

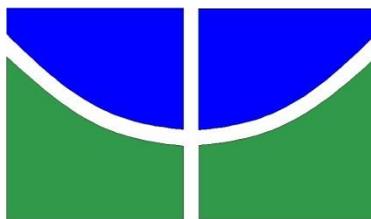


Respostas de espécies arbóreas com potencial energético em um cerrado *sensu stricto*, submetido a diferentes intensidades de manejo.

Tiago Alencar de Araújo

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

Respostas de espécies arbóreas com potencial energético em um cerrado sensu stricto,
submetido a diferentes intensidades de manejo

Estudante: Tiago Alencar de Araújo

Matrícula: 14/0164103

Orientadora: Prof. Dr. Alba Valéria Rezende

Menção: SS

Prof. Dr. Alba Valéria Rezende
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientadora (EFL)

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Doutorando Renan Augusto Miranda Matias
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Brasília-DF, 03 de dezembro de 2020.

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAUJO, TIAGO ALENCAR

Respostas de espécies arbóreas com potencial energético em um cerrado sensu stricto, submetido a diferentes intensidades de manejo [Distrito Federal] 2020. 38f., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2020).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal

1. Geoprocessamento

2. Cerrado

3. Fragmentação

4. Restauração

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAUJO, T. Respostas de espécies arbóreas com potencial energético em um cerrado sensu stricto, submetido a diferentes intensidades de manejo. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 37f. (2020).

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Tiago Alencar de Araújo 1

TÍTULO: Respostas de espécies arbóreas com potencial energético em um cerrado sensu stricto, submetido a diferentes intensidades de manejo.

GRAU: Engenheira em Engenharia Florestal ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Tiago Alencar de Araújo

Depto. de Engenharia Florestal (EFL)-FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 – Brasília – DF – Brasil

“Amar e mudar as coisas”

Belchior

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade de Brasília por mudar para sempre quem sou, pela oportunidade e experiências que me fizeram crescer como pessoa e como profissional, valorizando sempre o pensamento crítico e à ciência.

Agradeço à minha orientadora Professora Alba Valéria Rezende pelos ensinamentos, correções, esclarecimentos, sempre com atenção e paciência, dando todo auxílio necessário, Obrigado.

Agradeço à minha namorada Carolina Sousa Marcial por ser sempre positiva, divertida, sempre esteve comigo em todas as dificuldades. Eu te amo!

Agradeço toda a minha família, especialmente à minha prima Fernanda por me mostrar a importância dos estudos desde pequeno, meu pai Marcos por me ensinar a ser sempre responsável, minha mãe Silvane pelo carinho, minha irmã Tais pelas conversas, e por sempre querer ouvir minha opinião sobre tudo. Amo vocês!

Agradeço ao Departamento de Engenharia Florestal, todos os funcionários e professores.

Agradeço aos membros da banca professor Ricardo, Renan e professora Alba por dedicarem seu tempo para ler este trabalho.

Agradeço a todos meus amigos e colegas que conquistei na faculdade, por aliviarem as pressões do dia a dia, e especialmente meu amigo Miojo, por todas os debates profundos e filosóficos durante a graduação, minha amiga Bia pelas ajudas acadêmicas, minha amiga let pela amizade e pela companhia, meu amigo Kiepher por me apresentar a UnB.

Aos músicos Roberto Lara, Yamandu Costa, Bethovem por comporem músicas que potencializaram minha atenção e desempenho para escrever este trabalho.

Obrigado a todos

SUMARIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 12 |
| 2.1. Objetivo geral..... | 12 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 13 |
| 3.1. Área de estudo | 13 |
| 3.2. Espécies selecionadas | 14 |
| 3.3. Desenho experimental | 14 |
| 3.4. Análise de dados | 18 |
| 4. RESULTADOS | 20 |
| 4.1. Produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva do cerrado <i>sensu stricto</i> , antes da implantação dos tratamentos silviculturais | 20 |
| 4.2. Produção volumétrica das espécies potenciais para produção de energia, antes da implantação dos tratamentos silviculturais. | 22 |
| 4.1. Produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva do cerrado <i>sensu stricto</i> , nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 24 |
| 4.2. Produção volumétrica das espécies potenciais para produção de energia, 9 anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 27 |
| 4.3. Incremento periódico anual do volume das espécies de interesse comercial | 30 |
| 4.4. Incremento periódico anual do Db para toda a comunidade lenhosa arbórea-arbustiva do cerrado <i>sensu stricto</i> e para as espécies de interesse comercial | 31 |
| 5. CONCLUSÃO | 33 |
| 6. REFERENCIAS..... | 35 |

ÍNDICIE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Espécie selecionadas para o estudo, definidas como de interesse comercial, com seus respectivos valores de quantidade de calor por hectare (VALE et al., 2003). | 14 |
| Tabela 2 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de volume de madeira (m ³), da vegetação lenhosa arbórea-arbustiva, registrados em três blocos experimentais, implantados em área de cerrado <i>sensu stricto</i> , localizada na FAL-UnB, em 2005, antes da implantação dos tratamentos silviculturais..... | 21 |
| Tabela 3 - Teste de Tukey comparando as médias da produção volumétrica da comunidade do cerrado <i>sensu stricto</i> registrada nos três blocos, em 2005, antes da implantação dos tratamentos silviculturais. | 21 |
| Tabela 4 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de volume, das três espécies do cerrado <i>sensu stricto</i> , classificadas como potenciais para produção de energia (<i>Tachigali vulgaris</i> , <i>Dalbergia miscolobium</i> e <i>Pterodon pubescens</i>), registrados nos três blocos, antes da implantação dos tratamentos (2005). | 22 |
| Tabela 5 - Teste de Mann-Whitney comparando as produções volumétricas medianas, considerando as três espécies do cerrado <i>sensu stricto</i> , classificadas como potenciais para produção de energia (<i>Tachigali vulgaris</i> , <i>Dalbergia miscolobium</i> e <i>Pterodon pubescens</i>), registradas nos três blocos, antes da aplicação dos tratamentos (2005)..... | 23 |
| Tabela 6 - Volume médio e percentagem do volume de espécies comerciais para cada tratamento antes da aplicação dos tratamentos (2005)..... | 24 |
| Tabela 7 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva do cerrado <i>sensu stricto</i> , nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 25 |
| Tabela 8 - Teste de Tukey comparando as médias da produção volumétrica da comunidade do cerrado <i>sensu stricto</i> registrada nas áreas submetidas aos três tratamentos, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais..... | 25 |
| Tabela 9 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de produção volumétrica das espécies de interesse comercial, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 27 |
| Tabela 10 - Teste de Mann-Whitney, comparando as medianas da produção volumétrica das espécies de interesse comercial, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.. | 28 |
| Tabela 11 - Volume médio e percentagem do volume de espécies comerciais para cada tratamento nove anos após a aplicação dos tratamentos (2015)..... | 29 |
| Tabela 12 – Teste de Mann-Whitney, comparando os incrementos médios anuais das espécies de interesse comercial, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Tabela 13 –Classes de incremento periódico anual em Db (IPA_{Db}) por tratamento, registrado na comunidade de cerrado <i>sensu stricto</i> | 32 |
| Tabela 14 - Incremento periódico anual em Db ($cm\ ano^{-1}$) dos indivíduos vivos de interesse comercial por tratamento..... | 33 |

INDICIE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Água Limpa – FAL e da área de estudo. | 13 |
| Figura 2 - Croqui exemplificativo do experimento, mostrando o esquema de bloco, parcela e subparcela utilizado neste estudo. | 18 |
| Figura 3- Box plot comparando o volume médio de madeira, em logaritmo neperiano (Ln m^3), da vegetação lenhosa arbórea-arbustiva, registrado em 2005, nos três blocos experimentais implantados em área de cerrado <i>sensu stricto</i> , localizada na FAL-UnB, , antes da implantação dos tratamentos silviculturais, envolvendo o corte da vegetação. | 22 |
| Figura 4 - Box plot comparando a mediana da produção volumétrica das três espécies do cerrado <i>sensu stricto</i> , classificadas como potenciais para produção de energia (<i>Tachigali vulgaris</i> , <i>Dalbergia miscolobium</i> e <i>Pterodon pubescens</i>), registradas nos três blocos, antes da aplicação dos tratamentos silviculturais (2005). | 23 |
| Figura 5 - Box plot comparando a produção volumétrica média, em logaritmo neperiano (Ln m^3), da comunidade do cerrado <i>sensu stricto</i> registrada nas áreas submetidas aos três tratamentos, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 26 |
| Figura 6 - Box plot comparando a mediana da produção volumétrica, das espécies de interesse comercial, registrada nas áreas submetidas aos três tratamentos, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 28 |
| Figura 7 - Comparação da produção volumétrica das espécies <i>Tachigali vulgaris</i> , <i>Dalbergia miscolobium</i> e <i>Pterodum pubescens</i> , antes e nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais. | 30 |

