

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Agrícola e Ambiental

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS

Luciana Pereira Gusmão



Luciana Pereira Gusmão

**UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES
COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Charles Martins Aguilar.

Coorientador: Prof. Rodinei Facco Pegoraro.

Montes Claros

Instituto de Ciências Agrárias – UFMG

2017

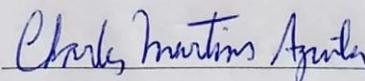
Luciana Pereira Gusmão. UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO DE LÂMPADAS
FLUORESCENTES COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS.

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Reginaldo Arruda Sampaio – ICA/UFMG

Prof. Rodinei Facco Pegoraro – ICA/UFMG

Prof. Ulisses Alves Pereira – ICA/UFMG



Prof. Charles Martins Aguilar – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 08 de dezembro de 2017

Dedico este trabalho a minha família, especialmente a minha mãe, Glória, e meu pai, Arnaldo, pelo carinho e apoio em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Charles Martins Aguilar, pelos ensinamentos e apoio na execução deste trabalho.

Ao meu coorientador professor Rodinei Facco Pegoraro, pela sua colaboração no projeto.

Aos professores, Flaviano e Nilza, pela ajuda, disponibilizando materiais para que fosse possível a realização desta pesquisa.

Aos alunos, Cristieli da Engenharia Florestal, Jhonatam e Jean Walter da Engenharia Agrícola e Ambiental, aos servidores técnicos administrativos: Márcio Neves Rodrigues (Laboratório de Análise de Resíduos para Aproveitamento Agrícola, ICA-UFMG) e Marley Alisson Perdigão de Assis (Laboratório de Análise Elementar do Departamento de Química da UFMG) que cederam um pouco do seu tempo para me ajudar.

A minha família, amigos, namorado e a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que tudo isso fosse possível.

RESUMO

A preocupação com o descarte correto de resíduos sólidos é uma temática cada vez mais abordada, principalmente em universidades, uma vez que, com o desenvolvimento urbano e industrial aumentou-se exacerbadamente o consumo de bens e serviços, gerando com isso um número crescente de resíduo. A adoção de boas práticas de reutilização, reuso e reciclagem de resíduos é fundamental para se garantir um equilíbrio ecológico e um meio ambiente com condições adequadas para a vida de seus habitantes. Neste sentido o presente trabalho vem propor um plano de gerenciamento e gestão de parte dos resíduos sólidos para Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), *Campi* Montes Claros com aproveitamento do resíduo de vidro advindo de lâmpadas fluorescentes para substratos de plantio em substituição à areia. Feita a separação do vidro das partes metálicas das lâmpadas, este foi triturado mecanicamente e peneirado em peneiras de 2 mm e lavado com água corrente e seco ao ar livre. Escolheu-se para plantio a espécie florestal *Albizia lebbbeck*, pelo fato desta apresentar um bom desenvolvimento no norte de Minas Gerais e possuir um rápido crescimento. O experimento foi montado no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) para avaliar o crescimento de *Albizia lebbbeck* em substratos utilizando vidro, comparando o seu desenvolvimento em substratos convencionais, tendo a areia como agente poroso e estabilizante. Ao todo foram 10 tratamentos e 4 repetições, somando 40 unidades amostrais. As amostras foram colocadas em sacos plásticos para mudas, respeitando as proporções de cada tratamento. Além do substrato foram adicionados os fertilizantes de cloreto de potássio, superfosfato simples e um mix de micronutrientes para que a espécie não sofresse um déficit nutricional. Para fazer a caracterização das amostras da *Albizia lebbbeck*, utilizaram-se as técnicas de infravermelho e análise elementar de carbono, hidrogênio e nitrogênio, para os diversos tratamentos visando seu uso na agricultura. Pelos gráficos dos espectros de infravermelho foi possível observar a presença forte da banda larga de absorção de 3.600 a 3.000 cm^{-1} , o que pode estar correlacionada com as vibrações de O-H (característico de fenol) e N-H (característico de amins e amidas). Bandas de absorção ao redor de 2.800 cm^{-1} correspondem aos estiramentos C-H sp^2 ; e ainda bandas características em torno de 1.600 cm^{-1} que correspondem às vibrações C=O de ácidos carboxílicos, cetona e ésteres além da banda em torno de 1.000 cm^{-1} , correspondendo às vibrações C-O. Por meio da análise elementar observou-se que quanto à quantidade porcentual de nitrogênio. Observa-se que a amostra contendo 50% de areia foi a que apresentou menor quantidade porcentual; já a amostra contendo 50% de vidro apresentou a maior quantidade. O uso do vidro em substratos pode ser uma forma adequada para solucionar o descarte inadequado de resíduos de lâmpadas na universidade, uma vez que não comprometeu o desenvolvimento da espécie e disponibilizou um ambiente adequado para o seu desenvolvimento.

Palavras-chave: resíduo de vidro; aproveitamento; sustentabilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Vibrações de alongamento.....	7
Figura 2: Vibrações de deformação angular.....	8
Figura 3: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 10% de areia.....	13
Figura 4: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 20% de areia.....	14
Figura 5: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 30% de areia.....	14
Figura 6: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 40% de areia.....	15
Figura 7: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 50% de areia.....	15
Figura 8: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 10% de vidro.....	16
Figura 9: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da <i>Albizia lebbek</i> no tratamento contendo 50% de vidro.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Proporção de areia e vidro nos tratamentos.....10

Tabela 2: Porcentagens de C, H e N para as partes de raiz, caule e folha da *Albizia lebbek* nos diferentes tratamentos.....18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHN - Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio

ICA – Instituto de Ciências Agrárias

IV – Infravermelho

FTIR - Espectroscopia no Infravermelho Médio com Transformada de Fourier

LARAA - Laboratório de Análise de Resíduos para Aproveitamento Agrícola

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PNGRS – Política Nacional de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

RDC – Resolução da Direção Colegiada

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TCD - Detector de Condutividade Térmica

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UV – Ultravioleta

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA.....	11
3. PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
4. HIPÓTESE.....	12
5. OBJETIVO.....	12
5.1. Objetivo geral	12
5.2. Objetivos específicos	12
6. REFERENCIAL TEÓRICO	13
6.1. Resíduos sólidos	13
6.2. Aproveitamento do resíduo do vidro	14
6.3. Substrato	14
6.4. <i>Albizia lebbek</i>	15
6.5. Espectroscopia de Infravermelho.....	15
6.6. Análise Elementar.....	17
7. MATERIAIS E MÉTODOS	18
7.1. Caracterização da área de estudo	18
7.2. Montagem do experimento	18
7.3. Análises Laboratoriais	19
7.4. Preparação das Amostras	20
7.5. Análise em Infravermelho	20
7.6. Análise Elementar.....	21
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
8.1. Análise em Infravermelho	21
8.2. Análise Elementar.....	27
9. CONCLUSÃO	28
10. REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o descarte correto de resíduos sólidos é uma temática cada vez mais abordada, principalmente em universidades, uma vez que, com o desenvolvimento urbano e industrial aumentou-se exacerbadamente o consumo de bens e serviços, gerando com isso um número crescente de resíduo. A adoção de boas práticas de reutilização, reuso e reciclagem de resíduos é fundamental para se garantir um equilíbrio ecológico e um meio ambiente com condições adequadas para a vida de seus habitantes (RODRIGUES, 2015).

