Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Efeito do desbaste na interação entre os componentes de um sistema silvipastoril

Humberto Tadeu Menecheli Filho

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção
em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2019

Humberto Tadeu Menecheli Filho
Engenheiro Florestal

Efeito do desbaste na interação entre os componentes de um sistema silvipastoril
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Profa. Dra. **LUCIANA DUQUE SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção
em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Menecheli Filho, Humberto Tadeu

Efeito do desbaste na interação entre os componentes de um sistema silvipastoril / Humberto Tadeu Menecheli Filho. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

111 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sistema agroflorestal 2. Manejo Florestal 3. Eucalipto 4. Produtividade
I. Título

DEDICATÓRIA

Ao meu querido avô **Diolino Menecheli “Menecas”**,

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de primeiramente agradecer meus pais Humberto e Carmen, meus irmãos Luana e Diego e a minha namorada Giulia por sempre apoiar meus sonhos.

Eu agradeço minha família (avós, tias, tios e primos) que me ajudaram durante esta caminhada.

Eu agradeço a Dra. Professora Luciana Duque Silva pelos conselhos, amizade, parceria e conhecimentos transferido.

Agradeço principalmente a equipe da fazenda Santo Antônio, Juninho e sua equipe, o qual o apoio foi essencial e tornaram este trabalho possível.

Meu agradecimento especial a Professora Dra. Maria José Brito Zakia (FCA/UNESP) por todo apoio durante a minha vida profissional, sempre acreditar no meu potencial e pela amizade.

Meu agradecimento especial ao Professor Dr. Luiz Carlos Estraviz Rodrigues (ESALQ), Silvana Nobre (Atrium Forest), Frans Pareyn (APNE), Enrique Riegelhaupt (APNE), e meu coorientador Professor Dr. Ciro Abbud Righi (ESALQ).

Eu agradeço aos meus colegas de laboratório do LEFS: Hanieri Alves, Jéssica Lira, minha estagiaria Isabella Pereira Barbosa, Renato Alexandre, Luís Valentino, Tatima Krebauy, Gleice Rodrigues, Ciro Ribeiro, Manuela, Gustavo.

Não posso esquecer de agradecer o incrível Jefferson Polizel por todo suporte e ajuda.

Agradeço a Universidade de São Paulo, em especial ao departamento de Ciências Florestais, e funcionários por todo suporte durante o meu mestrado, em especial ao prezado Eliezer Obrownick.

Agradeço aos meus colegas de pensão engenheiro agrônomo Dayson Brandão e engenheiro agrônomo Marcus “mocó” Vinicius Talamini Junior.

Agradeço aos meus amigos Maycon Longhi, Fernando Prati, Felipe Bonato, Eduardo Sicchieri, Rafael Mazer, Vanessa Rizi, Cesar Gonsalves Afonso Frizo, Pedro Frizo e Guilherme “Loro” pelo apoio.

Agradeço a todos amigos da Republica Kombat, em especial aos meus colegas Guilherme Laís “Garibaldi” e Thiago Curralero “=”.

Eu agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a FEALQ pelo suporte.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. DESENVOLVIMENTO.....	17
2.1. O GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i> E SEU CENÁRIO NACIONAL.....	17
2.2. CULTIVAR AEC 1528	18
2.3. CARATERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS DE CORRENTINA.....	18
2.4. TRATAMENTOS SILVICULTURAIS: DESBASTE NO GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i>	19
2.5. SISTEMAS AGROFLORESTAIS E INTERAÇÕES ECOLÓGICAS.....	21
2.6. MANEJO DO COMPONENTE ARBÓREO	24
2.7. ARQUITETURA E MORFOMETRIA DA COPA.....	26
2.8. MANEJO DA PASTAGEM	27
2.9. RESPOSTAS DAS FORRAGEIRAS AO SOMBREAMENTO.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	34
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
3.1. INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO PELO COMPONENTE ARBÓREO	39
3.2. DESENVOLVIMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS O DESBASTE	42
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	48
4. RESULTADOS	49
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA, SOLO E PASTEJO DOS ANIMAIS NA ÁREA EXPERIMENTAL	49
4.2. INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO PELO COMPONENTE ARBÓREO	54
4.3. DESENVOLVIMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS O DESBASTE	62
4.4. INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO, PRODUÇÃO DE PASTAGEM E ÁREA BASAL.....	75
5. DISCUSSÃO	77
5.1. FATORES CARACTERÍSTICOS AO SOLO E A UMIDADE, E SUAS POSSÍVEIS INTERAÇÕES COM A RESPOSTA DOS COMPONENTES DE SAFs	77
5.2. INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO PELO COMPONENTE ARBÓREO	78
5.3. DESENVOLVIMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA SILVIPASTORIL APÓS O DESBASTE	80
5.4. INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO E ÁREA BASAL.....	84
6. CONCLUSÃO.....	85
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXOS.....	93

RESUMO

Efeito do desbaste na interação entre os componentes de um sistema silvipastoril

O desbaste é uma técnica silvicultural tradicional e amplamente adotada, consiste na remoção de uma porção da área basal do povoamento florestal com o principal objetivo de reduzir a competição por recursos e concentrar o crescimento nas árvores alvo da colheita final, porém em sistemas agroflorestais essa técnica também beneficia outros componentes do sistema, se bem planejada. O objetivo deste estudo foi definir uma estratégia de desbaste em sistemas silvipastoris em áreas de déficit hídrico. O experimento foi conduzido em uma área plantada em 2011 com *Eucalyptus urophylla* x *grandis*, espaçamento 9 m por 3 m, em consórcio com *Brachiaria brizantha marandu* (plantada em 2013), implantada em 2013, localizado no município de Correntina - BA. Em 2015, o experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com três blocos e seis tratamentos. As intensidades de desbastes foram as seguintes (representada pela porcentagem de árvore removida por renque): 0%-0%, 50%-33%, 100%-0%, 50%-50%, 50%-66%, 100%-33%. A parcela total tem formato retangular e tamanho de 100 por 54 m, abrangendo seis renques, e a parcela útil de tamanho de 75 por 18 metros e abrangendo dois renques. Foram realizadas cinco avaliações, em intervalos de três meses, do componente arbóreo, sendo mensurados o DAP, altura, altura da copa, área da copa e índice de área foliar. Foram realizadas quatro avaliações, repetidas a cada três meses, de biomassa da pastagem e umidade do solo, para a pastagem foram realizadas nove amostras sistemáticas por parcela em uma área de 0,25 m² e cortes realizados na altura de 20 cm. Para o solo foram coletadas duas amostras nas profundidades de 20 e 40 cm do solo, na mesma localidade onde foram realizadas a coleta de amostras de pastagem. A avaliação do componente arbóreo mostrou que o DAP, comprimento da copa em relação à altura, área da copa tiveram resposta positiva com o desbaste, porém a altura mostrou uma resposta negativa com o desbaste. A área basal do sistema silvipastoril e a produção de biomassa da planta forrageira apresentaram relação inversa, pois o sombreamento do componente arbóreo tem relação positiva com a área basal e a produção de pastagem tem relação negativa com o sombreamento. A produção de matéria seca da pastagem teve uma resposta positiva ao desbaste quando comparado com o tratamento sem desbaste. As densidades de 370 arv.ha⁻¹ e 142 arv.ha⁻¹ resultaram em menor umidade do solo. O desbaste teve efeito positivo na conservação de água por diminuir a evapotranspiração total do componente arbóreo, porém altas intensidades de desbaste diminuíram a umidade do solo, devido ao aumento da evapotranspiração do solo e da pastagem. O desbaste mais adequado foi de intensidades moderadas, com área basal residual entre 4 m²/ha na idade de 7 anos e arranjos com um coeficiente de retangularidade menor que 2.

Palavras-chave: Sistema agroflorestal; Manejo florestal; Eucalipto; Produtividade

ABSTRACT

Effect of thinning on the interaction between the components of a Silvopastoral System

Thinning is a traditional and widely adopted silvicultural technique, consisting of the removal of a portion of the basal area of the forest stands with the main objective of reducing the competition for resources and concentrating the growth in the final harvest trees. The adoption of silvopastoral systems has been growing in Brazil and with this, the opportunity to produce lumber, but little information is available on the management of these types of crops. The objective of this study was to define a strategy of thinning silvopastoral systems in areas of water deficit, taking into account the production of sawn wood and pasture. The experiment was conducted in an area planted in 2011 with *Eucalyptus urophylla* x *grandis*, spaced 9 m by 3 m, in a consortium with *Brachiaria brizantha* marandu (planted in 2013), established in 2013, located in the municipality of Correntina - BA. In 2015, the experiment was installed in a randomized complete block design with three blocks and six treatments. The treatments and intensities of thinning were (represented as percentage of trees removed by rows): 0% -0%, 50% -33%, 100% -0%, 50% -50%, 50-66%, 100% -33%. The total plot has a rectangular shape and size of 100 by 54 meters, covering six rows, and the measurement plot size of 75 by 18 meters and comprising two rows. Five evaluations were performed, at three month intervals, of the tree component, and the DBH, height, crown height, crown area and leaf area index were measured. Four evaluations, repeated every three months, of pasture biomass and soil moisture were carried out. Nine systematic samples were taken per plot in an area of 0.25 m² and cuts were performed at a height of 20 cm. For the soil, two samples were collected at depths of 20 and 40 cm from the soil, in the same locality where the grazing samples were collected. The evaluation of the tree component showed that the DBH, canopy length in relation to height, crown area had a positive response with thinning, but height showed a negative response to thinning. The basal area of the silvopastoral system and the biomass production of the forage plant resulted an inverse relation, since the shading of the tree component has a positive relation with the basal area and the pasture production has negative relation with the shading. The dry matter production of the pasture had a positive response to thinning when compared to the treatment without thinning. The densities of 370 arv.ha⁻¹ and 142 arv.ha⁻¹ resulted in lower soil moisture. Thinning had a positive effect on water conservation by reducing total evapotranspiration of the tree component, but high thinning intensities have reduced soil moisture due to increased evapotranspiration of soil and pasture. The most adequate thinning for silvopastoral system is of medium intensities, with a retained basal area around 4 m² / ha and arrangements with a rectangular coefficient lower than 2.

