

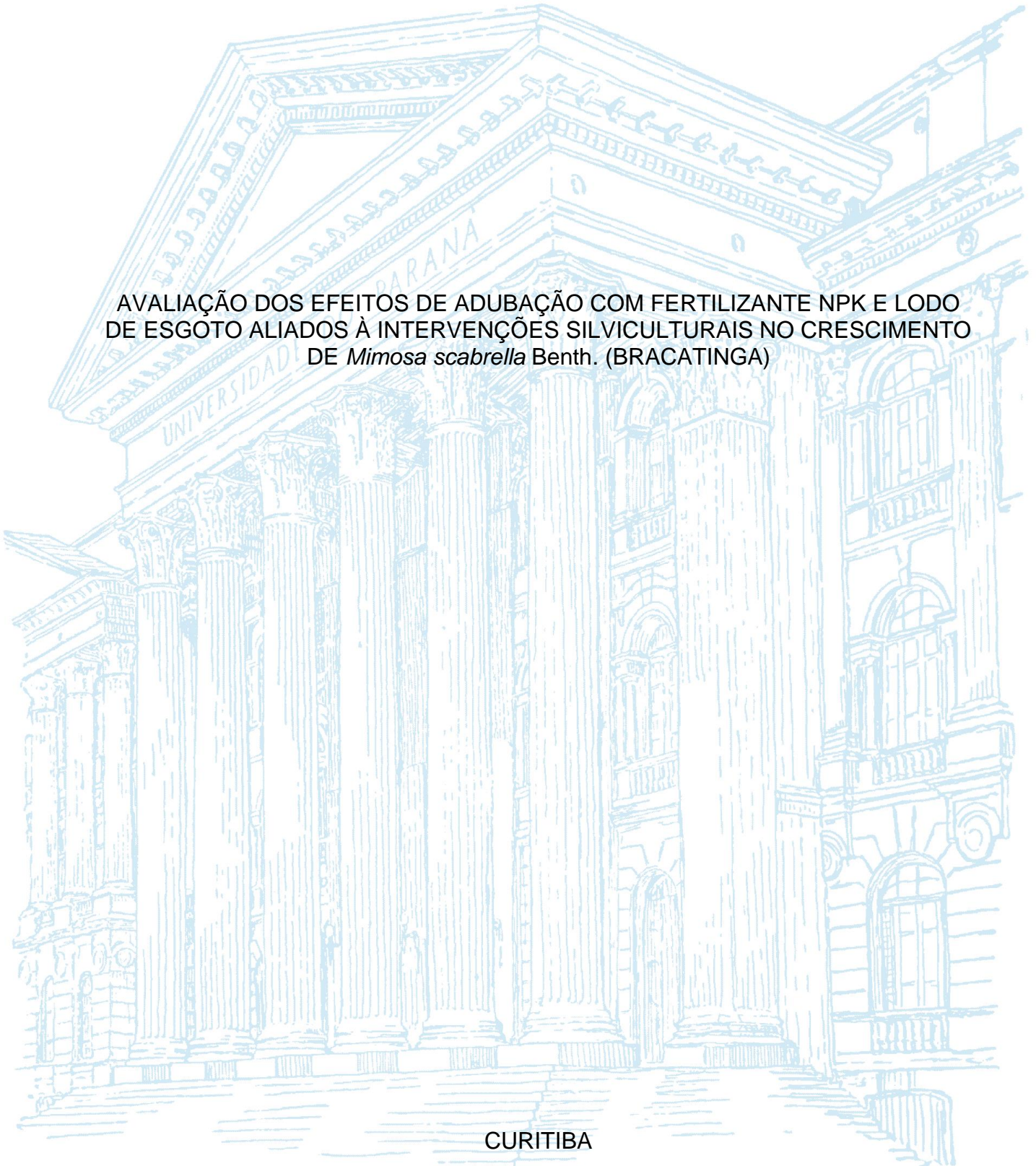
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PIETRO ANTONIO DEMOLINER

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE ADUBAÇÃO COM FERTILIZANTE NPK E LODO DE ESGOTO ALIADOS À INTERVENÇÕES SILVICULTURAIS NO CRESCIMENTO DE *Mimosa scabrella* Benth. (BRACATINGA)

CURITIBA

2021



PIETRO ANTONIO DEMOLINER

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE ADUBAÇÃO COM FERTILIZANTE NPK E LODO  
DE ESGOTO ALIADOS À INTERVENÇÕES SILVICULTURAIS NO CRESCIMENTO  
DE *Mimosa scabrella* Benth. (BRACATINGA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientador: Ms. Alexandre Dal Forno Mastella

CURITIBA

2021

## TERMO DE APROVAÇÃO

PIETRO ANTONIO DEMOLINER

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE ADUBAÇÃO COM FERTILIZANTE NPK E LODO DE ESGOTO ALIADOS À INTERVENÇÕES SILVICULTURAIS NO CRESCIMENTO DE *Mimosa scabrella* Benth (BRACATINGA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

---

Prof(a). Dr(a)/Msc. \_\_\_\_\_

Orientador(a) – Departamento \_\_\_\_\_, INSTITUIÇÃO

---

Prof(a). Dr(a)/Msc. \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_, INSTITUIÇÃO

---

Prof(a). Dr(a)/Msc. \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_, INSTITUIÇÃO

Cidade, \_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

**Mantenha essa página em branco para inclusão do termo/folha de aprovação assinado e digitalizado.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, o guia de fonte de toda sabedoria, de todo conhecimento e de toda inspiração;

Aos meus pais, Gilberto e Ana, e minha vó, Gema, por aguentarem as minhas loucuras e decisões e por todo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida;

A Universidade Federal do Paraná, que tem sido meu lar desde 2015, onde conheci pessoas maravilhosas e outras nem tanto;

Ao curso de Engenharia Florestal, onde me aprimorei profissionalmente e fiz grandes amizades para a vida toda;

Ao professor Dr. Alessandro Camargo Angelo, pela oportunidade de trabalho, orientação, apoio e amizade;

Ao doutorando Alexandre Dal Forno Mastella, pelo apoio, amizade, por ter auxiliado em toda trajetória de trabalho e pelo auxílio na elaboração e avaliação deste trabalho.

A professora Dra. Karen Koch Fernandes de Souza e a doutoranda Chaiane Rodrigues Schneider, pelo apoio e amizade, por terem aceitado participar da banca de avaliação deste trabalho, além de todo auxílio nas atividades na Fazenda Canguiri;

Muito Obrigado!

## RESUMO

A Bracatinga é uma espécie arbórea, nativa do sul do Brasil, com grande ocorrência na região metropolitana de Curitiba, onde é cultivada há mais de 100 anos. Pioneira de crescimento rápido e ciclo de vida curto, é historicamente destinada ao mercado de lenha para queima em residências e algumas indústrias regionais. Atualmente o mercado apresenta uma demanda elevada para toras de Bracatinga, especialmente no setor moveleiro nacional e internacional, devido as suas características. Levando em consideração essa demanda, é necessário encontrar alternativas de manejo da espécie, principalmente as técnicas silviculturais e de adubação da espécie. O estudo desenvolvido no município de Bocaiuva do Sul visa atender a necessidade nutricional de solos com bracatinga, tendo como objetivo avaliar os efeitos da adubação com fertilizante NPK (10-20-10) e lodo de esgoto alcalinizado, associados a intervenções silviculturais no crescimento de bracatinga, para a produção de madeira. Foram contactados proprietários com áreas com bracatingais jovens com idade de 18 meses, verificando as condições edafotopográficas do local, foram também selecionados áreas de cultivo com idades de 1 a 7 anos, para análise do manejo silvicultural, qualidade da plantação, tipologia de solo e uniformidade das árvores, baseando a escolha a partir da data da queima. O experimento foi instalado na comunidade do Aterradinho, em uma propriedade de 53 ha de bracatingais manejados. O experimento com adubação com NPK é dividido em dois tratamentos (testemunha e adubadas) com três repetições distribuídas em seis parcelas, a testemunha contou apenas com o cultivo mínimo, sem aplicação de adubo químico, apenas com aplicação das técnicas silviculturais e o tratamento com adição de adubo químico NPK teve aplicado a quantidade de 300 kg/ha, sem incorporação ao solo. As intervenções silviculturais foram o desbaste aos 18 meses e a desrama aos 24 meses. O experimento para a análise dos efeitos do lodo de esgoto, contou com quatro tratamentos, (testemunha, 15t/ha, 30 t/ha e 60t/ha), com três repetições, totalizando doze parcelas, adotando as mesmas intervenções silviculturais. A adubação química não apresentou diferença estatística no crescimento do DAP e da altura. A aplicação de lodo de esgoto alcalinizado obteve respostas positivas, verificando que a dose com 30t/ha apresentou maior resposta no crescimento do DAP, já o crescimento em altura não teve resultados significativos.

