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Análises Biométricas.....	38
5.2 Caracterização Estomática.....	40
5.3 Teores de Clorofila.....	44
5.4 Taxa de Crescimento Relativo.....	45
5.5 Razão de Peso Foliar.....	47
6 CONCLUSÃO	50

1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino tem como característica marcante a escassez pluviométrica, sendo este um dos fatores limitantes para a produção nas áreas de sequeiro. De acordo com a Sudene (2016), mesmo ocorrendo precipitações médias anuais iguais ou inferiores 800 mm, essas chuvas não são bem distribuídas anualmente, havendo grande variação espacial e temporal, possuindo ainda insolação média de 2.800 h/ano, temperaturas médias anuais 23° a 27° C e predominância do Bioma Caatinga. Outros fatores como baixa nebulosidade, baixas taxas de umidade relativa e elevadas taxas de evapotranspiração, também são características peculiares dessa região.

Ainda de acordo com a Sudene (2016), adicionando-se as vulnerabilidades climáticas do Semiárido, grande parte dos solos encontra-se degradada, em que os recursos hídricos decaem quantitativamente e qualitativamente, a flora e fauna sendo ameaçadas pela ação predatória antrópica, causando impactos em ecossistemas regionais, tendendo a desertificação.

Dentre as características de uma área degradada, encontra-se o alto grau de compactação, sendo este um fator restritivo para o desenvolvimento das plantas.

A compactação do solo é atribuída a um aumento na sua densidade, devido à redução de seu volume, em decorrência da expulsão de ar dos poros do solo. Atrelado a compactação está a qualidade física do solo, que influencia no desenvolvimento dos vegetais, quando o solo está compactado há interferência no fluxo de gases, de água e de calor. Alterando a resistência do solo a penetração, interferindo na germinação, no crescimento radicular e na produtividade das culturas (CORREIA, 2014).

Quanto mais degradada encontra-se uma área, seu substrato apresenta restrições para a planta, principalmente por limitar seu crescimento radicular. Sendo a zona radicular de suma importância na captação de nutrientes e água, elementos fundamentais para a vida do vegetal.

A resistência do solo à penetração pode ser modificada através do manejo com o solo, com o uso de práticas que promovam a desestruturação de solos compactados para facilitar o alongamento das raízes. O crescimento das raízes

também atua como um descompactante natural, na zona próxima à ponta das raízes e a pressão exercida contra as partículas e/ou agregados, podem propiciar a penetração e o crescimento das raízes (CORREIA, 2014). Quanto maior e bem desenvolvida for, apresentará melhor eficiência quando a captação de nutrientes e água, como também na sustentação da planta.

A produção de biomassa está intimamente ligada às condições edafoclimáticas a que as plantas estão submetidas, tais como: características químicas e físicas do solo, temperaturas favoráveis, disponibilidade de nutrientes e de recursos hídricos, como também às características genéticas da planta.

Para que a mesma possa se desenvolver adequadamente, demonstrando todo seu potencial produtivo, esses fatores devem estar em equilíbrio. Em áreas degradadas, a maioria dessas características foi suprimida, sendo necessária a intervenção humana para acelerar seu processo natural de recuperação.

Sendo assim, é fundamental a utilização de plantas adaptadas às condições de semiárido, de preferência que possuam crescimento rápido, com versatilidade para uso, baixa exigência hídrica e nutricional, como é o caso da *Moringa oleífera* Lam.

Segundo a FAO (2011), numa visão geral, cerca de 25% dos recursos do solo do planeta estão degradados, sendo que 8% destes estão moderadamente degradados, 36% estão estáveis ou levemente degradados e 10% estão classificados como solos "em recuperação". O restante da superfície terrestre do planeta está descoberta, aproximadamente 18%, ou coberta por massas de água interiores, cerca de 2%. Os dados se referem a todos os tipos de terras do planeta.

Numa visão holística do ambiente, em um meio de conexões naturais que mantêm o equilíbrio do sistema, quando um dos fatores é danificado, os demais terão implicações. Num ambiente degradado geralmente o solo é ácido, com baixa disponibilidade de nutrientes, a fauna e flora são bastantes limitados e apresentam alto grau de compactação do solo. Muitas vezes estes efeitos são decorrentes de ações antrópicas, principalmente por formas de manejo inadequadas.

Atualmente, cerca de 1,6 bilhão de hectares dos melhores e mais produtivos solos do mundo são utilizados para o cultivo. Partes destas áreas estão sendo degradadas devido às práticas agrícolas que causam erosão hídrica e eólica,

perda de matéria orgânica, compactação do solo superficial, salinização e poluição do solo e perda de nutrientes. (FAO, 2011)

Dados do Departamento de Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA) dizem que “o Brasil possui 140 milhões de hectares de áreas degradadas, isto é, terras abandonadas que são mal utilizadas ou estão em processo de erosão” (SPITZCOVSKY, 2012).

No IF Sertão – PE, *campus* Petrolina Zona Rural, há áreas em que foram retiradas camadas de solo para a construção de instalações e de estradas que após 28 anos não conseguiram se recompor, sendo ainda impactadas por intempéries provocadas pelo vento, chuva e radiação.

O aproveitamento de áreas degradadas pode ser feito com o uso de plantas adaptadas que, com o decorrer do tempo, contribuirão para acelerar o processo natural de resiliência do solo transformando-a futuramente em áreas utilizáveis, com boa diversidade e um ambiente equilibrado e até mesmo agricultável.

Sendo assim, é de suma importância compreender o comportamento da moringa numa área degradada já que esta é uma planta bem adaptada ao semiárido, com grande potencial para forragem, adubação verde e uso medicinal, possuindo baixa necessidade hídrica, crescimento rápido e fácil disseminação. Este comportamento indica que, após estabelecida na área, a planta pode se manter com autossuficiência através da deposição de restos vegetais no solo e fazendo suas reservas hídricas durante a estação chuvosa.

Diante do exposto, é necessário conhecer o comportamento dessa espécie num ambiente degradado, manejado sob práticas agroecológicas e irrigação em parcimônia, estudando-se variáveis do seu crescimento, caracterização estomática e índice de clorofila como indicadores da sua capacidade fotossintética e produção de biomassa.

Através da análise de crescimento e uma metodologia para estudos fisiológicos, pode-se explicar o comportamento da moringa quando submetida às condições adversas de uma área degradada, podendo-se identificar materiais promissores que possam ser usados em outras áreas ou em outros trabalhos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar aspectos morfofisiológicos da moringa cultivada em área degradada.

2.2 Objetivos específicos

- Conhecer o comportamento da moringa numa área degradada do IF Sertão – PE;
- Avaliar taxa de crescimento relativo (TCR);
- Fazer caracterização estomática da *Moringa oleífera* Lam.;
- Estudar os teores de clorofila da planta num intervalo de tempo;
- Analisar a razão de peso foliar das plantas (RPF).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016), a recuperação de áreas degradadas está profundamente relacionada com restauração ecológica, sendo este um processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído.

Assim, faz-se necessário a adoção de práticas que promovam a aceleração de mecanismos naturais de recomposição do ambiente fazendo com que possa ocorrer a recuperação dos recursos naturais de forma equilibrada.

Segundo Ferreira et al., 2007 p.178):

A degradação das áreas de empréstimo consiste na remoção da vegetação original e na retirada da camada superficial do solo, expondo o horizonte C e causando compactação, perda de matéria orgânica e baixa disponibilidade de nutrientes, fazendo que o substrato resultante não permita o desenvolvimento da regeneração natural da vegetação. A degradação dessas áreas também resulta em efeitos deletérios sobre os mananciais hídricos e a fauna local.

“A definição de degradação da FAO vai além do solo e degradação da água. Ela abrange outros aspectos dos ecossistemas afetados, como a perda de biodiversidade” (FAO, 2011), pois em um ecossistema há inter-relações entre os seres vivos e o ambiente, no qual interagem entre si de acordo com o lugar em que vivem, sendo assim quando um dos pilares do eixo é afetado conseqüentemente promoverá um desequilíbrio em outro eixo, fazendo com que a harmonia seja desestabilizada.

A depender do grau de desordem o ambiente por si só consegue se estabelecer, ou se adaptar à nova condição, mas com perda de diversidade na fauna e na flora, com alterações nas características físico-químicas do solo, disponibilidade hídrica e até com alterações climáticas no decorrer dos anos. Com o passar do tempo as plantas criam mecanismos de sobrevivência para se adequarem as perturbações provocadas ao ambiente em que vivem.

De acordo com Kiill e Menezes (2005), as plantas apresentam mecanismos de adaptação, como: resistência das espécies perenifólias, que permanecem com as folhas mesmo em períodos de estiagem como o Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.); tolerância das espécies caducifólias que perdem suas folhas no início do período seco, como o pau-branco (*Auxemma oncocalix* Taub) e o escape das plantas anuais que completam o ciclo fenológico durante a época chuvosa, como o capim milhã (*Brachiaria plantaginea* Hitch).

A adaptação e a aclimação aos estresses ambientais resultam de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização: anatômico, morfológico, celular, bioquímico e molecular. A murcha de folhas em resposta ao déficit hídrico, por exemplo, reduz a perda de água pela folha e a exposição à luz incidente, diminuindo, assim, o estresse pelo calor sobre as folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009 p.739).

Os mecanismos de defesa são ativados quando ocorre situação de estresse para proteção da planta, para a mesma resista a essas condições.

Quando o começo do estresse é mais rápido ou a planta alcançou sua área foliar plena antes de iniciar o estresse, outras respostas a protegem contra desidratação imediata. Sob tais condições, o fechamento estomático reduz a evaporação da área foliar. Desse modo, o fechamento estomático pode ser considerado uma terceira linha de defesa contra a seca (TAIZ; ZEIGER, 2009 p.742).

A moringa quando em situação restrição hídrica por curto período, utiliza principalmente mecanismos de murcha das folhas, utilizando de suas reservas. Segundo Taiz; Zeiger (2009) a expansão foliar é um processo governado pela turgidez das células do mesófilo e extremamente sensível ao déficit hídrico.