Keywords: Agroforestry system; Forest management; Eucalyptus; Thinning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfilho de gramíneas. (Fonte: RODRIGUES; RODRIGUES, 1987).....	27
Figura 2: Localização do município de Correntina. (Fonte: IBGE, 2017, modificado).....	31
Figura 3: Precipitação média e temperatura mensal média da cidade de Correntina – BA. Fonte: Alvares et al (2013).....	32
Figura 4: Balanço hídrico médio normal da cidade de Correntina – BA. Fonte: Alvares et al (2013), modificado.	32
Figura 5: Fluxograma da área experimental.	33
Figura 6: Anel cilíndrico utilizado para coleta de amostras.....	34
Figura 7: Pontos de amostragem do solo.....	35
Figura 8: Pesagem da amostra de solo para obtenção do massa seco.	36
Figura 9: Representação esquemática dos tratamentos. A: 0%L1-0%L2; B: 50%L1-33%L2; C: 100%L1-0%L2; D: 50%L1-50%L2; E: 50%L1-66%L2; F: 100%L1-33%L2.....	38
Figura 10: Representação das medições realizadas na copa do Eucalipto. Fonte (WINK et al., 2012; modificado).	39
Figura 11: 1: Medição do índice de área foliar nas parcelas com o equipamento LAI-2200C. a: Sensor ótico; b: Registrador de dados; 2: Pontos de amostragem do IAF na parcela.....	40
Figura 12: Medição de radiação a partir do aparelho PAR.....	41
Figura 13: Medição do DAP com o auxílio da suta.	43
Figura 14: Exemplo de um perfilho de <i>Brachiaria brizantha</i> , a esquerda, e de uma touceira, a direita. a: folha; b: material morto; c: haste.	47
Figura 15: Pontos de amostragem da pastagem	47
Figura 16: Precipitação média e temperatura mensal média da cidade de Correntina - BA. Fonte: INMET (2018).....	49
Figura 17: Balanço hídrico normal da cidade de Correntina – BA	50
Figura 18: Curva de retenção de água no solo.	51
Figura 19: Média da umidade do solo na profundidade de 20 cm de profundidade nas estações de Inverno e primavera de 2017 e Verão e Outono de 2018.	53
Figura 20: Média da umidade do solo na profundidade de 40 cm de profundidade nas estações de Inverno e primavera de 2017 e Verão e Outono de 2018.	54
Figura 21: Média da relação de copa viva nas estações avaliadas.	55
Figura 22: Média de área individual de projeção copas nas estações avaliadas.	56
Figura 23: Média da diferença entre os diâmetros da copa da entrelinha e da linha nas estações avaliadas.....	57
Figura 24: Média da somatória das áreas das copas em relação a área das parcelas nas estações avaliadas.....	58
Figura 25: Média do índice de área foliar nas estações avaliadas.	59
Figura 26: Porcentagem da radiação fotossinteticamente ativa disponível para a pastagem durante o verão. a: tratamento 0%L1-0%L2; b: tratamento 50%L1-33%L2; c: tratamento 100%L1-0%L2; d: tratamento 50%L1-50%L2; e: tratamento 50%L1-66%L2; f: tratamento 100%L1-33%L2. Fonte imagem: (WINK et al., 2012).....	61

Figura 27: Média da altura total do componente arbóreo nas estações avaliadas.....	62
Figura 28: Média do DAP nas estações avaliadas dos anos 2015, 2017 e 2018.	63
Figura 29: Média de incremento da área basal acumulado total e incremento basal acumulado relativo ao inicial de 55 meses de idade até 88 meses de idade.	65
Figura 30: Incremento basal separado por estações avaliadas.	66
Figura 31: Média de volume individual do componente arbóreo estações avaliadas após o desbaste.	67
Figura 32: Média de volume por hectare nas idades de 76, 79, 82, 85 e 88 meses.	68
Figura 33: Incremento volumétrico por hectare entre os meses 55 a 88 meses.	69
Figura 34: Incremento volumétrico separado por estações avaliadas.	70
Figura 35: Média de volume de produtos por hectare nas estações de outono de 2017 e outono de 2018.	71
Figura 36: Média da massa seca da pastagem por estação.	72
Figura 37: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no mês de julho (estação de inverno).	73
Figura 38: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no mês de outubro.	74
Figura 39: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no Verão.	74
Figura 40: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no mês de junho.	75
Figura 41: Regressão linear da produção de biomassa total seca e da área basal em função do sombreamento no mês de julho (Inverno).	76
Figura 42: Ilustração da pastagem durante a estação de inverno: A: 0%L ₁ -0%L ₂ ; B: 50%L ₁ -33%L ₂ ; C: 100%L ₁ -0%L ₂ ; D: 50%L ₁ -50%L ₂ ; E: 50%L ₁ -66%L ₂ ; F: 100%L ₁ -33%L ₂	108
Figura 43: Ilustração da pastagem durante a estação de primavera: A: 0%L ₁ -0%L ₂ ; B: 50%L ₁ -33%L ₂ ; C: 100%L ₁ -0%L ₂ ; D: 50%L ₁ -50%L ₂ ; E: 50%L ₁ -66%L ₂ ; F: 100%L ₁ -33%L ₂	109
Figura 44: Ilustração da pastagem durante a estação de verão: A: 0%L ₁ -0%L ₂ ; B: 50%L ₁ -33%L ₂ ; C: 100%L ₁ -0%L ₂ ; D: 50%L ₁ -50%L ₂ ; E: 50%L ₁ -66%L ₂ ; F: 100%L ₁ -33%L ₂	110
Figura 45: Ilustração da pastagem durante a estação de outono: A: 0%L ₁ -0%L ₂ ; B: 50%L ₁ -33%L ₂ ; C: 100%L ₁ -0%L ₂ ; D: 50%L ₁ -50%L ₂ ; E: 50%L ₁ -66%L ₂ ; F: 100%L ₁ -33%L ₂	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies submetidas ao desbaste e localidades Fonte: (FORRESTER et al., 2010, modificado).....	20
Tabela 2: Quantidade de animais que realizou o pastoreio na área	33
Tabela 3: Resultado da análise preliminar do componente arbóreo a instalação do experimento.	36
Tabela 4: Caracterização dos tratamentos.....	37
Tabela 5: Equações volumétricas obtidas a partir dos volumétricos e a regressão utilizando os dados da cubagem rigorosa.	45
Tabela 6: Características dos produtos utilizados para o cálculo do sortimento da madeira de Eucalipto.	45
Tabela 7: Resultado da análise granulométrica do solo da área experimental.	50
Tabela 8: Características químicas do solo da área experimental.	52
Tabela 9: Teste Tukey das medidas pareadas dos diâmetros das copas nas estações avaliadas.	58
Tabela 10: Transmissão de radiação relativa estimada para cada tratamento.	60
Tabela 11: Média da proporção entre os DAPs (cm) da entrelinha e da linha nas estações avaliadas.....	64
Tabela 12: Teste Tukey do volume por hectare em cada tratamento durante as estações avaliadas.....	68
Tabela 13: Teste Tukey para o Incremento volumétrico, incremento individual e volume removido.....	69
Tabela 14: Dados climáticos de Correntina durante o experimento.....	93
Tabela 15: Granulometria de cada parcela experimental.	94
Tabela 16: Resultado para a curva de retenção do solo.	94
Tabela 17: Altura média em metros dos tratamentos durante as estações analisadas.....	95
Tabela 18: DAP médio dos tratamentos nos períodos avaliados.....	95
Tabela 19: Diferença média entre os DAPs na linha em entrelinha nos tratamentos.....	96
Tabela 20: Área basal por tratamento em cada estação avaliada.	96
Tabela 21: Área basal acumulado total, relativa a área basal inicial e acumulado das dominantes.	97
Tabela 22: Área basal acumulada por árvore.	97
Tabela 23: Volume individual por tratamento por estação avaliada.....	97
Tabela 24: Volume por ha por tratamento em cada estação avaliada.....	97
Tabela 25: Incremento volumétrico acumulado do desbaste até a idade de 88 meses em m ³ /ha.	98
Tabela 26: Sortimento da madeira em m ³ /ha em cada estação avaliada.....	98
Tabela 27: Índice de área foliar por estação avaliada.	100
Tabela 28: Relação de copa viva com a altura total por estação avaliada.	100
Tabela 29: Área de projeção da copa.	100
Tabela 30: Diferença entre as medições da copa no sentido da linha e entrelinha.	100