Palavras-chave: Bracatinga. melhora nutricional. produção de madeira.

## ABSTRACT

The Bracatinga is a tree species, native of Southern Brazil, occurring largely in the surroundings of Curitiba, where is cultivated for over 100 years. Fast-growing, short-lived pioneer, its historically destined to the firewood industry to residential purposes and some regional industries. Nowadays this market has high a demand for Bracatinga logs, particularly in the national and international furniture sector, due to its characteristics. Taking this demand into account, it is necessary to find alternatives for managing the species, especially silvicultural techniques and fertilizing the species. The study developed in the municipality of Bocaiuva do Sul aims to meet the nutritional needs of soils with bracatinga, aiming to evaluate the effects of fertilization with NPK fertilizer (10-20-10) and alkalized sewage sludge, associated with silvicultural interventions on the growth of bracatinga, to produce wood. Owners with areas with young bracatingal trees aged 18 months were contacted, checking the edaphotopographic conditions of the place. Cultivation areas aged 1 to 7 years were also selected for analysis of silvicultural management, plantation quality, soil typology and uniformity trees, basing the choice on the burning date. The experiment was installed in the Aterrado community, on a 53 ha property of managed bracatingais. The experiment with fertilization with NPK is divided into two treatments (control and fertilized) with three replications distributed in six plots, the control had only the minimum cultivation, without application of chemical fertilizer, only with the application of silvicultural techniques and the treatment with addition of chemical fertilizer NPK had been applied the amount of 300 kg/ha, without incorporation to the soil. The silvicultural interventions were thinning at 18 months and pruning at 24 months. The experiment to analyze the effects of sewage sludge had four treatments (control, 15t/ha, 30t/ha and 60t/ha), with three replications, totaling twelve plots, adopting the same silvicultural interventions. Chemical fertilization showed no statistical difference in DBH and height growth. The application of alkalized sewage sludge obtained positive responses, verifying that the dose with 30t/ha showed a greater response in the growth of DBH, whereas the growth in height did not have significant results.

Keywords: Bracatinga. nutritional improvement. wood production.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Comparativo do DAP médio das árvores de bracatinga nas parcelas com lodo de esgoto (15-30-60) e a testemunha. ....37
- Figura 2 - Comparativo das alturas médias das árvores de bracatinga nas parcelas com lodo de esgoto (15-30-60). ....38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do solo da área experimental, em 2007, com bracatinga de 18 meses de idade, no município de Bocaiúva do Sul. .....	29
Tabela 2 - Resultado da granulometria dos solos nas propriedades experimentais de bracatinga em Bocaiúva do Sul.....	29
Tabela 3 - Composição química do lodo de esgoto alcalinizado seco da SANEPAR (ETE Belém) empregado no experimento com bracatinga em Bocaiúva do Sul. ....	31
Tabela 4 - – Comparativo do efeito do adubo químico NPK sobre o desenvolvimento médio do DAP.....	32
Tabela 5 - Comparativo do efeito do adubo químico NPK sobre o desenvolvimento das alturas médias.....	33
Tabela 6 - Evolução do incremento volumétrico de madeira de bracatinga dimensionado pela Fórmula de Ahrens, com base no DAP e altura média das árvores.....	34
Tabela 7 - Evolução do DAP médio das árvores de bracatinga submetidas a três dosagens de lodo de esgoto. ....	36
Tabela 8 - Evolução da altura média das árvores de bracatinga submetidas a três dosagens de lodo de esgoto. ....	37
Tabela 9 - Comparativo pelo Teste de Tukey da altura média das árvores de bracatinga submetidas a três dosagens de lodo de esgoto. ....	38



## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

g/kg – Gramas por quilograma;

t/ha – Toneladas por hectare;

kg/ha – Quilogramas por hectare;

° C – Graus celsius;

DAP – Diâmetro à altura do peito;

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	17
1.2.1 Objetivo geral .....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 REGIÃO DA PESQUISA .....	18
2.2 <i>Mimosa scabrella</i> BENTH. (BRACATINGA).....	19
2.3 ADUBAÇÃO DA BRACATINGA .....	22
2.3.1 Adubação Química – NPK.....	23
2.3.1.1 Nitrogênio (N) .....	23
2.3.1.2 Fósforo (P).....	23
2.3.1.3 Potássio (K) .....	24
2.3.2 LODO DE ESGOTO .....	25
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	25
3.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DE NPK .....	26
3.2.1 Delineamento Experimental .....	26
3.2.2 Preparação da Área Experimental .....	26
3.2.3 Intervenções Silviculturais .....	27
3.2.4 Obtenção de incremento Volumétrico de Madeira .....	27
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	27
3.4 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO .....	28
3.4.1 Delineamento Experimental .....	28
3.4.2 Preparação da Área Experimental .....	28
3.4.3 Caracterização do Solo na Área Experimental.....	28
3.4.4 Intervenções Silviculturais nas Árvores de Bracatinga.....	29
3.4.5 Lodo de Esgoto Alcalinizado .....	30
3.4.5.1 Transporte e Aplicação.....	30
3.4.5.2 Composição química.....	30
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>

4.1 APLICAÇÃO DE NPK.....	32
4.1.1 Efeito da Adubação Química NPK no DAP .....	32
4.1.2 Efeito da Adubação Química NPK na Altura .....	33
4.1.3 Efeito da Adubação Química NPK no Volume de Madeira.....	34
4.1.4 Discussão sobre a Adubação Química NPK .....	35
4.2 APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO.....	36
4.2.1 Efeito do Lodo de Esgoto no DAP .....	36
4.2.2 Efeitos do Lodo de Esgoto na Altura .....	37
4.2.3 Discussão sobre adubação com lodo de esgoto .....	39
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	40
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A exploração dos recursos florestais impedem que a ciclagem dos nutrientes seja concluída e equilibrada, comparado com vegetações intocadas, onde o ecossistema se autorregula. O solo é um dos meios de produção florestal mais importante e sua ampla utilização acarreta a retirada de nutrientes, através de diversas rotações, que conseqüentemente o exauri, tornando-o improdutivo, sendo necessário pensar em atitudes e alternativas para reverter essa situação.

A bracatinga é uma espécie florestal tradicionalmente explorada na região sul do Brasil, particularmente no estado do Paraná, sua madeira é utilizada como fonte de energia para caldeiras de diferentes indústrias, cerâmicas, panificadoras e secagem de fumo, bem como o emprego estrutural na construção civil e em propriedades rurais para cercas e outras finalidades. É uma espécie que tem contribuído para o fator de estabilidade social, tendo em vista que sua exploração se faz em pequenas propriedades, gerando renda para esses pequenos produtores (GRAÇA; RIBAS; BAGGIO, 1986).

O mercado apresenta uma demanda elevada por toras de bracatinga, especialmente pelo setor moveleiro, nacional e internacional, em relação às características da madeira (aparência, coloração e densidade). Para tanto, é necessário mudanças nos sistemas tradicionais de manejo dos bracatingais ou bracatingal para práticas mais intensivas do que as atualmente empregadas, ou seja, a redução da densidade do bracatingal, a recuperação da fertilidade do solo e a desrama para eliminação de defeitos na madeira industrial (MAZUCHOWSKI *ET AL.*, 2004).

Nos bracatingais não se faz qualquer adubação de reposição, a exportação de minerais pela lenha tende a empobrecer os sítios ao longo das sucessivas rotações, representando ao menos 10,3% da renda bruta obtida por sua produção. Galhos e biomassa verde também contribuem para a exportação desses nutrientes ao serem queimados como resíduos, assim como a colheita das culturas agrícolas consorciadas no começo de cada rotação (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997)

Para aumentar a adubação dos bracatingais é necessário a introdução de mudanças tecnológicas profundas nas técnicas e práticas silviculturais realizadas nas propriedades. O dimensionamento de medidas tecnológicas como a quantificação da

exportação de macronutrientes pelas madeiras extraídas em cada ciclo e a relevância da adubação de reposição, podem viabilizar os processos alternativos de adubação em bracatingais.