À medida em que se torna mais crítica a restrição hídrica, ocorre o amarelecimento e abscisão das folhas, inicialmente as basais, durante escassez de água prolongada promovendo a perda total das folhas. Consequentemente acarretará a redução na sua taxa de crescimento em decorrência do decréscimo da turgidez celular. (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A planta apresenta alta capacidade de reparação metabólica, assim que recebe uma quantidade de água suficiente para reidratá-la e fornecer condições ideais para a produção de novas folhas, a moringa se restabelece tornando-se vigorosa e completando suas fases fenológicas, podendo apresentar mais de uma fase fenológica: crescimento vegetativo, florescimento e frutificação.

“(…) esses mecanismos possibilitam que a planta resista a situações de estresse hídrico, à medida em que decresce o conteúdo de água da planta, suas células tipicamente contraem-se e afrouxa a pressão de turgidez contra as paredes celulares” (TAIZ; ZEIGER, 2009 p.740).

Na ótica de Neta, Marengo e Jesus (2016), a densidade estomática é fator relevante, devido o papel dos estômatos no processo de fotossíntese, no qual é identificado a quantidade de estômatos por área, atribuindo-lhe maior eficiência quanto a captação de CO₂ a depender das condições extrínsecas a que a planta é submetida. A densidade e distribuição dos estômatos podem variar de acordo com a exposição solar, temperatura, a espécie e condições hídricas.

O processo fotossintético está relacionado a produção de biomassa, devido a acumulação dos produtos assimilados durante a fotossíntese constituindo a massa seca da planta. No qual estão envolvidos nesse processo os estômatos e as clorofilas desempenhando papel fundamental para que a fotossíntese ocorra e conseqüente maior acúmulo de biomassa.

Segundo Alquini et al. (2013, p.89):

Os estômatos são frequentes nas áreas fotossintetizantes, principalmente na lâmina foliar, e podem também ser encontrados, em menor número, nos pecíolos, caules jovens e partes florais, como pétalas, estames e gineceu, além de frutos e sementes.

Os estômatos atuarão na entrada de CO₂ para a realização da fotossíntese, na saída de H₂O durante a transpiração e na termorregulação, estando estes distribuídos aleatoriamente na lâmina foliar.

No mesófilo foliar estão presentes os cloroplastos, sendo estes responsáveis pela realização da fotossíntese, possuindo pigmentos clorofilianos atuantes na absorção da luz, que são a clorofila a (Cla) e clorofila b (Clb) que absorvem diferentes comprimentos de onda do espectro de radiação luminosa (GONÇALVES, 2017).

Conforme Falker (2011) estas medidas equivalem ao valor calculado com base na absorção de luz em comprimentos de onda característicos da clorofila, com o uso do clorofilômetro, através dos valores de transmitâncias em três comprimentos de onda sendo estes dois na faixa do vermelho, próximos aos picos de absorção da clorofila e um no infravermelho próximo, gerando o ICF – Índice de Clorofila, sendo este valor adimensional, referentes a valores proporcionais aos mensurados em laboratório g de clorofila / g de folha ou g de clorofila / área de folha.

Na visão de Marengo e Lopes (2013, p.50) um dos fatores que permite identificar o potencial fotossintético é através do índice de Cla (massa molecular 892) e de Clb (massa molecular 906), já que estes pigmentos participam de forma ímpar no processo de fotossíntese.

A eficiência fotossintética e adaptabilidade das plantas a ambiente variados estão intimamente ligados a clorofila e aos carotenóides, sendo estes pigmentos característicos dos vegetais com a capacidade de absorver a energia luminosa, desencadeando reações que irão promover a fotossíntese (LEXENGEL; POGGIANI, 1991; VICTÓRIO; KUSTER ; LAGE, 2007).

As clorofilas atuam na fase luminosa ou fotoquímica da fotossíntese na captação da energia luminosa a qual é canalizada para uma molécula especial de clorofila, localizada no centro de reação.

O crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade das plantas são limitados por fatores intrínsecos e extrínsecos, a depender de sua disponibilidade e a eficiência de seu uso pelo organismo. Quando em harmonia oferecem condições a planta de garantir um bom funcionamento de suas atividades metabólicas e um bom desenvolvimento (DIAS; MARENCO, 2007, TAIZ ; ZEIGER, 2009, PES ; ARENHARDT, 2015, CAMARGO ; ALLEONI, 2016).

Apesar da moringa possuir baixa exigência hídrica e sobreviver a longos períodos de estiagem, também ocorre queda na produtividade quando submetida a estresse hídrico, havendo redução da massa foliar decorrente do processo de abscisão. Conseqüentemente, há redução na taxa fotossintética seguido do

decréscimo da produção de biomassa. Mesmo com pouco fornecimento hídrico, a moringa consegue reservar água nas suas raízes que são tuberosas, permitindo que planta complete seu ciclo de produção mesmo não expressando todo seu potencial produtivo.

As plantas possuem teores desuniformes de clorofila por área da folha, sendo que cada espécie, possui teores distintos como também sua quantidade pode ser afetada pela disponibilidade de nutrientes que fazem parte de sua composição, pela exposição a luminosidade e pela própria característica genética da espécie (LEXENGEL; POGGIANI, 1991).

No semiárido Nordeste se torna essencial a utilização de plantas adaptadas, tanto exóticas quanto nativas, com estudos e planejamentos prévios a fim de evitar impactos para as espécies autóctones no ambiente.

É possível promover a reabilitação de um ambiente com a inserção de plantas, tanto nativas como exóticas adaptadas, com a utilização de mecanismos da própria natureza, induzindo o surgimento de novos estágios sucessionais, incitando o aumento populacional, segundo Valcarcel e Silva (2016), proporcionando assim, o aumento da biodiversidade e recuperação de um ambiente degradado.

“O fundamento da análise de crescimento baseia-se no fato de que, em média, 90% da matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta resultam da atividade fotossintética e o restante, da absorção mineral do solo” (LIMA & PEIXOTO & LEDO, 2007 p.1359 *apud* BENINCASA, 2003).

3.1 MORINGA (*Moringa oleífera* Lam.)

Oriunda da família Moringaceae, gênero *Moringa* e espécie oleífera Lam., é considerada uma hortaliça perene e arbórea com elevada adaptação a condições climáticas e a solos áridos. Planta originária do noroeste indiano e disseminada para muitos países tropicais sendo conhecida no Brasil como moringa, quiabo-de-quina e lírio branco. Apresenta crescimento rápido através de sementes e mudas e comportamento de planta caducifolia. (GUALBERTO et al, 2015)

Suas folhas são bipinadas com sete folíolos pequenos em cada pina, isto é, tem a lâmina foliar dividida em mais de três folíolos (1ª divisão) e os folíolos divididos em foliólulos (2ª divisão) dispostos ao longo da raque e raquíola, respectivamente,

possuindo 30 a 60 cm de comprimento, com 3 a 9 folíolos obovais na última pínula, onde cada folíolo apresenta 1,3 a 2,0 cm de comprimento por 0,3 a 0,6 cm de largura (BEZERRA et al., 1997; SOUZA; LORENZI, 2008).

Para Kiill et al., (2012) ... suas flores são agrupadas em inflorescências terminais do tipo panícula, com média de 35 botões/inflorescência, de coloração amarelo-pálidas, perfumadas, muito procuradas por abelhas e pássaros, que são os agentes polinizadores de suas flores, florescendo normalmente nos períodos entre fevereiro a maio e de setembro a dezembro.

Os frutos da moringa são do tipo cápsula loculicida, simples, formato triangular, seco, deiscente se abrindo em três partes, possuem coloração verde a marrom esverdeado, com aproximadamente 30 a 120 cm de tamanho e 1,8 de espessura. Cada fruto pode conter de 10 a 20 sementes. Suas sementes são globóides, escuras externamente e contêm no seu interior uma massa branca e oleosa, como na figura 1 pode-se observar a planta de moringa adulta e suas características (SANTOS,2010).

Conforme Gualberto et al. (2014), a *Moringa oleífera* Lam. é uma planta alógama, de fácil disseminação, com adaptabilidade a condições de baixa precipitação, pode alcançar até 12 metros de altura, com tronco estreito de no máximo 10 a 30 centímetros de diâmetro e casca de cortiça esbranquiçada. Sua copa é aberta em forma de sombrinha apresentando troca anual de folhas. A moringa possui ainda sistema radicular pivotante com túbera e poucas ramificações que desenvolvem-se profundamente.

Figura 1 – Planta de moringa adulta, localizada no IF Sertão -PE e suas diferentes partes.



Autora, 2016

De acordo com Gualberto et al. (2014), a moringa é uma planta que cresce rapidamente mesmo em solos marginais, demandando poucas intervenções de manejo e apresentando boa resistência a estiagens prolongadas.

Segundo o Governo da Província de Gaza (2007), a moringa encontra ótimas condições de crescimento em zonas semiáridas e quentes, sendo tolerante a seca, podendo desenvolver-se com precipitações anuais a partir de 250 mm. Altitudes abaixo de 600 m são ideais para que moringa complete o seu ciclo. A faixa de temperatura satisfatória para o seu cultivo é entre 25 e 35 °C, mas pode tolerar temperaturas momentâneas de até 48 °C e fracas geadas nas zonas subtropicais, e

quanto as condições edáficas, é uma planta tolerante a solos com de pH entre 5 e 9, sendo uma cultura com baixa exigência em termos de fertilidade dos solos, que pode iniciar sua floração aos oito meses após o plantio.

A moringa apresenta-se como uma árvore de múltiplos usos: propriedades medicinais, suplemento alimentar de crianças subnutridas e alimentação animal em época de seca. Pode ser aproveitada quase integralmente, através das suas raízes e folhas que são ricas em betacaroteno, vitamina C, proteínas, ferro e potássio. Já as sementes produzem óleo e quando trituradas servem para o tratamento de água, segundo trabalhos realizados por Brunelli (2010).