Tabela 31: Área ocupada pela copa do <i>Eucalyptus</i> em relação a área da parcela.	101
Tabela 32: Produção de matéria seca da pastagem durante as estações avaliadas.	101
Tabela 33: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de inverno.	102
Tabela 34: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de primavera.	102
Tabela 35: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de verão.	102
Tabela 36: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de outono.	103
Tabela 37: Umidade do solo na profundidade de 20 cm do solo nas estações avaliadas.	103
Tabela 38: Umidade do solo na profundidade de 40 cm do solo nas estações avaliadas.	103
Tabela 39: Radiação fotossinteticamente ativa durante as estações de verão e outono.	103
Tabela 40: Distribuição diamétrica em cinco classes antes do desbaste, aos 55 meses de idade.	104
Tabela 41: Distribuição diamétrica em cinco classes após o desbaste, aos 55 meses de idade.	104
Tabela 42: Distribuição diamétrica em cinco classes na última avaliação, outono de 2018, aos 88 meses de idade.	104
Tabela 43: Distribuição da área basal em cinco classes diamétrica antes do desbaste, aos 55 meses de idade.	105
Tabela 44: Distribuição da área basal em cinco classes diamétrica após o desbaste, aos 55 meses de idade.	105
Tabela 45: Distribuição da área basal em cinco classes na última avaliação, outono de 2018, aos 88 meses de idade.	106
Tabela 46: Incremento basal acumulado das árvores dominantes.	107

1. INTRODUÇÃO

Uma das alternativas para a viabilidade do aumento da produção de madeira em ciclos longos destinadas para serraria é a integração de culturas a partir do uso dos sistemas agroflorestais. De acordo com a FAO (2009), a população mundial irá crescer de 2016 até 2050 em 31% e o Brasil será responsável por 40% da produção mundial de alimentos, fibra, energia e madeira. O maior desafio será conciliar o aumento da produção e a conservação ambiental. Aumentando assim a demanda pelo desenvolvimento de tecnologias e boas práticas que utilizem de forma mais eficiente os recursos disponíveis para a produção agropecuária e florestal. Uma das alternativas para o aumento de eficiência na utilização dos recursos disponíveis é a adoção de sistemas agroflorestais, como por exemplo o sistema silvipastoril. O sistema silvipastoril é um dos modelos do sistema agroflorestal, sendo formado por componente florestal, pastagem e animal, onde ocorrem interações ecológicas e econômicas (OLIVEIRA NETO et al., 2010).

Além do aumento de produção, outro desafio que o aumento populacional proporcionará será a migração da produção florestal para áreas onde o clima é mais restritivo em relação a disponibilidade hídrica. Tal circunstância exige pesquisa e desenvolvimento de manejos adequados e uso de espécies resistentes a tais situações.

No Brasil, adoção de sistemas silvipastoris vem crescendo, modo de produção onde o eucalipto também vem sendo utilizado. Porém, para garantir o sucesso de um sistema silvipastoril é necessário que se buque a gestão do sistema a fim de equilibrar as interações entre os componentes e as interações positiva durante o ciclo, desta forma obtém-se o aumento da produtividade, que é função do aumento da produção e melhoria dos produtos finais. Logo, não só o sistema de cultivo escolhido, mas o manejo também é de extrema importância para aumentar a eficiência na utilização dos recursos disponíveis.

Dentre as atividades silviculturais relacionadas com o manejo de povoamentos florestais, o desbaste é um dos mais importantes quando se deseja produzir madeira destinada à serraria e diminuir a competição por recursos dentro do sistema. A função do desbaste no componente arbóreo é concentrar o crescimento em um menor número de árvores, diminuir o ciclo de corte, aumentar a resiliência do povoamento ao déficit hídrico e produzir árvores com maiores diâmetros e mais adequadas e atrativas para o uso em serrarias. O efeito do desbaste ocorre pelo fato de diminuir a densidade de árvores e assim, a competição entre os indivíduos, aumentando a disponibilidade de

recursos, como água e luz, disponíveis para as árvores e pastagem, resultando em árvores com maiores diâmetros e melhoraria na produção da forrageira. Portanto, estudar a resposta de sistemas silvipastoris ao desbaste é importante para entender a mudança na competição entre o componente arbóreo e a pastagem, essa resposta do sistema ao desbaste depende da intensidade adotada na realização do mesmo.

Os sistemas silvipastoris são complexos devido as interações entre os componentes, sendo o sombreamento do componente arbóreo um dos fatores que o gestor agroflorestal deve considerar em seu manejo. O sombreamento causado pelo componente arbóreo no sistema silvipastoril diminui a temperatura no seu estrato inferior, reduzindo o estresse térmico do gado e assim aumenta o ganho de peso animal. Também diminui a perda de água do solo devido a menor temperatura e menor evapotranspiração do solo e das plantas em seu estrato inferior. Porém, uma alta densidade de árvores pode aumentar a evapotranspiração do sistema e assim superar o seu efeito positivo. O sombreamento em excesso também pode diminuir a produção das plantas forrageiras chegando até a afetar o seu desenvolvimento e consequentemente reduzindo o ganho de peso animal pela redução de disponibilidade de alimento.

Neste âmbito, a compreensão das interações e mecanismos existentes entre a intensidade de desbaste sobre o desenvolvimento dos povoamentos de híbridos de *Eucalyptus grandis* vs *Eucalyptus urophylla* em sistemas agroflorestais é importante. Logo, este trabalho foi conduzido fundamentado nas seguintes hipóteses.:

- i. O arranjo do sistema silvipastoril após o desbaste terá efeito na produtividade e aproveitamento da madeira de eucalipto para serraria.
- ii. Quanto maior a intensidade do desbaste, maior será a produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.
- iii. A manutenção de maior densidade de indivíduos do componente arbóreo no sistema silvipastoril resultará em menor luminosidade e umidade no solo.

OBJETIVO

Avaliar o efeito das diferentes intensidades de desbaste no desenvolvimento dos componentes do sistema silvipastoril.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência do desbaste no desenvolvimento da copa do componente arbóreo e na disponibilidade de radiação para a pastagem;
- Analisar o efeito do desbaste na produtividade do componente arbóreo e da pastagem;
- Estimar a relação entre as diferentes densidades de plantas do componente arbóreo e a produtividade do sistema silvipastoril.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. O gênero *Eucalyptus* e seu cenário nacional

Pertencente à família das Myrtaceae, Eucalipto (do grego, eu + καλύπτω = “verdadeira cobertura”) é o nome popular de uma grande diversidade de espécies do gênero *Eucalyptus* (VITAL, 2007). Nativo da Austrália, Timor e Indonésia, sendo listadas mais de 900 espécies, começou a ser plantado no Brasil, Argentina, e Portugal por volta do século XIX. *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla* constituem as principais espécies cultivadas no Brasil, além dos híbridos resultantes de cruzamentos de espécies, como é o caso do *Eucalyptus urograndis* (*E. grandis* X *E. urophylla*) (CIB, 2008). Nas regiões de clima subtropical e tropical, os plantios florestais com eucalipto estão entre as altitudes que variam de 30 a 1000 metros e entre as latitudes de 40° N e 45°S (BROOKER, 2000).

No Brasil, o eucalipto é a essência florestal mais plantada, em 5,7 milhões de hectares, o que equivale a setenta por cento da área total de florestas plantadas no país e mais de três vezes a área da segunda essência florestal, Pinus com 1,6 milhões de hectares, figurando-se entre os 10 maiores países com áreas de florestas plantadas. Os plantios estão localizados principalmente nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%) (IBA, 2017). A sua larga utilização no país pode ser atribuída a sua adaptação às condições climáticas do Brasil, pelo seu rápido crescimento e pelo melhoramento genético realizado na espécie e pelo mercado que já é consolidada.

A eucaliptocultura no Brasil em geral é feita de forma intensiva, atualmente fundamentada em florestas clonais com materiais genéticos adaptados. A indústria brasileira de base florestal é reconhecida devido a maior produtividade e menor rotação, liderando o ranking global de produtividade florestal com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de eucalipto em monocultura. Os altos índices são resultados dos investimentos contínuos do melhoramento genético e aprimoramento do manejo florestal (ALFENAS et al., 2009; FERREIRA et al., 2014; IBA, 2017).

A maioria dos plantios de *Eucalyptus* são destinadas a produção de papel e celulose e carvão, caracterizada por plantios com altas densidades de árvores, poucas intervenções silviculturais e ciclos curtos (FERRAZ FILHO et al., 2018). O consumo brasileiro de madeira para uso industrial oriundo de plantios de *Eucalyptus* em 2016 total foi de 153,96 milhões de m³. O volume destinado a papel e celulose foi de 46%, 13,9% para carvão vegetal, 30,5% para lenha

industrial e somente 8,6% do volume são destinados para produtos de madeira sólida (madeira serrada, compensados e madeira tratada) (IBA, 2017). Apesar do estigma, a indústria madeireira já obteve resultados positivos com a manufatura de moveis de alta qualidade a partir da madeira de *Eucalyptus*, como por exemplo o produto Lyptus® (OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2009).

2.2. Cultivar AEC 1528

O cultivar utilizada no estudo foi o cultivar AEC 1528, híbrido de Polinização Controlada de *Eucalyptus grandis* $\times$ *Eucalyptus urophylla*. O cultivar é registrado no registro nacional de cultivares pelo número 27064 e seu mantenedor é a empresa APERAM BIOENERGIA LTDA. Seus principais usos são: lenha, carvão, serraria e madeira tratada. Desenvolvido pela ArcelorMittal Bioenergia Ltda, o cultivar 1528 apresenta um bom rendimento gravimétrico, pois foi selecionado para produção de carvão e apresenta densidade básica de 531 kg.m⁻³ e IMA de 50 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Apresenta 68,14% de holocelulose, 29,24% de lignina total, 50,41% de rendimento gravimétrico e é recomendado para cultivo em áreas com altitude de 700 a 1000 m e precipitação média anual de 900 a 1200 mm. (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2013; R&S FLORESTAL; 2013; MAPA, 2017).

