

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
TAMIRES GOMES DO NASCIMENTO**

**CARACTERÍSTICA DA ANATOMIA FOLIAR E CRESCIMENTO DE
MUDAS DE *Ingá Edulis* PRODUZIDAS COM LODO DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA DO SAAE DE GUANHÃES - MG**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2019**

TAMIRES GOMES DO NASCIMENTO

**CARACTERÍSTICA DA ANATOMIA FOLIAR E CRESCIMENTO DE
MUDAS DE *Ingá Edulis* PRODUZIDAS COM LODO DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA DO SAAE DE GUANHÃES - MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de Minas
Gerais - Campus São João Evangelista como
exigência parcial para obtenção do título de
Bacharel Agronomia.

Orientador: Dr. Giuslan Carvalho Pereira

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

N244c Nascimento, Tamires Gomes do.
2020

Característica da anatomia foliar e crescimento de mudas de *Ingá Edulis* produzidas com lodo da estação de tratamento de água do SAAE de Guanhães. / Tamires Gomes do Nascimento. – 2020.

46fl; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2020.

Orientador: Dr. Giuslan Carvalho Pereira.

Coorientadora: Dra. Grazielle Wolff de Almeida

1. Densidade estomática. 2. Funcionalidade estomática. 3. Substrato. I. Nascimento, Tamires Gomes do. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 583.3

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais.

Campus São João Evangelista.

Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

TAMIRES GOMES DO NASCIMENTO

**CARACTERÍSTICA DA ANATOMIA FOLIAR E CRESCIMENTO DE MUDAS
DE *Ingá Edulis* PRODUZIDAS COM LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ÁGUA DO SAAE DE GUANHÃES - MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de Minas
Gerais - Campus São João Evangelista como
exigência parcial para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

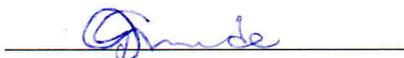
Aprovada em 17/12/2019

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Giuslan Carvalho Pereira

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Prof. Dra. Grazielle Wolff de Almeida

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Prof. Dr. João Paulo Lemos

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pelo dom da vida, pela proteção, por me dar forças diariamente para vencer os obstáculos e não me deixar desistir. A Nossa Senhora Aparecida a quem tenho devoção quero agradecer pela proteção e por todas as bênçãos recebidas.

Aos meus pais, que sempre foram meu exemplo quero agradecer pelos incalculáveis esforços por todo apoio e motivação, principalmente a minha mãe que foi meu porto seguro nessa caminhada que sempre acreditou em mim e que nunca mediu esforços para que esse sonho se tornasse realidade. Ao meu pai pela dedicação e incentivo na minha trajetória.

Aos meus irmãos, Elianderson, Flaviane, Elisangela e Flavia pelo apoio mesmo de longe e contribuição nos meus estudos. As minhas sobrinhas Paloma e Olivia que acompanharam durante esse período.

Aos meus familiares e amigos pela motivação para que eu almejasse essa conquista.

Aos meus colegas e amigos, Joao Paulo, Erica, Amanda e aos técnicos do laboratório por toda ajuda durante a pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Giuslan Carvalho Pereira e a coorientadora Prof. Dr. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho por toda atribuição, e ensinamentos para a conclusão desse trabalho.

Ao IFMG Campus São João Evangelista por ter me aberto as portas e me acolhido durante esses 5 anos permitindo que meu sonho tornasse realidade.

Ao SAAE de Guanhães Minas Gerais pela contribuição com a pesquisa.

RESUMO

No processo de tratamento da água para obtenção de água potável há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e aplicação de produtos químicos, esses resíduos são conhecidos como Lodos de Estação de Tratamento de Água (LETA) e possuem potencial poluidor. É de conhecimento que o LETA possui macro e micronutrientes essenciais às plantas, mas que a alta concentração de alguns nutrientes ou a ausência, pode limitar sua utilização como substrato, podendo causar alterações morfológicas, anatômicas e fisiológicas nas plantas. O ingá-cipó (*Inga edulis* Martius) é uma leguminosa arbórea nativa da América Tropical utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas e componente agroflorestal. O SAAE-Guanhães investe em programas de reflorestamento na Bacia do Rio Graipú, sendo a produção de mudas dessa espécie de interesse para a autarquia. O objetivo foi avaliar as modificações na anatomia foliar em mudas de *Inga Edulis* produzidas com lodo de ETA's incorporado ao substrato. O lodo obtido foi homogeneizado, seco, triturado e peneirado. Foram selecionadas, após teste de viabilidade, 150 sementes de *Inga edulis* do banco de sementes do viveiro do IFMG/SJE para produção das mudas. O experimento foi constituído de 6 tratamentos e 10 repetições cada distribuídas em DIC. Após 120 dias foram avaliados os parâmetros de densidade estomática, índice estomático, funcionalidade estomática, clorofila, diâmetro do coleto, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e área foliar. Para verificar diferença entre os tratamentos foi realizada uma ANOVA seguida por Teste de Scott knott a 5% de probabilidade. Para todos os parâmetros analisados foi observado efeito significativo ($p < 0,05$), com exceção da clorofila que não se mostrou significativa entre os tratamentos. De acordo com os resultados obtidos a proporção de 40 % de LETA na composição dos substratos é indicado para a produção de mudas de *Inga Edulis*, mostrando ser uma alternativa viável e econômica para o descarte do LETA do SAAE de Guanhães-MG.

Palavras Chave: Densidade estomática, funcionalidade estomática, Substrato.

ABSTRACT

In the water treatment process to obtain drinking water there is waste generation due to the presence of impurities in the raw water and chemical application, these residues are known as Water Treatment Plant Sludge (LETA) and have polluting potential. It is known that LETA has essential macro and micronutrients to plants, but that the high concentration of some nutrients or the absence, may limit its use as substrate, and may cause morphological, anatomical and physiological changes in plants. The *ingá-lipo* (*Inga edulis* Martius) is a native tree legume from Tropical America used in recovery programs of degraded areas and agroforestry. SAAE-Guanhães invests in reforestation programs in the Graipú River Basin, and the production of seedlings of this kind is of interest to the municipality. The objective was to evaluate the changes in leaf anatomy in *Inga Edulis* seedlings produced with ETA sludge incorporated to the substrate. The obtained sludge was homogenized, dried, crushed and sieved. After feasibility testing, 150 *Inga edulis* seeds from the IFMG / SJE nursery seed bank were selected for seedling production. The experiment consisted of 6 treatments and 10 repetitions each distributed in DIC. After 120 days the parameters of stomatal density, stomatal index, stomatal functionality, chlorophyll, stem diameter, root dry mass, shoot dry mass and leaf area were evaluated. To verify differences between treatments, an ANOVA was performed followed by Scott knott test at 5% probability. For all parameters analyzed, a significant effect was observed ($p < 0.05$), except for chlorophyll which was not significant between treatments. According to the results obtained the proportion of 40% of LETA in the substrate composition is indicated for the production of *Inga Edulis* seedlings, showing to be a viable and economical alternative for the disposal of the SAAE LETA of Guanhães-MG.

Keywords: Stomatal density, stomatal functionality, substrate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Secção paradérmica de folhas de <i>Ingá edulis</i>	27
Figura 2- Diâmetro do coleto, em função das concentrações de LETA.....	32
Figura 3- Matéria Seca da Raiz, em função das concentrações de LETA.....	34
Figura 4- Matéria Seca da Raiz, em função das concentrações de LETA.....	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Média da densidade estomática	26
Tabela 2- Média do Índice Estomático	27
Tabela 3- Média do Diâmetro Polar, Diâmetro Equatorial e Funcionalidade	29
Tabela 4- Média da Área Foliar	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVO GERAL	14
3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1. O LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (LETA)	15
4.2. DESTINAÇÃO DO LODO DE ETA	16
4.3. ANATOMIA FOLIAR	17
4.3.1 ESTÔMATOS.....	19
4.4. <i>Ingá Edulis</i>	21
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. LOCAL DE IMPLANTAÇÃO	21
5.2. AQUISIÇÃO DO LETA E MATERIAL VEGETAL	22
5.3. MONTAGEM DO EXPERIMENTO	22
5.4. ANÁLISES ANATÔMICAS.....	23
5.5. ANÁLISES BIOMÉTRICAS	24
5.6. ESTATÍSTICA	25
6. RESULTADO E DISCUSSÃO	25
6.1. DENSIDADE ESTOMÁTICA	25
6.2. ÍNDICE ESTOMÁTICO	27
6.3. FUNCIONALIDADE ESTOMÁTICA.....	28
6.4. CLOROFILA	31
6.5. DIÂMETRO DO COLETO	31
6.6. MATÉRIA SECA DA RAIZ	33
6.7. MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA	35

6.8. ÁREA FOLIAR	36
7. CONCLUSÃO.....	37
7.1. SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS	37
REFERÊNCIAS	38
ANEXO	46

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais preciosos do mundo por ser indispensável ao ser humano à flora e a fauna, a cada ano que passa observa-se um aumento na deterioração dos recursos hídricos por lançamento de efluentes industriais, domésticos ou agrários. E quanto mais poluída, mais difícil e caro é o tratamento da água, às vezes esse processo chega a ser inviável (VON SPERLING, 2014).

As Estações de Tratamento de Água (ETA) são responsáveis em transformar água bruta de qualidade inferior em potável, através da remoção de organismos patogênicos e substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) que podem ser prejudiciais à saúde e ao ambiente, utilizando de processos como coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção adicionando diversos produtos químicos, (SALES et al., 2010).

A aplicação de produtos químicos no tratamento da água gera resíduos. Esses resíduos são conhecidos como Lodos de Estação de Tratamento de Água (LETA), e apresentam características e propriedades diversas, geralmente desconhecidas, dificultando seu descarte ou reaproveitamento (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Devido a isso a legislação ambiental brasileira, tornou-se mais restritiva no final dos anos 90 e a promulgação das Leis 9.433 de 1997 e 9.605 de 1998, Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), respectivamente, provocou mudança de postura dos órgãos de fiscalização diante do problema; e em função disso as empresas de tratamento de água são impedidas, pela legislação, de descarte destes diretamente no meio ambiente.

Na última década, diversas alternativas para o descarte correto do resíduo de ETA são encontradas como a aplicação em solos agrícolas, recuperação de áreas degradadas, materiais da construção civil, recuperação como coagulante, disposição em aterros, compostagem, entre outros, (TAKADA et al. 2012; ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014). Neste mister, existe a possibilidade de se utilizar esse resíduo como composto/fertilizante para fins florestais uma vez que é rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas, (GONÇALVES et al., 2000), sendo uma alternativa viável e econômica.