Portanto utilizou-se a carência de estudos específicos referentes à aplicação de adubação química NPK e lodo de esgoto no incremento de madeira de bracatinga com fins industriais para o embasamento da pesquisa, sendo esta, desenvolvida em um tradicional polo fornecedor da espécie localizado em Bocaiúva do Sul – PR, região metropolitana de Curitiba.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de diferentes tipos de adubação associados a intervenções silviculturais no crescimento de *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga) para a produção de madeira de qualidade.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da adubação com fertilizante químico NPK na formulação 10-20-10, associado a técnicas silviculturais de desbaste e desrama visando o incremento de madeira para a produção industrial;
- Avaliar os efeitos da adubação com lodo de esgoto alcalinizado associados à técnicas silviculturais de desbaste e desrama visando o incremento de madeira para a produção industrial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 REGIÃO DA PESQUISA

O município onde a área experimental foi instalada para o estudo, teve como critério a concentração de propriedades que historicamente cultivam bracatinga na Região Metropolitana de Curitiba, levando em consideração a disponibilidade de informações da cadeia produtiva da espécie e a disponibilidade de apoio dos produtores rurais. Utilizando a metodologia do Instituto EMATER (MAZUCHOWSKI, 1990a), foi possível pré-selecionar produtores com propriedades próximas, na região de Bocaiuva do Sul-PR.

Bocaiuva do Sul é um município localizado a 50 km de Curitiba, a nordeste da capital do estado. Possui área de 826,344 km<sup>2</sup>, com população estimada de 13.308 habitantes (IBGE, 2021), sendo que sua economia é baseada no extrativismo, com destaque para atividades extrativistas da madeira (extração florestal e serrarias) e mineral (água mineral, talco e pirofilita), segundo o Plano Diretor de Bocaiuva do Sul (2020).

Conforme o mapa de informações fitogeográficas do Estado do Paraná, o município de Bocaiúva do Sul está localizado no Bioma Mata Atlântica e nele são encontradas quatro formações florestais, a Floresta Ombrófila Densa (FOD), Montana e Sub-Montana; e a Floresta Ombrófila Mista (FOM), Alto-montana e Montana, esta última cobrindo cerca de 90% da área do município (PLANO DIRETOR DE BOCAIUVA DO SUL, 2020).

A Floresta Ombrófila Mista Montana é caracterizada por estar situada entre 400 e 1000 m de altitude e pela presença da *Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do-paraná) associada com outras espécies, como a *Ocotea porosa* (Ness & Mart.) Barroso (imbuia), a *Ilex paraguariensis* (St. Hil) (erva mate), e a *Mimosa scabrella* (Benth.) (bracatinga) (PLANO DIRETOR DE BOCAIUVA DO SUL, 2020).

## 2.2 *Mimosa scabrella* Benth. (Bracatinga)

### 2.2.1 Denominação e região de ocorrência

A *Mimosa scabrella* Benth., conhecida como bracatinga, é uma espécie de rápido crescimento, pioneira, perenefolia, característica das regiões mais frias do sul do Brasil, onde frequentemente forma povoamentos puros quando comparada com outras espécies florestais nativas (LORENZI, 1998).

O nome popular bracatinga vem do guarani, conforme Hoehne (1930 apud CARVALHO, 2002), onde *aba* = árvore ou mata; *ra* = pêras ou plumas; *caa* = árvore ou mata; *tinga* = branco, ou seja, “árvore ou mata de muitas plumas brancas”. Segundo Burkart, (1979 apud CARVALHO, 2002), *Mimosa* vem do grego mimein = “fazer movimento” e *meisthai* = “imitar”, em relação a espécies que possuem folhas que se contraem ao serem tocadas; *scabrella* = asperazinha, por causa das folhas ásperas ao tato.

A ocorrência natural da espécie se dá entre a Latitude: 21°30' S (Minas Gerais) a 29°50' S (Rio Grande do Sul) a uma variação altitudinal de 350 a 2000 m de altitude no estado de Santa Catarina (CARVALHO, 2002). Segundo Bartoszeck (2000), a bracatinga é uma espécie característica e exclusiva da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) nas formações montana e alto-montana, formando agrupamentos puros chamados de bracatingais.

### 2.2.2 Clima e solo

O clima predominante na região de ocorrência da espécie é classificado como Cfb pelo sistema de Koeppen (temperado chuvoso, constantemente úmido, com temperaturas médias do mês mais quente e do mais frio inferiores a 22° C e a 18° C, respectivamente) (CARPANEZZI; LAURENT, 1988). Pequenas superfícies, com temperatura média do mês mais quente entre 22° C e 23° C, pertencem ao tipo climático Cfa (CARPANEZZI; LAURENT, 1988). Segundo Braga (1960 apud CARVALHO, 2002), a espécie tem sido introduzida em vários países da América Latina, na África e na Europa. Entretanto, no Nordeste brasileiro, não logrou boa aceitação.

Carvalho (2002) comenta que a *Mimosa scabrella* ocorre, espontaneamente, em terrenos rasos a profundos e de fertilidade química variável, a maioria das vezes solos pobres, ácidos, com pH variando entre 3,5 e 5,5, com textura que varia de franca a argilosa e bem drenados, tolerando terrenos pedregosos e terraplanados. Os solos mal drenados: orgânicos, GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico (glei húmico) e GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (glei pouco húmico), são pouco propícios ao seu desenvolvimento. De acordo com Carpanezzi e Carpanezzi (1992 apud CAMARGO 2002), em plantios, o crescimento corresponde à profundidade efetiva e à riqueza química dos solos, particularmente à adição de fósforo.

### 2.2.3 Características silviculturais

A bracatinga, segundo Carvalho (2002 apud CARVALHO, 1963). pode ter de 4 a 18 m de altura e 20 a 30 cm de DAP, podendo atingir até 29 m de altura e 50 cm ou mais de DAP, na idade adulta. Possui um tronco reto alto esbelto, em maciços ou curto e ramificado, quando isolada, secção cilíndrica ou ovalada. Fuste com 15 m de comprimento, às vezes dividido.

Quando inserida em ambientes extremamente adversos ou em solos muito rasos, a altura pode ser reduzida até 3 m aproximadamente (CARPANEZZI; LAURENT, 1988). Por se tratar de uma espécie pioneira, a bracatinga possui grande aptidão para colonização de área abertas e iluminadas, devido a sua característica heliófila, como terrenos queimados e margens de estradas. No interior das florestas há a regeneração somente em áreas com grandes distúrbios, como clareiras ou estradas internas. No geral é uma espécie que não tolera geadas, sendo que, após fortes geadas, em bracatingais com menos de um ano, geralmente encontra-se as plantas total ou parcialmente queimadas, além de plantios de mudas onde ocorrem geadas precoces (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).

A bracatinga não possui uma vida longa, tendo a morte nas idades jovens como característica intrínseca. Em povoamentos onde é feito o trato silvicultural do raleio, onde as plantas são selecionadas pelo vigor inicial não há competição significativa entre elas, já em povoamentos densos do sistema tradicional, a mortalidade é mais pronunciada nos primeiros cinco anos, nessa idade a densidade varia entre 2 e 4 mil árvores por hectare, com duração máxima individual de 30 anos (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).



Carpanezzi e Laurent (1988) apontaram também que nos municípios próximos a Curitiba existem três variedades de bracatinga: a bracatinga-branca e bracatinga-vermelha, que não possuem diferenças anatômicas significativas e a bracatinga-argentina.

A bracatinga-branca, conhecida como a bracatinga comum possui madeira clara; a bracatinga-vermelha, possui madeira mais dura e avermelhada apresentando melhores características energéticas, ocorrendo no mesmo talhão que a bracatinga branca, que é a mais abundante e preferida pelos agricultores, tendo em vista que a vermelha tem madeira muito dura, e o seu corte reduz o rendimento de corte homem/dia. A bracatinga-vermelha não é reconhecimento botanicamente, nem se sabe em que proporção a expressão fenotípica é controlada geneticamente, pelo ambiente ou pela interação destes fatores (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).

A bracatinga-argentina, que apesar do seu nome vulgar, nada tem a ver com o país Argentina onde, aliás, a bracatinga não ocorre naturalmente. Em 1986, esta variedade foi localizada, pela primeira vez, em bracatingais de produção, plantados no município de Bocaiúva do Sul – PR. Seu material botânico foi identificado como *M. scabrella* var. *aspericarpa* (Hoehne) Burk (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).

#### 2.2.4 Manejo dos bracatingais

O manejo silvicultural da bracatinga pelo sistema tradicional é um dos mais simplificados, pois se trata da condução da regeneração. A cada 7 anos é realizado o corte do povoamento, e os resíduos da colheita são queimados, e, conseqüentemente, ocorre a quebra da dormência das sementes no banco de semente dando início a germinação e a um novo ciclo do povoamento (GRAÇA; RIBAS; BAGGIO, 1986).

Na região metropolitana de Curitiba, os plantios de bracatinga com rotação de 7 anos adotando a técnica de regeneração natural, possuem uma produtividade estimada de 12,5 a 15 m<sup>3</sup> de madeira por hectare, neste caso, adotando a fórmula de Ahrens (1981), e, diâmetro mínimo de 3 cm para produção de lenha (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).