As instituições de ensino devem ser precursoras e incentivadoras de estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos, desenvolvendo pesquisas que apresentem propostas e medidas sustentáveis para o seu aproveitamento na agricultura e outras finalidades.

A lei 12.503/2010 dispõe sobre o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), onde apresenta as metas e as ações para se implantar um plano de gerenciamento de resíduos sólidos em todo o ciclo de vida do material, acarretando na diminuição da geração de resíduo.

O aproveitamento de parte dos resíduos sólidos na agricultura pode contribuir como substrato e fonte de nutrientes essenciais para as plantas. Diversos resíduos urbanos, industriais e da agroindústria apresentam em sua composição ferro, enxofre nitrogênio, cálcio, silício e outros elementos químicos fundamentais para o desenvolvimento de culturas, contribuindo como alternativa econômica e ecologicamente correta para seu descarte.

Neste sentido, objetivou-se com este estudo propor um aproveitamento do resíduo de vidro de lâmpadas fluorescentes, utilizando o óxido de silício, presente no mesmo, como agente estabilizante em substratos, a fim de se conseguir um método economicamente viável e que contribua para um equilíbrio ambiental, diminuindo o descarte inadequado de rejeitos.

A ideia de utilizar o vidro como agregado em substratos, teve como influência sua utilização na construção civil substituindo a areia. Em um estudo realizado para a Jornada Sul-Americana de Engenharia Estrutural em setembro de 2012 no Rio de Janeiro – RJ, Rogério Cattelan Antochaves de Lima, um dos coordenadores do projeto e professor da UFSM mostrou, por meio de sua pesquisa, que o vidro moído pode ser

utilizado em substituição ao agregado natural (areia) nas proporções de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 100%.

Para verificar se houve algum tipo de alteração na planta cultivada com vidro foram realizadas as técnicas de Análise no Infravermelho e Análise Elementar. Sendo assim, é possível averiguar se houve algum tipo de contaminação pela utilização do vidro das lâmpadas fluorescentes e se de fato ele pode substituir a areia em substratos.

2. JUSTIFICATIVA

O presente projeto de pesquisa se justifica pela necessidade de dar uma destinação adequada e de forma sustentável para o resíduo de lâmpadas fluorescentes que se acumularam no ICA da UFMG.

Conforme dispõe a Resolução da Direção Colegiada da Anvisa, RDC nº 306/2004 e Órgãos Ambientais (Federal e Estadual), o uso de mercúrio (Hg) passou a ser proibido em diferentes produtos, como pilhas, lâmpadas e equipamentos de saúde, sendo que todos esses resíduos sólidos deverão ser descartados.

Diante disso o ICA/UFMG em obediência ao disposto na resolução supracitada procedeu à adequação as normativas, realizando a troca das lâmpadas utilizadas para as lâmpadas com os padrões requeridos, ou seja, sem Hg na sua composição.

Realizadas as trocas, as lâmpadas antigas passaram por um procedimento de retirada do gás Hg e foram acondicionadas em recipientes de metal em área ao ar livre do ICA.

Frente ao problema, descarte adequado e o aproveitamento de resíduos sólidos, ora apresentado e tendo em vista que a composição química do material que constitui as lâmpadas serem em parte a mesma da areia (óxido de silício) apresenta-se o projeto de pesquisa com a proposta da utilização do vidro das lâmpadas em substratos.

3. PROBLEMA DE PESQUISA

Recentemente houve a troca de lâmpadas fluorescentes do tipo vapor de mercúrio de parte da unidade do Instituto de Ciências Agrárias por meio de empresa certificada. Foi realizada a destruição e descontaminação. O resíduo gerado fora destinado ao aterro. Parte do resíduo, composto de vidro, foi cedido para a realização

desta pesquisa, com o intuito de se utilizar o resíduo gerado no emprego da elaboração de substrato na agricultura.

4. HIPÓTESE

A utilização do vidro das lâmpadas fluorescentes em substratos para plantas florestais soluciona dois problemas:

- i) O do descarte adequado de resíduos sólidos e;
- ii) Da economia no preparo de substratos, uma vez que funcionará como agente estabilizante e poroso, substituindo a areia.

5. OBJETIVO

5.1. Objetivo geral

Propor uma gestão de parte dos resíduos sólidos para Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), *Campi Montes Claros*, com aproveitamento para substratos em substituição a outros componentes;

5.2. Objetivos específicos

Propor uma solução para o descarte do resíduo de lâmpadas fluorescentes;

Analisar a viabilidade da utilização de vidro em substratos;

Avaliar a produção de *Albizia lebbek* em substratos com diferentes proporções de vidro triturado e proveniente de lâmpadas fluorescentes;

Comparar o crescimento das mudas em substratos com o agregado de vidro e em substratos com areia;

6. REFERENCIAL TEÓRICO

6.1. Resíduos sólidos

O crescimento populacional, aliado ao desenvolvimento industrial são fatores predominantes para a contribuição do aumento na geração de resíduo, sendo crescente a necessidade de produção e consumo de bens materiais e cada vez mais se faz necessário o descarte correto e o reaproveitamento dos resíduos como forma de minimizar os impactos ambientais decorrentes das práticas capitalistas de consumo (JESUS, 2013).

A geração de resíduos é um dos mais graves problemas ambientais, principalmente em áreas urbanas, e gradativamente é apontada por especialistas em discussões acadêmicas. Debater sobre esta questão em universidades é de fundamental importância para a formação de cidadãos conscientes e para o desenvolvimento de formas de gerenciamento que visem encontrar soluções para o acúmulo de rejeitos (SOBARZO & MARIN, 2010).

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, assim, como, a adoção de comportamentos ambientalmente corretos, ditos sustentáveis, podem influenciar positivamente nos impactos a saúde e ao meio ambiente (JACOBI, 2011).

Tentando-se garantir a responsabilidade ambiental compartilhada foi regulamentada a Lei 12.305/ 2010 que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tornando-se um marco regulatório para a discussão sobre a problemática do resíduo urbano e rural, trazendo consigo uma previsão de destinação final ambientalmente adequada e instrumentos de logística reversa (LATORRE, 2013).

No artigo 1º da PNRS são instituídos seus princípios, objetivos e instrumentos da gestão integrada de resíduos sólidos, onde se atribui a responsabilidade ao gerador e ao poder público, podendo ser atribuídos os instrumentos econômicos aplicáveis, e as pessoas físicas ou jurídicas responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que devolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

6.2. Aproveitamento do resíduo do vidro

O ato de se livrar de alguma coisa que não se deseja mais ou que não se tem mais utilidade é chamado de descarte. Contrapondo-se ao descarte, existe a disposição, ou seja, a colocação organizada dos materiais, onde é possível um posterior uso, ambos são feitos de forma aleatória e possuem o interesse de se livrar do resíduo (PIRES & MATTIAZZO, 2008).

Para se diminuir o descarte e a geração de rejeitos é importante se compreender o aproveitamento de resíduos. Paula (2010) dividiu o aproveitamento de resíduos em três processos:

- i) Reciclagem: Substituição total ou parcial da matéria prima pelo resíduo.
- ii) Recuperação: Reutilização do resíduo, sem que para isso ocorra o descarte.
- iii) Valorização: Agregação de valor ao resíduo, aproveitando sua matéria prima, como exemplo o aproveitamento dos silicatos e vidrocerâmicos presentes no resíduo do vidro.