Mesmo sendo uma planta com boa adaptabilidade às condições de semiárido, para que a mesma possa expressar o máximo do seu potencial produtivo deve-se manter o manejo básico de cultivo como nas demais culturas dentro de suas particularidades, tendo exigência mínima de irrigação regular durante os primeiros dois meses após o transplante, com o propósito de promover o desenvolvimento das raízes para que a planta se estabeleça e consiga se manter com suas reservas, ou se for o caso de manter altas produtividades, seguir com o fornecimento periódico da lâmina mínima de água, como também adubação. (INTER AIDE, 2012).

Para Gallão et al. (2006, p.107), no Brasil atualmente a moringa está sendo cultivada e difundida nas regiões mais secas do Nordeste, com principal utilidade na clarificação da água e seu tratamento para uso doméstico, pois a semente da moringa possui efeito de coagulante natural, não alterando o pH da água e não causando problemas de corrosão.

Devido seu potencial forrageiro, sendo a moringa é uma boa alternativa para alimentação animal no período da estiagem, sendo também uma alternativa na recuperação de áreas degradadas.

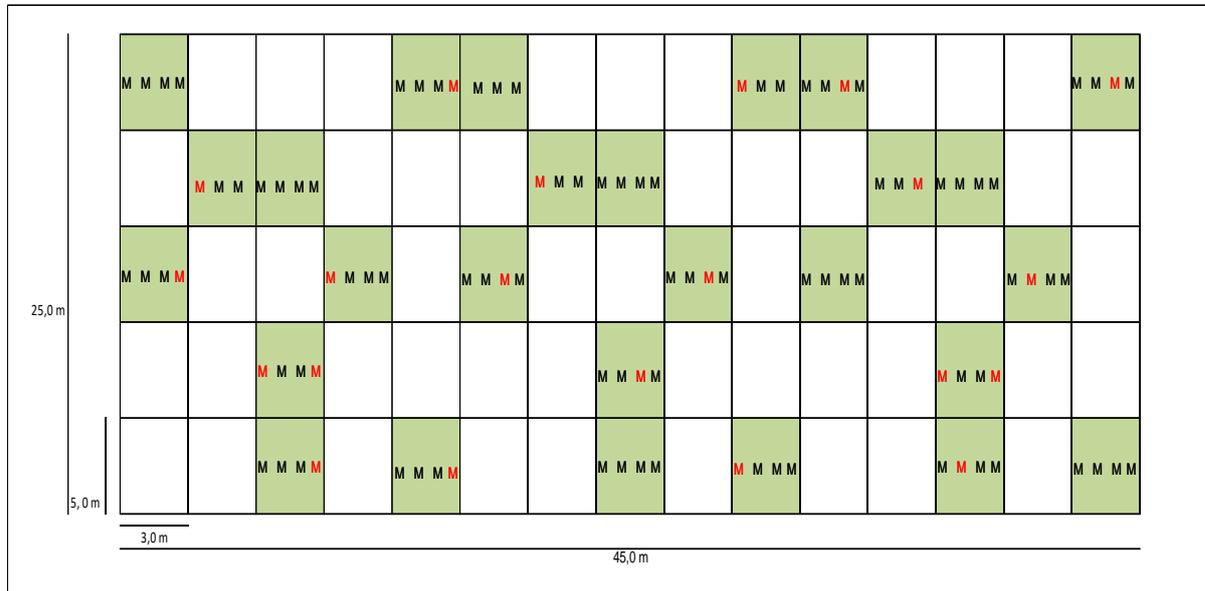
4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 31 de maio 2016 a 14 de setembro de 2016, em Petrolina-PE, nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano, *campus* Petrolina Zona Rural, na área do Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CVT- agroecologia), cujas coordenadas geográficas são S 09°20'12,5" e W 40°41'50,4" e altitude 422 m, dados coletados com GPSmap 76CSx com precisão de aproximadamente 3 m, e com índice pluviométrico de 577,2 mm acumulado em 2016 e durante o período do experimento houve um acúmulo de 2,6 mm, dados adquiridos através do software meteorológico Vantage PRO2 posicionado no CVT-agroecologia.

Área apresenta dimensões de 45 m x 25 m, sendo as plantas cultivadas num espaçamento variável, contendo 103 plantas espaçadas a cada 1 metro, consorciadas com a palma miúda (*Nopalea cochenillifera*), melancia forrageira (*Citrullus lanatus* cv. Citroides) e sorgo (*Sorghum vulgare*), em fase inicial de desenvolvimento, Foram escolhidas 20% do total de plantas, totalizando 21 plantas, como indivíduos representativos da área, para servirem como plantas úteis, amostra escolhida levando em consideração a homogeneidade inicial das plantas nesta etapa do experimento. A figura 2 mostra a disposição das plantas na área experimental.

Os dados foram analisados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey a 5%, de comparações para dados com distribuição aleatório e desvios padrões significativamente semelhantes. Foi utilizado o programa Assistat Versão 7.7 pt.

Figura 2 – Croqui da área representando a localização das plantas de *Moringa oleifera* Lam., na área do experimento. A letra M representa as moringas e as letras M em vermelho representa a amostra de 20% escolhida como representativas.



Autora, 2016.

A área na qual o trabalho vem sendo conduzido pode ser descrita como um local de solo degradado, como se observa na figura 3 e 4, no qual foram retiradas as camadas superiores, restando apenas o subsolo, vulnerável aos danos causados pela erosão pluvial, eólica e incidência solar direta sobre o solo sem cobertura. Esta área possui uma escassa cobertura vegetal composta principalmente por plantas da família Fabaceae (juremas), Malvaceae (malvas) e poucas Cactáceas (mandacarus e coroa de frade). Nas proximidades há áreas que não foram retiradas as camadas de solo, mantendo sua vegetação nativa, como pode ser visto na figura 2.

Na figura tal evidencia-se a área degradada presente aos arredores do experimento, possuindo um total de 7,07ha, sendo que a do experimento totaliza 0,11 ha.

Figura 3: Área degradada do IF SERTÃO-PE.



Autora, 2014.

Figura 4 - Localização espacial da área degradada do IF Sertão-PE, com delimitação da área mais afetada próximo ao experimento.



Autor: Google Maps, 2017.

A tabela 1 mostra os resultados da análise de solo realizada na área antes da implantação do experimento, para caracterizar a sua condição de fertilidade.

Tabela 1 - Análise de solo de área degradada localizada no CVT, Petrolina-PE.

P (mg.kg ⁻¹)	K (cmolc.kg ⁻¹)	Na (cmolc.kg ⁻¹)	Ca (cmolc.kg ⁻¹)	Mg (cmolc.kg ⁻¹)	M.O (g.kg ⁻¹)	CE (dS.m ⁻¹)	pH
1,44	0,30	0,09	3,25	2,79	12,15	0,45	4,93

Como este experimento está atrelado a outro experimento de iniciação científica, que se iniciou em 2014, houve alguns manejos na área, iniciando-se com o preparo prévio do solo, foram realizados em novembro 2014 no período chuvoso, com o solo medianamente úmido, a descompactação do solo com um subsolador (figura 5).

Fez-se também uma primeira semeadura na área em dezembro de 2014, da Abóbora (*Cucurbita maxima* L.), milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorgum vulgare*), crotalária (*Crotalaria juncea*), mucuna cinza (*Mucuna nivea*) e feijão de porco (*Phaseolus vulgaris* L.). Foram dispostas nas linhas laterais as sementes de milho e crotalária e na linha do centro semeou-se abóbora, sorgo e mucuna, usou-se nas linhas plantio composto e cobertura morta a base de palhas de milho. Houve a germinação de algumas sementes, mas como não houve mais precipitação nos meses adjacentes, não foi possível o desenvolvimento das mesmas.

Figura 5: Preparo do solo com subsolador nas linhas para cultivo.



Autora, 2014

Fez-se também a instalação do sistema de irrigação por gotejamento, em junho de 2016, e calagem da área usando 100g/m e em abril de 2016 fez-se poda drástica da área nas plantas de maior porte, mantendo as plantas na área as plantas ali presentes.

O cultivo das mudas de moringa foi realizada dia 31 de maio de 2016, as sementes foram retiradas de plantas de moringa presentes nas proximidades do CVT-agroecologia, e fez-se a semeadura em copos descartáveis de 300 ml, com furo na parte inferior, usando-se como substrato uma mistura de solo e composto orgânico a base de esterco bovino e restos vegetais (podas e palhada) na proporção 1:1, devidamente peneirados.

As mudas foram mantidas no viveiro do CVT- Agroecologia, com cobertura de sombrite a 50% e irrigação diária por aspersão. Foram transplantadas no campo dia 20 de julho de 2016, tendo sido escolhidas as mais vigorosas, após 50 dias da semeadura.

Em campo as mudas de moringa foram acomodadas em berços feitos manualmente e contendo compostagem, manteve-se a irrigação por gotejamento diária durante 60 minutos, totalizando uma lâmina de irrigação de 6,45 mm.dia⁻¹. Por estar em fase de adaptação às novas condições de solo e exposição a maior radiação solar, se fez necessária irrigação frequente. Foram pulverizadas com biofertilizante BEM-CVT, a base de esterco bovino e MB-4, diluído a 10%, a cada 15 dias.

As variáveis analisadas foram:

- a) Biometria: altura, diâmetro da base do caule e quantidade de ramificações;
- b) Morfofisiológicas: taxa de crescimento relativo (TCR), razão de peso foliar (RPF), caracterização estomática e índice de clorofila (ICF) a e b.

As amostras das lâminas da epiderme para visualização estomática foram coletadas com o uso dos seguintes materiais: esmalte incolor, fita adesiva transparente, lâmina comum lapidada para microscopia.