Segundo Graça et al., (1993 apud BARTOSZECK, 2000), após a colheita, os agricultores deixam os bracatingais crescerem sem intervenção, o que significa na prática, que não haverá gastos até o momento do corte. Recentemente, tem-se

verificado a tendência de regeneração dos plantios via sementes ou mudas, como geralmente são utilizados nos reflorestamentos. É visto também, uma preocupação maior em consorciar a bracatinga com outras culturas agrícolas na fase inicial do bracatingal (GRAÇA; RIBAS; BAGGIO, 1986), e associá-la com *Rhizobium*, formando nódulos, com distribuição homogênea, fixando nitrogênio atmosférico (CARVALHO, 2002; FARIA ET AL., 1984A; GAIAD; CARPANEZZI, 1984).

### 2.3 ADUBAÇÃO DA BRACATINGA

Com exceção dos elementos não minerais carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), os quais são obtidos, pelas plantas, a partir do ar e da água, os demais nutrientes são preferencialmente absorvidos pelas raízes. As plantas retiram os nutrientes do solo/substrato, os quais devem estar presentes em forma disponível para serem absorvidos nas quantidades e proporções adequadas (KNAPIK, 2005, WENDLING; GATTO, 2002). Com o passar do tempo os locais de produção começam a ter redução quantitativa dos seus nutrientes no solo em consequência da incorporação e mobilização dos nutrientes em cada rotação, sendo necessário a reintrodução desses elementos visando a manutenção do povoamento.

Baggio e Carpanezi (1997), indicam que a concentração dos elementos em cada fração da biomassa aérea, muito comum em leguminosas florestais fixadoras de oxigênio (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997, MAGHEMBE, ET AL., 1983; BUDELMAN, 1989; NAIR, 1989), segue a ordem: biomassa verde > galhos > lenha, sendo para todas as frações a seguinte ordem de concentrações dos nutrientes analisados: N > K > Ca > Mg > S > P > Mn > Fe > ZN > Cu.

Para Oliveira, et al. (1999 apud GONÇALVES, 1995), a necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um crescimento adequado e, portanto, as recomendações devem ser definidas em um nível regional para as espécies que tipo de solo mais representativos, envolvendo experimentação de campo, que deve ter por objetivo estabelecer classes de fertilidade de solo e de resposta às adubações.

### 2.3.1 Adubação Química – NPK

O nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) são os macronutrientes exigidos em maior quantidade pelas plantas. Sendo assim, a adubação com NPK se faz necessária para oferecer às plantas maiores condições nutricionais para assim, promover um crescimento contínuo (VIEIRA et al., 2013).

#### 2.3.1.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio, com frequência, é elemento mais limitante para a produção das culturas em geral, exceto as leguminosas, que, segundo Clauberg (2005 apud GONÇALVES et al., 2000), são imprescindíveis em todos os ecossistemas florestais, haja vista que sua serapilheira depositada, além de ser fonte de matéria orgânica de excelente qualidade para o solo, é rica em nutrientes, especialmente o nitrogênio. A fertilização nitrogenada é um complemento à capacidade de suprimento de nitrogênio dos solos, a partir da mineralização de seus estoques de matéria orgânica, geralmente altos em relação às necessidades das plantas (MESSIES et al., 1998).

Um bom suprimento de nitrogênio para as plantas promove um maior desenvolvimento das folhas, o período vegetativo se torna mais longo e o teor de clorofila nas folhas aumenta, assim como a assimilação e a troca de energia e substâncias dentro da rizosfera (KNAPIK, 2005; AMBERGER, 1979; SCHELLER, 1998).

Segundo Gonçalves et al. (2000 apud por CLAUBERG, 2005), há uma ampla variação na taxa de acumulação de nutrientes, dependendo da espécie. Os autores verificaram também que espécies pioneiras têm maior taxa de absorção e acúmulo de nutrientes.

#### 2.3.1.2 Fósforo (P)

Trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Esta situação pode ser explicada pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo, sofrendo forte fixação (SCHUMACHER ET AL., 2004; RAIJ, 1991).

Sua importância segundo Malavolta (1985 apud SCHUMACHER et al., 2004), relatou que o fósforo possui um papel fundamental na vida das plantas, por participar dos chamados compostos ricos de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP), sendo absorvido pelas raízes como  $H_2PO_4^-$ , encontrando-se no xilema em maior proporção nessa forma. Além disso o fósforo promove rápida formação e crescimento das raízes, sendo vital para a formação da semente, bem como envolvimento das características hereditárias (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Knapik (2005 apud FARIA et al., 1996), afirma que o fósforo é um elemento bastante limitante para crescimento das espécies florestais nativas, sendo as pioneiras as que melhor respondem à fertilização fosfatada, apresentando, ainda, maior absorção e acúmulo desse nutriente na parte aérea.

Cardoso et al. (1985) em estudo sobre a influência de diferentes dosagens de fósforo em mudas de bracatinga, concluíram que o melhor desenvolvimento, em diâmetro do colo e altura, foi em aplicações com dosagens de 30 mg/L ou 30 ppm de fósforo, apontando também que o elemento é fundamental para o desenvolvimento da bracatinga, tendo em vista a resposta significativa às dosagens crescentes do fósforo até um ponto ótimo.

### 2.3.1.3 Potássio (K)

O potássio é um dos elementos essenciais na nutrição da planta e um dos que se encontra disponível em pequenos teores nos solos tropicais muito intemperizados, limitando o rendimento dos cultivos. Altas concentrações de potássio são necessárias para a ativação de muitas enzimas que participam do metabolismo da planta, sendo vital para a fotossíntese, sua deficiência aumenta a respiração das plantas, reduzindo o acúmulo de carboidratos consequentemente reduzindo o crescimento e produção da planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Este nutriente, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos, com alta mobilidade intracelular (Torres e Pereira, 2008). O potássio é requerido em grandes quantidades pelas culturas, igualando-se às quantidades de nitrogênio requeridas, e chegando a ser três ou quatro vezes mais acumulado nos resíduos do que o fósforo (TORRES; PEREIRA, 2008; BRADY, 1989).

### 2.3.2 LODO DE ESGOTO

A utilização de lodo de esgoto como biossólido, aproveitando seu potencial fertilizante e condicionador de solos para promover o crescimento de plantas, representa a possibilidade de associar ganhos para o produtor rural e para os geradores de lodo respectivamente, por meio do aumento da produtividade das culturas e redução do uso de fertilizantes minerais, bem como pela efetivação de métodos adequados e mais econômicos de disposição final desse resíduo (GUEDES ET AL., 2006). Para Campos e Alves (2008 apud TSUTIYA, 2001), a aplicação de lodo de esgoto em áreas agrícolas, florestais e em áreas degradadas traz benefícios às propriedades físicas do solo, pois o lodo é um condicionador que facilita a formação de agregados e melhora a infiltração, a retenção de água e a aeração do solo.

Um dos principais fatores limitantes do lodo de esgoto de sua utilização estaria relacionados à presença de poluentes orgânicos e inorgânicos e à contaminação por microrganismos. No sentido de contornar estes problemas o lodo pode ser submetido a um tratamento de estabilização adicional, que é a compostagem, que irá prevenir a acumulação de alguns componentes químicos danosos, além de diminuir a quantidade de matéria orgânica volátil e a densidade de microrganismos patogênicos. Antes da adoção desta técnica, porém, é necessário avaliar o seu efeito na microbiota do solo (VIEIRA et al., 2008).

Portanto, há uma grande possibilidade de uso do lodo de esgoto nos plantios florestais, visto que o condicionamento do solo e a nutrição adequada são fatores fundamentais para o estabelecimento e pleno desenvolvimento das árvores, principalmente as de espécies nativas, geralmente exigentes em nutrientes (PAIVA et al., 2009).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Utilizando a metodologia da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) (MAZUCHOWSKI, 1990), foram pré-selecionadas propriedades próximas umas das outras situadas no município de Bocaiuva do Sul-PR. O critério de definição para implantação da área experimental foi a concentração

de cultivos de bracatinga. Foram contactados proprietários com áreas com bracatingais jovens com idade de 18 meses, verificando as condições edafotopográficas do local. Além desses determinantes, foram selecionados também, áreas de cultivo com idades de 1 a 7 anos, para análise do manejo silvicultural, qualidade da plantação, tipologia de solo e uniformidade das árvores, baseando a escolha a partir da data da queima.