O vidro é um material inerte e biologicamente inativo, sendo composto por óxido de silício superesfriado e transparente. Suas propriedades garantem um grande número de utilizações, podendo ser utilizado em substituição de diversos outros materiais que apresentam baixa porosidade, baixa absorvidade, baixa condutividade térmica e pouca dilatação (FERRARI E JORGE, 2010 citados por RIGHI et al., 2011).

O uso de vidro moído em substituição parcial ou total de outros materiais como agregado se data a muitas décadas, a única preocupação é no tamanho das partículas para se amenizar a reação química álcali-sílica, que causa a redução da resistência mecânica e expansão excessiva (SANTOS, 2016).

6.3. Substrato

Para a produção de mudas florestais é importante verificar alguns fatores que podem influenciar no desenvolvimento das espécies, como: o substrato, a condição das sementes e o recipiente utilizado. Esses fatores podem fornecer uma melhor resposta no crescimento das plantas, bem como influenciar a qualidade do produto final (SANTOS

et al., 2000). Para isso é fundamental conhecer melhor sobre o substrato e suas características.

Carneiro (1996) definiu substrato como o meio poroso onde as plantas conseguem desenvolver suas raízes e suporte para o tronco e folhas, além de fornecer nutrientes, água e oxigênio em quantidades necessárias para o seu desenvolvimento.

É importante garantir que o substrato apresente boa porosidade, seja homogêneo, tenha boa capacidade de campo e troca catiônica, não contenha agentes patógenos e pragas (CAMPIHOS *et al.*, 1984).

Para a produção de mudas, o substrato normalmente utilizado é composto por solo, resíduos orgânicos e/ou comerciais e um agente estabilizante. Esses meios de desenvolvimento das plantas não costumam fornecer as quantidades suficientes de nutrientes, sendo complementados com fertilizantes químicos para aumento da eficácia (VIEIRA & WEBER, 2015).

6.4. *Albizia lebbek*

A *Albizia lebbek* é uma espécie florestal nativa do Brasil pertencente à família Fabaceae e apresenta um bom desenvolvimento no clima brasileiro e um rápido crescimento (LORENZI, 1992).

Caracterizada como uma espécie pioneira, ela possui uma distribuição natural entre alguns países da América do Sul, sendo que no Brasil ela se desenvolve principalmente na mata pluvial da região Amazônica, na Mata Atlântica e no Cerrado (IGANCI, 2015).

Suas sementes podem ser utilizadas no tratamento de algumas enfermidades, como disenteria, hemorroidas e diarreias, sendo que suas folhas também auxiliam no tratamento de úlceras e conjuntivites (MIRANDA *et al.*, 2009).

6.5. Espectroscopia no Infravermelho

As ondas eletromagnéticas estão presentes no cotidiano da maioria das pessoas, são diversas suas aplicações, como no rádio, na televisão, no forno micro ondas,

imagens de raio X e na ressonância magnética, por exemplo. A região do espectro eletromagnético a ser empregado para cada tipo de situação será determinado pela sua faixa de comprimento de onda e sua frequência (LIMA & BAKKE, 2011).

A espectroscopia de infravermelho (IV) consiste em uma técnica precisa e moderna que possui uma grande quantidade de aplicações, podendo ser empregada nas ciências físicas, químicas e biológicas (LEITE, 2012).

Essa técnica baseia-se no princípio de que cada ligação química das substâncias possuem uma frequência vibracional específica que corresponde ao nível de energia da molécula, quando a molécula recebe luz na mesma energia dessas vibrações, a luz será absorvida. Para se determinar as medidas de uma amostra, é passado um raio de luz infravermelha por ela, onde é gerado um gráfico que demonstra a quantidade de energia absorvida pelas substâncias constituintes da amostra (CARVALHO, 2012).

A técnica da espectroscopia de IV é utilizada quando uma molécula absorve luz IV, mas produz uma energia mais baixa do que na luz visível ou nos raios ultravioleta (UV), dessa forma ocorre uma mudança de energia na molécula devido aos processos de vibrações e rotações na sua estrutura (HAGR & CARR, 2012).

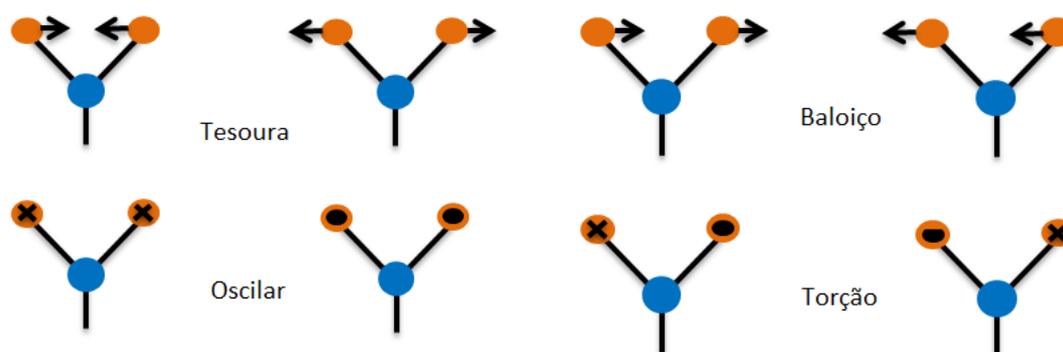
As vibrações ocorridas durante a espectroscopia de IV podem ser classificadas em duas categorias, sendo as de alongamento, onde as ligações entre moléculas tendem a se afastarem uma das outras, este afastamento pode ser simétrico ou assimétrico, e as de deformação angular, alterando o ângulo de ligação, pode ser na forma de torção, tesoura ou oscilação de acordo com o movimento sofrido (MAGALHÃES, 2014).

Figura 1: Vibrações de alongamento



Fonte: MAGALHÃES, 2014.

Figura 2: Vibrações de deformação angular



Fonte: MAGALHÃES, 2014.

Atualmente tem-se utilizado essa técnica em diferentes estudos a fim de identificar grupos funcionais, como ácidos carboxílicos, aminas, amidas, estruturas alifáticas e aromáticas e grupos hidroxilas (PAIM et. al., 1990 citados por CUNHA et. al., 2015). A técnica é utilizada em análises quantitativas de compostos que contenham grupos funcionais constituídos de oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio, podendo ser usada para identificar a presença de água em diferentes amostras, assim como os grupos fenóis, álcoois, ácidos orgânicos e hidro peróxidos, sendo também empregada na determinação de ésteres, cetonas e ácidos carboxílicos (Portal da Educação, 2013).

A espectroscopia de absorção no IV possui diversas vantagens sobre outras técnicas analíticas, como a facilidade de preparo das amostras, permitindo o uso de amostras em filmes sólidos, líquidos e gasosos, além do uso de equipamentos com custos relativamente baixos e versáteis (QUÍMICA E DERIVADOS, 2003). A técnica também possui rapidez na aquisição dos espectros, alta resolução espectral, boa reprodutividade e uma melhor relação sinal-ruído (CUNHA et. al., 2015).

6.6. Análise Elementar

A Análise Elementar é uma técnica utilizada na determinação do teor em porcentagem dos elementos carbono, hidrogênio e nitrogênio presentes em determinada amostra. É baseada no método Pregl-Dumas, onde as amostras são submetidas a combustão em um ambiente contendo oxigênio puro. A combustão libera gases e estes

são quantificados no Detector de Condutividade Térmica (TCD) (Central Analítica, Sd.).