O teste clonal para avaliação do desempenho de materiais ao déficit hídrica realizada com 87 clones em Turmalina – MG classificou o clone AEC 1528 como “tolerante à deficiência hídrica” já que foi um dos que apresentou mortalidade <8%, deformação <10% e IMA > 35 m³h⁻¹ano⁻¹ (IPEF, 2014). Sampaio et al. (2016), testou seis clones (AEC- 056, AEC - 144, AEC - 220, AEC - 224, AEC - 103 and AEC- 1528) na região de Luiz Eduardo Magalhães aos dois anos de idade, concluiu que o clone que melhor se adaptou foi o cultivar 1528, apresentando a maior altura e DAP.

2.3. Características edafoclimáticas de Correntina

O oeste baiano vem adquirindo grande importância no cenário nacional devido à importância agrícola alcançada nas últimas décadas (REIS; VALE; LOBÃO, 2009; LIMA et al., 2010). Na região estão localizadas três importantes sub-bacias que compõe o sistema hidrográfico do Rio São Francisco: a Bacia Grande ao norte, a Bacia Corrente no centro e a Bacia Carinhanha ao sul (REIS; VALE; LOBÃO, 2009). O município de Correntina está localizado no oeste baiano a 500 km de Brasília e 980 km de Salvador, com coordenadas geográficas: 12° 59' 24" latitudes Sul e 44° 19' 39" de longitude Oeste, a uma altitude de 773 metros (LIMA et al., 2010; ALVARES et al., 2013). A vegetação da região é composta principalmente pelo Cerrado Sentido Restrito (BRASIL, 1982).

No Cerrado, bioma que ocupa 23,92% do território brasileiro, o segundo maior bioma da América do Sul, compreendendo uma área de 2.036.448 km², o clima é classificado como tropical, com dois subtipos predominantes, Aw e Cwa (IBGE, 2004). Com relação ao solo do Município de Correntina, a região possui relevo plano, solos geralmente profundos, bem drenados, de baixa fertilidade e acidez acentuada. Classificados principalmente em Latossolos, e Neossolos Quartzarênicos (LIMA et al., 2010). Em geral, apresentam alta acidez e baixo conteúdo de Ca e Mg, tanto nas camadas superficiais, como no subsolo, fato relacionado a alta intemperização durante sua formação (DE SOUZA; RITCHEY, 1988; MALAVOLTA, 1997).

No subtipo de clima presentes em Correntina existe a ocorrência de estresse hídrico pelo fato de possuírem chuvas mal distribuídas durante as estações do ano. De acordo com o balanço hídrico proposto por Thornthwaite & Mather (1955), um déficit hídrico de 100-200 mm ano⁻¹ pode ser caracterizado como médio e de 200-400 mm ano⁻¹ é caracterizado como alto, logo, o estresse hídrico nessas regiões pode ser considerado de médio a alto (GONÇALVES et al., 2013). O déficit hídrico alto é mais comum no clima Aw, com inverno seco e quente, ocorrendo principalmente na região centro-oeste e na região oeste do Nordeste brasileiro, e em Correntina. Atualmente, poucos estudos têm como enfoque as interações bióticas e abióticas dos genótipos de *Eucalyptus* nestas regiões, o que diminui a eficácia do planejamento para tais situações.

No futuro, o déficit hídrico será um dos principais fatores limitantes para a produtividade de florestas, pois é um fator de estresse que afeta diretamente o crescimento de muitas culturas sendo o principal motivo do detrimento da produtividade agrônômica e florestal (SANTOS; CARLESSO, 1998; FLEXAS et al., 2002). Logo, a condução de estudo em áreas com déficit hídrico apresenta uma grande importância.

2.4. Tratamentos silviculturais: desbaste no gênero *Eucalyptus*

Gestores florestais podem acelerar o crescimento e melhorar a qualidade da madeira manipulando a radiação fotossinteticamente ativa absorvida e eficiência do uso da luz usando tratamentos como desbaste, desrama e aplicação de fertilizantes (FORRESTER et al., 2013). O Brasil tem escassa pesquisa desenvolvida com relação ao manejo do *Eucalyptus* tendo como objetivo produtos de madeira sólida e, comparada com a indústria de papel e celulose, esta área está no início de seu desenvolvimento, o que requer novas técnicas de silvicultura aplicada.

Com relação aos estudos conduzidos no Brasil, Ferraz Filho et al. (2018) avaliou o comportamento de híbridos de *Eucalyptus grandis* em quatro ensaios diferentes, um localizado no estado do Espírito Santo e os outros no estado de Bahia, com densidades iniciais de 1111 e 667 árvores por hectare e concluiu que uma alta intensidade de desbaste (150 árv.ha⁻¹, remanescentes) aplicado no início da rotação (2,5 ano) resultou nas maiores alturas e diâmetros médio por hectare em uma rotação de 12 anos.

Estudos que avaliam o efeito do desbaste em eucalipto em monocultivos tem sido realizado em diferentes países. As espécies e localidades podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela 1: Espécies submetidas ao desbaste e localidades Fonte: (FORRESTER et al., 2010, modificado).

Espécie	Localidade	Fonte
<i>E. nitens</i>	Tasmânia, Arauco, Chile;	Austrália; (GERRAND; MEDHURST; NEILSEN, 1997; MEDHURST; BEADLE; NEILSEN, 2001; MUÑOZ et al., 2008; VALENCIA, 2008)
<i>E. globulus</i>	Melbourne, Tasmânia, Austrália;	Austrália; (NEILSON, 1990)
<i>E. saligna</i>	Austrália; Waipaua, Nova Zelândia; Muruapa, Nova Zelândia	(WHITESELL, 1975; WILLIAMSON, 1979)
<i>E. grandis</i>	Natal, África do Sul;	(SCHÖNAU, 1982, 1984)
<i>E. regnans</i>	Muruapa, Nova Zelândia; Perto do Lago Waiapa, Nova Zelândia	(MESSINA, 1992; MCKENZIE; HAWKE, 1999)
<i>E. maidenii</i>	Yunnan, China	(ZHANG, R., BAKER, T., NEILSEN, 2003)

Os principais resultados encontrados pelos autores da Tabela 1 são: os plantios de *Eucalyptus* com o objetivo de produtos de madeira sólida são geralmente implantados na densidade

de 1000-1500 árvores por hectare, com o intuito de inibir a produção de galhos maiores e para certificar que tenham quantidade de árvores finais que atendam os critérios para produtos de madeira sólida. O desbaste é importante para diminuir o tempo da rotação, o qual pode ser um requerimento financeiro, e também reduz a competição entre árvores e acelera o crescimento de árvores submetidas a tratamentos silviculturais como a desrama, além de ser ligado a menor formação de lenho de tensão e maior aproveitamento da madeira (NOLAN et al., 2005; FORRESTER et al., 2010; SMITH; BRENNAN, 2013).

Em plantios de *E. nitens* o desbaste é aplicado inicialmente na idade de 8 anos, de forma tardia já que ocorre 4 anos após o fechamento do dossel, com o objetivo de melhorar o formato das árvores, controlar a competição das ervas daninhas e obter retorno econômico com o tratamento silvicultural (MEDHURST; BEADLE; NEILSEN, 2001; NOLAN et al., 2005). Porém, a desvantagem de desbastes tardio é a competição maior devido ao fechamento do dossel e a possível diminuição do crescimento das árvores dominantes (SCHÖNAU, 1984; MEDHURST; BEADLE; NEILSEN, 2001). No Chile, o desbaste de povoamentos *E. nitens* é realizado no tempo do fechamento do dossel para evitar perdas potenciais, já que o controle das plantas daninhas é realizado a partir do pastoreio das áreas (VALENCIA, 2008).

Com o aumento da intensidade de desbaste a resposta do crescimento individual aumenta, porém existe um limite para o aumento da intensidade, que não leva ao aumento no crescimento individual das árvores colhidas no final, sendo esta intensidade variável e difícil de calcular, já que é uma função do desenvolvimento do povoamento (FORRESTER et al., 2010). Em povoamentos de *E. nitens* na Tasmânia, um estudo indicou que a densidade final que maximiza a colheita para produtos de madeira sólida seria de 150 – 200 árv.ha⁻¹ e alcançada quando o desbaste era realizado cedo (WOOD et al., 2009). Porém, quando se pensa em sistemas agroflorestais, existem outras interações no processo de desenvolvimento das plantas, ou seja, são sistemas complexos e seu manejo deve considerar estas interações.

2.5. Sistemas Agroflorestais e Interações Ecológicas

Sistema agroflorestal é um nome coletivo para tecnologias e uma grande diversidade de usos da terra onde espécies lenhosas perenes (árvores, bambos, palmeiras, arbustos, etc.) são usadas deliberadamente com culturas agrícolas e/ou animais, ocorrendo interações tanto ecológicas quanto econômicas entre os diferentes componentes, em alguma forma de sequência temporal ou arranjo

espacial (LUNDGREN; RAINTREE, 1983). Quando tomada como base sua estrutura, eles são classificados como: Agrosilvicultural, Silvipastoril e Agrosilvipastoril (NAIR, 1985). O sistema agroflorestal não é uma abordagem recente na agricultura. Na China, documentos oficiais recomendavam a combinação de floresta com a criação de animais e lavouras durante a dinastia Hans (206 anos a. c. até 220 d. c.) (SMITH, 2010). Caracterizados pela associação de árvores ou arbustos com cultivos agrícolas e animais, as principais vantagens dos sistemas agrossilvipastoris, se adequadamente implantados e manejados, são: maior produtividade total por unidade de área; proporcionar menores riscos econômicos; e a utilização de espécies com diversos requerimentos nutricionais e de luminosidade permitindo melhor exploração dos recursos naturais; melhor utilização do espaço vertical; resiliência a eventos climáticos adversos; utilização de uma grande quantidade de energia solar e a maioria das árvores podem explorar melhor camadas profundas do solo (BUDOWSKI, 1981; MACDICKEN; VERGARA, 1990; MONTAGNINI, 1992; MACEDO, 2000; MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010). Os sistemas agrossilvipastoris também diminuem a perda de produção do componente animal, reduz o estresse térmico do gado. Em áreas sujeitas às secas, esses sistemas podem prover proteção para as culturas agrícolas, diminuindo a evapotranspiração do sistema e assim aumentando a água disponível no solo (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010).