Com isso, o experimento foi instalado na comunidade do Aterrado, em Bocaiúva do Sul, entre as latitudes 25°11' e 25°49' S e as longitudes 49°05' e 49°43' W em uma propriedade que dispõe de 53 ha de bracatingais manejados.

## 3.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DE NPK

### 3.2.1 Delineamento Experimental

O experimento totalizou 6 parcelas, contando com dois tratamentos (testemunha e aplicação) e três repetições. O tratamento “testemunha” correspondeu com o cultivo mínimo, sem aplicação de adubo químico, contando apenas com o manejo silvicultural (desbaste e desrama). O tratamento “aplicação”, correspondeu a aplicação de 300 kg/ha de adubo químico NPK (10-20-10) e execução das técnicas silviculturais de desbaste e desrama.

### 3.2.2 Preparação da Área Experimental

A instalação do experimento se deu com a demarcação das parcelas com estacas de madeira e limpeza do sub-bosque. Foram selecionadas 12 plantas para cada parcela, levando em consideração as melhores características fenotípicas e o alinhamento das árvores, obtendo assim, 3 ruas com espaçamento de 2 m e 4 plantas por linha. A densidade média original das áreas era de 36.800 árvores/ha, onde foram reduzidos para 4.800 árvores/ha por meio do uso de facão e foice.

As parcelas ficaram com dimensões de 5 x 5 m e foram identificadas com cartões numerados envoltos em envelopes plásticos e fixados ao lado esquerdo da parcela. As árvores selecionadas de cada parcela foram numeradas de 1 a 12, sequencialmente, e registradas em um mapa de monitoramento contínuo. O espaçamento entre as árvores foi medido com trena. As declividades das parcelas

também foram medidas com um clinômetro, com isso, foi possível calcular a declividade média do bragatingal.

### 3.2.3 Intervenções Silviculturais

O DAP e as alturas foram medidos utilizando suta florestal e prancheta de dendrométrica, respectivamente. As parcelas foram monitoradas semestralmente, em visitas nos meses de junho e dezembro. Além das mensurações, foram feitas roçadas ao redor e no interior das parcelas, estabelecendo uma bordadura de 2 m.

Ao atingir 24 meses foi realizada a desrama com serrote de poda com lâmina de duplo corte até a altura de 3 m, a fim de obter uma madeira de melhor qualidade, na primeira tora. A aplicação de 300 kg/ha de adubo químico NPK, na fórmula 10-20-10, (30 kg/ha de nitrogênio, 26 kg/ha de fósforo e 24 kg/ha de potássio) correspondeu a 62,5 gramas de adubo por árvore. Essa aplicação foi feita manualmente na superfície do solo a uma distância média de 20 cm das árvores, ou seja, sem a incorporação do adubo no solo.

### 3.2.4 Obtenção de incremento Volumétrico de Madeira

Para comprovar o incremento volumétrico da madeira, de um povoamento florestal, utiliza-se a equação de Ahrens (1981), por meio da determinação do volume individual das árvores utilizando a equação:

$$V = 03879 * D^2 * H$$

Sendo assim a utilização dessa fórmula em formações com bracatinga permite visualizar indicadores produtivos, de apenas um indivíduo ou por uma unidade de área do plantio.

## 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A comparação dos efeitos dos tratamentos com relação aos nutrientes, bem como as medições de DAP e altura foram analisadas pelo Teste t a 95% de confiança. Para a análise dos dados foi utilizado o software Statgraphics Centurion XV.I.

### 3.4 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

#### 3.4.1 Delineamento Experimental

O experimento contou com 12 parcelas, com 4 tratamentos (testemunha; aplicação de 15 t/ha (L15); 30 t/ha (L30); e, 60 t/ha (L60) de lodo de esgoto alcalinizado nas proporções de 37,5, 75 e 150 kg por parcela) em 3 repetições com delineamento de blocos casualizados. Todas as parcelas foram submetidas a desbaste das plantas excedentes aos 18 meses e a desrama aos 24 meses.

#### 3.4.2 Preparação da Área Experimental

Semelhante a metodologia anterior a instalação do experimento iniciou com a demarcação das parcelas com estacas de madeira e limpeza do sub-bosque. Após a demarcação foram selecionadas 12 plantas por parcela levando em consideração as melhores características fenotípicas e o alinhamento das árvores, portanto ficaram 3 ruas com espaçamento de 2 m e 4 plantas por linha. A densidade média original das áreas era de 36.800 árvores/ha, onde foram reduzidos para 4.800 árvores/ha, por meio do uso de facão e foice.

As parcelas ficaram com dimensões de 5 x 5 m, identificadas com cartões numerados envoltos em envelopes plásticos, fixados ao lado esquerdo da parcela. As árvores selecionadas foram numeradas sequencialmente de 1 a 12 e registradas em um mapa de monitoramento contínuo. O espaçamento entre as árvores foi medido com uma trena. Foi medido também a declividade da parcela, com um clinômetro, com a finalidade de calcular o declínio médio da área do Bragatingal.

#### 3.4.3 Caracterização do Solo na Área Experimental

O solo do local é caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd) com horizonte A proeminente e textura média/argilosa. O relevo é suave ondulado, com declividade média de 8% e exposição solar sul. Os valores médios da composição química do solo constam na Tabela 1.



Tabela 1 - Composição química do solo da área experimental, em 2007, com bracatinga de 18 meses de idade, no município de Bocaiúva do Sul.

PH	Al+3	H+Al3	CA+2	Mg+2	K	SB	T	Ca+Mg	P	C	V	
CaCl2	SMP	cmolc/dm <sup>3</sup>						mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	%		
3,75	4,2	6,05	19	1,5	0,45	0,14	2,09	21,09	3,3	7,15	43,2	10

FONTE: O Autor

A análise granulométrica do solo, apresentada na tabela 2, indica um alto teor de argila, podendo representar um acúmulo potencial ou carência de água na área experimental, sendo um dos fatores determinantes para desenvolvimento da bracatinga. Além disso, outro fator determinante para o desenvolvimento da espécie é a exposição solar sul, considerada a mais desfavorável para a produtividade.

Tabela 2 - Resultado da granulometria dos solos nas propriedades experimentais de bracatinga em Bocaiúva do Sul.

Tipo de Solo	Análise Granulométrica (g/kg = %)					
	Areia		Silte		Argila	
	Teor	%	Teor	%	Teor	%
PVAd	121	12	342	34	537	54

FONTE: O Autor

#### 3.4.4 Intervenções Silviculturais nas Árvores de Bracatinga

Conforme metodologia aplicada anteriormente o DAP e as alturas das árvores foram medidas utilizando suta florestal e prancheta de dendrométrica, respectivamente. As parcelas monitoradas semestralmente, nos meses de junho e dezembro e além das medições, foram realizadas ao redor e no interior das parcelas, roçadas de limpeza, estabelecendo uma bordadura de 2 m.

No segmento das tarefas, foi aplicado manualmente lodo de esgoto alcalinizado no entorno de cada árvore, sem a incorporação ao solo, levando em consideração as peculiaridades silviculturais da bracatinga e aspectos práticos de distribuição do produtor rural, nas dosagens específicas de cada tratamento, a uma distância média de 30 cm do tronco.

Ao atingir 24 meses foi realizado o processo de desrama nas árvores do experimento, com serrote de poda com lâmina de duplo corte, até a altura de 3 m, objetivando uma madeira de melhor qualidade, na primeira tora, e os 36 meses de idade foi realizado a segunda desrama, serrote de duplo corte acoplado a um cabo extensor de 5 m, entre 3 e 6 m de altura, objetivando a produção de duas toras de 2,70 metros, no padrão industrial.

#### 3.4.5 Lodo de Esgoto Alcalinizado

A Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) disponibilizou, para atender às necessidades do estudo, o lodo de esgoto alcalinizado da Estação de Tratamento de Esgoto do Belém, de Curitiba, na forma seca, dentro dos normativos legais vigentes (Decreto nº 4954, Resolução CONAMA nº 375/06; PARANÁ, Resolução SEMA nº 001/07), juntamente com a cópia do laudo laboratorial referente a composição do lodo de esgoto, contabilizando os macros e micronutrientes e metais pesados, para fins de utilização agroflorestal.

##### 3.4.5.1 Transporte e Aplicação

A metodologia utilizada na aplicação do material nas parcelas ocorreu a partir do transporte do lodo de esgoto da estação até a borda do experimento, com intuito de facilitar a aplicação. A tara de cada balde foi estabelecida previamente em um teste de enchimento e pesagem. Cada balde possuía a capacidade de 15 kg. Para o enchimento dos baldes foi utilizada uma pá. A aplicação do lodo de esgoto se deu manualmente, a lanço, em volta de cada árvore, com uma distância mínima de 10 cm, tendo como procedimento padrão a não incorporação do adubo ao solo.