O objetivo da análise elementar é determinar os elementos químicos que compõem uma amostra e quantificá-los. Ela pode ser empregada em diversos tipos de investigação, tanto de caráter científico, quanto criminal, avaliando por meio de qual substância a vítima foi morta, por exemplo (FOGAÇA, 2011).

Entre as suas principais aplicações está o estudo de amostras sólidas e líquidas, decorrentes de sínteses orgânicas e formações de complexos, síntese de polímeros, amostras geológicas, ambientais e derivados de petróleo (Central Analítica, Sd.).

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1. Caracterização da área de estudo

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Hamilton Abreu Navarro do ICA/UFGM, localizada no município de Montes Claros-MG.

7.2. Montagem do experimento

Inicialmente foi feita a separação do vidro das partes metálicas das lâmpadas, em seguida o vidro foi triturado mecanicamente e peneirado em peneiras de 2 mm. Todo o material que passou pela peneira foi lavado com água e seco ao ar livre.

A espécie florestal escolhida para a pesquisa foi a *Albizia lebeck*, pelo fato desta apresentar um bom desenvolvimento no norte de Minas Gerais e possuir um rápido crescimento.

O estudo foi montado no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC). Foram avaliados 10 tratamentos e 4 repetições, somando 40 unidades com variações nas proporções de vidro de lâmpadas fluorescentes e areia, como descrito na tabela 1.

Tabela 1: Proporção de areia e vidro nos tratamentos

Tratamentos	Agregado de vidro (%)	Areia (%)	Esterco bovino (%)	Solo (%)
T1	10	0	45	45
T2	20	0	40	40
T3	30	0	35	35
T4	40	0	30	30
T5	50	0	25	25
T6	0	10	45	45
T7	0	20	40	40
T8	0	30	35	35
T9	0	40	30	30
T10	0	50	25	25

Fonte: Próprio autor

Os substratos foram colocados em sacos plásticos para mudas totalizando um litro, respeitando as proporções de cada tratamento com base na tabela 1. Para medição dos volumes das unidades experimentais foi utilizada uma proveta volumétrica de 500 mL. Além do substrato foram adicionados os fertilizantes de cloreto de potássio ($0,172 \text{ gdm}^{-3}$), uréia ($0,217 \text{ gdm}^{-3}$), superfosfato simples ($0,833 \text{ gdm}^{-3}$) e um mix de micronutrientes para que a espécie não sofresse um déficit nutricional.

7.3. Análises Laboratoriais

As análises laboratoriais e o preparo das amostras foram realizados nos seguintes laboratórios:

- a) Preparo Prévio: Laboratório de Química Analítica e Laboratório de Análise de Resíduos para Aproveitamento Agrícola (LARAA) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA-UFMG);
- b) Análise no infravermelho: Laboratório de Química Instrumental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais e;

- c) Análise Elementar de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio: Laboratório de Análise Elementar do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais.

7.4. Cultivo das mudas e preparo das Amostras

As mudas da *Albizia lebbbeck* foram cultivadas durante o período de 60 dias em casa de vegetação do ICA-UFMG. Após esse período foi verificado que alguns tratamentos não obtiveram germinação, esse fato pode ser justificado pela porosidade irregular nos substratos devido ao fato da moagem do vidro ter sido realizada mecanicamente e também devido a presença de alguns insetos na casa de vegetação, estes podem ter comido as sementes antes que elas emitissem o embrião.

Foi observado que apenas os tratamentos contendo areia 10%, areia 20%, areia 30%, areia 40%, areia 50%, vidro 10% e vidro 50% obtiveram germinação. As amostras da planta que se constituíram de raiz, caule e folhas, foram colhidas e encaminhadas ao laboratório.

No laboratório de Química Analítica as amostras da planta foram lavadas em água corrente e acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada até atingirem peso constante. Como a matéria seca das amostras das plantas coletadas foi baixa, então foi decidido uni-las de acordo com as porcentagens de vidro e areia. Em seguida foram moídas em almofariz no Laboratório de Resíduos para Aproveitando Agrícola. Posteriormente, as amostras assim constituídas foram armazenadas em tubos eppendorf sendo então o material encaminhado para análise em infravermelho e análise elementar.

7.5. Análise no Infravermelho

A análise em espectrômetro de infravermelho foi realizada no Laboratório de Química Instrumental do ICA-UFMG sendo as sete amostras caracterizadas pela técnica de Espectroscopia no Infravermelho Médio com Transformada de Fourier (FTIR). As

pastilhas de KBr foram obtidas aplicando uma pressão de 4 Mg cm^{-2} , com o auxílio de uma pequena prensa hidráulica durante 30 segundos, a uma mistura de 1 mg de material amostral e 100 mg de KBr; posteriormente, as pastilhas foram analisadas em espectrofotômetro da marca Agilent, modelo FTIR Cary 640 – Agilent Technologies operando em um intervalo de número de onda de 4.000 a 400 cm^{-1} .

7.6. Análise Elementar

A análise elementar constituiu-se das porcentagens de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio para as sete amostras. Foi realizada no Laboratório de Análise Elementar do Departamento de Química da UFMG, em analisador CHN da marca Perkin-Elmer modelo PE2400 (CHN Elemental Analyzer). O sistema de análise é baseado na combustão completa da amostra a $950 \text{ }^\circ\text{C}$, seguida por redução e detecção dos produtos da combustão em detector no infravermelho. Para realização das análises, foram pesadas de 2 a 4 mg de amostras (precisão de $\pm 0,001$) em uma balança marca Mettler Toledo, acoplada ao equipamento de análise do tipo TOC.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1. Análise no Infravermelho

A análise de infravermelho foi utilizada para a caracterização dos metabólitos presentes na *Albizia lebbek* e verificar se o vidro teve a mesma função da areia no substrato e preservou as características da espécie arbórea.

Conhecendo-se que os principais metabólitos secundários da *Albizia lebbek* são constituídos de taninos azoto (referência), sendo flavonóides (polifenóis) nitrogenados compostos basicamente de derivados orgânicos de fenóis, ésteres, ácidos carboxílicos, aminas e amidas. As análises advindas dos espectros de absorção de infravermelho para as sete amostras foram feitas considerando-se os trabalhos de Canellas et. al. (2000) e Silverstein et. al. (2006).

O comportamento espectral das amostras da planta obtidas pela análise no IV se mostrou uniforme entre os tratamentos e revelou a presença de alguns compostos orgânicos típicos da espécie apresentando bandas de absorção características da composição de flavonoides. A seguir estão as imagens da análise no IV para a planta cultivada em cada tratamento.

Figura 3: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebbbeck* no tratamento contendo 10% de areia.