RESUMO

O Bioma Cerrado vem sofrendo grandes pressões de desmatamento pela demanda de novas terras de uso agrícola, e está intrinsecamente inserido no contexto social de boa parte dos brasileiros que exploram a madeira para fins energéticos. O manejo florestal sustentável do cerrado aliado com estudos do poder calorífico das espécies nativas do Cerrado pode estabelecer um uso mais eficiente dos produtos madeireiros. O presente estudo analisou os efeitos de duas intensidades de manejo na comunidade lenhosa arbórea-arbustiva, em uma área de cerrado *sensu stricto*, localizada na Fazenda Água Limpa, de propriedade da Universidade de Brasília, em Brasília, DF. Em 2005 foram implantados três blocos na área de estudo, subdivididos em parcelas de 0,1 ha. Os tratamentos e a testemunha foram distribuídos aleatoriamente nas parcelas de cada bloco. Toda a vegetação lenhosa arbórea e arbustiva foi registrada, sendo mensurado o diâmetro a 0,30 m do solo (Db) e a altura de todas as árvores. Em 2006, os tratamentos foram implantados sendo que no tratamento 1 houve o desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, independente da espécie e no tratamento 2, o desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, pertencentes a espécies potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*). O tratamento 3 foi destinado a área testemunha (sem intervenções silviculturais). Em 2015, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais, foi realizado o monitoramento das parcelas de cada bloco a fim de avaliar o efeito dos tratamentos na produção volumétrica e nos incrementos em volume e Db, tanto da comunidade do cerrado *sensu stricto*, quanto nas populações das três espécies. Nove anos após a implantação dos tratamentos não foi suficiente para a comunidade de cada tratamento recuperar a sua produção volumétrica inicial, nem a produção volumétrica original de cada espécie comercial analisada. O corte raso (Tratamento 1) apresentou maior incremento periódico médio anual em Db, contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao incremento periódico médio anual em volume das espécies de interesse comercial. Por outro lado, *Tachigali vulgaris* foi a espécie comercial que mais se destacou quanto a produção em volume. O estudo mostrou que explorar apenas as espécies comerciais resulta em uma produção volumétrica estatisticamente igual ao corte raso.

Palavras-chave: Manejo florestal; Regeneração, Espécies de potencial energético.

ABSTRACT

The Cerrado Biome has been suffering great pressure from deforestation due to the demand for new agricultural land and it is intrinsically inserted in the social context of a large part of the Brazilians who exploit wood to energy purposes. The sustainable forest management of the cerrado combined with studies of the calorific values of native species can yield more efficient use of wood products. The present study analyzed the effects of two management intensities in the arboreal-shrubs community, in an area of cerrado sensu stricto, located at Fazenda Água Limpa, owned by the University of Brasília, in Brasília, DF. In 2005, three blocks were implemented in the study area, subdivided into 0.1 ha plots. The treatments and the control were randomly distributed in the plots of each block. All arboreal and shrub woody vegetation has had the diameter measured at 0.30 m from the ground (Db) and the height of all trees was recorded. In 2006, the treatments were implemented and in treatment 1 there was cutting of 100% of the basal area of individuals with $Db \geq 5$ cm, regardless of the species and in treatment 2, the cutting of 100% of the basal area of individuals with $Db \geq 5$ cm, belonging to potential species for energy production (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* and *Pterodon pubescens*). Treatment 3 was destined to control area (without silvicultural interventions). In 2015, nine years after the implementation of silvicultural treatments, the plots of each block was the monitored in order to understand the effect of the treatments in volumetric production and in volume and Db increments, for the cerrado sensu stricto community and for populations of the three species. Nine years after the implantation of the treatments was not enough to recover the initial volumetric production of the community of each treatment, even the original volumetric production of each commercial species analyzed. The clear-cutting (Treatment 1) presented the highest annual average of Db increment, however, there was no significant difference between treatments regarding the annual average of increment in volume of the species of commercial interest. On the other hand, *Tachigali vulgaris* was the commercial species that stood out the most in terms of volume production. The study showed that exploring only commercial species results in volumetric production statistically equal to clear-cutting.

key-words: Forest management; Regeneration, Energy potential species.

1. INTRODUÇÃO

Desde os anos 70, a região do Cerrado vem passando por fortes conversões de sua paisagem natural, a ponto de ter se transformado em importante fronteira agrícola para o Brasil (MAURANO, 2019). Apenas no período compreendido entre os anos 2000 a 2017, a redução da área original do Cerrado foi de 23,9% (253.726,2 km²) (GRANDE, 2019).

A maior parte da perda da cobertura original do Cerrado vem ocorrendo sob o discurso de que a vegetação desse bioma é “torta, pobre e estagnada”, mesmo sendo reconhecido, nacional e internacionalmente, como o segundo bioma brasileiro com maior biodiversidade (CAVALCANTI, 2002).

A importância do Cerrado não se restringe apenas aos aspectos ambientais, já que é um bioma igualmente essencial, em nível social e econômico (LIMA, 2018). A vegetação do Cerrado é fonte de madeira para construção civil, para produção de energia utilizada nas siderurgias, para a produção de lenha de uso doméstico etc. Parte representativa da população brasileira, especialmente as populações tradicionais, faz uso dos produtos florestais madeireiros e não madeireiros do Cerrado, visando garantir seu sustento. Uma prática usual na região é a produção de lenha a partir do aproveitamento de resíduos provenientes da conversão de áreas suas nativas em agricultura ou outros usos. Porém, essa é uma prática que traz aspectos negativos sob o ponto de vista ambiental (DUBOC et al., 2007).

Apesar da produção de lenha nativa no Brasil ter reduzido bastante nos últimos anos, dados de 2016 mostraram que cerca de 31,92% de toda lenha produzida no país era de origem extrativista, e isto correspondia a 14,2% da produção total de produtos extrativos do país (ESCOLANO, 2020). Como a produção de lenha proveniente de reflorestamentos não é suficiente para atender a demanda do setor energético e madeireiro do Brasil, é grande a pressão sobre áreas remanescentes de florestas nativas (DUBOC et al., 2007), especialmente no Cerrado. Segundo Siqueira (2020), essa situação se agrava principalmente em função da falta de conhecimento científico, por parte dos exploradores.

Grande parte da produção de lenha nativa do Cerrado vem da fitofisionomia cerrado *sensu stricto*, que é uma formação savânica que ocupa cerca de 70% da área total do bioma (EINTEN, 1994; RIBEIRO; WALTER, 1998). Para atender as demandas de

lenha, extensas áreas de cerrado *sensu stricto* são desmatadas e toda a vegetação lenhosa é transformada em lenha. Porém, um estudo realizado por Vale et al. (2003), sobre produção de biomassa energética em ambiente de cerrado *sensu stricto*, mostrou que desmatar extensas áreas dessa fitofisionomia para produção de lenha é, no mínimo, uma prática pouco eficiente e também pouco consciente, já que apenas um número pequeno de espécies do cerrado *sensu stricto* apresentaram características energéticas favoráveis para produção de energia, isto é, alto poder calorífico e boa massa específica básica.

Portanto, para que se busque uma relação de equilíbrio entre a exploração desse importante recurso natural e a proteção da qualidade ambiental (RIBEIRO et al., 2020), é necessário desenvolver pesquisas que busquem avaliar estratégias ou medidas que permitam o uso sustentável da vegetação nativa do cerrado *sensu stricto*, seja para fins energéticos, ou para qualquer outro uso madeireiro ou não madeireiro, que se deseja explorar.

Diante do exposto, o presente estudo foi conduzido visando avaliar as respostas das populações de três espécies lenhosas (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*) do cerrado *sensu stricto*, classificadas, segundo Vale et al. (2003), como sendo espécies de alto poder energético, e, portanto, potenciais para produção de energia, após serem submetidas a duas diferentes intensidades de manejo, que envolveram o desbaste de seus indivíduos. Estudos dessa natureza são subsídios importantes não apenas para o sucesso do manejo sustentável da vegetação lenhosas do cerrado *sensu stricto*, mas, também, para estudos envolvendo a recuperação de áreas degradadas dessa fitofisionomia (REZENDE, 2002).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar, após um período de nove anos, o impacto de duas diferentes intensidades de manejo, no crescimento e produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva de um cerrado *sensu stricto*, bem como nas populações de três espécies dessa fitofisionomia, consideradas potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Este estudo foi realizado em uma área experimental de cerrado *sensu stricto*, localizada na Estação Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa – FAL (Figura 1), localizada em Brasília, Distrito Federal, Brasil (15°56' a 15°59'S e 47°55' a 47°58'W). A FAL ocupa cerca de 4.390 hectares e está situada a 1.100 metros de altitude (AZEVEDO, 2017), nas unidades geomorfológicas da região da Chapada de Brasília e na área de dissecação intermediária da Depressão do Lago Paranoá (PINTO, 1993). A FAL faz parte da Área de Proteção Ambiental Gama Cabeça de Veado (SEDUH, 2020).