##### 3.4.5.2 Composição química

Os testes realizados em laboratório verificaram que a composição química do lodo de esgoto fornecido pela SANEPAR indicada na Tabela 3, não continha alumínio, mesmo apresentando potencial hidrogeniônico (ph) levemente alcalino. Apresentou também teor de cálcio satisfatório, elevados teores de fósforo trocável e de carbono e

teor insignificativo de potássio. Segundo os dados laboratoriais apresentados, a aplicação do lodo de esgoto é seguro para os solos de bracingais.

Tabela 3 - Composição química do lodo de esgoto alcalinizado seco da SANEPAR (ETE Belém) empregado no experimento com bracinga em Bocaiúva do Sul.

PH	Al+3	H+Al3	CA+2	Mg+2	K	SB	T	Ca+Mg	P	C	V	
CaCl2	SMP	cmolc/dm <sup>3</sup>						mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	%		
7,8	8,3	0	0	43,4	3,8	0,46	47,66	47,66	11,4	21,3	39,7	100

FONTE: O Autor

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi empregada a análise de variância (ANOVA) para comparar os efeitos dos tratamentos em relação aos nutrientes, produtividade, DAP e altura. Foi realizado uma análise dos dados para verificar as pressuposições necessárias e se há necessidade de transformação, onde as comparações das médias dos resultados foram construídas em um Intervalo de Confiança de 95% e a avaliação das diferenças em níveis específicos foi utilizado o Teste de Tukey.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 APLICAÇÃO DE NPK

#### 4.1.1 Efeito da Adubação Química NPK no DAP

Os dados do efeito da adubação química NPK em relação ao desenvolvimento médio do DAP estão apresentados na Tabela 4, comparando a evolução do crescimento entre 18 e 66 meses de idade.

Tabela 4 – Comparativo do efeito do adubo químico NPK sobre o desenvolvimento médio do DAP.

Parcelas dos Tratamentos	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Testemunha 1	3,56	4,38	6,35	8,05	9,48
Testemunha 2	3,31	4,13	5,52	6,68	9,78
Testemunha 3	2,55	3,19	5,09	5,57	7,5
Média Test.	3,14	3,9	5,65	6,77	8,63 <sup>NS</sup>
NPK 1	3,02	3,66	5,34	6,93	8,14
NPK 2	2,73	3,52	5,08	6,11	7,07
NPK 3	2,93	3,92	5,78	7,88	8,98
Média NPK	2,89	3,7	5,4	6,97	8,06 <sup>NS</sup>

FONTE: O Autor

Não houve diferença para o DAP após a aplicação do adubo químico NPK. Presume-se que devido a uma dosagem provavelmente insuficiente, já que foi empregada uma recomendação comumente indicada para cultivos agrícolas, além da não incorporação do fertilizante ao solo, os resultados não foram significativos.

Analisando os valores das médias da variável nos tratamentos, se nota que houveram pequenas variações entre as repetições. Analisando a série histórica, verifica-se que as parcelas que receberam adubo apresentaram um desenvolvimento ligeiramente inferior (média de 10% menor) comparado aos dados da testemunha de maneira sequencial.

#### 4.1.2 Efeito da Adubação Química NPK na Altura

Os dados sobre o efeito da adubação química NPK sobre o desenvolvimento das alturas médias das árvores de bracatinga estão apresentados na Tabela 5, em um comparativo evolutivo entre 18 e 66 meses de idade.

Tabela 5 - Comparativo do efeito do adubo químico NPK sobre o desenvolvimento das alturas médias.

Parcelas dos Tratamentos	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Testemunha 1	4,98	7,64	8,6	9,8	10,03
Testemunha 2	5,12	7,25	8,66	10,12	10,22
Testemunha 3	4,67	7,11	8,11	9,77	9,89
Média Test.	4,93	7,34	8,46	9,9	9,98 <sup>NS</sup>
NPK 1	4,88	7,33	7,84	9	9,32
NPK 2	4,97	7,18	8,58	10,32	10,47
NPK 3	4,43	6,94	8,24	10,22	10,3
Média NPK	4,76	7,15	8,22	9,85	10,03 <sup>NS</sup>

FONTE: O Autor

Não houve diferença para a altura após a aplicação do adubo químico NPK. Embora a análise dos dados sugira que os tratamentos não apresentem diferença significativa, no final do experimento, o tratamento com adubação química NPK apresentou um crescimento na altura ligeiramente maior, verificando a ocorrência de pequenas variações entre as parcelas específicas ao analisar a média das alturas dos tratamentos.

Da mesma forma com o que ocorreu para o diâmetro, a indiferença dos resultados do crescimento em altura indica uma formulação do adubo químico NPK insuficiente para aplicação em bracatingais, associado a não incorporação do adubo ao solo.

Além disso devem ser levado dois aspectos em consideração, primeiro é a análise da série histórica, que mostra que os dados de altura do tratamento onde foi aplicado o adubo estiveram inferiores aos dados da testemunha de forma sequencial na evolução do experimento, destacando-se a média verificada no final, quando obteve-se a maior altura das árvores; e o segundo, no comparativo das alturas médias

do experimento, entre os tratamentos, onde verificou-se que as parcelas adubadas não diferenciaram-se das testemunhas.

#### 4.1.3 Efeito da Adubação Química NPK no Volume de Madeira

Os resultados do experimento indicam que adubação química com fertilizante NPK com a não incorporação do adubo no solo, não resultou positivamente no incremento de madeira, levando em consideração os resultados não significativos no crescimento do DAP e da altura. Os dados apontados na Tabela 6 são relativos aos parâmetros das árvores médias de cada parcela, dimensionados pela equação volumétrica desenvolvida por Ahrens (1981) que permite a identificação de plantas e/ou parcelas com melhores características fenotípicas, além da possibilidade de estabelecer o volume individual médio para produção de madeira.

Tabela 6 - Evolução do incremento volumétrico de madeira de bracatinga dimensionado pela Fórmula de Ahrens, com base no DAP e altura média das árvores

Parcelas dos Tratamentos	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Testemunha 1	0,0009	0,0019	0,0064	0,011	0,0196
Testemunha 2	0,0009	0,0016	0,0072	0,0142	0,0295
Testemunha 3	0,0012	0,0024	0,0073	0,0113	0,0213
Média Test.	0,001	0,0023	0,0069	0,0122	0,0234 <sup>NS</sup>
NPK 1	0,001	0,0034	0,011	0,0188	0,0312
NPK 2	0,0005	0,0018	0,0065	0,0142	0,0204
NPK 3	0,0008	0,0021	0,0068	0,016	0,0275
Média NPK	0,0008	0,0024	0,0081	0,0163	0,0264 <sup>NS</sup>

FONTE: O Autor

Considerando o solo do local onde o estudo foi instalado, com pH variando próximo a 4, tido como ácido, a formulação do adubo empregado foi muito genérica, apesar de muito distribuído e empregado por entidades governamentais. Neste caso é possível ver que a formulação é insuficiente, principalmente em relação ao elemento fósforo para espécies arbóreas.

#### 4.1.4 Discussão sobre a Adubação Química NPK

De acordo com Claubereg (2005), em seu estudo os melhores crescimentos em diâmetro e altura em mudas de bracatinga foram observados em tratamentos com aplicação completa de NPK, diferentemente de mudas desenvolvidas com exclusiva aplicação de potássio, fósforo ou nitrogênio, que tiveram menor crescimento em diâmetro. Já em seu experimento, realizado no município de Colombo, região metropolitana de Curitiba, Carvalho (1981) apontou que o crescimento em altura da bracatinga foi significativo com uma aplicação de 120 g de adubo químico NPK, na proporção 10:30:10, crescendo 37,9% mais que as árvores em tratamentos sem adubação. Mostrando a importância da aplicação do fósforo conjugado a outros macronutrientes.

Ao aplicar adubo químico NPK em mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. (paricá), Vieira et al. (2013), mostrou a influência da aplicação no crescimento em altura e diâmetro em mudas com significância para as adubações isoladas de N e de P e, interações entre N, P e K, com as seguintes doses: 80 g/kg de N, 100 g/kg de P e 100 g/kg de K, que promoveram os maiores crescimentos em altura e diâmetro.

O insucesso da utilização do adubo químico NPK no experimento, permite levantar algumas possíveis causas do inexpressivo desenvolvimento do DAP, altura e conseqüentemente volume, como a não incorporação do adubo químico ao solo, a regeneração contínua do material genético inserido no local, ao longo de mais de 10 ciclos de manejo, juntamente com a perda da fertilidade natural do solo, originário pela mobilização e transporte dos nutrientes pela utilização do solo e a não utilização de medidas silviculturais, como a seleção de sementes ou a manutenção de árvores com características fenotípicas superiores.