Para a produção de mudas, é necessária a utilização de substratos que

proporcionem boas condições de desenvolvimento. Um bom substrato para a produção de mudas deve oferecer condições adequadas para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (CALDEIRA et al., 2008).

A nutrição mineral contribui com a composição da organização estrutural, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber macro e micronutrientes evidenciam-se alterações em sua estrutura. Sendo assim a falta de nutrientes compromete o crescimento e estabelecimento de uma planta que está associado tanto a fatores morfológicos quanto fisiológicos. Além disso, as características anatômicas são fortemente influenciadas por fatores ambientais, como disponibilidade de luz, água, dentre outros (CASSON; GRAY, 2008).

A alteração na morfologia foliar pode desencadear processos metabólicos e fisiológicos associados à fotossíntese e a transpiração sendo estes fundamentais para a produção vegetal. Os estômatos têm um papel fundamental neste processo, ao regular as trocas gasosas com o ambiente, principalmente vapor de água e dióxido de carbono, essas estruturas permitem a planta otimizar e balancear a performance fotossintética com a disponibilidade e uso de água (CHAERLE et al., 2005).

A anatomia foliar é conhecida por ser altamente plástica às alterações dos fatores ambientais, devido a essa plasticidade, atributos anatômicos de folhas como densidade, índice, tamanho e diâmetro estomático tem sido rotineiramente estudado e utilizados como indicadores do funcionamento de plantas expostas a diversas pressões ambientais. (MARTINS, 2010)

O Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Guanhães - MG (SAAE) possui uma Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR), onde, após processos de decantação e filtração da água bruta na Estação de Tratamento de Água (ETA), há produção de resíduos sólidos. Devido à falta de pesquisas e orientações corretas para o descarte desse material, o mesmo vem se acumulando na UTR do SAAE de Guanhães, tornando-se um entrave para a empresa em questão, gerando com isso gasto na sua armazenagem. Com isso objetivou-se em avaliar as modificações na anatomia foliar de mudas de *Inga Edulis* bem como o crescimento e desenvolvimento da planta quando produzidas em diferentes proporções do LETA no substrato.

2. JUSTIFICATIVA

A procura por soluções para minimizar os impactos e viabilizar a disposição adequada dos resíduos da ETA, levou ao desenvolvimento de várias tecnologias. No entanto, a escolha da melhor tecnologia depende das características qualitativa e quantitativa do lodo e das condições climáticas (FONTANA, 2004).

A quantidade e qualidade dos resíduos produzidos numa ETA dependem de vários fatores, destacando a qualidade da água bruta, a tecnologia do tratamento, as características da coagulação e os métodos de limpeza de decantadores e filtros (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Sendo assim, a finalidade do LETA de uma ETA, nem sempre, pode ser replicada, cada ETA tem sua particularidade e o lodo precisa ser estudado para ser melhor tratado e destinado (FONTANA, 2004).

É necessário fazer novas buscas por tecnologias de tratamento do lodo e determinar formas diferenciadas de disposição, de maneira a causar o menor impacto possível no meio ambiente e atender as legislações ambientais (ANDRADE et al., 2014).

Através de conversas entre o SAAE Guanhães – MG e o IFMG *campus São João Evangelista*, viu-se a necessidade de uma destinação correta para o lodo gerado na UTR. Por ser uma empresa de baixo capital, o SAAE não possui recursos para o investimento em tecnologias caras, com isso surgiu a justificativa da pesquisa baseada na seguinte pergunta: qual a qualidade do LETA gerado na UTR do SAAE Guanhães e qual seria o melhor método de descarte ou reaproveitamento deste resíduo?

Estudos realizados por Padilha (2007) na ETA da Fazenda Rio Grande-PR, gerenciada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, que possui sistema de tratamento de água convencional, como o SAAE de Guanhães, constatou através de análises laboratoriais do lodo, a presença de minerais, que na produção agrícola são considerados macro e micronutrientes. Devido à semelhança no processo, espera-se que o LETA do SAAE também apresente esses nutrientes.

Entretanto o LETA pode conter, entre outros elementos constituintes dos lodos, alguns metais como Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn e, em especial o Al, que devem ser considerados não só durante as operações da estação, bem como para a destinação correta do lodo gerado nestes processos (HOPPEN et al, 2005 e RICHTER, 2001).

Esses elementos podem causar toxidez e prejudicar a fisiologia e a anatomia das plantas. As folhas são geralmente mais expostas às condições aéreas sendo mais

sensíveis e plásticas as mudanças do ambiente que outros órgãos das plantas. As mudanças nas condições ambientais como estresse por metais pesados, tipicamente resultam em respostas morfológicas e anatômicas nesse órgão da planta. Logo a absorção e translocação de metais pesados causam mudanças estruturais que afetam o crescimento e o bem-estar fisiológico das plantas. O que foi constatado por Pereira et.al (2011) em plantas de aguapé. Nesse sentido torna-se necessários estudos da anatomia, como meio de avaliar e elucidar possíveis alterações morfológicas internas causadas pelo LETA.

A partir da análise do lodo, será proposto a utilização do mesmo como adubo utilizado na produção de mudas arbóreas de *Inga edulis* que é uma espécie muito utilizada na recuperação de áreas degradadas além de contribuir com quantidades significativas de nitrogênio através da deposição da serapilheira, melhorando condições abióticas do solo (SCHAFFER, 2016). Sendo assim a espécie é de grande interesse para o SAAE Guanhães, pois a autarquia investe em programas de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e proteção de nascentes, sendo que esta espécie atende a todos os requisitos.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar as modificações na anatomia foliar e crescimento em mudas de *Inga Edulis* produzidas com lodo de ETA's incorporado ao substrato.

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar o lodo gerado na UTR da ETA do SAAE Guanhães – MG.
- Identificar quais concentrações do lodo no substrato são mais favoráveis ao desenvolvimento da espécie.
- Avaliar se o lodo está causando efeitos negativos no formato, densidade e na funcionalidade dos estômatos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. O LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (LETA)

A alteração da qualidade das águas em mananciais e direcionadas ao tratamento implica diretamente na quantidade de produtos necessários ao tratamento, levando ao aumento do custo operacional, que reflete ao consumidor e também na quantidade e heterogeneidade dos resíduos sólidos gerados pelo tratamento. Os resíduos gerados nas ETA's, do ponto de vista quantitativo e qualitativo, representam um problema sério para as instituições que gerenciam tais sistemas (DI BERNARDO, 2002).

No Brasil existem cerca de 7.500 Estações de Tratamento de Água (ETA's) projetadas, em sua grande maioria, com ciclo completo, que inclui coagulação, floculação, decantação e filtração. No processo de tratamento da água há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e aplicação de produtos químicos (ACHON et al., 2013).

O lodo de ETA tem sua origem, na maioria das vezes, nos decantadores, na lavagem dos filtros e na lavagem dos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos presentes nas ETA's e representa variações da ordem de 0,2 a 5,0% do volume total de água tratada nas estações (RICHTER, 2001, HOPPEN, 2005).

O LETA é basicamente o produto da coagulação da água bruta e, assim, tem uma composição aproximada daquela, acrescido de produtos resultantes do floculante/coagulante utilizado, principalmente hidróxidos de alumínio ou de ferro (RICHTER, 2001).

De acordo com Hoppen et al. (2005) e Richter (2001) o tratamento químico requerido para tratamento da água nas ETA's obriga a uma disposição correta do lodo gerado para não impactar, negativamente, o meio ambiente, já que os mesmos podem apresentar, entre outros elementos constituintes dos lodos, alguns metais como Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn e, em especial o Al, que devem ser considerados não só durante as operações da estação, bem como para a destinação correta do lodo gerado nestes processos.

Segundo NBR 10.004 (2004) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) o lodo da Estação de Tratamento de Água (LETA) é classificado como resíduos sólidos, pertencentes a classe II – não inerte não sendo permitido seu lançamento *in natura* em águas superficiais. Apesar de sua definição como resíduo sólido, a caracterização do lodo de ETA quanto à classe que esta mesma norma define, em perigoso ou não-perigoso, depende da constituição físico-química deste material

dada às características do corpo hídrico e dos produtos químicos utilizados no tratamento.

4.2. DESTINAÇÃO DO LODO DE ETA

Segundo Reali (1999), Richter (2001) e Hoppen et al. (2005), a definição do destino final para o lodo de uma estação de tratamento de água é uma das tarefas mais complicadas para o administrador do serviço de água, envolvendo custos elevadíssimos de transporte e restrições do meio ambiente.

Porém, o gerenciamento conjunto de lodos de ETAs e dos biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos pode ser bastante vantajoso do ponto de vista operacional, já que esta mistura pode ser introduzida no sistema agrícola através de disposição direta ao solo ou no preparo de compostos fertilizantes. Segundo o autor, o produto da mistura costuma apresentar menores teores de metais, tornando-o mais facilmente comercializável.

Diversas alternativas para o descarte correto do resíduo de ETA são encontradas atualmente, mas somente há pouco menos de dez anos que os resíduos da ETA deixaram de ser dispostos diretamente nos cursos de água sem qualquer tipo de pré tratamento, sendo que ainda são dispostos inadequadamente em alguns locais, causando assim impactos ambientais nos corpos receptores e riscos à saúde humana devido à presença de patogênicos e metais pesados (ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014).

Em estudos realizados por Teixeira (2005), o lodo de ETA (LETA) pode ser disposto em áreas degradadas, visto que eleva os teores de macronutrientes e o valor de pH do solo. Em altas doses pode causar a salinidade do solo. Para fins de recuperação, sua aplicação deve estar associada a um resíduo orgânico (como composto de serragem e esterco bovino, entre outros).

Andrade et al. (2014) relata que a indústria da construção civil é a maior responsável por pesquisas que visam a destinação correta do LETA com o aproveitamento e beneficiamento desse em indústrias cimenteiras, produção de cerâmicas e produção de asfaltos. Porém Sabagg (2004) afirma que o lodo de ETA pode ser usado como fertilizante, aplicando-o nos solos, contanto que o alumínio apareça em concentração menor do que 25%. O resíduo melhora as características do solo em termos de retenção de água, no entanto, a taxa tem que ser controlada, pois tanto o ferro como o alumínio se combinam com o fósforo, reduzindo sua absorção pelas plantas.