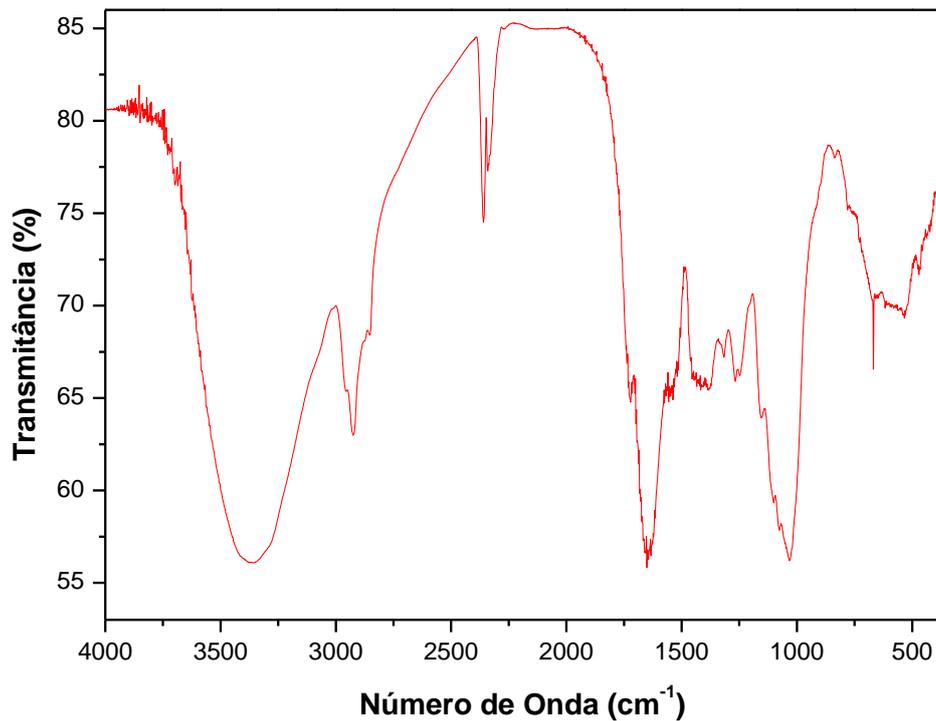


Figura 4: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebbbeck* no tratamento contendo 20% de areia.

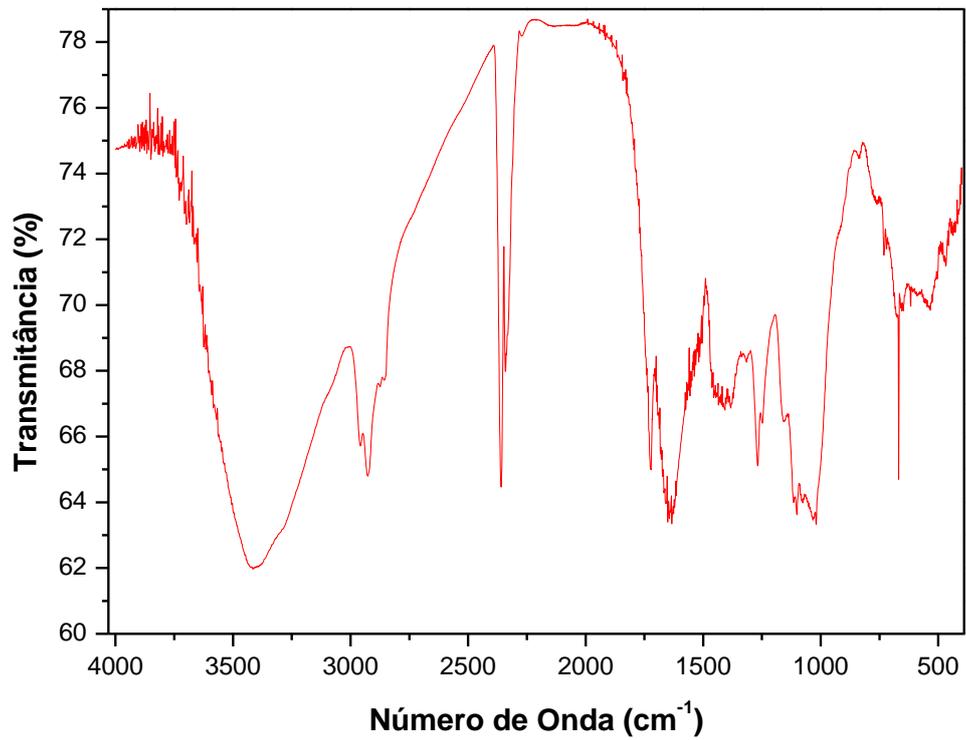


Figura 5: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebbbeck* no tratamento contendo 30% de areia.

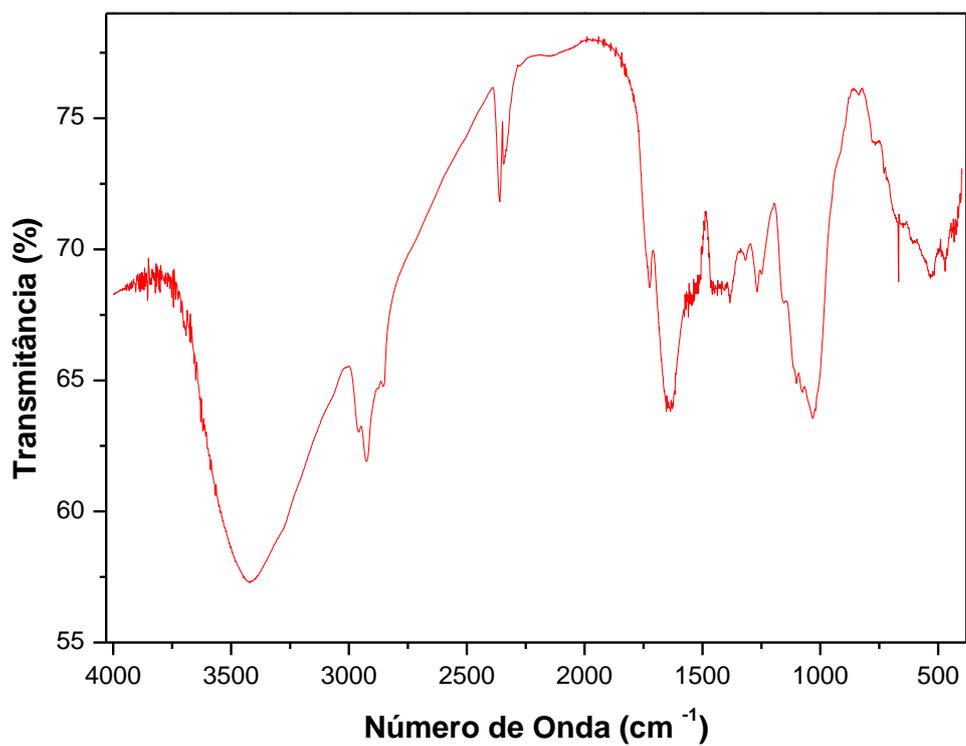


Figura 6: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebeck* no tratamento contendo 40% de areia.