As desvantagens caso não forem bem manejados são: árvores competem pela luz com as plantas associadas no estrato mais baixo e isso pode diminuir a produção e qualidade das plantas associadas; competem por nutrientes e os tornam inacessíveis alocando nos galhos e tronco; competem pela água no solo e podem segurar parte da chuva em sua copa (BUDOWSKI, 1981).

A combinação de duas ou mais espécies leva a interações ecológicas entre elas, também conhecidas como interações interespecíficas. Na literatura são encontradas terminologias como antibiose, comensalismo, neutralismo, predação e parasitismo, sendo terminologias aplicáveis no contexto da agrofloresta (PERRY, 1994; JOSE; GISLLESPIE; PALLARDY, 2004). As interações são classificadas também como negativas e positivas. As positivas, ou sinérgicas, são quando ocorre complementariedade (PERRY, 1994). Quando ocorre a sobreposição de duas plantas do modo que o crescimento, reprodução ou sobrevivência em ao menos uma delas é afetada negativamente, pela tentativa de obter recursos de uma mesma localidade, este fenômeno é conhecido como competição (GARCÍA-BARRIOS; ONG, 2004). A competição entre componentes pode ser classificada como acima e abaixo do solo.

Quando os crescimentos das plantas não são limitados por água ou nutrientes, a produção é definida pela radiação (DEWAR, 1996). Um aspecto importante que se deve levar em

consideração para produção das plantas do estrato inferior é a radiação disponível, a qual é determinante para seu crescimento e desenvolvimento (SOARES et al., 2009). O sombreamento, competição acima do solo, pode diminuir a produção de algumas espécies de forrageiras em sistemas silvipastoris, porém pode influenciar positivamente para uma melhor qualidade da pastagem, melhor performance e produção do gado (JOSE; GISLLESPIE; PALLARDY, 2004). Nos sistemas agrossilvipastoris, a escolha da espécie arbórea ou material genético deve levar em consideração diversos fatores como produtividade, forma e tamanho da copa, desrama natural e resistência ao déficit hídrico. É importante conhecer o tamanho da copa, sua densidade e se apresenta boa desrama natural, pois influenciam a transmissão da radiação solar para o dossel inferior o que afeta a produção das outras culturas e o sucesso da integração do sistema arbóreo com o sistema forrageiro (OLIVEIRA NETO et al., 2010). Essas características podem variar dentro de um mesmo gênero, como do *Eucalyptus*, ou podem ser influenciados por outros fatores, como espaçamento de plantio (OLIVEIRA NETO et al., 2010). Logo, a escolha da essência florestal irá influenciar o manejo do sistema ao longo de sua produção.

A competição por radiação em sistemas agroflorestais é diferente da competição em monocultivos, o que deve ser levado em conta no manejo do sistema. As interações ecológicas entre os diferentes componentes devem ser levadas em consideração desde o início da formação do sistema. As associações entre plantas herbáceas e lenhosas em sistemas agroflorestais são desenhadas deliberadamente com o objetivo otimização do espaço, tempo e recursos físicos e assim maximizar as interações positivas e minimizar as negativas entre os componentes (BENJAMIN et al., 2000). A competição por luz é um fator que pode ser controlado pelo manejo do sistema e o seu arranjo, o qual é influenciado pela escolha do espaçamento dos componentes arbóreos, visando não apenas a área útil disponível para a árvore, mas também a manutenção das espécies do estrato inferior (ARAUJO, 2011).

A competição abaixo do solo é mais provável de acontecer quando duas ou mais espécies tem sistemas radiculares especializados em explorar o mesmo estrado do solo, porém pode ocorrer mesmo com sistemas de consórcios, pois em experimentos, a maior parte dos sistemas radiculares foram encontrados nos primeiros 30 cm do solo (VAN NOORDWIJK; LAWSON; SOUMARE, 1996; GILLESPIE et al., 2000). Dentre as competições abaixo do solo, a envolvendo água, aparentemente, é a força mais influente na produtividade em sistemas silvipastoris, apesar da

dificuldade em se separar a competição de água da competição por nutrientes (JOSE; GISLLESPIE; PALLARDY, 2004).

As associações de plantas lenhosas com plantas agrícolas podem levar a uma melhor utilização dos recursos disponíveis e aumentar a produção global, porém devido as interações entre as espécies aumenta a complexidade do sistema. Para que sejam atendidos os objetivos do produtor, o manejo do sistema é importante para que sejam controladas as interações negativas e para que as interações positivas prevaleçam.

2.6. Manejo do componente arbóreo

As principais técnicas de manejo para produção de madeira para serraria são o desbaste e a desrama. O manejo de florestas plantadas pode gerar madeira de alta qualidade para a serraria a partir do desbaste e da desrama, utilizando o correto espaçamento, arranjo espacial, genótipo e ciclo adequado (FONTAN et al., 2011).

A desrama artificial proporciona fustes livres de nós, o que agrega um valor maior a madeira e possibilita uma maior qualidade do produto para serraria (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010). A desrama artificial dos galhos laterais das árvores do sistema também pode ser utilizada para diminuir a competição por luz, portanto esta é uma prática de manejo importante tanto para o manejo da luz no sistema quanto para a produção de um produto madeireiro com maior valor agregado.

O desbaste tem como principal objetivo, em monocultivos, promover o crescimento do povoamento florestal, aumentar seu valor comercial, aumentar o diâmetro das árvores remanescentes ao desbaste, melhorar a sanidade do povoamento, diminuir a perda por mortalidade natural e antecipar o retorno financeiro (GRADO; HOVERMALE; LOUIS, 2001; OLIVEIRA NETO et al., 2010). O efeito do desbaste na produtividade do povoamento pode envolver o aumento de disponibilidade de nutrientes, água e luz, aumento na absorção individual de cada um destes recursos e o aumento da eficiência na utilização dos recursos (FORRESTER; BAKER, 2012). Os desbastes podem ser sistemáticos ou seletivo.

O desbaste sistemático consiste em remover as árvores ou linhas de forma sistemática sem considerar a classe de copa ou a qualidade do fuste, diferente do desbaste seletivo em que se considera a classe de copa (onde são retiradas árvores dominadas, codominantes, dominantes ou mortas dependendo do objetivo do desbaste) ou a qualidade do fuste das árvores que serão desbastadas. Classe de copa é o termo usado para descrever a posição de uma árvore em relação

ao dossel da floresta, onde as dominantes estão acima do nível do dossel, codominantes compõem o nível geral do dossel e as dominadas estão abaixo do nível do dossel (DEYOUNG, 2016).

O desbaste no sistema silvipastoril também pode ser utilizado como uma estratégia para aumentar a disponibilidade de radiação solar para favorecer o desenvolvimento da pastagem, sendo esta prática utilizada em situações onde as linhas ou fileiras possuem espaçamento reduzido (OLIVEIRA NETO et al., 2010). O desbaste é a remoção de uma proporção da área basal do povoamento florestal, a qual também reduz o tamanho do dossel e assim, mudando a distribuição da radiação solar e aumentando o suprimento de água e nutrientes para os componentes restantes no sistema (WHITEHEAD; BEADLE, 2004). Os aspectos e relevo das áreas que receberão a aplicação do desbaste podem ter uma grande influência na luz disponível para as práticas silvipastoris (GARRETT et al., 2004). Portanto, se objetivo do desbaste é aumentar a disponibilidade de luz, a característica da região deve ser levada em conta.

Alguns estudos sugerem que os sistemas silvipastoris aumentaram a competição por água do solo, enquanto outros sugerem que eles podem ser relacionados com o aumento do conteúdo de água do solo (BUDOWSKI, 1981; XIANLAI et al., 2005; YUN et al., 2011; PEZZOPANE et al., 2015). Pezzopane et al. (2015) avaliou o microclima e umidade do solo em sistema silvipastoril composto por espécies nativas localizado no sudeste brasileiro e observou que nas áreas perto das linhas de árvores, ocorreu uma maior remoção de umidade de solo. Os autores relacionaram a maior remoção de umidade à exploração de regiões mais profundas do solo pelas árvores, porém mostrou uma diminuição de 47% na ocorrência dos ventos e uma redução da temperatura máxima, especialmente no período do fim da tarde, devido ao sombreamento dos renques.

Alcançar o objetivo de aumentar a disponibilidade de água no solo a partir do desbaste é complexo devido ao seu efeito. O desbaste muito intenso pode aumentar a temperatura do solo e aumentar a evapotranspiração das plantas do estrato inferior e assim diminuir a quantidade de água armazenada no solo (BLACK; TAN; NNYAMAH, 1980; MACFARLANE et al., 2010). Portanto, em locais onde o objetivo do desbaste é aumentar a disponibilidade de água no solo, deve-se levar em consideração o equilíbrio entre a diminuição da evapotranspiração do componente arbóreo e o aumento da evapotranspiração do solo e pastagem, logo o efeito do desbaste na umidade do solo deve ser melhor elucidado, principalmente em regiões suscetíveis ao déficit hídrico.

Em questão do desbaste para os sistemas silvipastoris, as informações científicas ainda são escassas e necessitam de maiores investigações sobre o assunto para as essências florestais utilizada em sistemas silvipastoris no Brasil.