Para a produção de mudas, é necessária a utilização de substratos que proporcionem boas condições de desenvolvimento para as mesmas (GLASER ET AL., 2002). Segundo Carneiro (1995), o desenvolvimento de mudas é influenciado pela quantidade de fertilizantes aplicados e pela disponibilidade destes nutrientes no substrato. Um bom substrato para a produção de mudas deve oferecer condições adequadas para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (CALDEIRA et al., 2008).

SILVA (2005), utilizando lodo de ETA em estudos de recuperação de área degradada por mineradora de cassiterita, verificou aumento do pH do solo e dos teores de Ca e Fe. O autor relata que o uso do lodo de ETA como fertilizante pode ser viável porque contém determinados nutrientes às plantas. No entanto o nitrogênio não deve ser utilizado como critério para definir as doses de aplicação, já este se encontra em pequena quantidade neste tipo de resíduo.

Já em pesquisa mais recente, Oliveira et al. (2015) observaram que o lodo avaliado não apresentou características que indiquem o seu uso como corretivo agrícola e adubo, sendo que a concentração elevada de Mn limitou a aplicação. Porém, esses mesmos autores observaram que o LETA foi capaz de reduzir em 20% o índice de saturação por alumínio e atuou como agente cimentante e coagulante das partículas tornando o solo mais poroso o que melhora a sua estrutura e favorece o desenvolvimento das plantas.

O estudo da viabilidade da utilização do resíduo de lodo gerado em estações de tratamento de água na produção de mudas pode trazer contribuições e benefícios, reduzindo os impactos negativos gerados pelas companhias de saneamento e também, devolvendo à natureza através das plantas os nutrientes delas extraídos.

4.3. ANATOMIA FOLIAR

As características anatômicas das plantas são intensamente influenciadas pelos fatores ambientais estando associadas, principalmente, ao regime de luz, quantidade de chuva, tipo de solo e altitude (GIVNISH 1984). Esses fatores promovem modificações na espessura do mesofilo, nos tecidos vasculares, na espessura da epiderme, na espessura da cutícula, na densidade e demais características estomáticas para a tolerância às condições estressantes (SOUZA et al., 2010).

As folhas são os órgãos vegetais mais expostos ao ambiente circundante e suas modificações são interpretadas como respostas adaptativas às mudanças nas condições ambientais (FAHN 1986). Estudos anatômicos têm mostrado uma grande variação na estrutura foliar de espécies lenhosas do cerrado, principalmente em resposta as variações ao conteúdo de nutrientes no solo e aos efeitos da sazonalidade (JUSTO et al. 2005). Estas mudanças na estrutura foliar podem afetar a economia hídrica e a fixação de carbono.

A alteração na morfologia foliar pode desencadear processos metabólicos e fisiológicos associados à fotossíntese e à transpiração. Os estômatos têm um papel fundamental neste processo, na realização de trocas gasosas, ao regular simultaneamente o fluxo transpiratório para a atmosfera e o fluxo de CO₂ para o interior da folha. Esse processo é uma atividade altamente especializada, podendo exibir grande plasticidade com relação aos estômatos (densidade, índice, tamanho, diâmetro) de acordo com a ecologia da planta (OLIVEIRA, 2013).

Deste modo, estudos da anatomia do estômato em conjunto com as respostas fisiológicas podem mostrar evidência de aclimatação adaptativa a determinados ambientes (SMITH ET AL. 1998; SPARKS & BLACK 1999; DUNLAPP & STETTLER 2001). Segundo Pearce et al. (2006) as espécies florestais devem apresentar características estomáticas diferentes das espécies do mesmo gênero típicas do cerrado, devido a diferentes pressões seletivas encontradas em seus ambientes naturais de ocorrência. As espécies do cerrado devem apresentar uma maior densidade estomática, porém estômatos menores; características adaptativas relacionadas a ambientes onde a sazonalidade pluviométrica é determinante.

Outra relação importante com a organização estrutural está na nutrição do vegetal. Evidentemente, a nutrição mineral contribui com a composição da organização estrutural, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber macro e micronutrientes evidenciam-se alterações em sua estrutura. A nutrição mineral, pode causar efeito secundário sobre a resistência de plantas ao ataque de pragas e doenças, ou seja, quando os efeitos da nutrição se realizam nas características físicas garante as plantas mais resistência (MARSCHNER 1995).

Além disso, as plantas quando expostas a contaminação por metais pesados, podem apresentar danos morfológicos e fisiológicos (KARENLAMPI et al. (2000), que prejudicam o seu crescimento e desenvolvimento. Em um estudo realizado por PIRES (2012) avaliando a tolerância a diferentes concentrações de cádmio, as plantas não

apresentaram diferenças na funcionalidade estomática, houve uma redução no índice estomático e um aumento na densidade estomática nas diferentes concentrações do metal o que contribui para a manutenção da captação de CO₂. Nesse mesmo estudo avaliando as diferentes concentrações de chumbo, já ocorreu influência significativa do metal na funcionalidade estomática e na densidade onde apresentou um aumento progressivo a medida que se aumentava a concentração do metal.

De acordo com o trabalho realizado por SILVA (2014) avaliando as características anatômicas e fisiológicas de *Typha domingensis Pers.* submetidas a concentrações crescentes de arsênio constatou que o arsênio nas soluções alterou de forma significativa a condutância estomática, a transpiração e a densidade de estômatos. Entretanto essas alterações não foram suficientes para afetar a fotossíntese. Portanto pode se dizer que as características morfológicas internas das plantas são fortemente influenciadas pelos fatores ambientais incluindo o tipo de solo aos quais estão submetidas.

4.3.1 ESTÔMATOS

Os estômatos são estruturas fundamentais para a sobrevivência das plantas terrestres. A natureza das plantas exige que elas se adaptem constantemente às variações em seu ambiente, e estômatos são vitais para essa função (CASSON; GRAY, 2008). Ao regular as trocas gasosas com o ambiente, principalmente vapor de água e dióxido de carbono, essas estruturas permitem a planta otimizar e balancear a performance fotossintética com a disponibilidade e uso de água. (CHAERLE et al., 2005).

Os estômatos são aberturas pequenas que podem conter apenas poros em suas formas basais nos grupos de plantas com características menos especializadas ou uma unidade mais especializada contendo uma abertura chamada ostíolo em formato oval, duas células-guarda que circunda o ostíolo que são responsáveis pela abertura ou fechamento dos estômatos, câmara sub-estomática e células subsidiárias que estão associadas ao fluxo de água no processo fisiológico (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

De acordo com o número de células subsidiárias ou ausência das mesmas, os estômatos são classificados como anomocíticos, paracíticos, anisocíticos ou tetracíticos quando há ausência, duas, três ou quatro células subsidiárias, respectivamente. Essa estrutura apresenta um comportamento dinâmico, sendo capaz de aumentar ou diminuir

a resistência à passagem dos gases através do controle do potencial hídrico das células guarda. Essa estrutura apresenta um comportamento dinâmico, sendo capaz de aumentar ou diminuir a resistência à passagem dos gases através do controle do potencial hídrico das células guarda (ROELFSEMA; HEDRICH, 2005).

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009) os estômatos podem ocorrer em qualquer parte da planta, no entanto são mais abundantes nas folhas, estando diretamente relacionado com as trocas gasosas que é de extrema importância para fotossíntese. Os estômatos são de forma variável na planta em diferentes regiões, podendo variar também sob condições ambientais como, disponibilidade de água, salinidade do solo, radiação, vento, temperatura, dentre outros fatores, sendo considerado um rico indicador anatômico das diferentes respostas da planta a estímulos ambientais.

O número de estômatos por unidade de área é chamado de densidade estomática sendo bastante variável entre indivíduos da mesma espécie e entre indivíduos de espécies diferentes dependendo das condições ambientais. O índice estomático é denominado como o número de estômatos e células epidérmicas por unidade de área o qual representa o investimento da planta na produção de estômatos em relação ao total de células epidérmicas. A densidade e o índice pode estar relacionado com a resposta ambiental da planta. Outras características podem ser medidas, como funcionalidade que é a relação entre diâmetro polar e equatorial, sendo que quanto maior essa relação maior é a funcionalidade (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009)

Ribeiro et al. (2012) afirmaram que o índice estomático pode variar diferentemente da densidade estomática sendo que genótipos com estômatos menores e baixa densidade estomática podem apresentar índices estomáticos relativamente altos devido ao maior tamanho das células epidérmicas.

A abertura e fechamento estomático são eventos importantes do ponto de vista fisiológico observada pela necessidade da planta por CO₂, entretanto com a abertura dos estômatos outro evento ocorre simultaneamente que é a transpiração que provoca a perda de água pela planta. Com isso as plantas desenvolveram mecanismos que sinalizam a abertura e o fechamento estomático. A abertura geralmente é influenciada pela luz, água, ausência de CO₂ e temperaturas amenas, já o fechamento ocorre quando houver falta de água, excesso de CO₂ e altas temperaturas. O fechamento e abertura ocorrem por ação das células guarda dos estômatos e é dependente do seu estado hídrico

(CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

4.4. *Ingá Edulis*

O *Ingá edulis* é uma leguminosa arbórea da sub-família Mimosoideae, nativa da América Tropical, conhecido popularmente como Ingá Cipó ou Ingá Vermelho. É uma espécie semidecídua, pioneira, que ocorre na região amazônica e em toda região litorânea, principalmente associada a florestas pluviais tropicais. Atinge altura de 6 a 25m com copa ampla e baixa, seu tronco é claro com diâmetro de 30 a 60 cm e folhas compostas paripinadas, inflorescência em espigas axilares com flores tubulares e pubescentes de coloração branca. Seu fruto é legume alongado, tomentoso e com muitas sementes envoltas por arilo flocoso e adocicado. É uma planta semidecídua, heliófita, seletiva higrófila, pioneira e se desenvolve bem em solos alagados no período chuvoso (LORENZI, 2002). Pode ser empregada em áreas degradadas e alagadas. Também se caracteriza por ter o fruto comestível, dá boa lenha e produzir sombra o que faz com que a espécie seja amplamente cultivada pela população local.

Em trabalhos realizados por Azevedo et al. (2015), foi constatado que Ingá cipó apresenta alta taxa de sobrevivência em área degradada, solo alagado e solo seco, indicando que sua utilização pode ser viável em zonas alagadas, podendo assim ser utilizado em áreas de nascentes, cursos hídricos e também locais secos.