A obtenção do molde para visualização dos estômatos foi feita através do pincelamento com esmalte na parte abaxial do folíolo próximo a inserção do pecíolo (figura 6.1). Aguardou-se a secagem e em seguida o método foi adaptado, devido à reduzida área da folha, colocando-se fita adesiva sobre o local pincelado (figura 6.2), retirando-se a amostra e colocando sobre a lâmina de microscopia (figura 6.3). Este processo foi realizado em folíolos basais, intermediários e apicais da planta, na parte

abaxial e adaxial dos folíolos. Os critérios de amostragem obedeceram a horários determinados e ao estado hídrico das plantas, ou seja, submetidas ou não a estresse.

Figura 6 - Etapas para coleta de moldes da epiderme para visualização de estômatos em que a foto 1 corresponde ao uso do esmalte para formar a película. A foto 2 se refere ao uso da fita adesiva e a foto 3 ao preparo da lâmina.



Autora, 2016.

No dia de agosto de 2016 foram confeccionadas as lâminas com o molde da epiderme dos folíolos para avaliação de estômatos em moringas submetidas à restrição hídrica por 48 horas, no período matutino sob temperatura média diária de 27,3 °C e UR do ar de 44,7%. Duas horas após o início da irrigação, ainda no período matutino, recolheram-se, novamente, amostras dos moldes da epiderme dos folíolos plantas.

Dia 30 de agosto de 2016, sob temperatura média diária de 26°C e UR do ar de 56,0%, realizou-se a segunda coleta dos moldes e montadas as lâminas da epiderme foliar, 4 horas após a irrigação (figura 7).

Dia 01 de setembro de 2016, realizou-se outra amostragem das lâminas, realizada às 17:30 h, com temperatura média diária de 25,6°C e UR do ar de 56,2%, e no dia seguinte, em condições de temperatura média diária de 25,9°C e UR do ar de 52,7% coletou-se as amostras às 6:30h e às 10:30 h. Foi realizada outra coleta, apenas nos folíolos intermediários, após três horas e meia ao término da irrigação.

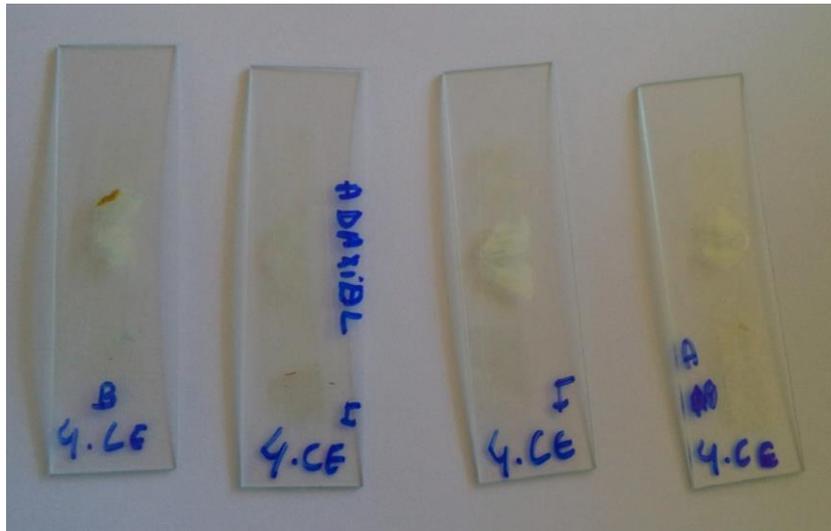
A tabela 2 abaixo mostra a esquematização das coletas realizadas durante o experimento.

Tabela 2- Resumo dos procedimentos de coleta das amostras para análise estomática nos folíolos da moringa.

Amostragem	Data	Horário	Temperatura diária (°C)	Umidade relativa (%)	Fornecimento de água
CE (com estresse hídrico)	22/08/16	Manhã	27,3	44,7	Restrição de 48h
SE (sem estresse hídrico)	22/08/16	Manhã	27,3	44,7	2 horas após irrigação
4 após o término da irrigação	30/08/2016	Tarde	26	56	4 horas após irrigação
Noturna	01/09/2016	Fim de tarde	25,6	56,2	Pela manhã
Matutina	02/09/2016	Manhã	25,9	52,7	Antes da irrigação
Matutina nos folíolos intermediárias das folhas	02/09/2016	Manhã	25,9	52,7	3 horas e meia após irrigação

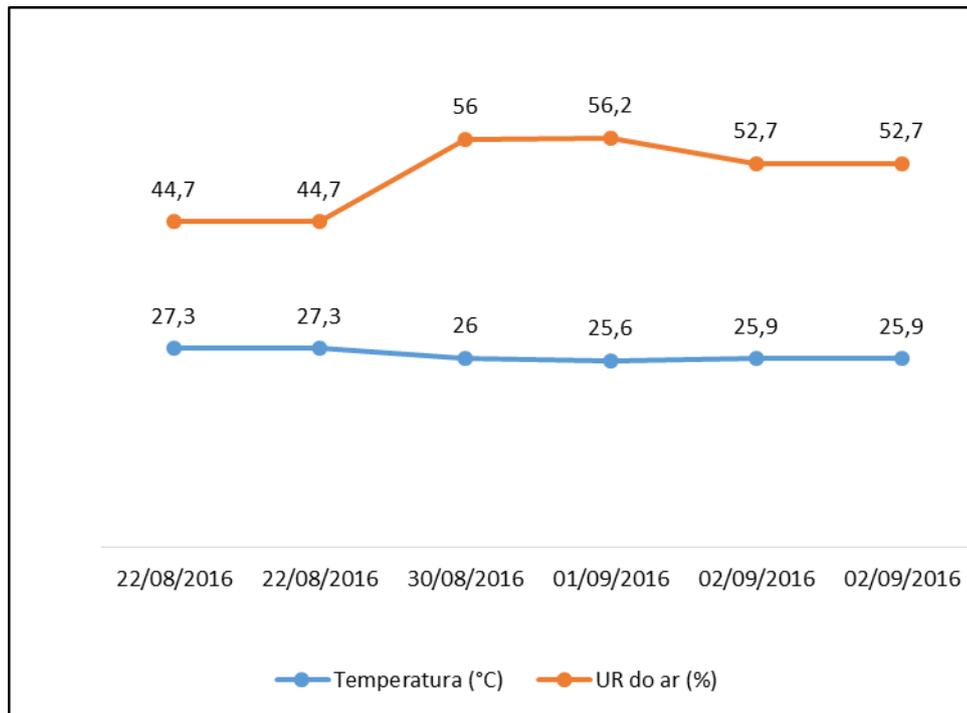
Autora, 2017.

Figura 7 – Lâminas com moldes epidérmicos obtidas de diferentes folíolos, em locais distintos da planta, sendo B - posição basal, I - posição intermediária e A – posição apical das plantas.



Autora, 2016.

Gráfico 1: Variação de temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%).



Autora, 2017.

Para a aferição do ICF, usou-se o ClorofiLOG Falker® CFL1030, este permite a visualização da presença de clorofila, através da medição ótica da absorção de luz pela folha detalhadamente e instantaneamente. As clorofilas a e b foram aferidas em folíolos intermediários da moringa com o uso do Clorofilômetro ilustrado na figura 8.

Figura 8 – Medição da clorofila a e b com uso do clorofilômetro.



Autora, 2016.

Dias 26 de julho, 17, e 31 de agosto e 10 de setembro 2016 foram realizadas mensurações biométricas das plantas em termos de: altura, em

centímetros, com uso de régua graduada (figura 9A), diâmetro da base do caule, em milímetros, com paquímetro (figura 9B) e número de ramificações.

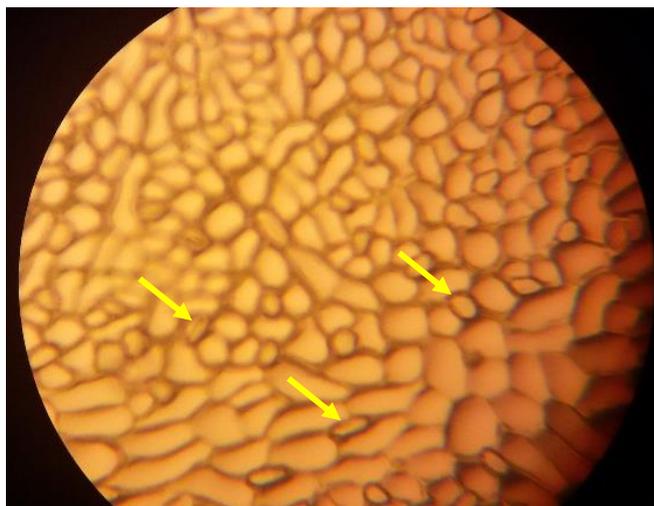
Figura 9 – Mensuração de medidas biométricas: altura (foto A) e diâmetro do caule (foto B).



Autora, 2016.

No dia 02 de setembro de 2016 foram analisadas as lâminas no microscópio óptico, visualizadas com objetiva de 40 X, durante as quais foram retiradas fotos (figuras 10 e 11) com o auxílio de uma câmera de celular Samsung Galaxy S5 mini.

Figura 10 - Visualização em microscopia óptica com aumento de 40 vezes, de estômatos de planta sem restrição hídrica.



Autora, 2016.

Figura 11- Visualização de estômatos em planta com restrição hídrica.



Autora, 2016.