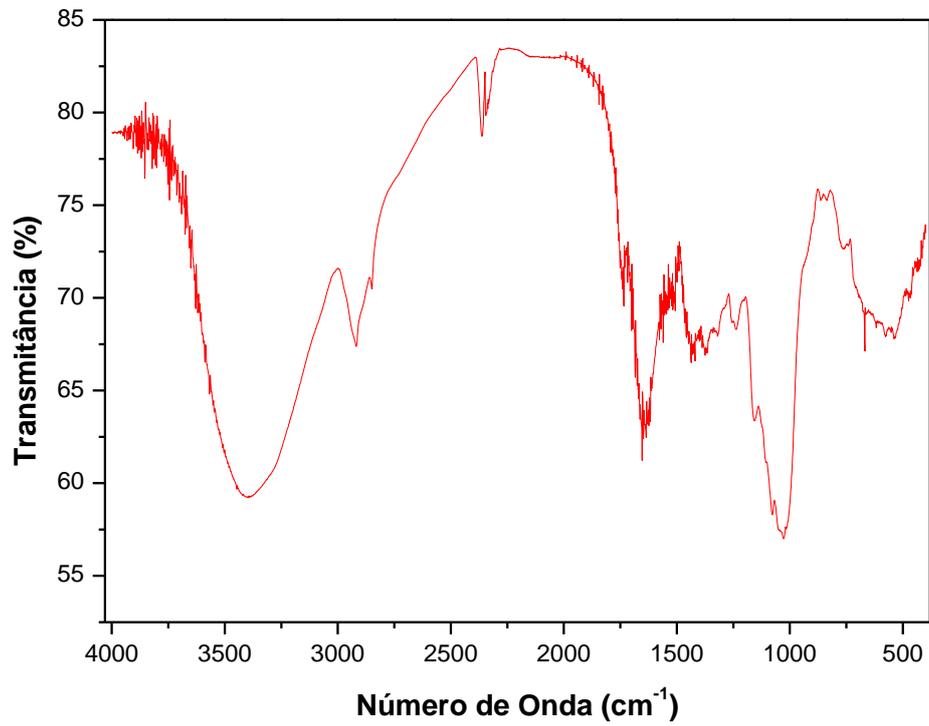


Figura 7: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebeck* no tratamento contendo 50% de areia.

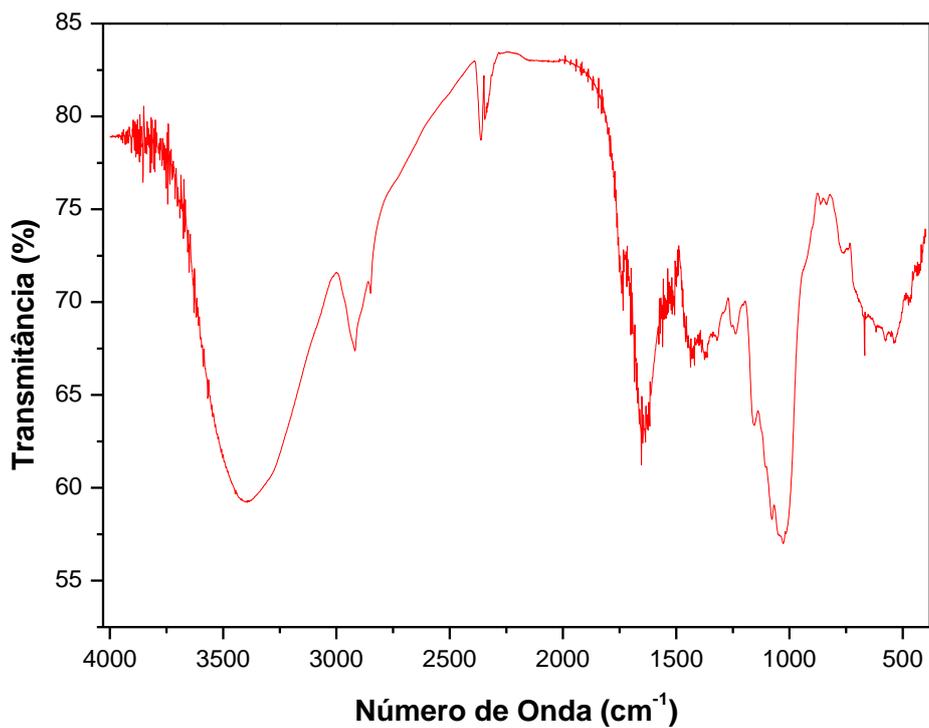


Figura 8: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebbbeck* no tratamento contendo 10% de vidro.

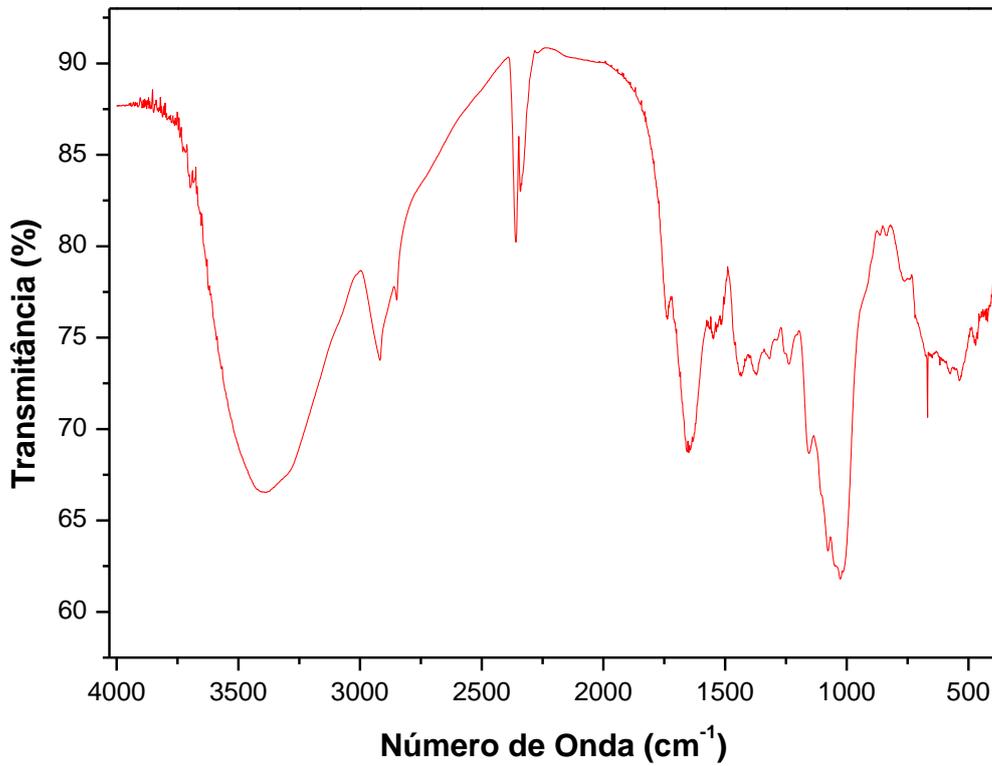
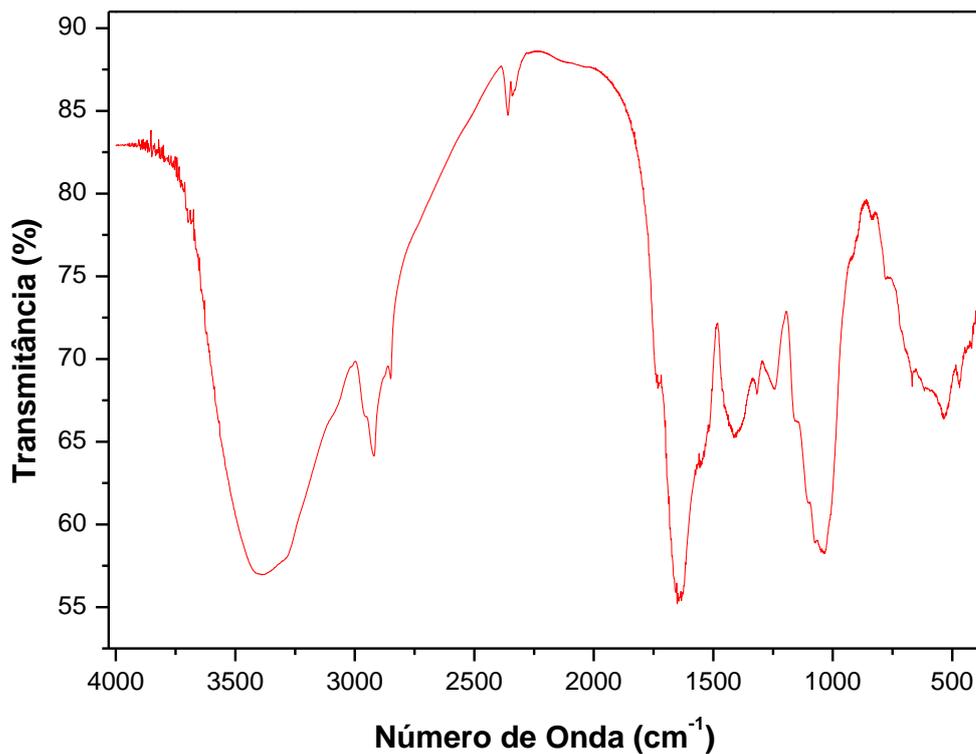