5. MATERIAL E METÓDOS

5.1. LOCAL DE IMPLANTAÇÃO

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas florestais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG/SJE), município de São João Evangelista - MG apresenta Latitude: 18° 32' 46" Sul, Longitude: 42° 45' 35" Oeste.

Segundo Köppen, a região apresenta características climáticas distintas, específicas para região de clima tropical, sendo o inverno seco e o verão chuvoso, tendo uma temperatura média mínima de 21°C e sua média máxima de 27°C por ano, a

altitude média é de 692 m, com uma precipitação anual de cerca de 1180 mm (SILVA, 2013).

5.2. AQUISIÇÃO DO LETA E MATERIAL VEGETAL

O lodo foi adquirido no SAAE de Guanhães, MG. O resíduo que origina o lodo é gerado na lavagem dos filtros e limpeza dos decantadores da ETA. O mesmo é encaminhado à UTR onde é disposto em leito de secagem. O produto é um lodo seco e desidratado.

O LETA foi encaminhado ao laboratório de Ecologia do IFMG/SJE onde foi homogeneizado e seco em estufa a 70°C por 72 horas. Em seguida, o mesmo teve sua granulometria reduzida com auxílio de um pilão de madeira e peneira de 10 mesh para padronização (ROCHA et al., 2015).

Uma alíquota do lodo foi enviada para o Laboratório de Solos da Universidade de Viçosa (UFV) para análise química (ANEXO I).

A quantidade de lodo adquirida para a montagem do experimento foi proporcional com a redução no volume que o lodo sofreu após padronização.

Foram selecionadas 150 sementes de *Inga edulis* do banco de sementes do viveiro do IFMG/SJE para produção das mudas. Antes do plantio realizou-se um teste simples de germinação para avaliar a viabilidade das sementes de cada lote.

5.3. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Foram feitos seis tratamentos, com concentrações diferentes do lodo padronizado + substrato comercial Mecplant®, essas concentrações são em Kg.Kg⁻¹, nas proporções abaixo:

Tratamento 1: 100% substrato comercial;

Tratamento 2: 80% substrato comercial + 20% lodo;

Tratamento 3: 60% substrato comercial + 40% lodo;

Tratamento 4: 40% substrato comercial + 60% lodo;

Tratamento 5: 20% substrato comercial + 80% lodo;

Tratamento 6: 100% lodo.

Os recipientes utilizados na montagem do experimento foram tubetes de 290 cm³ com seis estrias. Esses passarão por um processo de desinfestação em hipoclorito de sódio a 2%, durante 5 minutos. Em seguida, os tubetes foram secos e lavados novamente com água esterilizada e secos ao ar.

Posteriormente os tubetes foram preenchidos manualmente com as respectivas misturas de substrato comercial Mecplant® de casca de pinus e LETA.

Todos os tratamentos receberam as mesmas adubações, efetuadas de acordo com Silva; Stein (2008). A adubação de base foi realizada adicionando os adubos ao substrato antes do enchimento dos tubetes e no decorrer do experimento foram aplicadas 3 adubações de cobertura.

Para a produção das mudas foram utilizadas as sementes do *Ingá edulis* obtidas do banco de sementes do viveiro do IFMG/SJE as sementes estavam em bom estado de conservação e se mostraram viáveis pelo teste de germinação. Na semeadura foi utilizado duas sementes por tubete plantada a um centímetro de profundidade. Depois de semeadas, as sementes foram cobertas com uma camada de substrato de um centímetro em todos os tratamentos. Após a emergência realizou-se um raleio para deixar a muda mais vigorosa em cada tubete.

A irrigação do experimento foi realizada com sistema de aspersores ligados em horários programados (9 h e 16 h). Devido às condições ambientais, as plantas foram irrigadas em outros horários entre os dois estipulados anteriormente. Cada irrigação com o tempo de 20 minutos.

5.4. ANÁLISES ANATÔMICAS

Aos 120 dias as plantas foram coletadas e levadas para o laboratório para a realização das análises. As análises anatômicas foram realizadas no laboratório de Botânica e Ecologia do Instituto Federal de São João Evangelista em São João Evangelista, MG. Para a avaliação das modificações anatômicas das espécies selecionadas, folhas completamente expandidas localizadas no quinto nó de *Ingá edulis* foram coletadas e fixados em F.A.A. ⁷⁰ (JOHANSEN, 1940).

Em cada tratamento foi retirada uma folha do quinto nó de *Ingá edulis* por repetição, em um total de dez folhas repetições. Para a descrição histológica, foram feitos cortes a mão livre, utilizando lâmina de barbear na parte abaxial da folha devido a folha do *Ingá*

edulis ter sido identificada como hipoestomáticas onde os estômatos estão presentes somente na face abaxial.

O material foi clarificado em solução de hipoclorito de sódio 70% (v/v) por 10 minutos, lavado em água destilada durante 10 minutos e corado em safranina á 1 %. As lâminas permanentes foram montadas com verniz-vitral incolor (PAIVA et al. 2006), utilizando glicerina 50% (v/v) e analisados em microscópio óptico binocular. As imagens foram capturadas por câmara Moticam 1000 acoplada a microscópio Nikon eclipse 50i.

Foram mensuradas a densidade estomática (DE - número de estômatos por unidade de área), o índice estomático (IE - percentual de estômatos em relação ao total de células epidérmicas por área) e a funcionalidade estomática (FUN - considerada como a relação diâmetro polar/diâmetro equatorial dos estômatos). O número de medidas do tamanho dos estômatos para a funcionalidade foi tomado de 75 estômatos por tratamento amostrado, utilizando lente objetiva de 40x. Para análise de densidade estomática e índice estomático para a contagem dos estômatos e de células epidérmicas, foi utilizado a lente objetiva de 10x. O universo amostral foi de 30 repetições por tratamento amostrado.

5.5. ANÁLISES BIOMÉTRICAS

Foram realizadas avaliações dos parâmetros morfológicos e fisiológicos das mudas, tais como: diâmetro do colo (DC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), clorofila e área foliar (AF).

O diâmetro e a clorofila foram quantificados na planta ainda viva, sendo o diâmetro do coleto determinado ao nível do substrato, através de um paquímetro de precisão de 0,05 mm no mesmo período de tempo. A clorofila dos tratamentos, assim como o diâmetro, foi avaliada aos 120 dias, onde foi selecionada a quinta folha de cada planta, sendo essa contagem feita de cima para baixo na planta, considerando como 1ª folha a mais desenvolvida e saudável no topo da planta. O equipamento utilizado foi um medidor portátil modelo SPAD-502. A medição foi efetuada em 3 lugares de cada folha, e depois realizado uma média aritmética, para estabelecer o teor médio relativo de clorofila das plantas.

Após 120 dias, o experimento foi desmontado e seguiu-se com as demais análises. A área foliar dos tratamentos foi encontrada utilizando-se o medidor portátil CI-203 BioScience.

Para a determinação da matéria seca aérea e radicular, as raízes foram separadas da parte aérea e lavadas em água corrente, usando-se peneira fina para evitar perdas significativas de raízes. Em seguida, a parte aérea e o sistema radicular de cada planta foram acondicionados separadamente em sacos de papel, identificados e colocados em estufa a 65° C até atingir peso constante, e determinando, assim a massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

5.6. ESTATÍSTICA

O experimento foi constituído de seis tratamentos e dez repetições (6x10), totalizando uma população de 60 unidades. Nas análises morfológicas, para o parâmetro de área foliar foi utilizado somente 8 repetições devido o tratamento 6 ter sido muito prejudicado e não apresentar folhas o suficiente.

Todo o experimento foi realizado em casa de vegetação, onde esse foi conduzido em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Todos os resultados foram submetidos a análise variância ANOVA, sendo que os que apresentaram significância para essa tiveram suas médias comparadas através do Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando-se o software de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2000).

6. RESULTADO E DISCUSSÃO

6.1.DENSIDADE ESTOMÁTICA

A folha do *Ingá edulis* é hipoestomática, e os estômatos em secção paradérmica foram classificados como diacíticos (figura 1). De acordo com os resultados obtidos, a densidade estomática foi significativa ($p < 0,05$), (anexo 1).

Os tratamentos IT3, IT1, IT4, (tabela 1), apresentaram as maiores médias de densidade estomática entre os tratamentos, mostrando que concentrações de 40% e 60% de LETA não comprometeu a densidade estomática, uma vez que os valores

encontrados nesse tratamento do ponto de vista estatístico são iguais aos valores encontrados no tratamento IT1.

Tabela 1- Média da densidade estomática

Tratamentos	Médias	Resultado do teste
IT1	213,59	a
IT2	190,00	b
IT3	207,37	a
IT4	222,54	a
IT5	149,65	c
IT6	195,53	b

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

Altas densidades estomáticas proporcionam aumento na eficiência fotossintética, pois quanto maior a frequência estomática por unidade de área, maior a eficiência de trocas gasosas no período em que os estômatos estão abertos, devido às condições mais favoráveis do ambiente (LIERAS 1977).

A variação na densidade estomática entre os tratamentos pode ser explicada pela plasticidade das plantas em relação ao ambiente. De acordo com Pearce et al. (2006), as plantas possuem a capacidade de ajustar estas características em resposta às pressões ambientais presentes no momento em que a folha está em formação.

As plantas obtiveram variação na disponibilidade de nutrientes devido a diferença na composição dos substratos e isso pode ter afetado a densidade estomática. De acordo com análise de solo, alguns nutrientes estão baixos como Mg, B, Ca e outros em excesso como Fe, Mn. Embora não haver muitos estudos que correlacionem parâmetros anatômicos com substrato, a falta ou o excesso de nutrientes pode ocasionar alterações estruturais (MARSCHNER 1995).

Em um estudo realizado por Gontijo (2010) avaliando as deficiências na anatomia foliar de café arábica as plantas que estavam submetidas a soluções completas de nutrientes apresentaram maior densidade estomática, já as plantas submetidas a soluções com menos potássio, zinco, magnésio e cobre a densidade se mostrou inferior.

A densidade estomática está também relacionada com o tamanho, posição e controle de abertura dos estômatos (KOZLOWSKI; PALLARDY 1997).