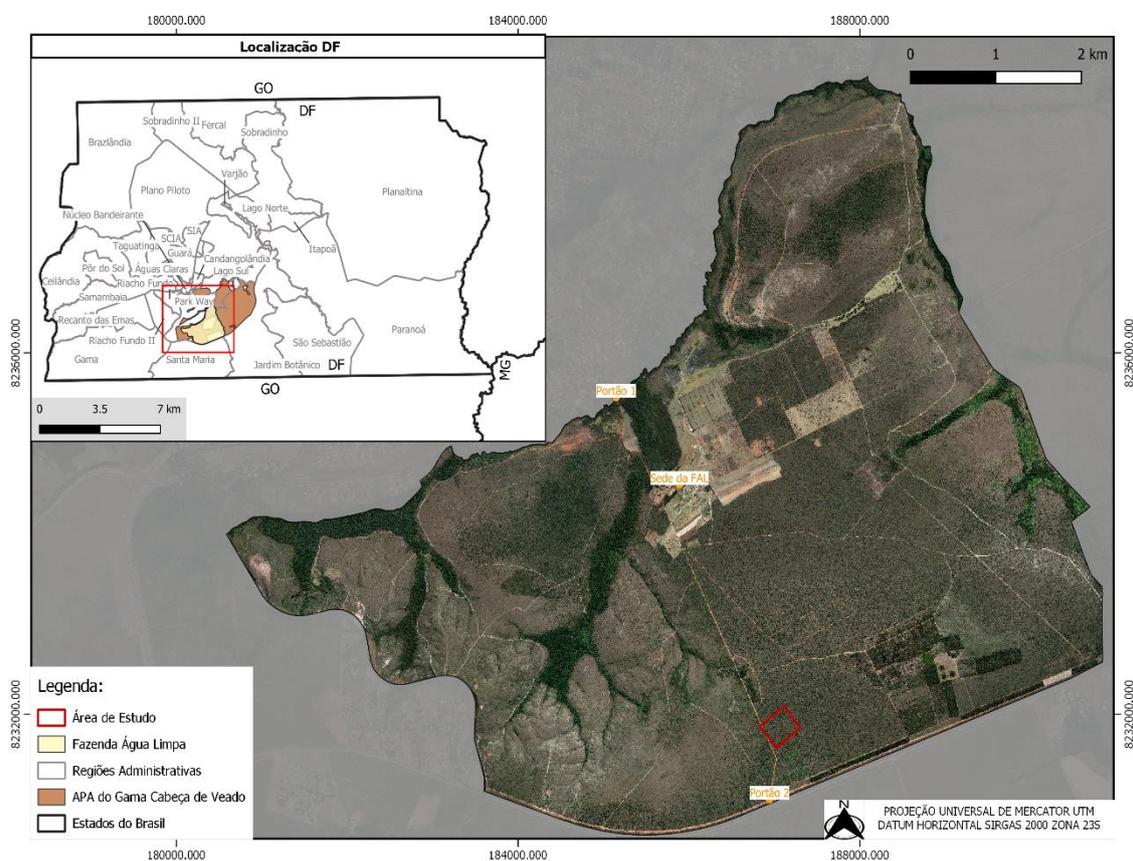


Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Água Limpa – FAL e da área de estudo.

A estrutura pedológica na FAL se diversifica entre gleissolos, plintossolos, neossolos, cambissolos rasos, latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa, latossolo vermelho-escuro de textura argilosa e latossolo vermelho-amarelo de textura média

(ASSAD, 1993). Porém, o solo predominante é da classe dos latossolos, com alto teor de alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio (HARIDASAN, 1990).

A FAL pertence à unidade hidrográfica do Ribeirão do Gama que, por sua vez, está inserida dentro da Bacia do Lago Paranoá (BAPTISTA et al., 2013). O clima da região é categorizado como Aw de Köppen (NIMER, 1989) A temperatura média do mês mais quente é 22,2 °C e do mês mais frio é 18,1 °C (INMET, 2014), com precipitação média anual de 1600 mm e pronunciada estação seca no período de julho a setembro.

3.2. Espécies selecionadas

As espécies de cerrado *sensu stricto* selecionadas para este estudo foram *Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*, pois, conforme estudo realizado por Vale et al. (2003), na mesma área do presente estudo, tais espécies se destacaram em relação as demais espécies da comunidade, não apenas por produzirem grande quantidade de energia, mas, também por apresentarem as maiores quantidades de biomassa lenhosa (Tabela 1). No estudo realizado por Vale et al. (2003), a espécie *Tachigali vulgaris*, por exemplo, apresentou 2.886,04 kg ha⁻¹ de biomassa e gerou 58.869,14 MJ ha⁻¹ de calor.

Tabela 1 – Espécies selecionadas para o estudo, definidas como de interesse comercial, com seus respectivos valores de quantidade de calor por hectare (VALE et al., 2003).

| Espécie | Quantidade de calor (MJ ha ⁻¹) |
|--|--|
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | 28.223,02 |
| <i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth. | 27.760,30 |
| <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima | 58.869,14 |

É importante destacar que duas das espécies estudadas, isto é, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*, estão, atualmente, tombadas como Patrimônio Ecológico do Distrito Federal, e, portanto, estão imunes ao corte em áreas urbanas, “ficando o órgão ambiental competente responsável por autorizar as exceções para execução de obras, planos, atividades ou projetos de relevante interesse social ou de utilidade pública” (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018).

3.3. Desenho experimental

O presente projeto faz parte de uma pesquisa maior, realizada por Paiva et al. (2011) que implantou o experimento no ano de 2005, em um talhão de aproximadamente

3,7 ha de cerrado *sensu stricto*, destinado à implantação de projetos silviculturais. Três blocos experimentais de 0,93 ha (60 m x 155 m) foram distribuídos aleatoriamente no interior do talhão. Todos os blocos apresentavam as mesmas condições abióticas e características semelhantes quanto à composição florística e a estrutura vegetacional. Cada bloco foi dividido em seis parcelas permanentes de 0,1 ha (20 m x 50 m), mantendo uma distância de 5 m entre as parcelas. Os vértices de cada parcela foram demarcados com estacas de ferro, pintadas com tinta branca, visando garantir a localização exata de cada parcela, ao longo dos monitoramentos subsequentes do experimento.

Para maior controle e melhor percepção da distribuição espacial dos indivíduos amostrados nos três blocos, cada parcela foi dividida em 10 subparcelas de 100 m² (10 m x 10 m), cujos vértices também foram demarcados com estacas de ferro.

Antes da implantação do experimento (2005) foi realizado o levantamento de toda vegetação lenhosa, arbórea e arbustiva, com diâmetro da base a 30 cm do nível do solo (Db), igual ou superior a 5 cm, considerando inclusive os indivíduos mortos em pé. A mensuração do Db foi realizada com o auxílio de uma suta, em duas direções perpendiculares, visando obter um valor médio de Db representativo da árvore, já que a maioria das árvores do cerrado *sensu stricto* apresenta diâmetro do fuste bastante irregular. A altura total (Ht) de cada árvore foi mensurada utilizando uma régua telescópica. Árvores com dois ou mais fustes que tenham despontado abaixo de 30 cm solo, tiveram os valores de Db e Ht registrados separadamente para cada fuste, desde que tais fustes apresentassem Db igual ou superior a 5 cm. Todos os fustes vivos e mortos em pé foram etiquetados com uma placa de alumínio contendo um número identificador.

Para cada árvore amostrada em cada parcela foi registrado também a coordenada X e Y, correspondente ao seu posicionamento no interior da parcela. Sempre que possível, cada árvore era identificada em campo, ao nível de família, gênero e espécie botânica. Sempre que necessário, coletas botânicas foram realizadas para posterior conferência da identificação no Herbário da Universidade de Brasília e no Herbário Virtual Refflora (<http://reflora.jbrj.gov.br>), administrado pelo Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Em 2006, um ano após a realização do inventário da vegetação lenhosa na área experimental, os blocos foram originalmente submetidos a cinco tratamentos com níveis de intensidade de corte diferentes. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente

dentro de cada bloco. Além disso, uma parcela de cada bloco foi mantida como testemunha, ou seja, sem qualquer intervenção envolvendo o corte da vegetação.

Os tratamentos silviculturais testados na área experimental foram:

T1 – desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, independente da espécie;

T2 – desbaste de 50% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, independente da espécie;

T3 - desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, pertencentes a espécies com potencial para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodum pubescens*);

T4 – desbaste de 50% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, pertencentes a espécies com potencial para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodum pubescens*);

T5 - desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, pertencentes a *Tachigali vulgaris*;

T6 - Testemunha ou parcela controle, sem aplicação de qualquer tratamento silvicultural.

Considerando os critérios de desbaste definidos para cada tratamento, o corte das árvores selecionadas foi realizado com motosserra e a remoção do material lenhoso foi feita manualmente. Em T1 e T2, a remoção foi realizada independente da espécie, com exceção de *Caryocar brasiliensis*, que era, na época, a única espécie proibida de corte, por lei. Portanto, todos os seus indivíduos preservados em pé. É importante destacar que em 2006 as espécies *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* não eram ainda protegidas por lei e, portanto, foram removidas.

Em 2015, nove anos após a implantação dos tratamentos, todas as árvores remanescentes de cada tratamento tiveram seus valores de Db e Ht registrados. Além disso, todas as árvores e fustes que morreram durante o período monitorado foram registrados. Árvores que recrutaram durante esse período, ou seja, que atingiram um Db igual ou superior a 5 cm, bem como fustes das árvores remanescentes que também atingiram Db igual ou superior a 5 cm, foram todos incluídos no inventário. Todas as árvores e fustes recrutados, vivos e mortos em pé, foram identificados botanicamente,

etiquetados com placa de alumínio contendo o número de identificação, e tiveram os valores de diâmetro (Db), altura (Ht) e coordenadas X e Y registrados.