Figura 9: Espectro no infravermelho das partes raiz, caule e folhas da *Albizia lebbbeck* no tratamento contendo 50% de vidro.



Analisando os resultados dos espectros no IV apresentados acima observou-se em todos os tratamentos a presença de quatro bandas de absorção principais, estas são características de ligações químicas de metabólitos da espécie estudada.

Como exemplo, a primeira banda de absorção refere-se ao intervalo de número de onda de 3.600 a 3.000 cm^{-1} , que pode estar correlacionada com as vibrações de O-H (característico de fenol) e N-H (característico de aminas e amidas) (SILVERSTEIN et. al., 2006), bastante pronunciada em todos os espectros observados, dispostos nas figuras 3 a 9. É notável que esta banda mantém sua intensidade ao longo de todos os tratamentos, tanto quando utiliza-se areia (observe as figuras 3 a 7), quanto o vidro (figuras 8 e 9) como proporções diferenciadas no substrato. Bandas de absorção ao redor de 2.800 cm^{-1} correspondem aos estiramentos C-H sp^2 , observadas em todos os espectros, característica de compostos com presença de estrutura benzênicas; e ainda bandas características em torno de 1.600 cm^{-1} que correspondem às vibrações C=O de ácidos carboxílicos, cetona e ésteres além da banda em torno de 1.000 cm^{-1} , correspondendo às vibrações C-O (CANELLAS et. al. 2000). Portanto, a caracterização via técnica no infravermelho revela que há preservação dos grupos funcionais principais presentes para os diferentes tratamentos, que fazem parte da constituição metabólica da planta. Isto mostra que para os diferentes substratos estudados não há perdas da integridade da planta, quando se utiliza as diferentes proporções contendo quantidades diferentes de areia e vidro.

8.2. Análise Elementar

A análise porcentual de C, H e N geraram os resultados dispostos na tabela 2.

Tabela 2: Porcentagens de C, H e N para as partes de raiz, caule e folha da *Albizia lebbbeck* nos diferentes tratamentos.

Amostras	% C	% H	% N
areia 10%	42,68	6,98	4,18
areia 20%	41,91	6,27	3,37
areia 30%	41,81	6,40	3,01
areia 40%	41,37	5,83	3,57
areia 50%	42,28	5,73	1,99
vidro 10%	41,76	5,81	2,60
vidro 50%	41,21	5,86	4,32

Como pode ser observado pela tabela 2, as mudanças dos substratos de areia para vidro e as proporções destes substratos não mudaram significativamente a quantidade porcentual de C. Por comparação, a amostra contendo 10% de areia possui uma maior quantidade de carbono. Já a amostra contendo vidro 50%, possui a menor quantidade. Observa-se uma variação de 3,45%. Comparando as amostras de areia 10% com vidro 10%, tem-se uma variação de 2,15%. Para uma comparação das amostras de areia 50% e vidro 50%, tem-se uma variação de 2,53%. Portanto, isto sugere que para as quantidades de carbono a variação entre as proporções dos substratos das amostras é pequena.

Para a quantidade porcentual de H, pode-se notar que a amostra contendo 10% de areia apresenta maior quantidade porcentual de H, e a contendo 50% de areia, a menor quantidade, de forma geral. Entre os substratos, a amostra contendo 10% de vidro apresentou a menor quantidade, variando de 16,76% em relação a amostra contendo 10% de areia.

Quanto a quantidade porcentual de nitrogênio, observa-se que a amostra contendo 50% de areia foi a que apresentou menor quantidade porcentual; já a amostra contendo 50% de vidro apresentou a maior quantidade. Isso pode indicar que aumentando a proporção da quantidade de vidro no substrato reduziu-se os processos de lixiviação e volatilização do nitrogênio, o que aumentou sua fixação na planta.

Os resultados da análise elementar para os diferentes tratamentos contendo as várias proporções dos substratos à base de areia e vidro mostraram que há uma distribuição uniforme das quantidades composicionais de carbono, hidrogênio e nitrogênio para as várias partes da planta. Nota-se que há preservação da integridade da planta quanto à sua composição centesimal, sem elevadas oscilações para os valores de carbono e hidrogênio, apesar de suas variações para a quantidade de nitrogênio.

9. CONCLUSÃO

Através do trabalho realizado foi possível concluir que é sugestivo que o resíduo de lâmpadas fluorescentes pode ser utilizado em substituição a areia em substratos, uma vez que o comportamento espectral das amostras não divergiu entre as proporções de vidro e areia utilizados.

O uso do vidro em substratos é uma forma adequada para solucionar o descarte inadequado de resíduos de lâmpadas na universidade, uma vez que não atrapalhou o desenvolvimento da espécie e a disponibilizou um ambiente adequado para o seu desenvolvimento.

O crescimento da *Albizia lebbek* não teve uma diferença significativa comparando os substratos com as diferentes porcentagens de vidro e areia. Sendo que nos substratos com areia, a espécie obteve uma produção um pouco maior de carbono.

10. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Wagner Oliveira de. Análise dos Componentes Principais (PCA). Technical Report - RT-MSTMA_003-09 - Relatório Técnico May - 2009 – Maio. Disponível em: <
http://www.unievangelica.edu.br/gc/imagens/file/mestrados/artigos/RTINF_003092.pdf
> Acesso em 13 de novembro de 2017.

CAMPINHOS, J.E.; IKEMORI, Y.K.; MARTINS, F.C.G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus* spp. (estacas e sementes) e *Pinus* spp. (sementes) em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, 1984. p.350-358.

CANELLAS, L. P. et al. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos sólidos urbanos I. Métodos espectroscópicos (IV, UV e RMN 13C) e microscopia eletrônica de varredura. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 741-750.

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná / FUPEF; Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1996. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 06 de junho de 2017.

CARVALHO, Alexssandra. Espectroscopia de Infravermelho. Março de 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAXrEAD/espectroscopia-infravermelho>> Acesso em 02 de novembro de 2017.

Central Analítica. Análise elementar – CHN. Instituto de Química – USP. Sd. Disponível em: <http://ca.iq.usp.br/novo/paginas_view.php?idPagina=7> Acesso em 20 de novembro de 2017.