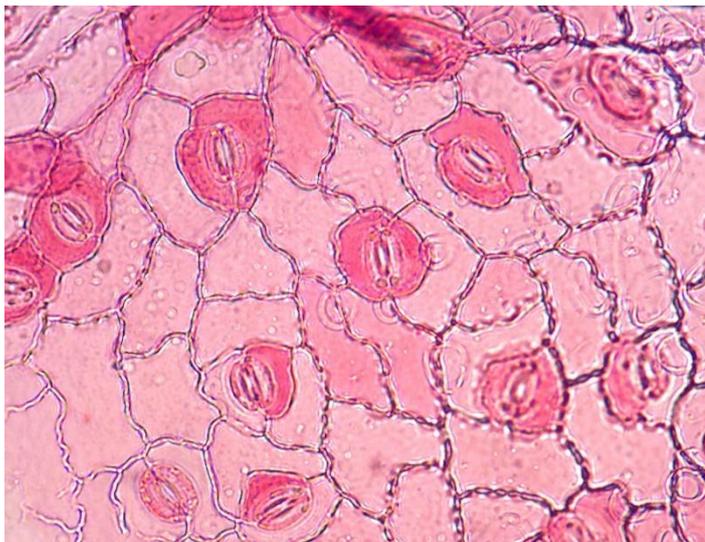


Figura 1 - Secção paradérmica de folhas de *Ingá edulis*

6.2. ÍNDICE ESTOMÁTICO

Foi observado efeito significativo para o parâmetro de índice estomático ($p < 0,05$) (anexo 1). Os tratamentos IT2, IT5 e IT6 apresentaram o menor índice estomático sendo semelhantes entre si. O tratamento IT3 e IT4 tiveram as maiores médias de índice estomático não diferindo entre si estatisticamente (tabela 2). Isso pode ser explicado por apresentarem estômatos menores devido ao baixo valor de diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) (tabela 3).

Tabela 2- Média do Índice Estomático

Tratamentos	Médias	Resultado do teste
IT1	23,52	a
IT2	20,95	b
IT3	25,55	c
IT4	26,47	c
IT5	20,99	b
IT6	21,30	b

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

O índice estomático (IE) representa o investimento da planta na produção de estômatos em relação ao total de células epidérmicas (CASTRO et al. 2009), ou seja, quanto maior o índice, mais estômatos a planta pode ter por área, porém isso é dependente do tamanho dos estômatos e das células epidérmicas.

Ribeiro et al. (2012) afirmaram que o índice estomático pode variar diferentemente da densidade estomática sendo que genótipos com estômatos menores e baixa densidade estomática podem apresentar índices estomáticos relativamente altos devido ao maior tamanho das células epidérmicas regulares.

Porém os resultados encontrados nesse trabalho foram contraditórios a afirmação do autor, pois os tratamentos com as maiores médias de densidades estomáticas foram os que apresentaram maiores índices estomáticos, exceto o tratamento com 100% de substrato comercial - IT1 que apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Pode-se explicar esse fato devido esses tratamentos possivelmente ter um maior número de estômatos e células epidérmicas menores.

A quantidade, a distribuição, o tamanho e o formato dos estômatos são características inerentes a cada espécie e podem ou não ser modificadas em função das adaptações às condições ambientais, como disponibilidade de radiação solar, solo e água (LARCHER, 2004).

Não houve variação nos tratamentos de condições ambientais como luz e água uma vez que o experimento foi conduzido em casa de vegetação em ambiente controlado, porém houve variação em relação ao substrato, o que pode ter contribuído para a diferença de índices estomáticos entre os tratamentos.

6.3. FUNCIONALIDADE ESTOMÁTICA

Foi observado efeito significativo na funcionalidade estomática ($p < 0,05$) (anexo 1). Observa-se que o tratamento IT3 obteve maior valor de funcionalidade (tabela 3) demonstrando que a concentração de LETA a 40% proporcionou estômatos mais funcionais em relação aos demais tratamentos.

Já os tratamentos IT2, IT4, IT5 e IT6 não diferiram entre si estatisticamente apresentando as menores médias em relação ao IT1, demonstrando que o LETA nessas proporções influencia negativamente na funcionalidade estomática (tabela 3).

A funcionalidade é definida como a relação entre o diâmetro polar (DP) e o diâmetro equatorial (DE) dos estômatos, e, quanto maior a relação, mais funcional será o estômato (CASTRO et al., 2009).

O diâmetro polar (DP) dos estômatos está diretamente relacionado com o tamanho dessas estruturas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009) e com características ambientais onde o DP pode aumentar em resposta à deficiência hídrica (BATISTA et

al., 2010; GRISI et al., 2008). Analisando os resultados de DP e DE, os menores estômatos foram encontrados nos tratamentos IT3, IT4 e IT6 (tabela 3).

Tabela 3- Média do Diâmetro Polar, Diâmetro Equatorial e Funcionalidade

Tratamentos	DP	DE	FU
IT1	0,020 a	0,012 a	1,519 a
IT2	0,020 b	0,014 b	1,427 b
IT3	0,019 b	0,010 c	1,592 c
IT4	0,020 b	0,012 a	1,431 b
IT5	0,020 a	0,015 d	1,471 b
IT6	0,020 b	0,012 a	1,485 b

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

Estômatos maiores geralmente são característicos de ambientes mesofíticos, propiciando um consumo luxurioso de água (Galmes et al. 2007), enquanto estômatos menores seriam encontrados em ambientes xéricos, propiciando um controle hídrico mais adequado (AASAMAA et al. 2001).

Estômatos menores apresentam poros estomáticos menores, o que propicia respostas mais rápidas a quedas no potencial hídrico foliar. Em espécies de floresta tropical, estômatos maiores são geralmente lentos em suas respostas, o que pode aumentar significativamente a possibilidade de sofrer estresse hídrico em ambientes secos (AASAMAA ET AL. 2001; HETHERINGTON & WOODWARD 2003).

Pode-se associar uma maior funcionalidade estomática com a redução da transpiração, pois os estômatos se tornam mais elípticos (BATISTA et al., 2010; CASTRO et al., 2009; SOUZA et al., 2010). Para Khan et al. (2003) é desejável quanto os estômatos são mais elípticos portando quanto maior a relação do diâmetro polar e equatorial melhor é o desenvolvimento da planta e isso acontece quando são acondicionados todos os nutrientes.

A maior funcionalidade estomática pode favorecer maior eficiência no uso da água pela obtenção de gás carbônico com uma área de abertura estomática menor (CASTRO et al., 2009).

As diferenças entre os tratamentos tanto na densidade, na funcionalidade e no índice estomático possivelmente pode ser explicada pela composição e granulometria do substrato em cada tratamento, pois à medida em que se aumenta a quantidade de LETA, o solo tende a reter menos água devido ao maior tamanho das partículas e aspecto arenoso, podendo comprometer a fotossíntese, uma vez que a abertura e o fechamento

estomático são eventos dependentes do estado hídrico da planta e de outros fatores ambientais como luz, temperatura, CO₂ (CASTRO et al., 2009).

Souza et al (2018) em seu estudo relata que o sorgo quando comparado com o milho, produz mais sobre estresse hídrico a raiz explora melhor o perfil do solo, murcha menos e é capaz de se recuperar de murchas prolongadas. Porém sob déficit hídrico ocorre o fechamento estomático e assim a atividade fotossintética é limitada.

Evidentemente, a nutrição mineral contribui com a composição da organização estrutural, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber macro e micronutrientes evidenciam-se alterações em sua estrutura (MARSCHNER 1995).

A diferença entre os tratamentos em que os substratos com proporções de 40% de LETA apresentarem melhor funcionalidade assim como ocorreu na densidade e no índice, possivelmente está na capacidade do LETA em fornecer nutrientes ao substrato comercial, ou seja, nessa proporção a disponibilidade e o fornecimento de nutrientes para as plantas se torna maior, do que nas demais concentrações, o que faz com que as plantas tenham melhor desempenho, enquanto nas outras pode ter ocorrido uma deficiência nutricional.

No estudo realizado por Gontijo (2010) as plantas de café arábica que estavam submetidas a soluções completas de nutrientes apresentaram maior valor de funcionalidade, sendo que a omissão de boro, cobre e zinco propiciaram menor valor.

A falta ou o excesso de nutrientes afeta o processo fotossintético, o potássio é um nutriente com grandes funções nos processos fisiológicos das plantas, como na ativação de enzimas, na abertura e fechamento dos estômatos regulando a turgidez do tecido, controlando a concentração de CO₂ na câmara sub-estomática, o qual é fundamental para a realização da fotossíntese, além de atuar na translocação de carboidratos e na síntese de proteínas (Taiz; Zeiger, 2013). De acordo com análise de solo (anexo 2) o potássio está baixo, e isso possivelmente pode ter contribuído na redução da funcionalidade em alguns tratamentos, visto que esse nutriente afeta a abertura e o fechamento estomático.

Outros fatores podem ter influência como o pH ácido e altas concentrações de Ferro e manganês no LETA, (anexo 2) o que ter causado uma toxidez nas plantas, o que leva um comprometimento a fotossíntese. Mas isso só pode ser confirmado após análises mais detalhadas dos nutrientes nas folhas.

6.4. CLOROFILA

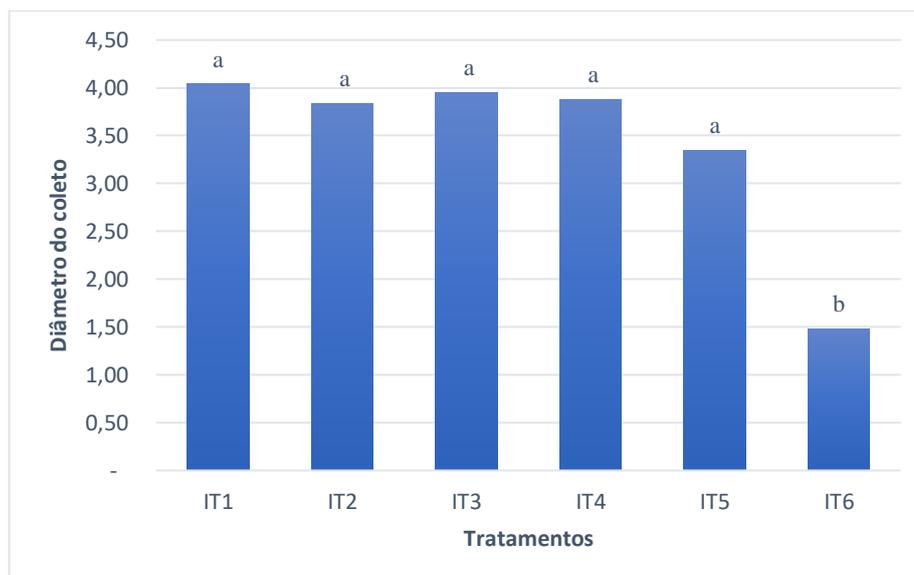
De acordo com os dados obtidos a clorofila não foi significativa ($p>0,05$) (anexo 1). Observa-se que o coeficiente de variação (CV) se mostrou muito elevado do ponto de vista estatístico. Essa elevação no CV possivelmente pode ser explicada pelo equipamento de medida o SPAD que apesar de ser um medidor portátil rápido, econômico na medição de clorofila, pode gerar muita variação nas leituras, devido à variação na coloração das folhas, aspecto fisiológico, estado sanitário e nutricional, tamanho da folha, posição de medida dentre outros.