Considerando que os três blocos dispunham das mesmas condições abióticas e apresentavam características semelhantes no que diz respeito a composição florística e estrutura da vegetação, buscou-se avaliar as possíveis variações estruturais lenhosas que os diferentes tratamentos silviculturais poderiam causar à comunidade lenhosa, ao longo do tempo.

Vale ressaltar que em 2012, durante o período da seca, todas as parcelas experimentais foram atingidas por um incêndio florestal não planejado e de grandes proporções, que se propagou por uma extensa área da FAL, causando impactos na vegetação e na fauna silvestre, e, portanto, tal impacto deve ser considerado na avaliação do experimento.

Para efeito do presente estudo foram avaliados os dados dos levantamentos realizados em 2005, antes da implantação dos tratamentos silviculturais, e em 2015, ou seja, 9 anos após a implantação dos tratamentos. Além disso, foram considerados tomados para comparação apenas os tratamentos abaixo listados, que a partir de agora receberão as seguintes siglas:

TRAT- 1: Desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, independente da espécie;

TRAT- 2: Desbaste de 100% da área basal dos indivíduos lenhosos com $Db \geq 5$ cm, pertencentes a espécies potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*);

TRAT- 3: Testemunha ou parcela controle, sem aplicação de qualquer tratamento silvicultural.

O croqui abaixo (Figura 2) é o exemplo de um bloco, demonstrando as parcelas e subparcelas, de forma que cada parcela de cada um dos 3 blocos recebeu uns dos tratamentos citados acima.

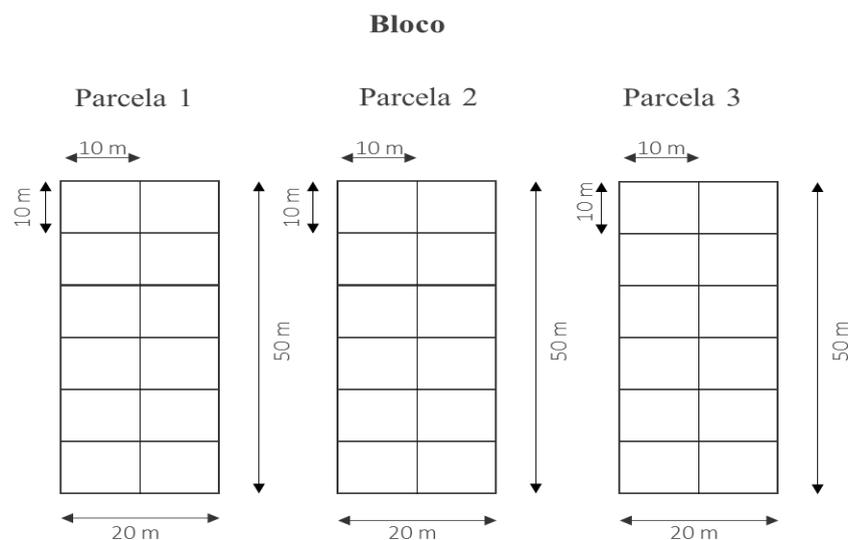


Figura 2 - Croqui exemplificativo do experimento, mostrando o esquema de bloco, parcela e subparcela utilizado neste estudo.

3.4. Análise de dados

Com base nos levantamentos realizados em 2005 (antes do corte) e em 2015 (nove anos após o corte), nas áreas destinadas aos tratamentos (TRAT-1, TRAT-2 e TRAT-3), foi estimado o volume de madeira com casca de cada árvore viva e morta em pé. O volume foi estimado a partir da equação 1, desenvolvida para o cerrado *sensu stricto* da FAL-UnB, conforme Rezende et al. (2006), ou seja:

$$V = 0,000108 \cdot Db^2 + 0.0000451 \cdot Db^2 Ht \quad (\text{Equação 1})$$

em que V = volume (m^3); Db = diâmetro da base tomado a 0,30 m do solo (cm) e Ht = altura total (m).

A Equação 1 gera estimativas de volume, considerando fustes e galhos com diâmetro mínimo da ponta igual a 3 cm (REZENDE et al., 2006).

Os dados de volume registrados nos três blocos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA), considerando um fator (Blocos), visando avaliar a existência de diferenças significativas entre a produção volumétrica dos três blocos, ao nível de 5% de significância. A análise considerou 3 blocos, tendo cada bloco 30 repetições, isto é, 3 parcelas de 20 m X 50 m, subdivididas em 10 subparcelas de 10 m X 10 m. Definiu-se como hipótese de nulidade, que não existia diferenças significativas entre as produções

volumétricas dos três blocos, considerando que tais blocos encontravam-se em condições abióticas similares e apresentavam composição florística e estrutura semelhantes.

Porém, antes de realizar a ANOVA fator único, os dados de cada bloco foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk (1965), para verificar a existência de normalidade dos dados, e de Levene (1960), para avaliar a homogeneidade de variâncias dos volumes dentro dos blocos. Para os dados que não apresentaram distribuição normal, foi utilizada a transformação logaritmo neperiano dos volumes, a fim de garantir a distribuição normal dos dados. Quando detectada diferença significativa entre os blocos, o teste de Tukey foi aplicada, considerando o nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas usando o software Excel.

Os dados de volume registrados em 2015, cerca de 9 anos após a aplicação dos tratamentos, também foram submetidos a ANOVA, visando avaliar o efeito dos dois tratamentos testados, tanto na produção volumétrica da comunidade, quanto na produção volumétrica das três populações com características potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*). Foi utilizada a ANOVA fator duplo (Blocos X Tratamentos) com 30 repetições cada tratamento (10 subparcelas amostradas por tratamento).

Antes de realizar a análise de variância, os dados também foram submetidos aos testes de de Shapiro-Wilk (1965), e Levene (1960). A transformação logaritmo neperiano também foi utilizada para o caso dos dados que não apresentavam distribuição normal. Para as amostras que mesmo após a transformação dos dados não apresentaram distribuição normal, foi aplicado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (Mann & Whitney, 1947), que compara as medianas da variável analisada.

O incremento periódico anual do Db (IPA_{Db}) e do volume (IPA_V) de cada árvore amostrada em cada tratamento (TRAT - 1, TRAT - 2 e TRAT - 3), também foi determinado, sendo utilizada as seguintes relações:

$$IPA_{Db} = IP_{Db}/N \quad (\text{Equação 2})$$

$$IPA_V = IP_V/N \quad (\text{Equação 3})$$

em que IPA_{Db} = incremento periódico anual do Db (cm); IP_{Db} = incremento periódico do Db ($Db_{2015} - Db_{2006}$), em cm; IPA_D = incremento periódico anual do Volume (m^3); IP_V =

incremento periódico do Volume ($V_{2015} - V_{2006}$), em m^3 ; N= período monitorado, em anos (2015-2006).

Todas as análises acima foram realizadas tanto em nível de comunidade (todas as espécies) quanto em nível das três populações de interesse comercial (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*), visando avaliar o efeito dos tratamentos na produção volumétrica da comunidade e na produção volumétrica de cada espécie de interesse.

Nos tratamentos 1 e 2, a produção volumétrica em 2015 de cada uma das três espécies comerciais avaliadas, representa o incremento total do volume, já que em 2006, todas as árvores dessas três espécies, com $Db \geq 5$ cm, foram suprimidas. Por outro lado, no tratamento testemunha (TRAT - 3) foi necessário realizar a diferença entre os volumes registrados em 2015 e em 2005, pois, nenhuma árvore foi suprimida.

O incremento periódico anual do Db considerou apenas os indivíduos vivos.

Os incrementos em Db e volume foram distribuídos em três classes de IPA, ou seja: $IPA > 0$, $IPA < 0$ (decremento) e $IPA = 0$, pois, os incrementos negativos influenciam as estimativas do IPA. Assim, foi possível obter o incremento médio em Db e volume para cada tratamento, considerando cada classe de incremento, além de quantificar o percentual de indivíduos em cada tratamento que tiveram crescimento positivo ou negativo. Esta análise é importante, pois, pode dar indícios dos impactos causados pelo incêndio que ocorreu na área em 2012. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Excel, onde boa parte delas, foram realizadas através da extensão para Excel, Real-Statistics.

4. RESULTADOS

4.1. Produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva do cerrado *sensu stricto*, antes da implantação dos tratamentos silviculturais

O teste de Shapiro-Wilk mostrou que a produção volumétrica da vegetação lenhosa do cerrado *sensu stricto*, registrada em cada bloco, antes da implantação dos tratamentos, não apresentou distribuição normal ($p < 0,05$), porém, após a transformação dos dados para logaritmo neperiano, os dados foram normalizados (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de volume de madeira (m³), da vegetação lenhosa arbórea-arbustiva, registrados em três blocos experimentais, implantados em área de cerrado *sensu stricto*, localizada na FAL-UnB, em 2005, antes da implantação dos tratamentos silviculturais.

| Teste Shapiro-Wilk | BLOCOS | | |
|--------------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| W-stat | 0,947633 | 0,9785 | 0,977296 |
| p-valor | 0,146054 | 0,784416 | 0,750008 |
| Alpha | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Normal | Sim | Sim | Sim |

Obs: Dados de volume transformados em logaritmo neperiano.