A aplicação da adubação química para produção de madeira necessita de correção ajustada e específica para tais resultados. A adubação com NPK (10:20:10), sem aplicação de micronutrientes, com baixo teor de fósforo, associado aos baixos teores do solo da área de estudo, mostrou-se ineficiente.

## 4.2 APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

### 4.2.1 Efeito do Lodo de Esgoto no DAP

Conforme a Tabela 7 indica, o lodo de esgoto não apresentou influência no desenvolvimento do DAP nas árvores de bracatinga. No momento da aplicação do lodo de esgoto, em diferentes dosagens, as árvores apresentavam um DAP médio semelhante e essa semelhança foi mantida no decorrer dos anos do experimento. Ao considerar o volume de fertilizante empregado, o DAP médio das árvores apresentou um incremento relativamente pequeno.

Tabela 7 - Evolução do DAP médio das árvores de bracatinga submetidas a três dosagens de lodo de esgoto.

Tratamentos	DAP Médio das Árvores (m)				
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Testemunha	1,31	1,82	4,39	6,95	8,63
L15	3,19	3,93	5,46	8,4	8,9
L30	2,96	3,86	5,37	8,77	8,91
L60	2,94	3,78	5,55	8,34	8,8

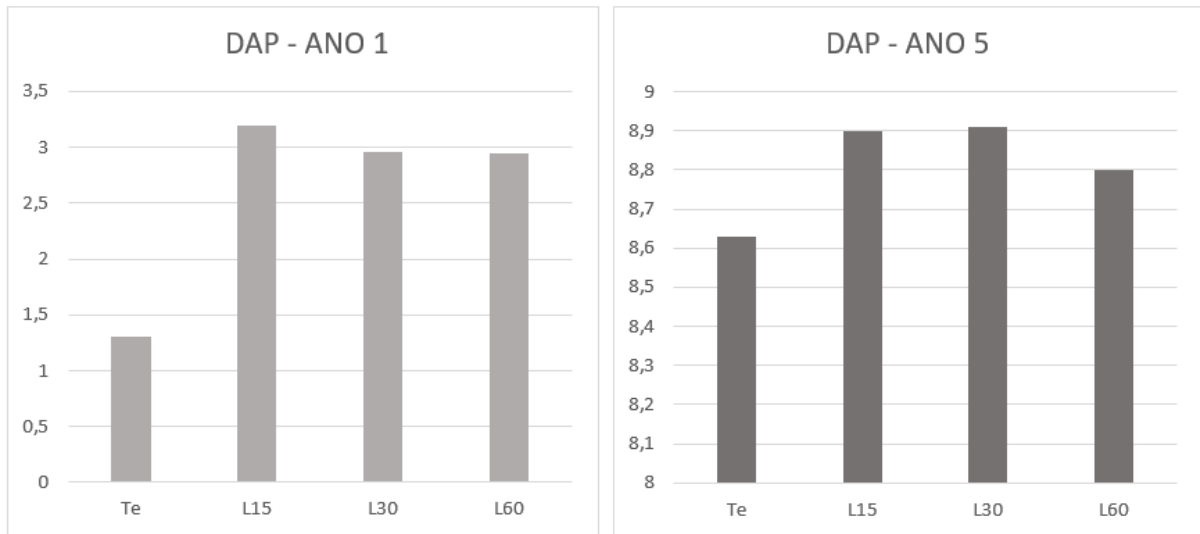
FONTE: O Autor

O teste de Análise de Variância (ANOVA) mostrou que não existe variação entre os quatro tratamentos e que não existe diferença significativa nos resultados do crescimento do DAP médio das árvores do estudo após aplicação do lodo alcalinizado.

É possível observar nos gráficos comparativos do DAP médio das árvores na Figura 1, uma certa uniformidade de desenvolvimento, não apresentando variações no crescimento, desde a fase inicial até a fase final do experimento.



Figura 1 - Comparativo do DAP médio das árvores de bracatinga nas parcelas com lodo de esgoto (15-30-60) e a testemunha.



FONTE: O Autor

#### 4.2.2 Efeitos do Lodo de Esgoto na Altura

A Tabela 8 mostra os efeitos das dosagens do lodo de esgoto sobre o desenvolvimento da altura das árvores de bracatinga durante o período de estudo.

Tabela 8 - Evolução da altura média das árvores de bracatinga submetidas a três dosagens de lodo de esgoto.

Tratamentos	Altura Média das Árvores (m)				
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Testemunha	4,92	6,72	7,63	9,42	9,62
L15	5,06	7,33	8,59	10,06	10,25
L30	4,83	7,19	8,59	10,13	10,48
L60	5,02	7,25	8,15	9,63	9,85

FONTE: O Autor

A análise de variância constatou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Ao aplicar o Teste de Tukey nos dados referentes ao ano de 2010, ou seja, aos 66 meses de idade do bracatingal, foi possível obter os seguintes resultados apresentados na Tabela 9. Entre os tratamentos testemunha e L15 e L30, não existem

diferenças significativas, entretanto entre os tratamentos L30 e L60, as diferenças estatísticas são significativas.

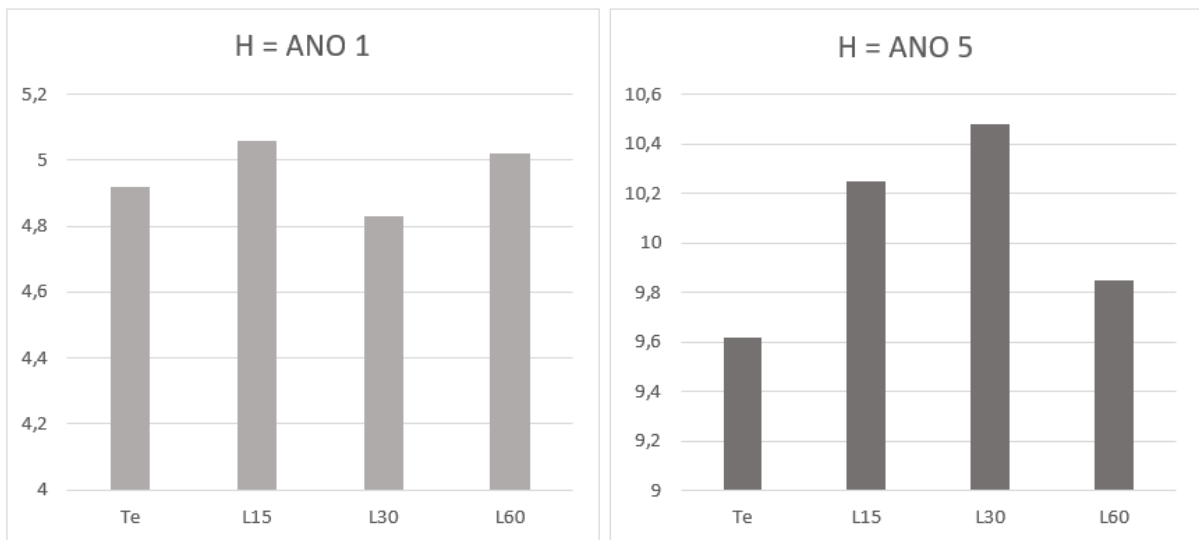
Tabela 9 - Comparativo pelo Teste de Tukey da altura média das árvores de bracatinga submetidas a três dosagens de lodo de esgoto.

Tratamentos	Altura Média das Árvores (m)
Testemunha	10,31 ab
L15	10,46 ab
L30	10,5 a
L60	10,12 b

FONTE: O Autor

É possível observar nos gráficos comparativos das alturas médias das árvores na Figura 2 uma certa uniformidade de desenvolvimento, não apresentando variações no crescimento, desde a fase inicial até a fase final do experimento.

Figura 2 - Comparativo das alturas médias das árvores de bracatinga nas parcelas com lodo de esgoto (15-30-60).



FONTE: O Autor

Durante a instalação do experimento, aos 18 meses de idade do bracatingal, o tratamento testemunha contava com árvores com altura média superior às do tratamento L30, sendo que, no fim do experimento, o tratamento testemunha foi ultrapassado por todos os tratamentos, em especial em as plantas do tratamento L30 por apresentarem maior altura média do experimento. O tratamento L15 apresentou

variações significativa na variável altura, graças ao desbaste e a aplicação de lodo de esgoto, fato não ocorrido entre os tratamentos L30 e L60.

Segundo os resultados apresentados a aplicação do lodo de esgoto não foi efetiva, tendo em vista que estatisticamente o tratamento testemunha não apresentou diferença em relação aos outros tratamentos. Entretanto, o tratamento L60 que apresentou um resultado inferior aos demais tratamentos.