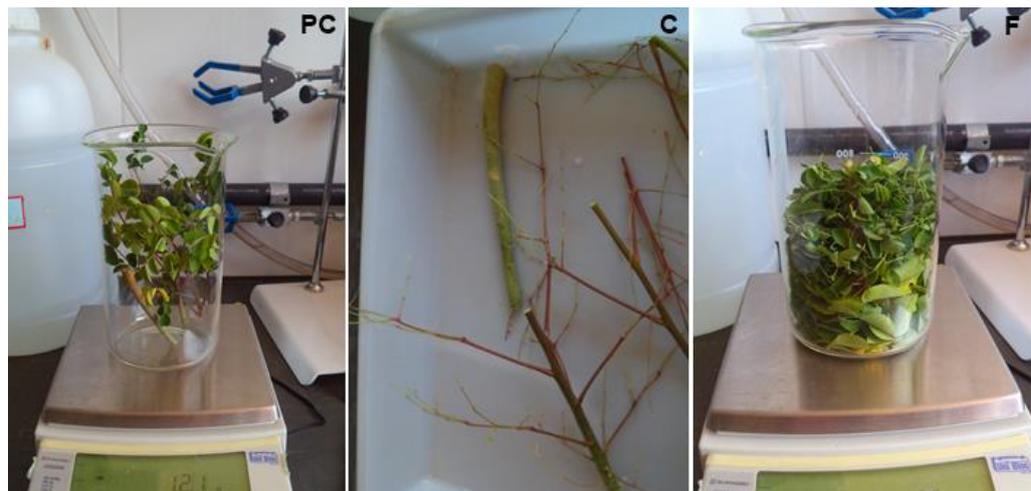
A partir das imagens capturadas fez-se uma análise e classificação dos estômatos da *Moringa oleifera* Lam., sendo que foram observados estômatos em horários e com níveis de hidratação distintos.

Para o cálculo da TCR as plantas de moringa foram coletadas dias 24 de setembro e 08 de outubro de 2016. Por ser uma área em que as plantas apresentavam desuniformidade quanto aos tamanhos, foram selecionadas amostras de 10 plantas, subdividindo-as na primeira coleta em pequenas e grandes com tamanhos entre 24,5 e 34,0 cm e entre 55,0 e 92,5 cm, respectivamente e na segunda coleta foram escolhidas 5 plantas pequenas com tamanhos entre 34 e 51 cm e 5 plantas grandes com tamanhos entre 58 e 137 cm.

As plantas inteiras recolhidas no campo foram levadas para o laboratório do CVT- agroecologia. As raízes foram cortadas na inserção do caule com a raiz (colo), e pesadas a parte aérea (caule e folhas) em uma balança semianalítica como pode ser visto na (figura 12. PC) e posteriormente retirou-se apenas os folíolos, e pesou-os (figura 12. F). Após a pesagem estes foram acondicionados em sacos de papel e colocados na estufa a 65 °C por 72 horas, e mensurado a TCR a partir da equação: $TCR = (\ln P2 - \ln P1) / (t2-t1)$ em $g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$, sendo P1 peso seco inicial, P2 peso seco final e t1 e t2 tempo inicial e final, respectivamente, proposto por Alvarenga, Nery & Rodrigues (2015).

A partir desses dados foi possível o cálculo da RPF, através da equação $RPF = \text{peso seco total das folhas (g)} / \text{peso seco total da planta (g)}$. (ALVARENGA, NERY & RODRIGUES, 2015).

Figura 12 – Etapas da pesagem da massa fresca das plantas de moringa. Em que: a foto PC é a pesagem da parte aérea, a foto C são os caule e ramificações após a retirada dos folíolos e a foto F a pesagem das folhas.



Autora, 2016

A partir da metodologia de determinação de indicadores do solo (NASCIMENTO; ARAÚJO, 2014), para determinação da compactação do solo, usou-se um cilindro de ferro maciço de 1kg (figura 13. 2) com um estilete de 20 cm (figura 13.3), um cano-guia de ferro de um metro de comprimento e diâmetro interno igual ao diâmetro externo do cilindro maciço (figura 13.1), após a irrigação, mantendo o solo na sua capacidade de campo. O cano-guia foi posicionado próximo ao caule de cada planta de forma a evitar danos às raízes, o cilindro de ferro foi colocado no ápice do cano-guia com a ponta do estilete para baixo, mantendo todo o estilete dentro do cano e a base do cilindro maciço suspenso, sendo este segurado com as mãos. O mesmo foi solto naturalmente, sem que houvesse força externa, no qual percorreu o cano-guia até atingir o solo. Após esse procedimento o cano-guia foi retirado, e observou-se com o auxílio de uma régua graduada a profundidade da penetração do estilete no solo, em centímetros.

Figura 13 – Etapas do processo para análise de compactação do solo, próximo às plantas de moringa. Foto 1: Posicionamento do cano-guia e do cilindro de ferro maciço, Foto 2: Penetração do estilete ao solo e Foto 3: Mensuração de quanto o estilete penetrou ao solo.



Autor: Luísa Bittencourt, 2016.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento da planta, ela passa por alterações morfofisiológicas, as quais são influenciadas pelas condições edafoclimáticas e ao manejo a que é submetida. São vários aspectos que estão interligados entre si, que podem ser observados num intervalo de tempo para tentar compreender qual o funcionamento da planta, principalmente quando submetida a condições adversas.

A planta segue um padrão organizacional durante seu desenvolvimento, iniciando-se com a germinação das sementes a partir de seu embrião, expandindo-se verticalmente com crescimento de raízes e do seu caule, seguido do crescimento em espessura aumentando o diâmetro do caule, produzindo suas folhas e seguindo seu crescimento e desenvolvimento a fim de completar seu ciclo fenológico.

Figura 14 - Desenvolvimento do caule e das raízes na fase inicial da moringa, com 36 dias após a semeadura.



Autora, 2016.

Nas sementes de moringa observou-se que, primeiramente, o polo radicular foi ativado gerando a raiz primária, seguido do desenvolvimento da plântula

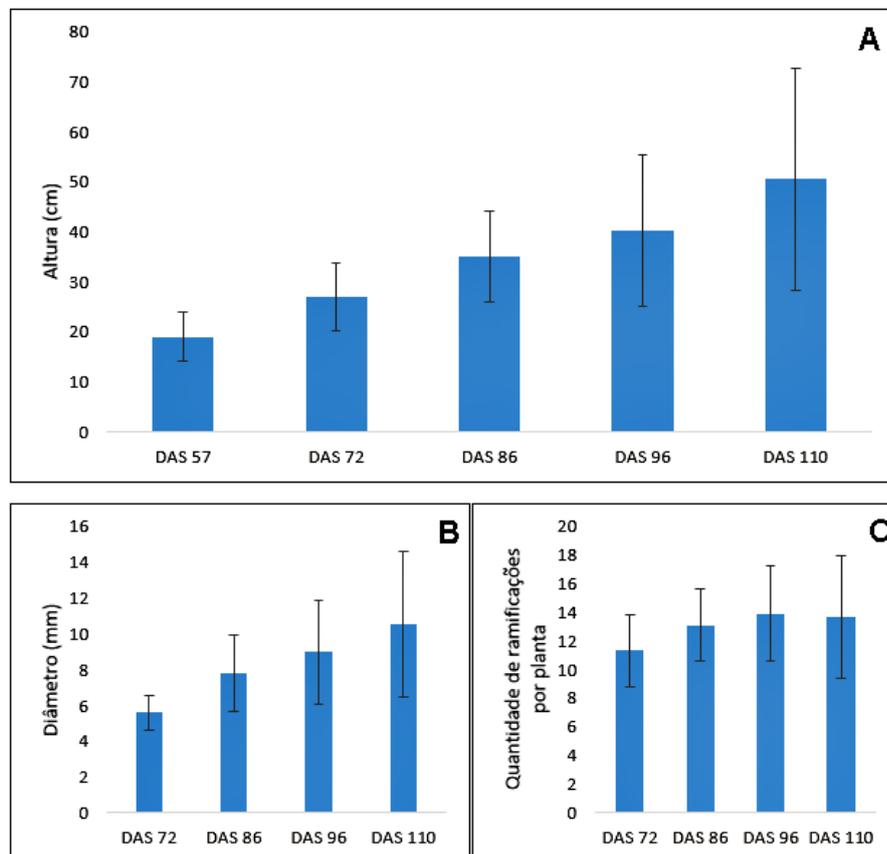
através das atividades meristemáticas apicais e caulinares, dando-lhe suporte para a boa formação das plantas, sendo que na fase inicial as mudas se encontravam em recipientes com um substrato sem compactação e em viveiro, permitindo o desenvolvimento inicial normal das raízes e posteriormente as mudas foram submetidas à condições diferentes em campo.

5.1 Análises Biométricas

O crescimento em espessura é resultado de um crescimento secundário, a partir dos meristemas secundários denominados câmbio vascular e felogênio. Os dados de biometria podem ser observados no gráfico 2.

Após coleta e análises de dados verificou-se o crescimento contínuo, nota-se incrementos tanto na altura, como diâmetro e número de ramificações com pode ser explicitado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Análises biométricas de crescimento da *Moringa oleífera* Lam. A) Altura (cm), B) Diâmetro (mm) e C) Quantidade de ramificações por planta.



De acordo com a tabela 3, a moringa apresentou um crescimento gradual significativo, mas relativamente lento analisando-se a proximidade dos valores tanto na altura quanto no diâmetro, já em relação a quantidade de ramificações não demonstrou diferenças significativas, esse fato pode estar relacionado com abscisão de algumas folhas que ocorreram durante o período de observação.

Tabela 3 - Valores biométricos referentes ao crescimento das plantas de moringa, de acordo com os dias após a semeadura.

AMOSTRAGEM	ALTURA (m)	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE DE RAMIFICAÇÕES
DAS 57	19,02381 d	-	-
DAS 72	27,20952 cd	5.61524 c	11.33333 a
DAS 86	35,05238 bc	7.81667 bc	13.14286 a
DAS 96	40,23809 ab	8.98857 ab	13.09524 a
DAS 119	50,58095 a	10.53952 a	13.66667 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se em estudo realizado por Vieira; Chaves e Viégas (2008) sobre o crescimento inicial de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) com restrição de nutrientes, em que se comprovou que a supressão do potássio, cálcio e enxofre, da solução nutritiva, não demonstrou alterações significativas em relação a produção total de massa seca durante o crescimento das plantas de moringa quando comparado ao tratamento completo, ou seja, sem restrição de nenhum nutriente.