O teste de Levene também mostrou que os dados de volume de madeira registrado em cada bloco, antes da implantação dos tratamentos, apresentaram variâncias homogêneas ($p = 0,962$), atingindo assim, dois dos pressupostos exigidos para a realização da análise de variância.

A ANOVA, fator único, para a produção volumétrica dos blocos, antes da implantação dos tratamentos silviculturais detectou diferenças significativas entre as produções volumétricas dos três blocos, ao nível de 5% de significância ($p = 0,018$), indicando que, pelo menos a produção volumétrica de um dos blocos analisados diferia significativamente da produção dos demais. As médias de produção volumétrica dos três blocos foram comparadas pelo teste Tukey (Tabela 3), que detectou que a média do Bloco 2 (49,52 m³ ha⁻¹) é superior a produção volumétrica média dos demais blocos, e é a única que difere estatisticamente das médias dos demais blocos. A produção volumétrica média dos blocos 1 (36,92 m³ ha⁻¹) e 3 (35,29 m³ ha⁻¹) foram estatisticamente iguais, ao nível de 5% de significância (Figura 2).

Tabela 3 - Teste de Tukey comparando as médias da produção volumétrica da comunidade do cerrado *sensu stricto* registrada nos três blocos, em 2005, antes da implantação dos tratamentos silviculturais.

| Comparações | | q-stat | p-value |
|-------------|---------|----------|----------|
| Bloco 1 | Bloco 2 | 3,562494 | 0,035899 |
| Bloco 1 | Bloco 3 | 0,037438 | 0,999614 |
| Bloco 2 | Bloco 3 | 3,599932 | 0,033575 |

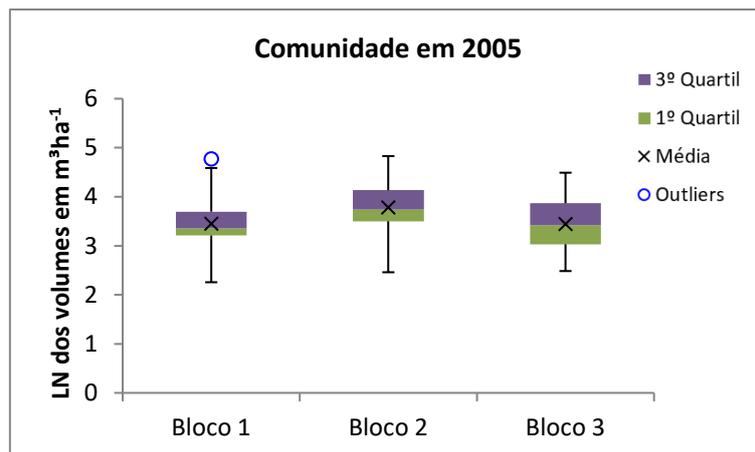


Figura 3- Box plot comparando o volume médio de madeira, em logaritmo neperiano (Ln m³), da vegetação lenhosa arbórea-arbustiva, registrado em 2005, nos três blocos experimentais implantados em área de cerrado *sensu stricto*, localizada na FAL-UnB, , antes da implantação dos tratamentos silviculturais, envolvendo o corte da vegetação.

4.2. Produção volumétrica das espécies potenciais para produção de energia, antes da implantação dos tratamentos silviculturais.

O teste de Shapiro-Wilk mostrou que nos blocos 2 e 3, a produção volumétrica, considerando as três espécies potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*) não apresentou distribuição normal, mesmo após ter os dados de volume transformados em logaritmos neperiano (Tabela 4).

Tabela 4 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de volume, das três espécies do cerrado *sensu stricto*, classificadas como potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*), registrados nos três blocos, antes da implantação dos tratamentos (2005).

| Teste Shapiro-Wilk | Bloco 1 | Bloco 2 | Bloco 3 |
|--------------------|----------|----------|----------|
| W-stat | 0,940674 | 0,923766 | 0,922987 |
| p-value | 0,09484 | 0,033624 | 0,032082 |
| alpha | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| normal | Sim | Não | Não |

Assim sendo, os dados de volume dos três blocos foram submetidos ao teste não-paramétrico de Mann-Whitney. A comparação da produção volumétrica dos três blocos é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Teste de Mann-Whitney comparando as produções volumétricas medianas, considerando as três espécies do cerrado *sensu stricto*, classificadas como potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*), registradas nos três blocos, antes da aplicação dos tratamentos (2005).

| Comparações | | p-value |
|-------------|---------|----------|
| Bloco 1 | Bloco 2 | 0,513348 |
| Bloco 1 | Bloco 3 | 0,522879 |
| Bloco 2 | Bloco 3 | 0,168055 |

Não houve diferença significativa, pelo teste de Mann-Whitney, ao nível de 5% de probabilidade, entre as medianas das produções volumétricas das espécies potenciais para produção de energia, registradas nos três blocos. Os valores de mediana das produções volumétricas registradas nos blocos 1, 2 e 3 foram iguais a, respectivamente, 4,47 m³ ha⁻¹, 9,11 m³ ha⁻¹ e 3,73 m³ ha⁻¹ (Figura 3).

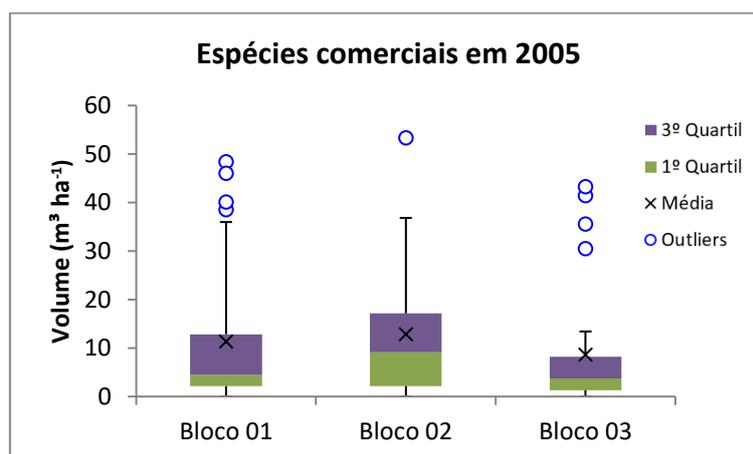


Figura 4 - Box plot comparando a mediana da produção volumétrica das três espécies do cerrado *sensu stricto*, classificadas como potenciais para produção de energia (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*), registradas nos três blocos, antes da aplicação dos tratamentos silviculturais (2005).

É importante notar a presença de *outliers* de volume em todos os blocos (Figura 3), mais especificamente em quatro subparcelas do bloco 1, uma subparcela do bloco 2 e quatro subparcelas do bloco 3. Este é um aspecto que merece atenção antes de realizar as análises, já que os *outliers* com certeza estão elevando os valores das médias da produção volumétrica de cada bloco. Além disso, é outro indício de que é mais razoável comparar as produções em volume dos três blocos a partir dos valores de medianas.

A Tabela 6 apresenta o volume médio de cada uma das três espécies de interesse comercial (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*), registrado antes da implantação dos tratamentos silviculturais. É interessante observar a importância dessas três espécies no volume total da comunidade. Considerando a média dos três blocos, as três espécies juntas representam 26,86% do volume total da comunidade, tendo um valor máximo de 29,16% no tratamento 2. A espécie *Tachigali vulgaris* teve a maior percentagem quando comparado com as duas outras espécies, chegando a representar 22,75% do volume total no tratamento 2. Destaca-se também que as três espécies estão entre as 13 espécies mais dominantes e mais abundantes da comunidade de cerrado *sensu stricto* estudada, sendo *Tachigali vulgaris* a segunda da lista (PAIVA et al., 2011)

Tabela 6 - Volume médio e percentagem do volume de espécies comerciais para cada tratamento antes da aplicação dos tratamentos (2005)

| | Tratamento 1 | | | Tratamento 2 | | | Tratamento 3 | | |
|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------------------|
| | m ³ ha ⁻¹ | % | indv.ha ⁻¹ | m ³ ha ⁻¹ | % | indv.ha ⁻¹ | m ³ ha ⁻¹ | % | indv.ha ⁻¹ |
| <i>D. miscolobium</i> | 3,37 | 8,41% | 87 | 1,90 | 4,22% | 43 | 4,51 | 12,35% | 123 |
| <i>P. pubescens</i> | 0,67 | 1,68% | 37 | 0,98 | 2,18% | 40 | 0,52 | 1,42% | 13 |
| <i>T. vulgaris</i> | 6,76 | 16,85% | 87 | 10,25 | 22,75% | 73 | 3,91 | 10,70% | 73 |
| Comerciais | 10,81 | 26,94% | 210 | 13,14 | 29,16% | 157 | 8,94 | 24,47% | 210 |
| Comunidade | 40,11 | 100,00% | 1787 | 45,06 | 100,00% | 1563 | 36,55 | 100,00% | 1617 |

4.1. Produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva do cerrado *sensu stricto*, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

Nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais, os dados de produção volumétrica registrados nas áreas dos três tratamentos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, ao nível de 5% de significância, que detectou que os dados não apresentavam distribuição normal ($p > 0,05$). Após a transformação dos dados para logaritmo neperiano, os dados foram novamente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o qual detectou a normalidade dos dados de produção volumétrica (Tabela 7). O teste de Levene também foi aplicado aos dados, sendo detectado que as variâncias dos tratamentos são homogêneas ($p=0,142$).