A não alteração na clorofila nas plantas de *Ingá edulis* indica que a constituição do LETA e sua dosagem aplicada não foram tóxicas ao ponto de influenciar nesse parâmetro.

Resultados semelhantes foram encontrados por RAMALHO (2015) avaliando o uso do LETA na produção de espécies vegetais com ocorrência no cerrado, onde não houve diferença significativa para a clorofila entre os tratamentos. Figueiredo Neto (2011) também não encontrou diferenças significativas nas quantidades de clorofila em plantas com diferentes porcentagens de LETA.

6.5. DIÂMETRO DO COLETO

Foi observado efeito significativo para o diâmetro do coleto ($p<0,05$) (anexo 1). O tratamento IT6 obteve o pior resultado diferindo dos demais tratamentos, mostrando que a proporção de 100% de LETA prejudica o crescimento da muda (figura 2).

Figura 2- Diâmetro do coleto, em função das concentrações de LETA

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

O diâmetro do coleto é facilmente mensurável, não sendo um método destrutivo, é considerado por muitos pesquisadores como uma das mais importantes características para estimar a sobrevivência após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (CARNEIRO, 1995; DANIEL et al., 1997; GOMES et al., 2002; SOUZA et al., 2006);

É importante destacar que o diâmetro do coleto é de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio. Segundo Carneiro (1983) as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, especialmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes, garantindo maior sustentação (FARIAS ET AL., 1997; TUCCI et al., 2007).

Há limites estabelecidos em altura e diâmetro das mudas no viveiro, onde abaixo ou acima interfere no desempenho da muda em campo. Segundo Sturion, Graça e Antunes (2000), as dimensões adequadas para o plantio é de 15 a 25 cm de altura e diâmetro mínimo de 2,5 mm. O que afirma os resultados encontrados, onde apenas o tratamento com 100 % de LETA proporciona efeito negativo no crescimento e estabelecimento da muda em campo.

O efeito negativo nas altas proporções do resíduo possivelmente pode ter relação com deficiências ou excesso dos micronutrientes presentes no substrato, que pode gerar redução no crescimento,

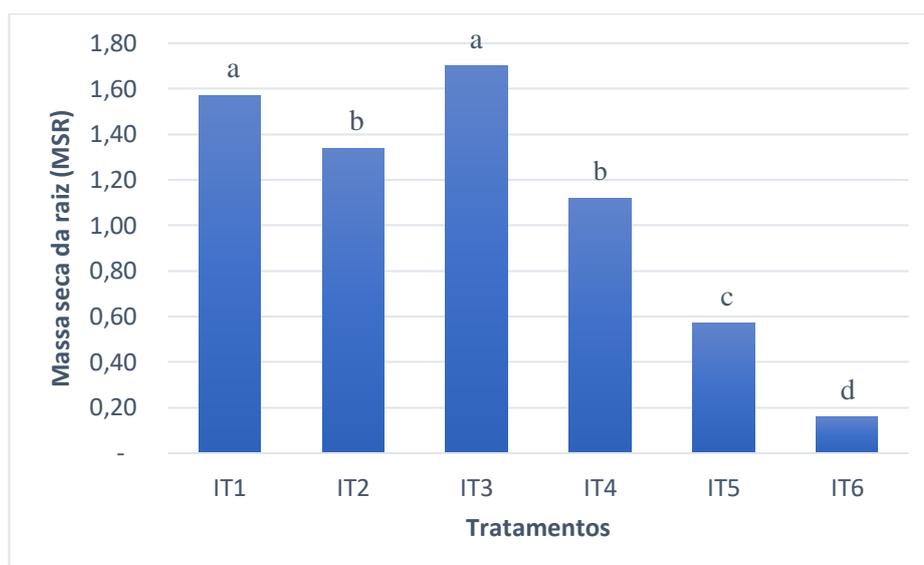
Figueiredo Neto (2011), utilizando LETA, em diferentes espécies arbóreas do cerrado, constatou que aos 120 dias o Ipê Branco, não teve o desenvolvimento do seu coleto prejudicado a concentrações de 75% desse material no substrato.

6.6. MATÉRIA SECA DA RAIZ

A produção de matéria seca tem sido considerada o melhor parâmetro para se determinar a qualidade das mudas por estar relacionada ao vigor e capacidade fotossintética das plantas (GOMES 2001). A massa seca de raízes tem sido reconhecida por diferentes autores como uma das melhores características para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (CALDEIRA et al., 2008, 2000; GOMES et al., 2002).

Foi observado efeito significativo para o parâmetro de matéria seca ($p < 0,05$) (anexo 1). O coeficiente de variação se encontra muito alto do ponto de vista estatístico, esse fato pode ser explicado pela discrepância entre os resultados encontrados entre os tratamentos, uma vez que o LETA em concentrações de 80% e 100% prejudicou o crescimento do ingá proporcionando mudas menores e mais raquíticas.

Destaca-se que os melhores resultados obtidos foram das plantas submetidas ao tratamento IT3 obtendo o valor de média de 1,70 e da testemunha IT1 obtendo o valor 1,57, ambos não diferiram entre si do ponto de vista estatístico, o que demonstra que a concentração de LETA a 40% contribui para o aumento da biomassa nas raízes. O pior valor encontrado foi nas plantas submetidas ao tratamento IT6 obtendo uma média de 0,16 mm demonstrando que 100 % de LETA é prejudicial ao desenvolvimento de raízes (Figura 3).

Figura 3- Matéria Seca da Raiz, em função das concentrações de LETA

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

Esses dados foram divergentes ao encontrado por Ramalho (2015) avaliando o uso do LETA na produção de quatro espécies vegetais com ocorrência no cerrado, o autor não encontrou diferença significativa no parâmetro de massa seca das raízes.

Carneiro (1995) ressaltou que os maiores valores para a matéria seca da raiz são indicadores de maior porcentagem de sobrevivência em campo, pois a presença de raízes fibrosas permite a maior capacidade de as mesmas manterem-se em crescimento e de formação de raízes novas, mais ativas, possibilitando maior resistência em condições extremas.

Observa-se que o LETA na proporção acima de 40% promove decréscimo na matéria seca. O Fe em excesso promove escurecimento das raízes (SAHRAWAT, 2005) e inibição do crescimento da planta (CHATTERJEE et al., 2006) delimitando a produção. Além disso pode influenciar na absorção de outros nutrientes e causar desordem nutricional (SNOWDEN e WHEELER, 1995).

Em trabalho realizado por Campos (2014) avaliando a resposta de café Conilon a concentração os resultados mostraram que o crescimento das raízes submetidas a altas concentrações de Fe é afetado, com a redução da massa seca a redução no crescimento e na emissão de raízes laterais.

A quantidade de matéria seca também pode estar relacionada ao crescimento radicular. O maior crescimento do sistema radicular pode levar a exploração de um maior volume de solo, o que favorece a absorção de água e nutrientes, principalmente em solos que apresenta limitada capacidade de fornecimento (MARSCHNER, 1995), isso confirma o que possivelmente pode ter acontecido em alguns tratamentos devido a diferença na composição do substrato que pode ter afetado a disponibilidade de nutrientes e o fornecimento de água.

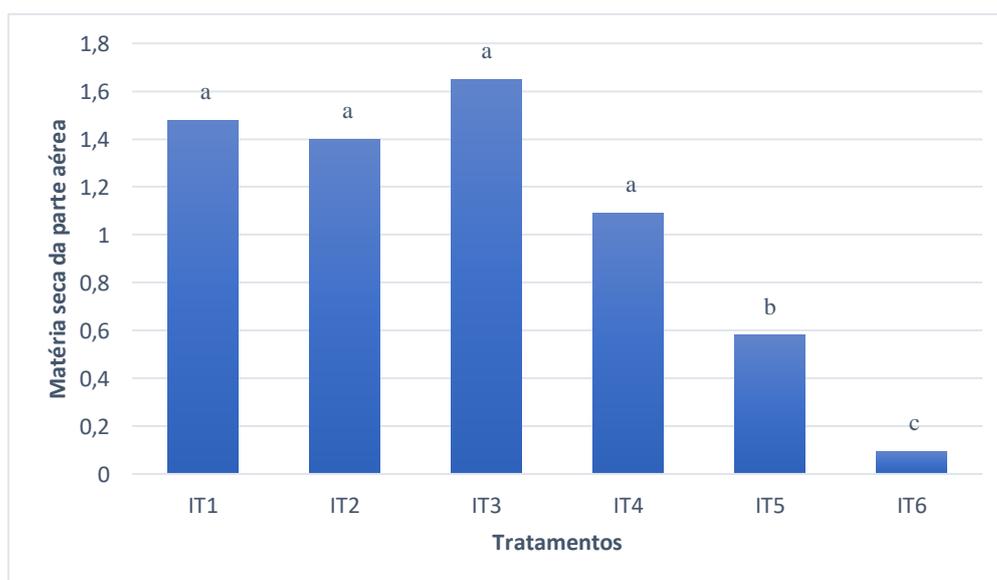
6.7. MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA

Foi observado efeito significativo para o parâmetro de matéria seca da parte aérea ($p < 0,05$) (anexo 1).

A matéria seca da parte aérea, apesar de ser um método destrutivo, deve ser considerada, pois indica a rusticidade das mudas e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e desempenho da muda no campo (CALDEIRA et al. 2008; GOMES; PAIVA, 2006).

O melhor resultado obtido no trabalho foi das plantas do tratamento IT3, isso mostra que 40 % de LETA é favorável ao incremento de matéria seca. O pior resultado encontrado foi no tratamento IT6 sendo assim, substrato composto por 100% de LETA prejudica o desenvolvimento foliar (Figura 4).