CUNHA, Dayana Alves da Silva et. al. APLICAÇÕES DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) PARA CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/USER/Downloads/2259-2771-1-PB.pdf>> Acesso em 10 de novembro de 2017.

FOGAÇA, Jennifer. Análise Elementar. Brasil Escola. UOL. 28 de abril de 2011. Disponível em: < <http://brasilecola.uol.com.br/quimica/analise-elementar.htm>> Acesso em 23 de novembro de 2017.

HAGE, David S.. Química analítica e análise quantitativa / David S. Hage e James D. Carr; Tradução Midori Yamamoto; revisão técnica Edison Wendler. – 1. Ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

IGANCI, J.R.V. 2015 *Albizia* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB82618>> Acesso em 06 de junho de 2017.

JACOBI, Pedro Roberto e BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estud. av.* [online]. 2011, vol.25, n.71, pp.135-158. ISSN 0103-4014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142011000100010>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142011000100010&lng=pt&nrm=iso> Acesso em 06 de junho de 2017.

JESUS, Willian Ferraz de. CARACTERIZAÇÃO DAS FORMAS DE DESTINAÇÃO FINAL IMPOSTAS PELA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E IDENTIFICAÇÃO DE SEUS PRINCIPAIS ASPECTOS E POTENCIAIS IMPACTOS. LONDRINA, 2013. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1417/1/LD_COEAM_2013_1_13.pdf> Acesso em 06 de junho de 2017.

LATORRE, Cláudia Regina. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUO SÓLIDO E A RESPONSABILIDADE DE PÓS-CONSUMO NOS DIAS ATUAIS. Escola Paulista de Direito e Direito Ambiental Empresarial pela UNIFMU. São Paulo, 2013. Disponível em: < <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=441d9b1d721e2997>> Acesso em 06 de junho de 2017.

LEITE, Diego de Oliveira and PRADO, Rogério Junqueira. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2012, vol.34, n.2, pp.1-9. ISSN 1806-1117. Disponível em : <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172012000200015>. > Acesso em 30 de outubro de 2017.

LIMA, Alexandre; BAKKE, Jan. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2011. Disponível

em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbti/v23n3/v23n3a13.pdf>> Acesso em 31 de outubro de 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 352p.

LYRA, Wellington da Silva et al.. CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA: UM EXEMPLO DIDÁTICO PARA ENSINAR ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS. Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, 58051-970 João Pessoa – PB, Brasil. 20/7/10. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No7_1433_29-ED09650.pdf> Acesso em 14 de novembro de 2017.

MAGALHÃES, Diogo Faria. Aplicações da Espectroscopia de Infravermelho Próximo na Monitorização de Processos Farmacêuticos. Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. Departamento de Química e Bioquímica. 2014. Disponível em: <repositorio.ul.pt/bitstream/10451/15541/1/ulfc111897_tm_Diogo_Magalhães.pdf> Acesso em 20 de novembro de 2017.

MIRANDA, Cláudia G. et al. Caracterização farmacognóstica das folhas e sementes de *Albizia lebeck* (L.) Benth. (Fabaceae). *Rev. bras. farmacogn.* [online]. 2009, vol.19, n.2b, pp.537-544. ISSN 0102-695X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2009000400005>.

PAULA, Paulo Roberto Freire de. UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE ARGAMASSA SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL. Universidade Católica de Pernambuco. Recife / 2010.

PIRES, Adriana M. Moreno; MATTIAZZO, Maria Emília. **Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura**. Embrapa. Circular Técnica 19. Jaguariúna, SP Novembro, 2008.

Política Nacional de Resíduos Sólidos – 2ª edição. Disponível em <http://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf> Acesso em 04 de junho de 2017.

Portal da Educação. A Espectrometria no Infravermelho e suas Aplicações. 21 de janeiro de 2013. Disponível em: <

<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/moda/a-espectrometria-no-infravermelho-e-suas-aplicacoes/28433>> Acesso em 20 de novembro de 2017.

QUÍMICA E DERIVADOS. Análise instrumental: Conceitos e avanços na análise de infravermelho. 24 de março de 2003. Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/analise-instrumental-conceitos-e-avancos-da-analise-infravermelho/>> Acesso em 30 de outubro de 2017.

Resolução – RDC/ANVISA nº 306, de 7 de dezembro de 2004. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/res_306.pdf> Acesso em 15 de junho de 2017.

RIBEIRO, Rodrigo Martins. INFRAVERMELHO E PCA NA ANÁLISE DA NATUREZA QUÍMICA DO CARBONO EM DIFERENTES CULTURAS. Universidade Federal de Lavras. Lavras –MG, 2012.

RIGHI, Débora et al., **Efeitos da Substituição de Areia por Vidro Moído no Comportamento de Concretos em Elevadas Temperaturas**. Engenharia Estudo e Pesquisa. v. 11 - n. 2 - p. 28-35 - jul./dez. 2011.

RODRIGUES, Daniela Carolina. PROPOSIÇÃO DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O CENTRO INTEGRADO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA CASAN (CIOM). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2015/2.

SABIN, Janusa Goelzer; FERRAO, Marco Flôres e FURTADO, João Carlos. Análise multivariada aplicada na identificação de fármacos antidepressivos. Parte II: Análise por componentes principais (PCA) e o método de classificação SIMCA. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* [online]. 2004, vol.40, n.3, pp.387-396. ISSN 1516-9332. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322004000300015>. Acesso em 14 de novembro de 2017.

SANTOS, Diogo Pereira dos. INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE VIDRO NAS PROPRIEDADES DE UMA ARGAMASSA COLANTE. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes – RJ. Junho de 2016.

SANTOS, C.B et al. EFEITO DO VOLUME DE TUBETES E TIPOS DE SUBSTRATOS NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15. ISSN 0103-9954. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 2, 2000. Disponível em: <

<http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v10n2/art1v10n2.pdf>>. Acesso em 06 de junho de 2017.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 7 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006, 490 p.

SOBARZO, Liz Cristiane Dias; MARIN, Fátima Aparecida Dias Gomes. RESÍDUOS SÓLIDOS: REPRESENTAÇÕES, CONCEITOS E METODOLOGIAS: PROPOSTAS DE TRABALHO PARA O ENSINO FUNDAMENTAL. R. Ens. Geogr., Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 3-14, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.revistaensinogeografia.ig.ufu.br/Artigo%20REG%201%20Sobarzo.pdf>> Acesso em 06 de junho de 2017.

VARELLA, Carlos Alberto Alves. Análise dos Componentes Principais. Seropédica – RJ. 11/12/2008. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/multivariada%20aplicada%20a%20s%20ciencias%20agrarias/Aulas/analise%20de%20componentes%20principais.pdf>> Acesso em 13 de novembro de 2017.

VASCONCELOS, Simone. Análise dos Componentes Principais (PCA). Sd. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~aconci/PCA-ACP.pdf>> Acesso em 13 de novembro de 2017.

VIEIRA, Cristiane Ramos; WEBER, Oscarlina Lúcia dos Santos. Influência do substrato na produção de mudas de espécies medicinais. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Nativa, Sinop, v. 03, n. 02, p. 135-142, abr./jun. 2015 Pesquisas Agrárias e Ambientais doi: 10.14583/2318-7670.v03n02a11. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/nativa>>. Acesso em 06 de junho de 2017.