Tabela 7 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de produção volumétrica da comunidade lenhosa arbórea e arbustiva do cerrado *sensu stricto*, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

| Teste de Shapiro-Wilk | TRAT -1 | TRAT - 2 | TRAT - 3 |
|-----------------------|----------|----------|----------|
| W-stat | 0,948056 | 0,941118 | 0,938601 |
| p-value | 0,149928 | 0,097492 | 0,083403 |
| alpha | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| normal | Sim | Sim | Sim |

Após avaliar a normalidade, os dados de produção volumétrica foram submetidos a ANOVA fator duplo, que detectou que 9 anos após a implantação dos tratamentos, as produções volumétricas registradas nas áreas submetidas aos três tratamentos diferiram significativamente ao nível de 5% de significância ($p < 0,001$), ou seja, existem fortes indícios de que os tratamentos influenciaram significativamente no volumes observados, Porém, os blocos que antes apresentavam diferenças significativas, passaram a apresentar médias de certa forma, estatisticamente iguais ($p = 0,3109$), mostrando que o efeito bloco desapareceu em virtude dos tratamentos.

Tabela 8 - Teste de Tukey comparando as médias da produção volumétrica da comunidade do cerrado *sensu stricto* registrada nas áreas submetidas aos três tratamentos, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

| Comparações | | q-stat | p-value |
|-------------|----------|----------|----------|
| TRAT - 1 | TRAT - 2 | 11,95852 | 1,79E-12 |
| TRAT - 1 | TRAT - 3 | 13,90757 | 4,2E-14 |
| TRAT - 2 | TRAT - 3 | 1,949048 | 0,356727 |

Pelo teste Tukey, o tratamento 1, que envolveu a remoção de 100% dos indivíduos com $Db \geq 5$ cm, foi o único que diferiu significativamente dos outros dois tratamentos, ou seja, um período de nove anos não foi suficiente para as áreas submetidas ao tratamento 1 atingirem uma produção volumétrica igual ou até mesmo próxima a produção da área testemunha (TRAT - 3). Tal resultado mostra que em áreas cerrado *sensu stricto* onde ocorre o corte raso da vegetação lenhosa, o tempo necessário para a recuperação da produção volumétrica é bem maior que dez anos, que é, em geral, o período defendido por muitos leigos, sobretudo, é tido como ciclo exploratório ótimo, Oliveira et al.(2002) encontrou em seu estudo uma idade rotação ótima de dez anos, ou

seja, o valor presente líquido foi máximo quando a rotação era de dez anos. Segundo Azevedo (2017), para que se estabeleça a produção volumétrica encontrada antes da aplicação de sistemas silviculturais é necessário um ciclo de corte entre 24 a 26 anos.

Vale observar que no caso do tratamento 2, em que houve a remoção de 100% dos indivíduos das três espécies de interesse comercial, com $Db > 5$ cm, a média da produção volumétrica foi estatisticamente igual à da área testemunha (TRAT - 3). Isto é importante destacar, pois, embora tais espécies fossem responsáveis por, em média, 26,86% da produção volumétrica original do cerrado *sensu stricto*, esse volume foi recuperado em nove anos. Por outro lado, deve-se atentar que, possivelmente esse volume recuperado não tenha sido obrigatoriamente incrementado por essas espécies comerciais, mas sim, por outras espécies, como as pioneiras, que podem ter colonizado as clareiras abertas e ocupado os novos nichos ecológicos disponíveis. Desta forma, uma análise exclusivamente das espécies comerciais deverá favorecer a conclusão real desta questão.

A Figura 4 mostra a comparação das médias da produção volumétrica obtidas para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente, ou seja, $15,305 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, $48,498 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e $53,931 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. Tais médias não foram fortemente influenciadas por *outliers*, considerando que apenas o tratamento 2 teve uma subparcela com *outlier*.

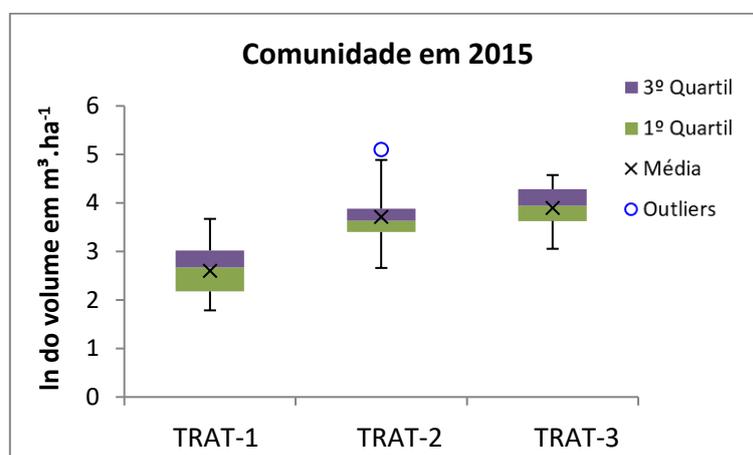


Figura 5 - Box plot comparando a produção volumétrica média, em logaritmo neperiano (Ln m^3), da comunidade do cerrado *sensu stricto* registrada nas áreas submetidas aos três tratamentos, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

4.2. Produção volumétrica das espécies potenciais para produção de energia, 9 anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

Os dados de produção volumétrica, considerando as três espécies de interesse comercial (*Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodum pubescens*), não apresentaram distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk, mesmo após a transformação dos dados para logaritmo neperiano nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais (Tabela 10). Desta forma, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Mann-Whitney, e as medianas comparadas, considerando o nível de 5% de significância.

Tabela 9 - Teste de normalidade de Shapiro-Wilk aplicado aos dados de produção volumétrica das espécies de interesse comercial, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

| Teste de Shapiro-Wilk | TRAT - 1 | TRAT - 02 | TRAT - 03 |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| W-stat | 0,926959 | 0,937299 | 0,955176 |
| p-value | 0,040795 | 0,076946 | 0,232105 |
| Alpha | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Normal | Não | Sim | Sim |

A partir do teste Mann-Whitney foi observado que a mediana da produção volumétrica dos tratamentos 1 (corte de 100% dos indivíduos com $Db > 5$ cm) e 2 (corte de 100% dos indivíduos de três espécies comerciais com $Db > 5$ cm) são estatisticamente iguais ($p = 0,763$), ao nível de 5% de significância (Tabela 11). Portanto, os resultados obtidos mostram que, áreas manejadas com o corte seletivo, após nove anos, tiveram quantidades de produção volumétrica de espécies comerciais estatisticamente iguais a uma área submetida ao corte raso.

A testemunha (TRAT – 3) apresentou a maior mediana ($11,292 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), sendo esta estatisticamente diferente das medianas dos tratamentos 1 e 2.

Tabela 10 - Teste de Mann-Whitney, comparando as medianas da produção volumétrica das espécies de interesse comercial, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

| Comparações | | p-value |
|-------------|----------|-------------|
| TRAT - 1 | TRAT - 2 | 0,763523123 |
| TRAT - 1 | TRAT - 3 | 3,13864E-07 |
| TRAT - 2 | TRAT - 3 | 5,63282E-07 |

A Figura 5 mostra a comparação dos valores de mediana da produção volumétrica obtidos para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente, ou seja, $1,77 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, $2,03 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e $11,29 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. Tais medianas não foram fortemente influenciadas por *outliers*, considerando que apenas o tratamento 1 teve uma subparcela com *outlier*.

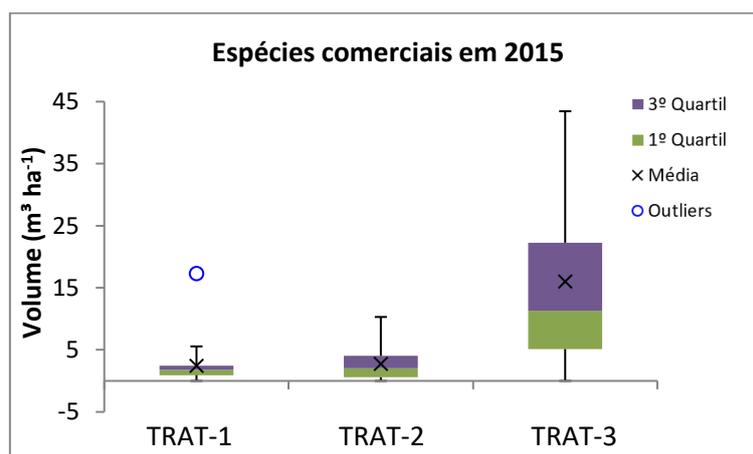


Figura 6 - Box plot comparando a mediana da produção volumétrica, das espécies de interesse comercial, registrada nas áreas submetidas aos três tratamentos, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

Existem então fortes evidências de que um período de nove anos, após a implantação dos tratamentos silviculturais, não foi suficiente para os tratamentos 1 e 2, foram capazes de recuperar a produção volumétrica encontrada no local antes das intervenções, e, nem se quer se aproximam dos valores observados para as testemunhas. Esses resultados confirmam que as similaridades encontradas nas produções em volume dos tratamentos 2 e 3, quando analisado toda comunidade, foram proveniente não apenas do incremento em volume das comerciais que se restabeleceram nas parcelas, mas,

principalmente, do incremento das demais espécies beneficiadas pela supressão das comerciais no tratamento 2.