Figura 4- Matéria Seca da parte aérea, em função das concentrações de LETA



Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

O *Ingá edulis* é utilizado em recuperação de áreas degradadas devido seu potencial de produzir matéria orgânica através da decomposição da biomassa foliar auxiliando na fertilidade do solo principalmente no aporte de N, Ca e Mg. (Salazar et al 1993), então quanto maior a produção de biomassa melhor maior é a contribuição para a reestruturação do solo.

6.8. ÁREA FOLIAR

Foi observado efeito significativo para a área foliar ($p < 0,05$) (anexo 1). O melhor resultado encontrado para esse parâmetro foi no tratamento IT3 e IT1 (tabela 4).

A área foliar é uma variável de crescimento reconhecida pela sua importância como indicativo da produtividade da planta, uma vez que a fotossíntese realizada pelas plantas depende da interceptação da energia luminosa pelo dossel e da sua conversão em energia química. A eficiência do processo fotossintético depende da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar (FAVARIN et al., 2002). Portanto áreas foliares maiores podem proporcionar maior eficiência fotossintética.

Tabela 4- Média da Área Foliar

Tratamentos	Médias	Resultado do teste
IT1	161,81	a
IT2	212,2	a
IT3	254,54	a
IT4	151,80	a
IT5	52,374	b
IT6	6,12	b

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

O tratamento ET6 (100% lodo) foi o que apresentou pior desenvolvimento, mostrando que o LETA em 100% prejudica a área foliar das mudas. Como observado esse tratamento apresentou folhas menores em relação aos demais. Dentre uma das possíveis causas que pode ter influenciado na redução da área foliar, está a deficiência ou excesso de nutrientes, visto que o LETA do SAAE de Guanhães apresenta grandes quantidades de Ferro, manganês e enxofre em sua composição (anexo 2).

Segundo Malavolta (1980), em pH mais ácido o manganês pode se tornar tóxico em maiores concentrações no solo, nas folhas pode causar encarquilhamento,

pontuações de cor marrom nas nervuras e entre as nervuras, redução da área foliar e morte de ramos. Essa descrição condiz com os resultados encontrados no tratamento IT6, que teve redução da área foliar e morte de alguns ramos o que comprova uma possível relação com esse micronutriente.

A área foliar e a densidade estomática são características plásticas e com uma forte relação entre si, dessa forma, o funcionamento dos estômatos e a área foliar influenciam a produtividade do vegetal (BOEGER et al., 2006).

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que o tratamento IT3 foi o que mostrou melhor desempenho nos parâmetros de densidade estomática, índice estomático, funcionalidade estomática, diâmetro do coleto, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e área foliar. Sendo assim o LETA na proporção de 40% na composição dos substratos é indicado para a produção de mudas *Ingá edulis*.

A proporção de 100% de LETA afeta negativamente as características anatômicas e morfológicas das folhas de *Ingá edulis*.

A clorofila não foi afetada pelas diferentes concentrações de LETA.

7.1. SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

Sugere realizar análises nos parâmetros fisiológicos, a fim de saber a influência dos elementos de composição do LETA no desenvolvimento das mudas de *Ingá edulis* e quais são os efeitos deletérios causados, a fim de complementar os resultados anatômicos encontrados.

O *Ingá edulis* não possui uma classificação anatômica sugere-se também realizar análises para classificação.

REFERÊNCIAS

AASAMAA, K.; Sober, A. & Rrabi, M. **Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees.** Australian Journal of Plant Physiology 28: 765-77. 2001.

ABBADE, L. C. et al. **Anatomia foliar de ipê-branco (Tabebuia roseo Alba (Ridl.) Sand)-Bignoniaceae, proveniente do cultivo ex vitro e in vitro.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 2009, 31.3: 307-311.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. **Resíduos de estações de tratamento de água: desafio do saneamento brasileiro.** Eng Sanit Ambient, v. 18, n. 2, p. 115-122, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a03v18n2>>. Acesso em: 26 set. 2019.

ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C. **Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de ETA e seus impactos na qualidade das águas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL - CONGEA, 5, 2014, Belo Horizonte. Gestão Ambiental – Ações e Comportamento. Belo Horizonte: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2014. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IX-004.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos: classificação.** ABNT, 2004.

AZEVEDO, A. C. M. et al. **DESENVOLVIMENTO INICIAL DO INGÁ CIPÓ (*Inga edulis* M.) EM ZONA RIPÁRIA DEGRADADA.** In: I II SEMINÁRIO DE BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS, 3., 2015, Alta Floresta. **Seminário.** Cáceres: Ppg Bioagro, 2015. v. 2, p. 115 - 119. Disponível em: <http://portal.unemat.br/media/files/bioagro_ciencias_florestais_007.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2019.

BALDERI, F. et al. **Modificações na anatomia foliar e no crescimento de Ladoensia Pacari sob diferentes condições de sombreamento e substrato.** Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil. UFLA 2009.

BATISTA, L. A. et al. **Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico.** Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 03, p. 475-481, 2010.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. **Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa**

(Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. Revista Brasileira de Botânica, v. 26, n. 01, p. 61-72, 2003.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, 1998.

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. **Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha.** Scientia Agraria, Curitiba, v. 9, p. 27-33, 2008.

CALDEIRA, et al. **Uso do resíduo de algodão no substrato para produção de mudas florestais.** Revista Acadêmica Ciência Animal, 2008, 6.2: 191-202.

CAMPOS, L. M. **RESPOSTAS DE CAFÉ CONILON À CONCENTRAÇÃO DE FERRO;** Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2010 disponível em: http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10013/1/tese_8119_Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf acesso em 15 de dez. de 2019.

CARNEIRO, J. G. A. **Influência dos fatores ambientais e das técnicas de produção sobre o desenvolvimento de mudas florestais e a importância dos parâmetros que definem sua qualidade.** In: SIMPÓSIO SOBRE FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA, 1983, Viçosa. Anais... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1983. p.10-24.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 451p. 1995.

CASSON, S.; GRAY, J. E. **Influence of environmental factors on stomatal development.** New Phytologist, Cambridge, v. 178, n. 1, p. 9-23, Feb. 2008.

CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R.; **Histologia Vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos.** LAVRAS: UFLA, 2009. 234 p.

CHAERLE, L.; SAIBO, N.; VANDER STRAETEN, D. **Tuning the pores: towards engineering plants for improved water use efficiency.** Trends in Biotechnology, Cambridge, v. 23, n. 6, p. 308-315, June 2005.

CHATTERJEE, C., GOPAL R., DUBE, B.K. **Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (Solanum tuberosum L.).** Sci Horticulturae, v. 108, p.1– 6. 2006.

COUPE, S. A. et al. **Systemic signaling of environmental cues in Arabidopsis leaves.** Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 57, n. 2, 329-341, Jan. 2006.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal.** Parte II - Órgãos, Experimentos e interpretação. 2. ed. São Paulo, Roca, 1986.

DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** Rima Editora, São Carlos, SP, 2002. 237p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água - vol. 02.** 2ª Ed. São Carlos: RIMA, 2005. 792 p.

DUNLANPP, J.M., R.F. 2001. **Variation in leaf epidermal and stomatal traits of *Populus trichocarpa* from two transects across the Washington Cascades.** Canadian Journal of Botany 79: 528-536.

ENGEL, V.L.; 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 nativas florestais.** Revista brasileira de fisiologia vegetal, v. 3,n. 1,p.39-45, 1991.

FAHN, A. & CUTLER, D. **Xerophytes.** Gebrüder Borntraeger, Berlin. 1992.

FANH, A. **Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves.** Annals of Botany. 1986. 57: 631-637.

FARIAS, V.C.C.; COSTA, S.S.; BATALHA, L.F P. **Análise de crescimento de mudas de cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke) cultivadas em condições de viveiro.** Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.19, n.2, p.193-200, 1997.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.** Ciênc. agrotec. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em : ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FLETCHER, J. **Use of algae versus vascular plants to test for chemical toxicity.** In: WANG, W.; GORSUCH, J.W.; LOWER, W.R (Ed). Plants for toxicity assessment. Philadelphia: ASTM, p.33-39, 1990.

FONTANA, A. **O Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem dos filtros – Estudo de caso ETA.** Dissertação Mestrado, UFSCar, São Carlos, São Paulo, 2004.

GALMES, J.; Flexas, J.; Savé, R. & Medrano, H. **Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery.** Plant Soil 290: 139-155. 2007.

GIVINISH, T.J. **Leaf and canopy adaptations in tropical forests.** Pp. 51-84. In: E. Medina; H.A. Mooney & C. Vasques-Yanes (eds.) .Physiological ecology of plants in the wet tropics. Dr. W.Junk Publishers, The Hague. 1984.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. 2002. **Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soil in the tropics with charcoal** – a review. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 35, n. 4, p. 219-230.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.

GOMES, J.M: **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e dosagens de N, P e K**. 166 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. **Os substratos para a produção de mudas florestais**. In: SOLO-SUELO-CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 1996. Águas de Lindóia – SP. Resumos expandidos. Água de Lindóia: SLCS: SBCS: ESALQ/USP: CEA – ESALQ/USP: SBM. 1996.

GONTIJO, R. A.N **Deficiências isoladas e simultâneas de k, Ca, Mg, B, Cu e Zn: sintomas, crescimento, características anatômicas e teores foliares em cafeeiro (*Coffea arabica L.*)**. UFLA. 2007.

HOPPEN, C., PORTELLA, K. F., JOUKOSKI A., FRANCK, R., SALES, A., ANDREOLI, C. V., PAULON, V. A. **Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de destinação final**. *Cerâmica* nº 51, p. 85-95, 2005.

JOHASEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill, 1940.523p.

JUSTO, C.F.; Soares, A.M.; Gavilanes, M.L. & Castro, E.M. **Leaf anatomical plasticity of *Xylopia brasiliensis* Sprengle (Annonaceae)**. *Acta Botanica Brasilica* 19: 111-123. 2005.

KHAN, S.V.; KOZAI, T.; NGUYEN, O.T; KUBOTA, C.; DHAWAN, V. **Growth and water relations of *Paulownia fortunei* under photomixotrophic and photoautotrophic conditions**. *Biologia plantarum*, Dordrecht, v.46, n. 2, p. 161-166, 2003.

KOZLOWSKI, T. & PALLARDY, S.G. **Physiology of woody plants**. Academic Press, San Diego. 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531p.

LIERAS, E. **Differences in stomatal number per unit are within the same species under different micro-environmental conditions: A working hypothesis**. *Acta Amazônica* 7: 473-476. 1974.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2002. 167 p.