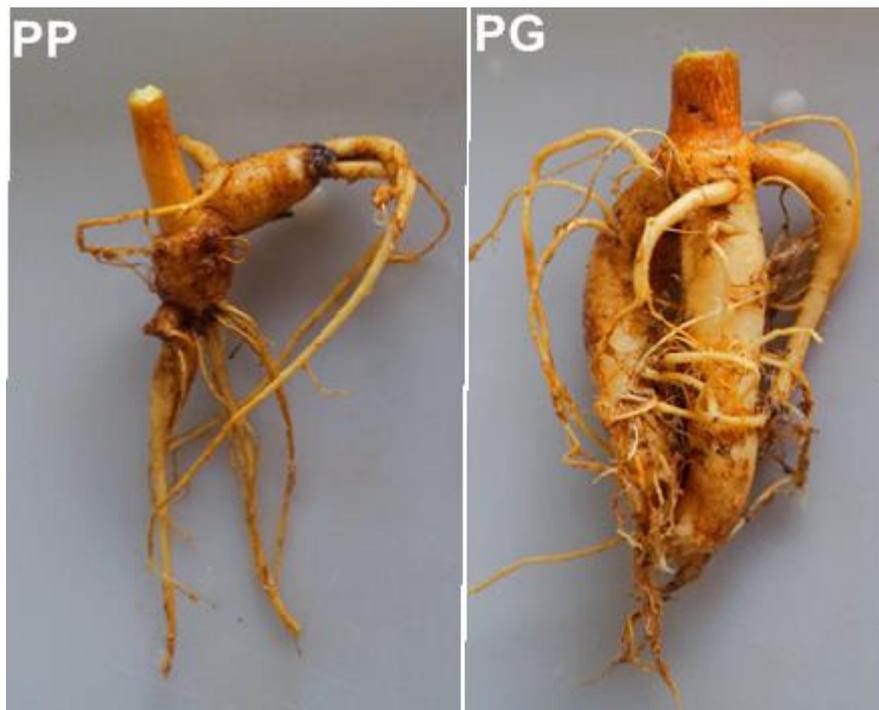
Mas a retirada de nitrogênio, fósforo e magnésio proporcionou redução significativa na massa seca das mudas de moringa. Apresentando, de modo geral, uma redução de 10% da massa seca, em comparação tratamento completo.

Pode-se assim explicar que, mesmo numa área degradada, com baixos teores de nutrientes disponíveis, as plantas conseguiram crescer e formar suas unidades estruturais.

Para se adaptar às condições de um ambiente degradado, a moringa utilizou mecanismos que fizeram com que as plantas otimizassem recursos disponíveis a sua sobrevivência e crescimento, embora tenha demonstrado um crescimento lento, desuniformidade entre plantas, grande quantidade de radículas e sistema radicular

pouco desenvolvido e com deformidades (figura 15) devido elevada compactação do solo.

Figura 15 – Imagem das raízes da *Moringa oleifera* Lam., na mesma fase fenológica em que: A foto PP se refere a raiz de uma planta considerada pequena e a foto PG a uma raiz de uma planta considerada grande.



Autora, 2016.

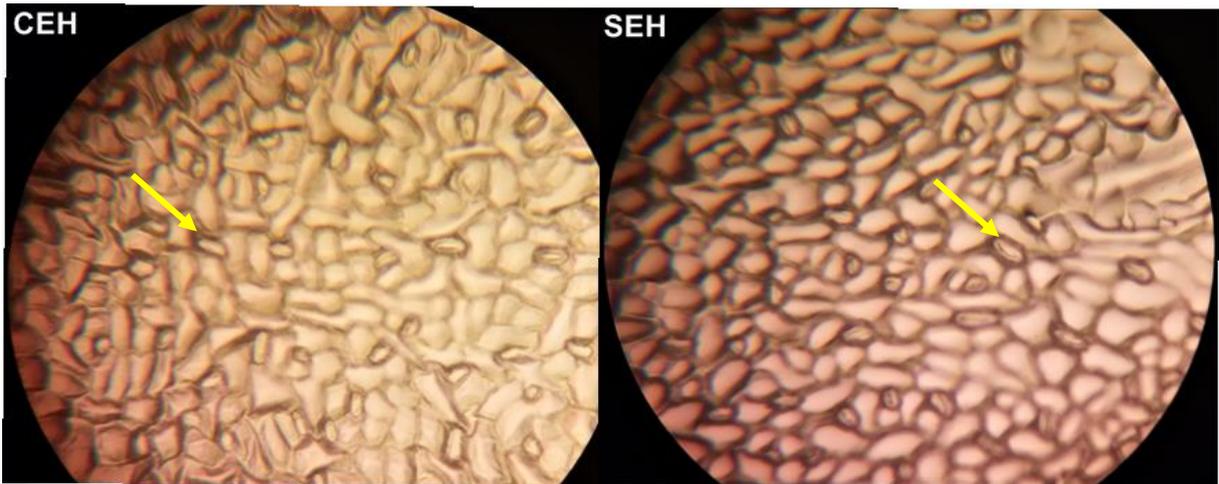
Em análise de compactação a partir da metodologia de indicadores de qualidade do solo, obteve-se uma média de penetração do estilete no solo de 10,2 cm, sendo considerado um solo com alto nível de compactação, levando em consideração que por ser uma planta com sistema radicular pivotante suas raízes se desenvolveriam melhor em solos mais profundos.

5.2 Caracterização Estomática

Nas visualizações das lâminas com moldes da epiderme, quando em condições de restrição hídrica, observou-se que as células epidérmicas se mostraram flácidas, com grande número de estômatos fechados (figura 16 CEH). Já em condições de hidratação, houve células da epiderme bastante túrgidas e com controle

de abertura estomática, mostrando estas estruturas parcialmente abertas (figura 16.SEH).

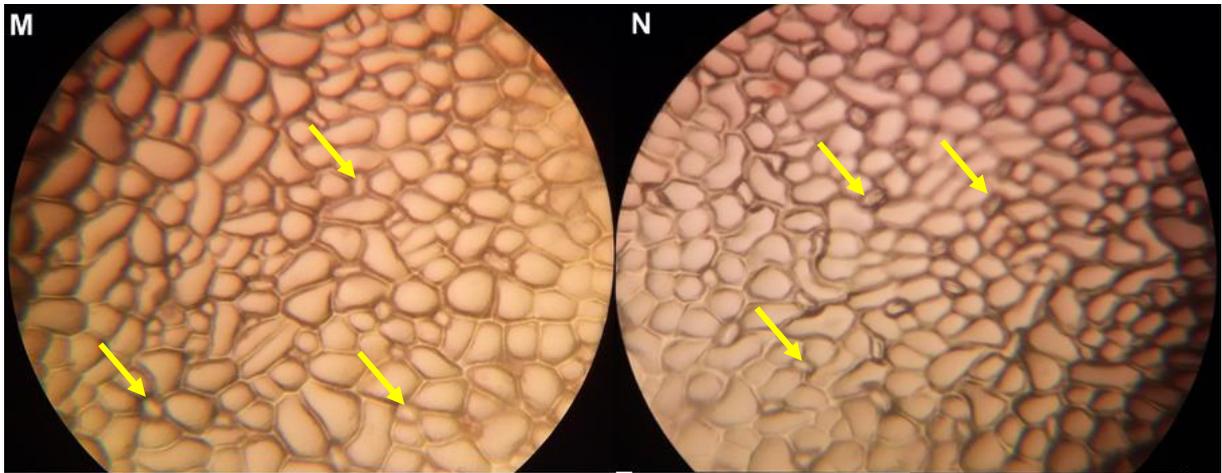
Figura 16 – Visualizações microscópicas das lâminas foliares da moringa, em que a foto CEH representa lâminas de plantas submetidas a estresse hídrico e SEH de plantas sem estresse hídrico.



Autora, 2016.

Observa-se na figura 17 que tanto no período da noite quanto no período na manhã, sem estarem sujeitos ao estresse hídrico, as células da epiderme se mantiveram túrgidas, observando-se que os estômatos pela manhã (figura 17. M) apresentaram um aspecto mais túrgido e maiores, já os estômatos à noite (figura 17. N) apresentaram-se menores e com menor turgidez.

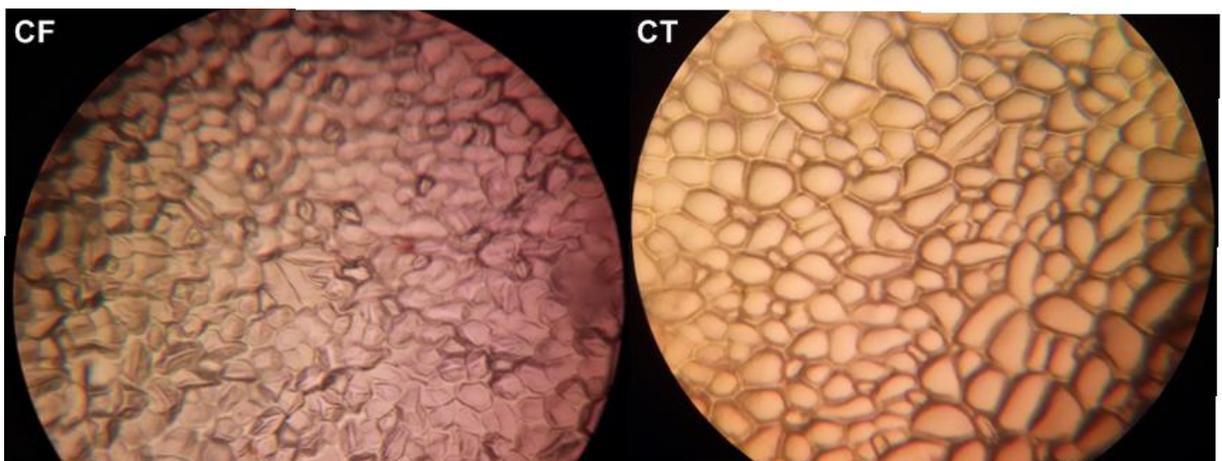
Figura 17 – Imagens microscópicas da lâmina foliar abaxial da *Moringa oleífera* Lam., pela manhã e ao anoitecer. Em que A foto M representa a lâmina dos estômatos pela manhã e a foto N representa a lâmina de estômatos à noite.