2.7. Arquitetura e morfometria da copa

A copa das árvores é a portadora dos principais órgãos assimilatórios que determinam o processo de crescimentos de cada indivíduo, a partir da fotossíntese (ŠTEFANČÍK, 2017). O principal efeito do desbaste é a mudança na disponibilidade de recursos, o que pode influenciar nos processos da copa, refletindo em mudanças no crescimento da árvore (MEDHURST; BEADLE, 2005). Medhurst & Beadle (2001) estudando um experimento de *E. nitens* seis anos após o desbastes em que os tratamentos retiveram 100, 200, 300 e 400 árvores.ha⁻¹, além do controle com 1429 árvores.ha⁻¹, observaram um aumentou a área disponível para as árvores expandirem as suas copas, além de causar uma mudança na distribuição vertical das folhas de modo a ser menos concentrada no topo da copa no tratamentos onde ocorreram os desbastes. Logo, compreender as características da copa é importante para predizer a qualidade dos produtos, quantificar o sequestro de carbono, entender os processos que impulsionam o crescimento, desenvolver o planejamento para nutrição ou do manejo de resíduos pós desbaste (PINKARD; NEILSEN, 2003).

O morfometria das copas é importante para a compreensão das relações ecológicas de crescimento das árvores (WINK et al., 2012). Os parâmetros utilizados para o estudo morfométrico da copa de uma árvore são: altura da copa, raio da copa, área de projeção da copa, e as variáveis derivadas como porcentagem de copa viva, grau de esbeltes, índice de saliência, entre outros. Estes parâmetros permitem avaliar o grau de concorrência de um povoamento, informar das relações interdimensionais e reconstituir seu espaço ocupado, além de inferir sobre a estabilidade e produtividade de cada indivíduo (DURLO; DENARDI, 1998). Uma das variáveis derivadas mais importante é a relação de copa viva (relação entre o comprimento da copa com a altura total) já que pode ser um bom indicador de crescimento potencial de povoamentos e de árvores individuais, como um índice de balanço de carboidrato, sendo que valor baixo desta relação pode ser associado com baixa área foliar e possivelmente uma variação de distribuição de folhas na copa (XU; HARRINGTON, 1998).

Outra variável secundária relativa a arquitetura da copa é o índice de área foliar. O índice de área foliar de uma planta varia de acordo com a densidade populacional, espécie e condições edafoclimáticas e depende do tamanho das folhas e sua quantidade (MONTEIRO et al., 2005). Como a massa das folhas variam do topo para a base da copa e variam sazonalmente, a área foliar

é utilizada em detrimento da massa foliar como a variável de referência (WARING, 1983). A área de superfície foliar por unidade da área de superfície de solo é a definição de índice de área foliar (WATSON, 1947). Uma variável secundária chave em plantações florestais ou cultivos onde possuem componentes florestais, pois controla a interceptação de água, extinção da radiação, troca entre carbono e água, e determina microclima abaixo do dossel (BRÉDA, 2003).

2.8. Manejo da Pastagem

O objetivo principal do manejo de pastagens é a interação harmônica entre o animal e a planta. Para isso, um aspecto importante para se entender o manejo de pastagens é o conhecimento básico sobre a fisiologia do crescimento da planta forrageira. A unidade vegetativa básica das gramíneas é o perfilho (HODGSON, 1990). Sendo assim, para compreender como a pastagem responderá ao pastejo, é preciso entender o funcionamento do perfilho. O modo que o pastejo irá afetar a pastagem e também a resposta da pastagem dependerá da intensidade da desfolhação que será feita nos perfilhos. A Figura 1 mostra a morfologia dos perfilhos de gramíneas.

Legendas:

a - Folhas expandidas e fotossinteticamente ativas

b - Folhas que estão emergindo

c - Folhas que ainda não emergiram e que dependem dos assimilados produzidos

d - Meristema apical

e - Gemas axilares

h_n - Altura da desfolha

Figura 1: Perfilho de gramíneas. (Fonte: RODRIGUES; RODRIGUES, 1987)

Após a desfolha, a resposta irá depender da altura do corte (h_1 , h_2 , h_3) e, principalmente, de quais partes das plantas foram retiradas do perfilho. Na altura h_3 ocorre a retirada das folhas fotossinteticamente ativas e do meristema apical, o que acarretará na pausa no crescimento da gramínea e possível morte do perfilho (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987). Após a desfolha a planta necessita de um período de descanso para recuperar-se.

Inicialmente, após a desfolha da pastagem, a planta tem uma taxa de acúmulo de matéria seca mais baixa, seguida por uma taxa de acúmulo ascendente até uma certa quantidade e depois estagna. Portanto, o acúmulo de matéria seca é resultado da fotossíntese bruta menos a respiração, ou seja, parte do que é obtido pela fotossíntese é gasto pela planta na respiração. Somado a isso, também existe o processo de senescência da planta, em que tecidos mais velhos começam a morrer. Portanto, o acúmulo líquido de matéria seca da forrageira resulta da fotossíntese bruta menos a respiração e a senescência dos mais velhos (HODGSON, 1990; PENATI, 2017).

Para a interação harmônica entre o animal e a planta, outro fator que deve ser considerado é o consumo da forragem. Os fatores determinantes do consumo da forragem são: animal, ambiental ou relacionado a planta. As condições determinantes do consumo da forragem relacionados aos animais são limitados por processos físicos, como o enchimento do rúmen, ou fisiológicos (CONRAD; PRATT; HIBBS, 1964; MINSON, 1990). A ingestão de matéria seca é função do tempo de pastejo e a taxa de ingestão, sendo que a última variável depende da taxa de bocado do animal e da ingestão do bocado, sendo que bocado é a porção de alimento que cabe na boca do animal (HODGSON, 1990). A taxa de bocado do animal vai ser influenciada pela altura da forragem e pela sua densidade de folhas, sendo que quanto maior a densidade de folhas da espécie forrageira, melhor a utilização do animal.

2.9. Respostas das forrageiras ao sombreamento

O estabelecimento de plantas forrageiras em condições de sombreamento tem aumentado nos últimos anos, principalmente para a associação com espécies arbóreas em sistemas silvipastoris. A produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* sob o efeito de sombreamento foi reportada pelos seguintes estudos. Andrade et al., (2001) observaram que a *B. brizantha* apresentou um ligeiro aumento na taxa de acúmulo com 30% de sombra e decrescendo no sombreamento de 50% e 70%, com um decréscimo de produção de 13% e 60%, respectivamente, relativo ao pleno sol.

Eriksen e Whitney (1981) avaliando os seguintes regimes de luz, 100%, 70%, 45% e 27%, e as pastagens, *Brachiaria brizantha*, *B. miliiformis*, *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Pennisetum*

clandestinum, e *P. purpureum*, observaram que as espécies *P. maximum*, *P. murpureum*, *B. brizantha* e *B. miliiformis* apresentaram maior produção de matéria seca nos regimes de luz 100% e 70%, quando foi adicionado nitrogênio. Sem adição de nitrogênio, as espécies que apresentaram as maiores produções foram *B. miliiformis* com 27% de luminosidade; *D. decumbens*, *P. maximum*, e *B. brizantha* com 45% de luminosidade; e *P. Clandestinum* com 70% de luminosidade. Os autores concluíram que em situações de deficiência de nitrogênio, o sombreamento moderado aprimorou os parâmetros de qualidade e produtividade das pastagens. Já as pastagens tropicais responderam a fertilização de nitrogênio a condições moderada a alta luminosidade.

Castro et al. (1999) avaliando a influência de três níveis de sombreamento, 0%, 30% e 60%, em seis espécies gramíneas, *Andropogon gayanus*, cv. Planaltina, *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum*, cv. Vencedor, e *Setaria anceps*, cv. Kazungula, observaram que a produção de *Panicum maximum*, cv. Vencedor foi maior a sombra moderada, a *S. anceps*, cv. Kazungula não foi influenciada pelo sombreamento e a da *B. brizantha* e demais espécies a produção foi maior sob sombreamento 0% e decresceu com a diminuição da luminosidade, a redução da luminosidade também promoveu o maior crescimento do colmo.

Paciullo et al. (2008) observaram que a produção de matéria seca da *B. decumbens* foi maior em condições de sombreamento de 50%, intermediário a pleno sol e menor sob sombra de 18%. Os autores explicaram o aumento da produção de matéria seca no sombreamento de 50% como efeito positivo da serapilheira das árvores leguminosas e possuir plasticidade fenotípica em resposta às condições de sombreamento.

Em estudo, Martuscelo et al. (2009) avaliaram o efeito dos sombreamentos de 0%, 50% e 70% na produção de *B. decumbens* cv. Basilisk e *B. brizantha*, cultivares Marandu e Xaraés em casa de vegetação e observou que o aumento no nível de sombra diminuiu o perfilhamento e sua produção de matéria seca nos cultivares Xaraés e Marandu e acarretou no alongamento de colmo e folhas. A espécie *B. decumbens* apresentou um aumento na produção de matéria seca no sombreamento de 50%, o que indica a resistência ao sombreamento da espécie.