Nos tratamentos em que houve intervenção silvicultural (TRAT - 1 e TRAT - 2) é possível notar que os valores percentuais dos volumes das espécies comerciais foram reduzidos e se encontram distantes dos valores percentuais totais encontrados na testemunha (TRAT - 3), ou seja, essas espécies foram influenciadas negativamente pelas intervenções, ou, no mínimo, não houve tempo suficiente ainda para restabelecer a produção volumétrica original e o percentual originalmente encontrado de 26,86% do volume total representado pelas três espécies comerciais.

Tabela 11 - Volume médio e percentagem do volume de espécies comerciais para cada tratamento nove anos após a aplicação dos tratamentos (2015)

| | Tratamento 1 | | | Tratamento 2 | | | Tratamento 3 | | |
|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------------------|
| | m ³ ha ⁻¹ | % | indv.ha ⁻¹ | m ³ ha ⁻¹ | % | indv.ha ⁻¹ | m ³ ha ⁻¹ | % | indv.ha ⁻¹ |
| <i>D. miscolobium</i> | 0,66 | 4,33% | 80 | 0,99 | 2,04% | 70 | 3,80 | 7,05% | 163 |
| <i>P. pubescens</i> | 0,18 | 1,20% | 23 | 0,75 | 1,55% | 47 | 3,55 | 6,58% | 63 |
| <i>T. vulgaris</i> | 0,82 | 5,33% | 77 | 1,01 | 2,08% | 47 | 8,68 | 16,09% | 127 |
| Comerciais | 1,66 | 10,86% | 180 | 2,75 | 5,67% | 163 | 16,03 | 29,72% | 353 |
| Comunidade | 15,31 | 100,00% | 1217 | 48,50 | 100,00% | 1860 | 53,93 | 100,00% | 2543 |

A Figura 6 mostra a produção volumétrica registrada para cada uma das três espécies comerciais, antes e após a implantação de cada tratamento silvicultural. *Tachigali vulgaris* foi a espécie comercial que mais se destacou pelo seu potencial volumétrico, apresentando os maiores valores de volume em todos os cenários, exceto no tratamento 3 do ano de 2005, em que seu volume foi inferior ao volume da espécie *Dalbergia miscolobium*. Em contrapartida, *Pterodon pubescens* foi a espécie que menos se destacou entre as três espécies, já que apresentou menor produção volumétrica em todas os cenários analisados.

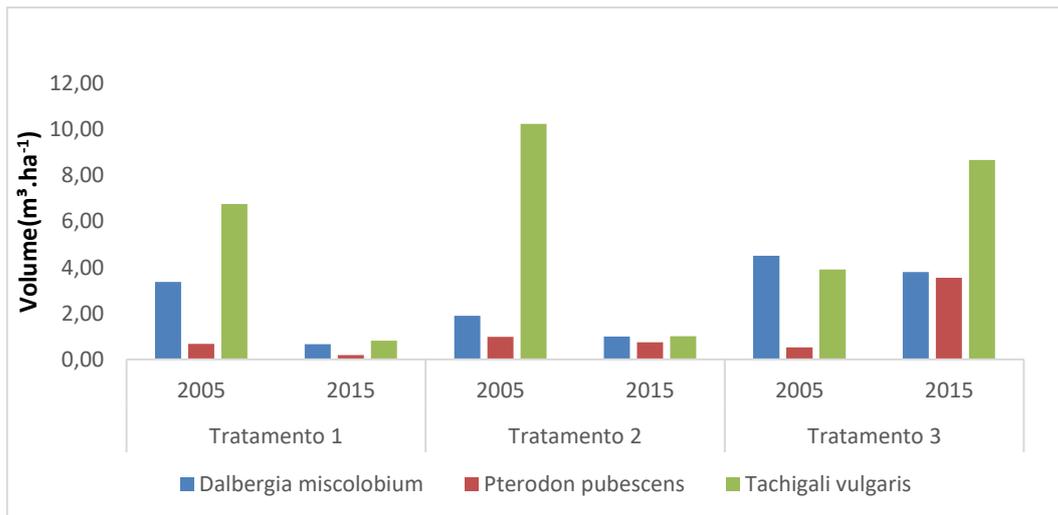


Figura 7 - Comparação da produção volumétrica das espécies *Tachigali vulgaris*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens*, antes e nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

4.3. Incremento periódico anual do volume das espécies de interesse comercial

Nos tratamentos 1 e 2, os volumes finais obtidos em 2015 representam o incremento total do volume, pois, em 2006, a vegetação objeto de cada tratamento foi suprimida, porém, no tratamento testemunha (TRAT - 3), o incremento foi obtido pela diferença entre os volumes registrados em 2015 e 2005.

Os dados de incremento ($m^3 ha^{-1}$) foram submetidos ao teste não-paramétrico de Mann-Whitney, visando detectar diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 12).

Tabela 12 – Teste de Mann-Whitney, comparando os incrementos médios anuais das espécies de interesse comercial, nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais.

| Comparações | | p-value |
|-------------|----------|----------|
| TRAT - 1 | TRAT - 2 | 0,763523 |
| TRAT - 1 | TRAT - 3 | 0,172695 |
| TRAT - 2 | TRAT - 3 | 0,230075 |

Segundo o teste de Mann-Whitney, não houve diferenças significativa entres as medianas dos incrementos periódicos anuais em volume ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) obtidos em todos os tratamentos ($p > 0,05$), ou seja, as áreas manejadas conseguiram estabelecer taxas de

crescimento iguais as da testemunha, evidenciando que os tratamentos aplicados nove anos atrás, não influenciaram de alguma forma no incremento periódico anual em volume das espécies de interesse comercial, é simplesmente uma questão de tempo para se atingir os valores de produção volumétrica média observados originalmente. As medianas dos IPA em volume foram iguais a respectivamente, $0,292 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, $0,227 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $0,197 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para os tratamentos 1, 2 e 3.

4.4. Incremento periódico anual do Db para toda a comunidade lenhosa arbórea-arbustiva do cerrado *sensu stricto* e para as espécies de interesse comercial

Considerando que durante o período monitorado foram registrados vários incrementos negativos, ou seja, decrementos, foi realizada a divisão dos incrementos periódicos anuais (IPA) em diâmetro, visto que, a inclusão dos incrementos negativos com os incrementos positivos, geravam médias de IPA muito pequenas e pouco coerentes. A Tabela 13 apresenta os incrementos periódicos em Db, por tratamento e por classe de IPA, para os indivíduos vivos com $\text{Db} \geq 5 \text{ cm}$.

O tratamento 1 teve a maior média de $\text{IPA} > 0$ (de $0,729 \text{ cm ano}^{-1}$), seguido dos tratamentos 2 ($0,514 \text{ cm ano}^{-1}$) e 3 ($0,475 \text{ cm ano}^{-1}$). Isto significa, que áreas submetidas à intervenções silviculturais resultam em maiores IPA do Db. Rezende (2002) encontrou resultados similares de $0,56 \text{ cm.ano}^{-1}$, porém ligeiramente inferior do que o encontrado para o tratamento 1. O fato de o tratamento testemunha ter apresentado o menor incremento anual de diâmetro era de certa forma esperado, considerando a própria natureza do crescimento dos indivíduos vegetais, que reflete no crescimento das florestas como um todo, pois, florestas maduras possuem mais indivíduos dominantes, por consequência, maior competição por luz. Estudos mostram que as florestas, durante o processo de sucessão ecológica, tendem a decrescer o incremento médio anual em diâmetro a medida que aumenta a competição por luz (VACCARO, 2002). Situação semelhante ocorre, inclusive de maneira mais notória, em florestas plantadas. O estudo Costa (2017), em uma floresta de plantada de araucárias, verificou que o aumento da competição provoca diminuição do diâmetro das árvores e aumento no crescimento em altura.

Tabela 13 –Classes de incremento periódico anual em Db (IPA_{Db}) por tratamento, registrado na comunidade de cerrado *sensu stricto*.

| Classes de IPA | IPA médio ($cm\ ano^{-1}$) | Frequência Absoluta | Frequência Relativa |
|----------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| TRAT – 1 | | | |
| IPA>0 | 0,729 | 328 | 100,00 |
| IPA<0 | 0,000 | 0 | 0,00 |
| IPA=0 | - | 0 | 0,00 |
| Total | 0,729 | 328 | |
| TRAT – 2 | | | |
| IPA>0 | 0,514 | 453 | 84,04 |
| IPA<0 | -0,662 | 86 | 15,96 |
| IPA=0 | - | 17 | 3,15 |
| Total | 0,316 | 539 | |
| TRAT – 3 | | | |
| IPA>0 | 0,475 | 456 | 94,02 |
| IPA<0 | -0,070 | 29 | 5,98 |
| IPA=0 | - | 9 | 1,86 |
| Total | 0,434 | 485 | |

Conforme pode ser observado na Tabela 13, no tratamento 1 não houve registro de incrementos negativos ($IPA < 0$), entretanto no tratamento 2, o percentual de indivíduos com incremento negativo foi de, aproximadamente, 16%, com média anual de - 0,662 $cm\ ano^{-1}$. Além disso, nesse mesmo tratamento, 3,15% dos indivíduos apresentaram crescimento nulo, ou seja, $IPA = 0$.