Autora, 2016.

Quando submetida há restrição hídrica atrelada a temperaturas elevadas pode-se notar a diferença nas células epidérmicas, que se mostraram flácidas (figura 18. CF) e quando as folhas estão hidratadas mostrando-se túrgidas (figura 18. CT).

Figura 18 – Visualizações microscópicas das lâminas com moldes das epidermes foliares da moringa, em que a foto CF representa folíolo com células flácidas e CT folíolos com células túrgidas.

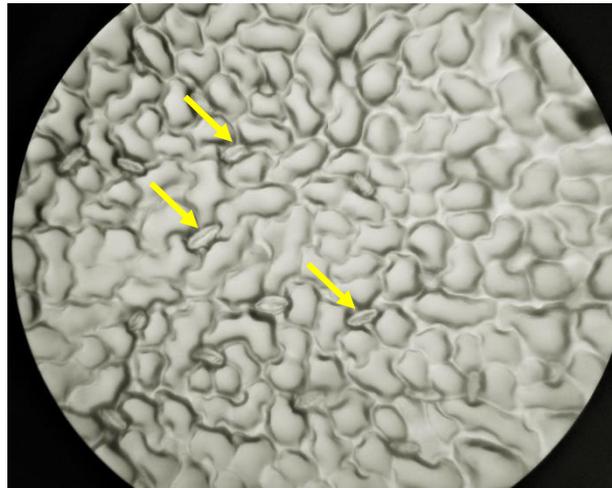


Autora, 2016.

A densidade estomática varia de espécie para espécie, como também entre indivíduos de espécies iguais. A quantidade de estômatos é influenciada por variações climáticas e o habitat das plantas (SANTOS, V. S. 2016). Na moringa os estômatos

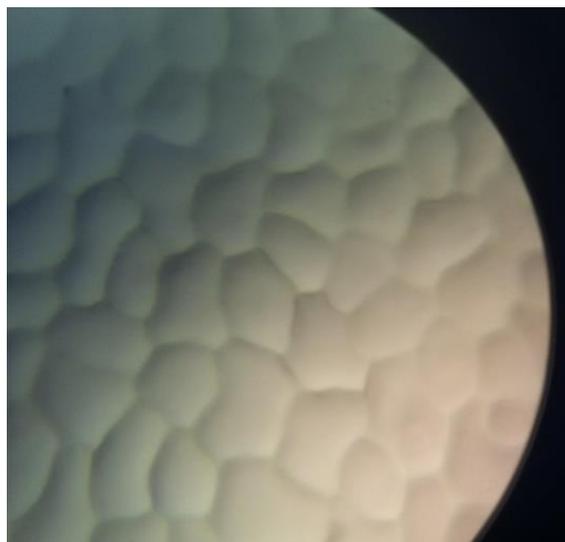
são encontrados predominantemente na face inferior da folha sendo assim caracterizados quanto à disposição são hipoestomáticos, demonstrados nas figuras 19 e 20 e apresentam o tipo anomacítico, ou seja, não possuem células subsidiárias e encontra-se envolvido por várias células semelhantes as epidérmicas.

Figura 19 – Visualização microscópica, editada em preto e branco, dos estômatos localizados na epiderme abaxial da *Moringa oleífera* Lam.



Autora, 2016.

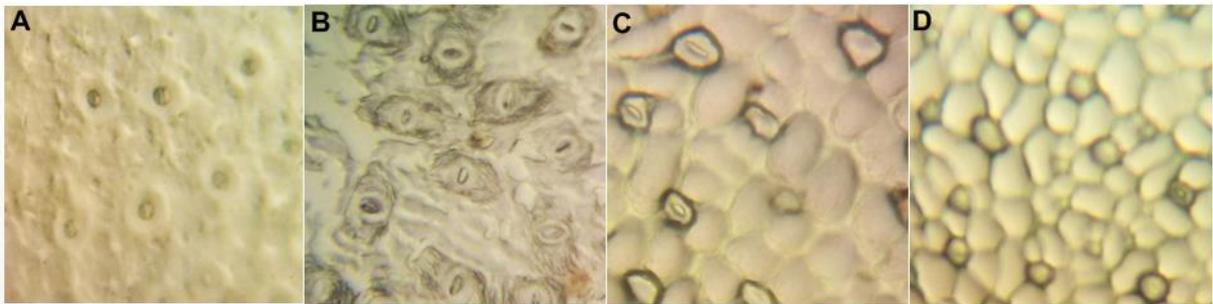
Figura 20 – Visualização microscópica da epiderme foliar adaxial da moringa.



Autora, 2016.

Numa análise comparativa entre as características da epiderme de mangueira, cajueiro, moringa com mais de um ano de idade e a moringa em crescimento inicial, verificou-se a disposição estomática de acordo com a figura 21, observa-se a disposição estomática em diferentes cultura, com exceção da figura C e D que representam a moringa em fases fenológicas diferentes.

Figura 21 – Visualizações microscópicas das lâminas foliares da moringa (*Moringaceae*), mangueira e cajueiro (*Anacardiaceae*) em que a foto A representa a epiderme abaxial da mangueira, a foto B a epiderme abaxial do cajueiro, a foto C a epiderme abaxial de uma moringa com DAP maior que um ano e a foto D a epiderme abaxial da moringa deste experimento.



Autora, 2016.

5.3 Teores de Clorofila

A clorofila atua diretamente na produtividade vegetal, sendo um dos pigmentos responsáveis pela captação dos fótons de luz na etapa fotoquímica da fotossíntese. A concentração dos pigmentos irá influenciar na captura da luz pelas folhas, levando em consideração a sua morfologia, no qual varia de acordo com a espécie.

De acordo com a tabela 4 a quantidade de clorofila se manteve estável mesmo com a evolução dos dias após a semeadura, mantendo a proporcionalidade adequada entre a clorofila a e b, não demonstrando diferença significativa.

As variações nos valores se deu devido ao processo de senescência das folhas, durante ao período de estresse hídrico um severo e não premeditado, em houve problema no sistema hidráulico, faltando água por 3 dia seguidos, em situações como essa, ocorre a remobilização dos fotoassimilados presentes nessas folhas para outras partes da planta sendo usados como reservas, ocasionando a clorose das mesmas, mas esse fenômeno também pode ser provocado em decorrência da

restrição de nutrientes que constituem a folha e atuam no processo de constituição da clorofila.

Tabela 4 – Índice de clorofila a e b, com análise estatística, em folhas de moringa na fase de crescimento, de acordo com os dias após semeadura.

DAS	CLOROFILA A	CLOROFILA B
82	31,95238 a	7,74762 a
110	30,72381 a	7,55238 a
110	30,43333 a	6,76191 a
124	32,05238 a	6,40476 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de clorofila estáveis apresentados durante o crescimento das plantas mostraram que este componente da fotossíntese contribuiu para o funcionamento normal do processo metabólico da moringa.

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009, p. 200) nas folhas a predominância das clorofilas dá a coloração esverdeada a grande maioria desses órgãos. Com a senescência da folha ou em épocas do ano determinadas, em algumas regiões a clorofila das folhas que irão sofrer abscisão é degradada e os seus compostos são mobilizados para outras partes das plantas, assim o teor de clorofila das folhas cai e os carotenóides começam a aparecer modificando a coloração das folhas.

5.4 Taxa de Crescimento Relativo

No geral a figura 22 explícita a evolução do crescimento das plantas da *Moringa oleífera* Lam., no qual observou-se o crescimento longitudinal, maior espessura no diâmetro caulinar e aumento das ramificações dos 8 aos 97 dias.

Figura 22 - A foto A representa a fase inicial da moringa com 8 DAT, a foto B demonstra planta com 59 DAT, já a foto C representa a moringa 83 DAT e a foto D representa a planta com 97 DAT.



Autora, 2016.

Na tabela 5, explicita-se a taxa de crescimento relativo da moringa, submetida ao cultivo em área degradada. Obteve-se TCR $0,098 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ para plantas pequenas e TCR $0,047 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ para plantas grandes, observando-se um incremento de massa seca em ambas as amostras de plantas, tanto pequenas como grandes, no período de 15 dias. No entanto, a média geral da TCR das plantas pequenas, teve um aumento 4 vezes maior no ganho de peso. Já a média geral da TCR das plantas grandes apresentou um aumento de apenas 2 vezes mais no seu ganho de peso, denotando assim maior acúmulo de biomassa nas plantas pequenas do que nas plantas caracterizadas como grandes.

A degradação do solo não permitiu que a planta pudesse desenvolver seu sistema radicular com morfologia normal (figura 23), de modo a reduzir sua área de captação de nutrientes e água, comprometendo seu desempenho e como forma de defesa para sua sobrevivência a planta reduziu sua taxa de crescimento, priorizando outras atividades fundamentais para sua sobrevivência.

Tabela 5 – Cálculo da TCR em $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ de uma amostra de plantas consideradas pequenas e outra amostra de plantas consideradas grandes.