MALAVOLTA, E. **Elements of plant nutrition**. Agronômica Ceres, São Paulo, SP, Brazil. 1980.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**, Editora UFV. 2005. Viçosa, MG. 451pp.

MARSCHNER H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego, Academic Press. 1995.

MARTINS, G.A. **Avaliação de Características de estômatos em Jatobá (*Hymenae courbaril* L.) com uso da Geostatística**. (Dissertação de Mestrado em Fisiologia) Universidade Federal de Lavras. 2010. Disponível em : [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2090/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20caracter%C3%ADsticas%20de%20est%C3%B4matos%20em%20jatob%C3%A1%20\(Hymenaea%20courbaril%20L.\)%20com%20uso%20da%20geoestat%C3%ADstica.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2090/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20caracter%C3%ADsticas%20de%20est%C3%B4matos%20em%20jatob%C3%A1%20(Hymenaea%20courbaril%20L.)%20com%20uso%20da%20geoestat%C3%ADstica.pdf): Acessado em: 23 de nov. de 2019.

MAUSETH, J.D. **Plant Anatomy**. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Menlo Park. 1988.

MONTEITH, John Lennox. **Clima e eficiência da produção agrícola na Grã-Bretanha**. *Transações Filosóficas da Sociedade Real de Londres. B, Biological Sciences* , 1977, 281.980: 277-294.

NERY, Fernanda Carlota, et al. **Aspectos anatômicos de folhas de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a diferentes níveis de sombreamento**. *Revista brasileira de Biociências*, 2007, 5.S2: 129-131.

OLIVEIRA, EMÍDIO CANTÍDIO ALMEIDA DE et al. **Compostagem de resíduos orgânicos**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz 2015, Piracicaba-SP.

OLIVEIRA, N. K.D. **Características de anatomia foliar de cafeeiros implantados com o uso de polímero hidrorretentor**. UFLA, 2013.

PADILHA, Jean Carlos. **APLICAÇÃO DE LODOS DE TRATAMENTOS DE ÁGUA E ESGOTO EM LATOSSOLOS CULTIVADOS COM MILHO E SOJA. 2007. 346 f.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências do Solo, Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PAIVA, J.G.A, et al. **Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável**. *Acta Botanica Brasílica*. 2006. 20: 257-264.

PANDEY, S; NAGAR, P.K. **Patterns of leaf surface wetness in some important medicinal and aromatic plants of Western Himalaya**. *Flora* 198: 349-357. 2003.

PEARCE, D.W.; Millard, S.; Bray, D.F. & Rood, S.B. **Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment**. *Tree Physiology* 26: 211-218. 2006.

PIRES, M. F. **Comportamento fisiológico anatômico e citrométrico de *Panicum aquaticum* Poir. Expostos a diferentes metais pesados**. 2012. Teses. Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras.

PORTARIA, M. S. nº 518/2004/**Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde**. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

RAMALHO, R. P. R. S. **Avaliação do uso de resíduo de estação de tratamento de água na produção de espécies vegetais com ocorrência no cerrado**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5419>. Acessado em: 29 out. 2019.

REALI, M. A. P. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estação de tratamento de água**. Anais da ABES, Rio de Janeiro, 250 p. 1999.

REIS A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA M. B. de & VIEIRA, N. K. **Restauração de Áreas Degradadas: A Nucleação como Base para os Processos Sucessionais**. Revista Natureza & Conservação. v. 1, n. 1. 2003.

RIBEIRO, M. N. O. et al. **Anatomia foliar da mandioca e função do potencial para tolerância a diferentes condições ambientais**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 354-361, abr./ jun. 2012.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodo de estações de tratamento de água**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, SP, 2001. 102 p.

RODE, M.W. Aboveground nutrient cycling and forest development on poor sandy soil. **Plant and Soil** **168/169**: 1995. 337-343.

RODELLA, R.A. 1984. **Estudo quantitativo de características anatômicas da folha de Panicum maximum Jacq. e Panicum coloratum L**. Revista de Agricultura 59(2): 163-174.

ROELFSEMA, M. R.; HEDRICH, R. **In the light of stomatal opening: new insights into “the Watergate”**. New phytologist, Cambridge, v 167, n.3, p. 665-691, Sept. 2005.

SABAGG, M. G., MORITA, D. M. **Incorporação de lodo de estações de tratamento de água em blocos cerâmicos**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

SAHRAWAT, K. L. **Managing iron toxicity in lowland rice: the role of tolerant genotypes and plant nutrients**. In: TORIYAMA, K.; HEONG, K.L.; HARDY, B. (Eds), Rice is life: scientific perspectives for the 21st century, Tsukuba. 2005.

SALAZAR, A.; Szoot, L.; Palm, C. **Crop tree: interaction in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin**. Agroforestry Systems, 22(1): 67-82. 1993.

SALES, Almir; CORDEIRO, João Sérgio; SOUZA, Francis Rodrigues de. **Estudo da Resistência à Compressão e da Absorção de Água em Concretos Produzidos com a Adição Conjunta de Resíduos de Construção e Demolição e Lodos de Estação de**

Tratamento de Água. São Carlos, 2004. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil.

SCHAFFER, Luiz Henrique. **COMPORTAMENTO DE SEIS ESPÉCIES ARBÓREAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR PASTAGENS EM RELEVO DE PLANÍCIE NO LITORAL DO PARANÁ, BRASIL.** 2016. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/engflorestalcoord/tcc/066> - LUIZ HENRIQUE SCHAFFERA art.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2019.

SILVA, C. O. **Características anatômicas e fisiológicas de *Typha domingensis Pers.* Submetida a concentrações crescentes de arsênio.** 2014. PhD Thesis. Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras.

SILVA, E. T. da, MELO, W. J. de, TEIXEIRA, S. T. **Chemical attributes of a degraded soil after application of water treatment sludges.** Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), nov./dec. 2005, vol.62, no.6, p.559-563. ISSN 0103-9016.

SILVA, E. T. da; MELO, W. J. de; TEIXEIRA, S. T. **Chemical attributes of a degraded soil after application of water treatment sludges.** Sci. Agric. v.62, n.6, p.559-563. 2008.

SMITH, W.K.; BELL, D.T. & SHEPERD, K.A. **Associations between leaf structure, orientation and sunlight exposure in five Western Australian communities.** American Journal of Botany. 1998. 85: 56-63.

SNOWDEN, R.; WHEELER, B.D. **Chemical changes in selected wetland plant species with increasing Fe supply, with specific reference to root precipitates and Fe tolerance.** New Phytologist, v.131, p.503-520.1995.

SOUZA, T. C. et al. **Leaf plasticity in successive selection cycles of ‘Saracura’ maize in response to soil flooding.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 01, p. 16-24, 2010.

SOUZA, T.C et al: **Respostas Morfofisiológicas do milho e sorgo sob déficit hídrico.** Embrapa. Cap 20. 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1095412/1/Cap20RespostasMorfofisilogicas.pdf> acesso em: 20 de dez de 2019.

SPARKS, J.P. & BLACK, A. **Regulation of water loss in populations of *Populus trichocarpa*: the role of stomatal control in preventing xylem cavitation.** Tree Physiology 19: 453-459. 1999.

STURION, J.A.; GRAÇA, L.R; ANTUNES, J.B.M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 954p. 2013.

TAKADA, C. R. S.; SERRA, J. C. V.; MAFRA, W. A.; BORBA, C. C. A.

Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água no município de Palmas – TO. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 157-165, 2013.

TEIXEIRA S. T., MELO, W. J. de, SILVA E. T. da. **Aplicação de lodo da estação de tratamento de água em solo degradado.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.1, p.91-94, jan. 2005.

TURNER, I.M. **A quantitative analysis of leaf form in woody plants from the world's major broadleaved forest types.** Journal of Biogeography 21:413-419. 1994.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4ª Ed. DESA:UFMG –MG, 2014, 452 p.

WOODWARD, F. I. **Stomatal numbers are sensitive to increases to CO₂ from pre-industrial levels.** Nature, v.327, p.617-618, 1987.

ANEXO

Anexo 1- Resumo da análise de variância.

Variável	Média Geral	CV (%)	GL	QM	Fc	Pr> Fc
Densidade estomática	196.45	18.59	5	19960.39	14.965*	0.0000
Índice estomático	23.13	18.22	5	178.55	10.054*	0.0000
Funcionalidade estomática	1.488	13.12	5	0.286	7.495*	0.0000
Clorofila	27.89	47.27	5	275.77	1.587	0.1796 ^{ns}
Diâmetro do Coleto	3.427	18.37	5	9.667	24.403*	0.0000
Matéria seca da raiz	1.079	41.92	5	3.638	17.790*	0.0000
Matéria seca da parte aérea	1.049	47.63	5	3.590	14.393*	0.0000
Área Foliar	146.23	55.94	5	61190.6	9.144*	0.0000

ns: não significativo pelo teste f a 5 %; * significativo a 5% pelo teste F

Anexo 2- Análise química do lodo da ETA do SAAE-Guanhães

N° Laboratório	Referência do Cliente				pH H ₂ O	pH KCl	pH CaCl ₂	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Na mg/dm ³	Ca ²⁺ cmol _e /dm ³
	Mg ²⁺ cmol _e /dm ³	Al ³⁺ cmol _e /dm ³	H + Al cmol _e /dm ³	SB cmol _e /dm ³							
1462	Amostra SAAE-Guanhães				5,68	-	-	5,3	20	-	0,98
N° Laboratório					t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
1462	0,09	0,00	8,3	1,12	1,12	9,42	11,9	0,0	-	14,67	27,7
N° Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
1462	59,9	0,05	-	0,40	401,2	167,4	1,36	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5
 P - Na - K - Fe - Zn -Mn - Cu -Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1
 H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0
 t - Capacidade de Troca Catiónica Efetiva
 V= Índice de Saturação por Bases
 ISNa - Índice de Saturação por Sódio
 P-rem = Fósforo Remanescente
 B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5
 Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1 mol/L
 SB = Soma de Bases Trocáveis
 T - Capacidade de Troca Catiónica a pH 7,0
 m= Índice de Saturação por Alumínio
 MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black
 S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético
 N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

OBS.: As amostras são mantidas por 60 dias para contraprova. A amostragem e as informações a respeito das amostras são de responsabilidade do cliente.

Reinaldo Bertola Cantarutti
 F0-32-33-AB-9D-31-18-29-D9-38-82-BD-C9-24-03-A9
 Para autenticar o laudo, acesse o site www.silas.ufv.br