#### 4.2.3 Discussão sobre adubação com lodo de esgoto

Em seu trabalho com plantio de *Eucalyptus grandis* Hill. ex Maiden. (eucalipto grandis), Silva (2006), comparou a influência da aplicação de lodo de esgoto no crescimento das árvores, verificando que as plantas reagiram positivamente à aplicação apresentando crescimento significativo na altura, diferente das plantas no tratamento testemunha. Além disso o autor verificou também que a adição de 10 t/ha de lodo de esgoto foi o suficiente para estimular o crescimento das plantas.

Além disso, Silva (2006), comenta também que a utilização do lodo incrementou significativamente o volume de madeira dos eucaliptos, apresentando resultados semelhantes aos adubos minerais, sendo assim, uma alternativa para substituir adubações químicas nitrogenadas e fosfatadas.

Levando em consideração o critério de seleção das árvores do estudo aos 18 meses de idade, o insucesso da utilização da adubação com o lodo de esgoto permite levantar hipóteses sobre o baixo desenvolvimento do DAP e da altura das árvores, como a regeneração contínua do material genético ao longo de mais de 10 rotações, a não utilização de metodologias para selecionar sementes e preservar árvores com características fenotípicas superiores, a degradação natural da fertilidade do solo, originados pela mobilização desses nutrientes e da utilização constante do solo, além do fato da não incorporação do lodo de esgoto ao solo, sendo apenas uma aplicação de cobertura, acarretando em um desenvolvimento inicial imediato, mas sem evolução.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dosagem de adubo químico NPK (10-20-10) e a não incorporação ao solo se mostraram inadequadas e ineficientes em relação ao aumento da produção de madeira de bracatinga. A aplicação de lodo de esgoto alcalinizado não produziu resultados expressivos nos diâmetros e nas alturas das árvores em relação à testemunha.

Comumente, a aplicação de adubos químicos em culturas florestais resultam positivamente no aumento da produtividade. Porém, no atual cenário, a reposição nutricional do solo em bracatingais por meio de fertilizantes para a produção de lenha é considerada inviável economicamente, levando em consideração os resultados inexpressíveis na produção de madeira.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em consideração estudos realizados com a bracatinga, poderia ser recomendado a aplicação de outra formulação de adubo químico NPK, contendo maior quantidade de fósforo. além disso tanto para aplicação do adubo químico NPK e do lodo de esgoto alcalinizado faz-se necessária a incorporação ao solo, visando uma liberação gradual e constante para as raízes.

## REFERÊNCIAS

- BAGGIO, AMILTON JOÃO; CARPANEZZI, ANTONIO APARECIDO. Exportação de Nutrientes na Exploração de Bracatingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, ed. n.34, p. 3-15, jan./jun. 1997. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/282163/1/abaggio.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2021.
- BARTOSZECK, A. C. de P. e S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba**. 214 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - UFPR. Curitiba, 2000.
- CAMPOS, Fabiana da Silva de; ALVES, Marlene Cristina. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], agosto 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/hYRf5yBpRX4qkCYZBLwH4dg/?lang=pt>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- CARDOSO, D. J.; DURIGAN, M. E.; SANQUETTA, C. R.; REISSMANN, C. B. Comportamento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) sob cinco níveis de fósforo. **Revista Floresta**, UFPR. p. 49-53. XXXVI Congresso Nacional de Botânica, Curitiba, PR, 1985. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6357/4557>. Acesso em: 7 nov. 2021
- CARPANEZZI, A. A.; LAURENT, J. M. E. (Ed.). **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Colombo, 1988. 70 p. (EMBRAPA. CNPF. Documentos, 20). D.
- CARVALHO, P. E. R. **Comportamento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em plantios experimentais**. Embrapa Florestas, Colombo - PR, p. 53-65, 1981. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/299371/1/ComportamentoBracatinga.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- CARVALHO, PAULO ERNANI RAMALHO. Bracatinga. **Curricular Técnica**, Embrapa Florestas - Colombo - PR, ed. 59, novembro 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/306462/1/CT0059.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.
- CLAUBERG, DARCLÉ. **ADUBAÇÃO N-P-K em *Mimosa scabrella* (Benth.)**. 2005. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau – FURB, [S. l.], 2005.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/299371/1/ComportamentoBracatinga.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ-V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. III. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/541704>. Acesso em: 4 nov. 2021.

GRAÇA, Luiz Roberto; RIBAS, Luiz César; BAGGIO, Amilton João. A RENTABILIDADE ECONÔMICA DA BRACATINGA NO PARANÁ. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, ed. 12, p. 47-72, junho 1986.

GUEDES, Marcelino Carneiro *et al.* Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], n. 30, p. 14, abril 2006.

IAPAR. **Atlas Climático**. NITSCHKE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian da Silva; PINTO, Larissa Fernandes Dias. Atlas Climático do Estado do Paraná. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Atlas Climático. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 6 nov. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/bocaiuva-do-sul/panorama>> Acesso em: 25 out. 2021.

KNAPIK, JULIANE GARCIA. **Utilização do Pó de Basalto como Alternativa à Adubação Convencional na Produção de Mudanças de *Mimosa scabrella* BENTH e *Prunus sellowii* KOEHNE**. 2005. 163 p. (Mestre em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 2005

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Princípios metodológicos para geração e difusão de tecnologia florestal**. Curitiba: EMATER-PR, 1990a. 72 p.il. (Projeto FAO GCP/BRA/025/FRA. Série Metodologia Florestal, 2).

MAZUCHOWSKI, J.Z.; DA SILVA, V.P.; BECKER, J.C. Oficina sobre Bracatinga no Vale da Ribeira / Guaraqueçaba, 2004, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: Agência de Desenvolvimento da Mesorregião do Vale da Ribeira, EMATER-Paraná, EMBRAPA Florestas. 2004. 60 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/312725/1/doc134.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2021.

MESSIES, ARMINDA SACONI; SILVA, DAVI JOSÉ; FREIRE, FERNANDO JOSÉ; SILVA, MARIA CRISTINA LEMOS DA. FERTILIZANTES. In: **Recomendações de Adubação**. [S. l.]: Embrapa Semiárido, 1998. p. 83-97. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/132544/fertilizantes>. Acesso em: 8 nov. 2021.

OLIVEIRA, SIMONE APARECIDA DE; MORAES, MARIO LUIZ TEIXEIRA DE; BUZZETTI, SALATIÉR. Efeito da aplicação de NPK e micronutrientes no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Floresta**, [s. l.], v. 29, p. 27-36, 1999.

PAIVA, Ary Vieira de; POGGIANI, Fábio; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes Gonçalves; FERRAZ, Alexandre de Vicente. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, [s. l.], v. 37, n. 84, p. 499-511, dez 2009.

**PLANO DIRETOR – BOCAIUVA DO SUL: ANÁLISE TEMÁTICA INTEGRADA Parte 3 - Consolidação.** Prefeitura de Bocaiuva do Sul: Mauricio Alexandre Maas; Maria Eduarda Duda; Andreia Tagomori; Cleiton José Polli, setembro, 2020. Disponível em: <https://bocaiuvadosul.pr.gov.br/uploads/pagina/arquivos/Analise-tematica-integrada-parte-3final.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

SCHUMACHER, MAURO VALDIR; CECONI, DENISE ESTER; SANTANA, CEDINARA ARRUDA. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). **Revista Árvore**, [s. l.], ed. 28, fevereiro 2004.

SILVA, PAULO HENRIQUE MÜLLER DA. **Produção de madeira, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo em plantios de *Eucalyptus grandis*, após aplicação de lodo de esgoto.** 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, [S. l.], 2007

TORRES, José Luiz Rodrigues; PEREIRA, Marcos Gervasio. **Dinâmica do Potássio nos Resíduos Vegetais de Plantas de Cobertura no Cerrado.** 2008. Dissertação (Parte da Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, [S. l.], 2008. p. 10.

VIEIRA, Cristiane Ramos; WEBER, Oscarlina Lúcia dos Santos; SCARAMUZZA, José Fernando. INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NPK NO CRESCIMENTO EM ALTURA E DIÂMETRO DE MUDAS DE *Schizolobium amazonicum*. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental:** Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Salvador/BA, 2013. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-084.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2021.

VIEIRA, R.F; SILVA, C.M.S.; FERREIRA, A.P.; INFANTE, C.S. **Biomassa e Atividade Microbiana em Solos Suplementados com Lodo de Esgoto e Lodo de Esgoto Compostado.** Jaguariúna - SP, p. 4, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145692/1/2008AA-092.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2021.