Soares et al. (2009) avaliaram a produção de matéria seca de onze espécies forrageiras, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia, Aruana e Mombaça, *Hemarthria altissima* cv. Florida; *Paspalum notatum* cv. Pensacola, *Axonopus catharinensis*, *Cynodon sp.* híbrido Tifton-85; *Arachis pintoi* cvs. Alqueire e Amarillo, submetidas a diferentes níveis de sombreamento produzidos por árvores de *Pinus taeda*, nos tratamentos céu aberto,

espaçamento 9x3m e 15x3m, concluiu que as espécies mais produtivas e com maior potencial para utilização em sistema silvipastoril foram *Axonopus catharinensis* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Portanto, a produção de pastagens tropicais submetidas a sombreamento de intensidade baixa a moderada apresenta um pequeno decréscimo em sua produção, em algumas situações podendo até apresentar um aumento, porém quando submetidas a um sombreamento de intensidade moderada a alta a produção da pastagem apresenta um decréscimo exponencial em relação a intensidade de sombreamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi desenvolvido no município de Correntina – BA. A Figura 2 ilustra a localização do município de Correntina no estado da Bahia.

Figura 2: Localização do município de Correntina. (Fonte: IBGE, 2017, modificado)

O clima de acordo com a classificação de Köppen é definido como Aw: temperaturas elevadas com chuvas no verão e seca no inverno. Alvares et al (2013), a partir de uma série histórica adequada (>25 anos) e o uso de técnicas de geoprocessamento obteve um mapa de classificação Köppen para o Brasil. A partir de seus resultados foi possível obter a média de precipitação e a média de temperaturas mensais para a cidade de Correntina – BA, sendo sua precipitação total anual média é de 1336 mm e temperatura média de 22,6° C, como pode ser observado na Figura 3, e um déficit hídrico médio de 330 mm.ano⁻¹, como mostra a Figura 4.

Figura 3: Precipitação média e temperatura mensal média da cidade de Correntina – BA. Fonte: Alvares et al (2013).

Figura 4: Balanço hídrico médio normal da cidade de Correntina – BA. Fonte: Alvares et al (2013), modificado.

A implantação da área experimental foi realizada no ano de 2011, no espaçamento 9 m por 3 m, com o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, cultivar AEC 1528. O preparo de solo foi realizado com a aplicação de 5 t/ha de calcário dolomítico, 500 kg/ha de superfosfato simples a lanço e 200 kg/ha de superfosfato simples na linha de plantio de eucalipto. Aos dois anos de idade foi realizado o plantio do pasto e sorgo, espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Sorghum bicolor*, sendo realizada a colheita do sorgo e a permanência da pastagem. Em conjunto do plantio da pastagem, foi realizada a adubação de cobertura do eucalipto, sendo aplicada: boro 80 g/planta, ureia 130 g/planta e cloreto de potássio 60 g/planta. Com relação ao manejo do componente

arbóreo, a desrama do povoamento foi realizada com um ano e meio de idade até a altura de 2 metros. A Figura 5 resume as atividades realizadas na área experimental.

Figura 5: Fluxograma da área experimental.

No ano de 2015, o pasto apresentava sinais de degradação. Testes demonstraram que este estado estava ligado ao sombreamento causado pelo componente arbóreo. A partir de então foi identificada a necessidade do manejo do componente arbóreo, e instaurado o experimento aqui descrito. Devido a degradação, em 2016 não ocorreu pastoreio na área experimental. Em 2017 e 2018, o produtor adotou um pastoreio intermitente da área experimental com o objetivo de restaurar o pasto. O manejo do pasto durante a avaliação experimental é apresentado na Tabela 2, com a data de entrada dos animais, retirada e a quantidade de animais por hectare. É interessante salientar que no período de quatro meses sem pastejo entre fevereiro e julho de 2017 a pastagem entrou em período reprodutivo e produziu sementes. Fato importante, pois para produzir sementes a planta forrageira utiliza sua reserva de energia radicular e pode interferir em seu desenvolvimento.

Tabela 2: Quantidade de animais que realizou o pastoreio na área

Entrada dos animais	Retirada dos animais	Quantidade de animais (UA/ha)
03 de fevereiro de 2017	28 de fevereiro	2,01
15 de julho de 2017	17 de agosto de 2017	2,68
20 de dezembro de 2017	09 de janeiro de 2018	1,81

Para melhor compreender as respostas aos tratamentos, foi realizada a caracterização do solo.

3.2. Caracterização do solo

A caracterização do solo da área experimental foi realizada a partir das seguintes análises: análise granulométrica, curva de retenção de água no solo e análise química do solo. Foi realizado uma coleta para a análise granulométrica do solo da área experimental.

Na análise granulométrica foram coletadas nove amostras por parcela e por profundidade com a utilização do trado. As amostras foram misturadas para a formar uma amostra composta por parcela. As profundidades analisadas foram de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Com isso foi obtido um total de 18 amostras compostas para a área experimental e enviadas para o laboratório da área de hidráulica da ESALQ-USP.

Para a caracterização da curva de retenção do solo foi realizada uma coletada, sendo três amostras por profundidade em um ponto amostral. Assim como para a análise granulométrica, foram coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. As amostras indeformadas foram coletadas em anéis cilíndricos com o auxílio de um martelo de borracha 100mm como mostra a Figura 6. As amostras foram enviadas para o laboratório de hidráulica da ESALQ-USP.

Figura 6: Anel cilíndrico utilizado para coleta de amostras.

Também foi realizado a análise química da área experimental. Foi realizada uma coleta, onde foram retiradas 18 amostras simples, uma por parcela, formando uma amostra composta por profundidade. A ferramenta utilizada para a coleta foi o trado e as profundidades foram de 0 a 20

cm e de 20 a 40 cm. Após a coleta, a amostra foi armazenada em saco plástico e enviada para o laboratório de solo (LSO) da ESALQ.

Para a caracterização da umidade do solo durante as avaliações, as coletas das amostras foram realizadas nos meses de julho de 2017 (Inverno), outubro de 2017 (Primavera), fevereiro de 2018 (Verão), e no mês de junho de 2018 (Outono). A amostragem para determinar a umidade do solo [kg.kg^{-1}] foi realizada com o auxílio de um trado holandês. Retiradas em 9 pontos e obtendo amostras de duas profundidades, a 0 – 0,2 m e 0,2 m - 0,4 m, apresentada pela Figura 7. A determinação da umidade foi realizada a partir do método gravimétrico, sendo a umidade determinada pela diferença da massa das amostras após a coleta de solo e posterior a secagem.

Figura 7: Pontos de amostragem do solo

Após a coleta, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,1 g para determinação do peso úmido. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Ecofisiologia Florestal e Silvicultura da ESALQ/USP e secas na estufa de ventilação forçada por 48 horas na temperatura de 100 °C até que apresentassem massa constante para a obtenção do peso seco. A Figura 8 mostra a obtenção do peso seco de uma amostra de solo a partir da balança de precisão.

Figura 8: Pesagem da amostra de solo para obtenção do massa seco.

Sendo o quociente da massa de água presente numa amostra de solo determinada pela seguinte equação:

$$U = \frac{m_a - m_s}{m_s} \quad (1)$$

U: Massa de água presente em uma amostra de solo.

m_a : Massa da amostra de úmida

m_s : Massa da amostra seca

3.3. Delineamento experimental

O experimento foi instalado em outubro de 2015, utilizando o delineamento do experimento em blocos inteiramente casualizados. Foi utilizado o desbaste sistemático devido a homogeneidade da área, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado da análise preliminar do componente arbóreo a instalação do experimento.

Medida	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação
DAP (cm)	15,1	0,8	4%
Altura (m)	16,7	0,78	5%

O experimento possui seis tratamentos de desbaste sistemático e três repetições, sendo os tratamentos e sua nomenclatura utilizada apresentada a seguir e ilustrado pela Figura 9:

- Sem desbaste = $0\%L_1-0\%L_2$
- Remoção intercalada de 50% de árvores em uma linha e 33% na outra linha = $50\%L_1-33\%L_2$
- Remoção de uma linha e manutenção da outra linha = $100\%L_1-0\%L_2$
- Remoção de 50% das árvores em todas as linhas = $50\%L_1-50\%L_2$
- Remoção intercalada de 50% de árvores em uma linha e 66% na outra linha = $50\%L_1-66\%L_2$
- Remoção de uma linha e desbaste de 33% da outra linha = $100\%L_1-33\%L_2$

A parcela amostral possui um total de 100 m por 54 m abrangendo 6 renques e uma parcela útil no seu interior com 75 m por 18 m, com dois renques, onde foram realizadas as coletas de dados. A parcela útil do tratamento $0\%L_1-0\%L_2$ foi constituída por 50 plantas, 29 plantas no tratamento $50\%L_1-33\%L_2$, 25 nos tratamentos $100\%L_1-0\%L_2$ e $50\%L_1-50\%L_2$, 22 no tratamento $50\%L_1-66\%L_2$ e 15 plantas para o tratamento $100\%L_1-33\%L_2$

Para melhor caracterização dos tratamentos e análise do componente arbóreo a Tabela 4 apresenta as suas respectivas densidades de árvores, obtida por hectare, espaçamentos e coeficientes de retangularidade.

Tabela 4: Caracterização dos tratamentos.

Tratamentos	Densidade (árvores/ha)	Coeficiente de Retangularidade	Espaçamento (m)	
			L1	L2
$0\%L_1-0\%L_2$	370	3	9 x 3	9 x 3
$50\%L_1-33\%L_2$	235	1,75	9 x 6	9 x 4,5
$100\%L_1-0\%L_2$	185	6	18 x 3	18 x 3
$50\%L_1-50\%L_2$	185	1,5	9 x 6	9 x 6
$50\%L_1-66\%L_2$	174	1,25	9 x 6	9 x 9
$100\%L_1-33\%L_2$	142	4	18 x 4,5	18 x 4,5

Figura 9: Representação esquemática dos tratamentos. A: 0%L1-0%L2; B: 50%L1-33%L2; C: 100%L1-0%L2; D: 50%L1-50%L2; E: 50%L1-66%L2; F: 100%L1-33%L2.