	Planta Pequena	Planta Grande
Massa seca (t1)	2,68g	21,98g
Massa seca (t2)	11,98g	44,7g
t2-t1	15 dias	15 dias
TCR	0,098	0,047

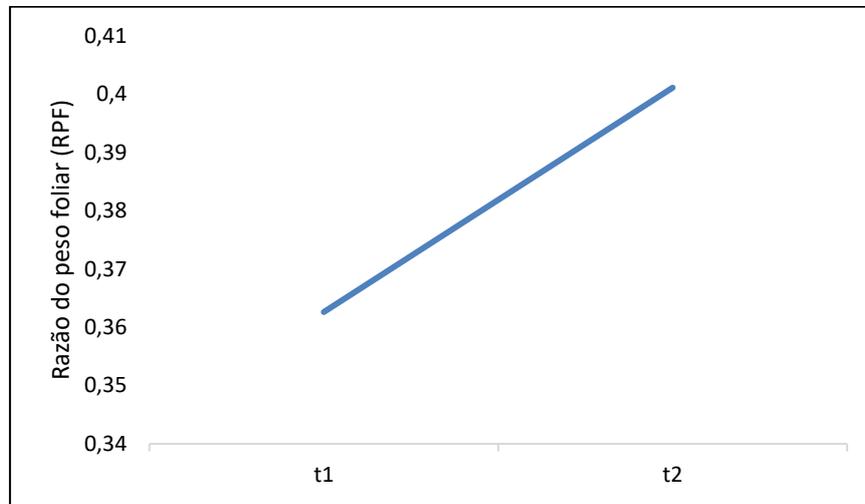
Apesar de haver outras plantas cultivadas na área experimental, estas não teriam como interferir de forma significativa no desenvolvimento das plantas de moringa, pois quando as mesmas foram transplantadas em campo e as outras culturas foram semeadas logo após, sendo que na época do experimento encontravam-se na fase inicial de crescimento, não propiciando uma competição voraz.

5.5 Razão de Peso Foliar

As folhas são os sítios produtivos de biomassa através dos fotossimilados, no qual grande parte são translocados para outras partes da planta como caule, raízes, frutos e sementes. Evidenciando-se a relação de massa produzida nas folhas e caule num determinado intervalo, observou-se a distribuição da biomassa pelo corpo da planta.

Como pode ser visto no gráfico 3, no intervalo de duas semanas houve um incremento de 0,038 na RPF, no qual pode-se avaliar a relação entre o peso das folhas e o caule, levando em consideração a importância de, quanto maior o número de folhas, mais eficiente será o processo fotossintético da moringa, demonstrando um pequeno aumento no intervalo de tempo de duas semanas, levando em consideração que não houve um aumento significativo na quantidade de ramificações como pode ser observado na tabela 3.

Gráfico 3 – Análise da razão de peso foliar (RPF) em relação ao tempo 1 (t1) e tempo 2 (t2).



Autora, 2016.

6 CONCLUSÃO

As características físicas, químicas e as limitações de um solo são fatores limitantes para o desenvolvimento de uma planta. O crescimento do vegetal está intimamente ligado ao que o mesmo armazena, proporcionando aumento em volume, em massa, em tamanho e atua na formação de suas unidades estruturais.

Com base neste experimento a moringa demonstrou capacidade de crescer numa área degradada, desde que haja um manejo mínimo de irrigação, fertilização e descompactação do solo.

Através de análises biométricas observou-se um incremento gradual e significativo em altura e diâmetro do caule. Determinou-se o valor da TCR em $0,098 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ em plantas pequenas e $0,047 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ em plantas grandes, evidenciando-se que o peso das plantas pequenas quadruplicou e duplicou nas plantas grandes, no mesmo intervalo de tempo. Já a quantidade de ramificações e a quantidade de clorofilas (entre 31,95 e 32,05 Cla a e entre 7,75 e 6,40 Clb), não demonstraram alterações significativas durante o período de observação, mas mantiveram-se constantes possibilitando a continuidade do processo fotossintético.

Os valores da RPF foram 0,36 e 0,40, estes não demonstraram diferenças significativas num intervalo de tempo de duas semanas. Como também apresentou deformações nas suas raízes, efeito resultante da alta compactação da área, apresentando uma taxa de crescimento lento, gradativo e constante.

A moringaceae estudada apresentou estômatos distribuídos e concentrados aleatoriamente na face abaxial da folha, sem a presença se células subsidiárias, enquanto na face adaxial não demonstrou presença de estômatos, caracterizando-se assim com folha hipostomática e com estômatos anomacíticos.

A *Moringa oleífera* Lam. demonstrou potencial para o seu desenvolvimento numa área degradada submetida a manejos de preparo do solo, fertilização e irrigação. Mesmo sendo um solo raso, alto grau de compactação, com baixos níveis de nutrientes e água em parcimônia, a mesma conseguiu se estabelecer.

REFERÊNCIAS

ALQUINI, Y. et al. Epiderme. In: GLÓRIA, B.A.; GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia vegetal**. 3^o ed. Viçosa-MG: UFV, 2013. p. 85-92.

ALVARENGA, A.A; NERY, F.C; RODRIGUES, A.C. Experimentação em fisiologia vegetal. 1^oed. UFLA, 2015.

BRASIL. Ministério do meio Ambiente. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/destaques/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>> Acesso em 02 ago. 2016.

BRUNELLI, R. **Moringa**: alternativa para alimentação do gado em época de seca. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/moringa/index.htm>. Acesso em: 7 de set. de 2016.

BEZERRA, A. M. B. et al. Germinação de sementes de moringa (*Moringa oleifera* L.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 28, n. 1/2, p. 64-69, 1997

CORREIA, F.R. **Avaliação do estado de compactação do solo em área de agricultura e de floresta de eucalipto**. Brasília: UnB. 2014.

CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal**: Estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. **Conceitos Gerais de Compactação do Solo**. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/compsolo/comp1.htm>> Acesso em 14 dez. 2016.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 305 - 311, 2007.

GONÇALVES, F.S. **Fotossíntese**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biologia/fotossintese/>>. Acesso em 30 abr. 2017.

FAO. **Escassez e degradação dos solos e da água ameaçam segurança alimentar**. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>> Acesso em 02 ago. 2016.

FALKER. **Como é índice ICF é calculado?** Disponível em: <<http://www.falker.com.br/base/article/AA-00299/41/Clorofila/clorofiLOG-CFL1030/Como-o-%C3%ADndice-ICF-%C3%A9-calculado.html>> Acesso em: 07 de set. de 2016.

FALKER. **Qual é a unidade de medição do clorofiLOG?** Disponível em: <<http://www.falker.com.br/base/article/AA-00298/41/Clorofila/clorofiLOG-CFL1030/Qual-%C3%A9-a-unidade-de-medi%C3%A7%C3%A3o-do-clorofiLOG.html>> Acesso em: 07 de set. de 2016.

FALKER. **ClorofiLOG medidor eletrônico de teor de clorofila.** Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-clorofilog-medidor-clorofila.php>> Acesso em: 23 de mar. de 2017.

FERREIRA, W. C. et al. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.

GOVERNO DA PROVÍNCIA DE GAZA. **Cultivo da moringa.** Disponível em: <<http://www.cidadaosolidario.org.br/Moringa/CultivodaMoringa.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

GUALBERTO, A. F. et al. Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleífera* Lam.): Aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 19-25, 2015.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 106-109, 2006.

GUERREIRO, S.M.C; GLÓRIA, B.A. Organização interna do corpo vegetal. In: GLÓRIA, B.A.; GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia vegetal**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2013. p. 21-28.

HOWARD, S.A. **Um testamento agrícola**. 2ed. São Paulo: Expressão popular, 2012.

INTER AIDE. **Moringa oleifera cultivation training guidelines.** Disponível em: <http://www.interaide.org/praticas/sites/default/files/ia_mlwi_chadza_moringa_training_guidelines_2012.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2016.

KIILL, L. H. P.; MENEZES, E.A. **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa, 2005.

KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. V. D.; LIMA, P. C. F. *Moringa oleifera*: Registro dos Visitantes Florais e Potencial Apícola para a Região de Petrolina, PE. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2012.

LEXENGEL, V.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

LIMA, J.F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C.A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Caricapapaya*.) em casa de vegetação. **Ciência agrotécnica**, v.31, n 5, p.1358-1363, set./out. 2007.

MMA. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/destaques/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>> Acesso em 02 ago. 2016.

MARENCO, R.A., LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal:** Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3° Ed. Viçosa-MG: UFV, 2013.

NASCIMENTO, S.B; ARAÚJO, C.A. **Indicadores de qualidade de solo:** Uso de índices de qualidade de solo para avaliação para sustentabilidade de sistemas orgânicos de produção. Boletim técnico. n°1. Petrolina, 2014.

NETA, M.A.F; MARENCO, R; JESUS, S.V. **Caracterização estomática em cinco espécies florestais da Amazônia.** Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/boavista/resumos/1163.htm>> Acesso em 05 set. 2016.

PES, L.Z; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia vegetal.** Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_fruticultura/terceira_etapa/arte_fisiologia_vegetal.pdf> Acesso em 15 dez. 2016. Santa Maria - RS: UFSM, 2015.

SANTOS, A. R. F. **Desenvolvimento inicial de *Moringa oleífera* Lam. sob condições de estresse.** 2010. 77 f. Dissertação (mestrado em agrossistemas) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão -SE.

SANTOS, V. S. **Estômatos.** Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/celulas-guardas.htm>>. Acesso em: 06 de set. de 2016.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data.** Afr. J. Agric. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOUZA, V.; LORENZI, H. **Botânica sistemática.** 2°Ed. Nova Odessa - SP: Instituto Plantarum, 2008.

SPITZCOVSKY, D. **Áreas degradadas no Brasil equivalem a duas Franças.** Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/areas-degradadas-no-brasil-equivalem-a-duas-francas>> Acesso em 02 ago. 2016.

SUDENE. **Semiárido.** Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/aceso-a-informa%C3%A7%C3%A3o/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/semiarido>> Acesso em: 21 de set. 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4°ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VIEIRA, H.; CHAVES, L.H.G.; VIÉGAS, R.A. Crescimento inicial de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) sob omissão de nutrientes. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p.51-56, out./dez. 2008.

VALCARCEL, Ricardo; SILVA, Z. de S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, v. 27, n. 1, p. 101-114, 2000.

VICTÓRIO, C.P; KUSTER, R.M; LAGE, C.L.S. Qualidade de Luz e Produção de Pigmentos Fotossintéticos em Plantas *In Vitro* de *Phyllanthus tenellus* Roxb. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl.2, p. 213 - 215, jul. 2007.

WUTKE, E.B; CALEGARI, A.; WILDNER, L.P. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: Fundamentos e prática. Vol.1.Brasília: Embrapa, 2005.cap 3:Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso, p.59-167.