Uma possibilidade para o alto percentual de indivíduos com decremento do Db no tratamento 2 é de que as áreas desse tratamento podem ter sido mais afetadas pelo incêndio ocorrido em 2012, porém, são necessários mais estudos para concluir. O tratamento da testemunha também apresentou altas taxas de crescimento negativo (5,98%) com média de -0,070 $cm\ ano^{-1}$ e 1,86% com incremento nulo. O fato de alguns indivíduos terem tido IPA em Db igual a zero, não significa que eles não cresceram ou que tiveram o crescimento estagnado, mas, sim que foram afetados, principalmente pelo fogo, perdendo a casca e retornando aos valores de Db obtidos no primeiro inventário (2005).

A Tabela 14 apresenta o IPA_{Db} ($cm\ ano^{-1}$) dos indivíduos vivos de interesse comercial registrados nas áreas de cada tratamento.

Tabela 14 - Incremento periódico anual em Db (cm ano⁻¹) dos indivíduos vivos de interesse comercial por tratamento.

| Espécie | TRAT - 1 | TRAT - 2 | TRAT - 3 |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| <i>Dalbergia miscolobium</i> | 0,637 | 0,528 | 0,280 |
| <i>Pterodon pubescens</i> | 0,794 | 0,803 | 0,599 |
| <i>Tachigali vulgaris</i> | 0,844 | 0,917 | 1,026 |
| IPADb geral das espécies comerciais | 0,741 | 0,717 | 0,571 |

Nota-se que os IPADb para as espécies de interesse comercial, registrados em cada tratamento, apresentou comportamento semelhante ao obtido para toda a comunidade, ou seja, o tratamento testemunha (TRAT-3) apresentou os menores IPADb para as espécies comerciais, exceto para a espécie *Tachigali vulgaris* (1,026 cm ano⁻¹). Ainda assim, a média dos IPADb, considerando as três espécies, é no mínimo 25% menor, que os valores registrados nos outros tratamentos. Esta mesma situação ocorreu quando analisado o IPA do Db para toda a comunidade, sendo igualmente explicada pelo fator competição, onde as espécies preferem crescer em altura.

Os dados obtidos anteriormente comprovam esta hipótese, pois, o IPA do volume não foi inferior no tratamento testemunha (Tabela 12), evidenciando que o incremento em altura da testemunha certamente foi maior que nos demais tratamentos, para compensar os baixos incrementos do Db. Em contrapartida, os tratamentos 1 e 2 tiveram resultados, de certa forma, bastante similares para todas as espécies, inclusive os incrementos médios considerando todas as três espécies foram próximos, sendo 0,741 cm ano⁻¹ para o TRAT - 1 e 0,717 cm ano⁻¹ para o TRAT 2.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados é possível concluir que:

- Nove anos após a implantação dos tratamentos silviculturais, a comunidade não conseguiu recuperar a produção volumétrica original registrada em 2005, para as três espécies de interesse comercial para produção de energia;

- O tratamento 1, que removeu 100% dos indivíduos de toda a comunidade com Db ≥ 5 cm, apresentou a menor produção volumétrica média (m³ ha⁻¹);

- O incremento médio anual do volume não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, contudo, para o incremento médio anual em Db, o tratamento 1 foi o que apresentou o maior valor;

- O manejo florestal provoca aumento nas taxas de incremento médio anual do diâmetro da base, sendo maior no tratamento 1

- *Tachigali vulgaris* foi a espécie que apresentou maior incremento em diâmetro durante o período monitorado, evidenciando ser uma espécie ideal para o manejo;

- Explorar apenas as espécies comerciais resulta em produções volumétricas estatisticamente iguais aquelas obtidas pelo corte raso da vegetação, evidenciando que o corte seletivo destas espécies pode ser mais eficiente para a produção de biomassa energética.

6. REFERENCIAS

ASSAD, M. L. Lopes. Sistema de Informações Geográficas na Avaliação da Aptidão Agrícola de Terras. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Org.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa/ CPAC, 1993.

AZEVEDO, G. B. **Volume e biomassa lenhosa de um cerrado sensu stricto monitorado por 27 anos após intervenções silviculturais**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). - Universidade de Brasília, Brasília, DF. Brasília. 94 f. 2017

BAPTISTA, G. M. M.; CORRÊA, R, S.; SANTOS, P, F. Campos de murundus da Fazenda Água Limpa da UnB: hipóteses de origem. **Revista do Ceam**, v. 2, n. 1, 2013.

CAVALCANTI, R. B.; JOLY, C. A. Biodiversity and Conservation Priorities in the Cerrado Region. Oliveira, P. S.; Marquis, R. J. (Eds.). **The Cerrados of Brasil: Ecology and Natural History of Neotropical Savanna**. Columbia University Press, New York. 351–367p. 2002.

COSTA, E. A.; FINGER, C, A, G. Efeito da Competição nas Relações Dimensionais de Araucária, Santa Maria, RS. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1. 2017.

DUBOC, E.; COSTA, C. J.; VELOSO, R. F.; OLIVEIRA, L. D. S.; PALUDO, A. Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados-Documents** (INFOTECA-E). 2007.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Org). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectiva**. Brasília: Universidade de Brasília, 68f, 1994.

ESCOLANO, A. J. **Análise da oferta e demanda doméstica por alguns produtos oriundos de florestas nativas no Brasil – período de 1986 a 2016**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 113f, 2020.

FISHER, R.A. **Statistical Methods for Research Workers**: 1a ed. Edinburgh: Oliver and Boyd. 1954.

GDF. Governo Do Distrito Federal. **Decreto nº 38.849, de 8 de fevereiro de 2018. Dispõe sobre o tombamento de espécies arbóreo-arbustivas, e dá outras providências**. Brasília, 2018.

GRANDE, T. O. **Desmatamentos no Cerrado na última década: perda de hábitat, de conectividade e estagnação socioeconômica**. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia) Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília. 153f. 2019.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: NOVAES-PINTO, M. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 309-330. 1990.

INMET. Estações e Dados: BDMAP – Dados Históricos. Estação: 83373- RONCADOR – DF. 2014. (Em <http://www.inmet.gov.br>).

LEVENE, H. Robust Tests for the equality of variance. In: Olkin, I (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics**. Palo Alto, California: Stanford University Press. p. 278–292. 1960.

LIMA, C. L. M. Agricultura familiar no cerrado como alternativa frente ao desmatamento no Município de Morrinhos/GO. In: II SIAS - Seminário Interdisciplinar em Ambiente e Sociedade 2018, Morrinhos, GO. **Anais...** Morrinhos: Universidade Estadual de Goiás. p. 233-237. 2018.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. A test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annual Mathematics and Statistical**, v.18, p.50-60, 1947.

MAURANO, L. E.; ALMEIDA, C. A.; MEIRA, M. B. Monitoramento do desmatamento do cerrado brasileiro por satélite PRODES cerrado. In: XIX Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos, SP. **Anais...** São Paulo: INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais, p. 191-194. 2019

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2a ed. Rio de Janeiro, RJ: BGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989.

OLIVEIRA, A. D.; MELLO, A. A.; SCOLFORO, J. R. S.; RESENDE, J. L. P.; MELO, J. I. F. Avaliação econômica da regeneração da vegetação de cerrado, sob diferentes regimes de manejo. Viçosa, MG: **Revista Árvore**, v.26. 2002.

PAIVA, A, O.; REZENDE, A, V.; PEREIRA, R. S. Estoque de Carbono Em Cerrado Sensu Stricto Do Distrito Federal. Viçosa, MG: **Revista Árvore**, v. 35. 2011.

PINTO, M. N. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2a. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Sematec, 1993

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEREDO FILHO, A.; FIELFILLI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Florestalis**, n,71, p. 65-76, 2006.

REZENDE, A. V. **Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes distúrbios por desmatamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Brasília 2020. 269f. 2002

RIBEIRO, A. C. F.; FONSECA, L. C.; PEREIRA, C. M. P. Vista do O Plano de Manejo Florestal Como Instrumento de Desenvolvimento Sustentável Na Amazônia. João Pessoa: **Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito** v. 11 n. 1. 2020.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B. M. T. fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-Cerrados, p.89-47. 1998.

SEDUH. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal. **“GeoPortal - DF”**. Disponível em: <www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/#>. Acesso em 18 Nov. 2020.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 53, n. 3/4, p. 591-611. 1965.

SIQUEIRA, H. F.; PATRÍCIO, E. P. S.; LIMA, M. D. R.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO, P. F.; PROTÁSIO, T. P. Avaliação de três madeiras nativas do cerrado goiano visando à utilização energética. Viçosa, MG: **Revista Nativa**, v.8, p.615-624. 2020.

VACCARO, S. **Crescimento de uma floresta estacional decidual, em três estágios sucessionais, no município de Santa Tereza, RS**. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Tereza, RS. 2019.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. **Disponibilidade de energia na forma de calor da biomassa lenhosa de um cerrado *sensu stricto* da região de Brasília.** Brasília, 2003.