A delimitação das parcelas foi realizada em setembro de 2015, junto da avaliação do componente arbóreo, antes da realização do desbaste. As avaliações, iniciadas em março de 2017, foram realizadas em um intervalo de três meses para representar as quatro estações do ano. A seguir são descritas a metodologia das avaliações.

3.1. Intercepção da radiação pelo componente arbóreo

Para avaliar a copa do Eucalipto as seguintes medições foram realizadas: altura da copa viva, área de projeção da copa, cobertura do dossel e índice de área foliar nas idades 76 meses (Outono de 2017), 79 meses (Inverno), 82 meses (Primavera), 85 meses (Verão), e 89 (Outono de 2018). A altura da copa foi medida com o auxílio do hipsômetro Vertéx IV. A altura da copa é a medida da altura a partir do primeiro galho vivo e a relação de copa viva é a relação entre o comprimento da copa e a altura total da árvore (Comprimento da copa/Altura total). A medida de área de projeção da copa foi realizada a partir da média das quatro medidas do raio, com o auxílio de uma trena, nos pontos de copa em direções fixas no sentido das linhas e entrelinhas como mostra a Figura 10 A e B.

Figura 10: Representação das medições realizadas na copa do Eucalipto. Fonte (WINK et al., 2012; modificado).

Onde:

Figura 10 A

htotal: Altura total do Eucalipto;

hfuste: altura do fuste;

cc: comprimento da copa;

dc: diâmetro da copa;

Figura 10 B

ri: raio da copa.

A cobertura de copa total relativa (%) foi obtida a partir da soma da área de projeção da copa de cada indivíduo das parcelas dividido pela área total da parcela.

As estimativas do IAF (m^2/m^2) foram realizadas nas idades 76 meses (Outono de 2017), 79 meses (Inverno), 82 meses (Primavera), 85 meses (Verão), e 89 (Outono de 2018) assim como a avaliação do crescimento. Foram realizadas 45 leituras por parcela, sendo distribuídas sistematicamente em um transecto diagonal entre os renques, como mostra a Figura 11, para que o equipamento possa identificar a distribuição das plantas devido ao desbaste. O índice de área foliar (IAF) foi determinado com o auxílio do equipamento LAI-2200C, onde as leituras foram realizadas no começo da manhã, entre as 6 e 8 horas da manhã, sob luz difusa. O ângulo de abertura do sensor ótico utilizado foi de 45° em função do tamanho da parcela. A Figura 11 exemplifica a leitura do índice de área foliar realizado em campo.

Figura 11: 1: Medição do índice de área foliar nas parcelas com o equipamento LAI-2200C. a: Sensor ótico; b: Registrador de dados; 2: Pontos de amostragem do IAF na parcela

Os equipamentos foram posicionados na direção oposta ao sol, para garantir condições de iluminação similar. O método utilizado foi de dois sensores. Primeiramente, dois sensores são conectados ao registrador de dados e sincronizados. Um sensor é programado para realizar leituras a cada 15 segundo, para a avaliação fora do dossel. O outro sensor é utilizado para realizar as leituras sob o dossel dos renques. Com o auxílio do software FV-2200 foram realizadas as estimativas do índice de área foliar para cada parcela a partir das medições de dentro e fora do dossel.

A caracterização da radiação foi realizada com o auxílio de um sensor PAR, modelo ELE, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, EUA, foram realizadas as medições da radiação fotossinteticamente ativa (comprimento de onda de 400 a 700nm). As medições de radiação foram realizadas em fevereiro e junho de 2018, nas estações de verão e outono. As medições da radiação foram realizadas nos mesmos locais onde foram coletadas as amostras de pastagem e de umidade do solo. Foram realizadas 27 medidas em cada parcela, sendo realizadas três repetições de cada perfil em cada parcela. O perfil é caracterizado por nove medições a cada dois metros de uma extremidade da parcela útil até a outra. Foram realizadas medições dentro e fora das parcelas, sendo as medições de fora da parcela realizadas em áreas livres de qualquer interferência da radiação solar incidente, sendo realizadas dez leituras fora da parcela antes e depois da medição de cada parcela. A Figura 12 ilustra a medição da radiação fotossinteticamente ativa com o auxílio do equipamento PAR.

Figura 12: Medição de radiação a partir do aparelho PAR.

As medições foram realizadas entre as 11:00 e 14:00 horas, niveladas com nível de bolhas. Para estimar a radiação relativa disponível no topo da pastagem foi utilizada o modelo proposto por Goudriaan (1977) e adaptado por Bernardes et al. (1998).

$$Ir = \frac{1}{2} \times (\text{sen} [\arctg ((d1 - (cw_1^2/d1))/Hr1)] + \text{sen} [\arctg ((d2 - (cw_2^2/d2))/Hr2)]) \quad (2)$$

Ir: Radiação relativa a radiação que chega as copas (%);

d: distância entre os renques;

Cw: Raio da copa;

Hr: Altura relativa entre a pastagem e o componente arbóreo.

A radiação relativa deve ser corrigida multiplicando pela radiação transmitida pela copa das aleias de acordo com a equação postulada por Castro & Bernardes (1998):

$$Ir \text{ corrigido} = Ir + [(100 - Ir) * Ct] \quad (3)$$

Ir corrigido: Radiação relativa corrigida com a transmissão das copas;

Ir: radiação relativa calculada pela equação (11);

Ct: Transmissão das copas, do inglês “canopy transmission”.

A radiação transmitida por pelo dossel da aleia (Ct) foi obtida pelas medidas realizadas com o PAR pela seguinte equação:

$$Ct = \frac{Ir \text{ medido} - Ir}{(100 - Ir)} \quad (4)$$

Ir medido: Radiação relativa medida no campo;

Ir: radiação relativa calculada pela equação (11);

Ct: Transmissão das copas estimado.

3.2. Desenvolvimento dos componentes do sistema silvipastoril após o desbaste

A avaliação do crescimento do componente arbóreo foi realizada a partir da mensuração das seguintes características: a altura total e o diâmetro a altura do peito (DAP) a 1,30 metros de altura em relação ao solo, como mostra a Figura 13. As medidas foram realizadas na idade de 55 meses, no mês de setembro de 2015, 76 meses de idade (Outono), no mês de abril de 2017, 79 meses para o mês de julho de 2017 (Inverno), 82 meses para o mês de outubro de 2017 (Primavera), 85 meses para o mês de fevereiro de 2018 (Verão), e 89 meses para o mês de junho de 2018 (Outono). Os resultados serão apresentados de acordo com a estação do ano avaliado.

As medições do DAP foram realizadas com o auxílio da suta (mm) e a altura total (m) com o auxílio do hipsômetro Vertéx IV. Também foi realizado as medições pareadas do DAP no sentido da linha e no sentido da entrelinha.

Figura 13: Medição do DAP com o auxílio da suta.

A partir das medições de DAP foi calculado a área basal de cada árvore sendo estimada a partir da seguinte equação segundo Batista, Do Couto e Da Silva Filho (2016).

$$g = \frac{\pi DAP^2}{40000} \quad (5)$$

Onde:

g: área basal estimado da árvore (m²);

DAP: diâmetro a 1,30 do fuste (cm).

$$G = \sum_{i=1}^n g_i \quad (6)$$

Onde:

g: área basal estimado da árvore (m²);

G: área basal (m²/ha).

A partir da área basal foi calculado o incremento basal acumulado após o desbaste, a área basal retirada pelo desbaste, o incremento basal por estação e o incremento basal relativo a área basal inicial.

O incremento basal relativo foi calculado a partir da seguinte equação, segundo Forrester & Baker (2012):

$$ICA_R = \frac{ICAAB}{AB_0} \times 100 \quad (7)$$

ICA_R : Incremento corrente anual relativo a área basal inicial (%);

$ICAAB$: Incremento corrente anual da área basal (m²);

AB_0 : Área basal inicial (m²).

Para o cálculo do volume individual, foram realizadas duas cubagens no total de 59 árvores, 29 árvores cubadas após o desbaste (55 meses de idade) e 25 árvores, coletadas na bordadura externa do experimento, cubadas aos 88 meses de idade, as quais abrangiam a variação diamétrica das árvores na área experimental. Para que isso ocorresse, em cada idade, dividiu-se as árvores em cinco classe diamétrica e foram amostradas cinco árvores por classe diamétrica. Os volumes das árvores foram calculados a partir da fórmula de Smalian:

$$v = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) l \quad (8)$$

Em que:

v = volume da tora (seção);

g_1 = área transversal na base da tora;

g_2 = área transversal no topo da tora;

l = comprimento da tora.

Com a árvore dividida em n seções (tora) de comprimento fixo de um metro, o volume total da árvore (v) foi dada a partir da seguinte fórmula de cubagem de Smalian:

$$v = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n + v_p \quad (9)$$

onde v_p é o volume da ponta, sendo dado pela seguinte equação:

$$v_p = \frac{g_n l_p}{3} \quad (10)$$

A equação de predição do volume foi ajustada a partir dos dados de cubagem utilizando os modelos da Tabela 5, sendo o modelo de Schumacher-Hall selecionado devido seu maior coeficiente de determinação (SCHUMACHER; HALL, 1933):

$$\ln v = 4,782 + 1,50 \ln DAP + 1,74 \ln H \quad (11)$$

Onde:

v = Volume comercial da árvore (m³);

DAP = diâmetro a 1,30 do fuste (cm);

H = Altura total da árvore (m).

Tabela 5: Equações volumétricas obtidas a partir dos volumétricos e a regressão utilizando os dados da cubagem rigorosa.

Modelo	Equação	R ²
Schumacher-Hall	$\ln v = 4,782 + 1,50 \ln DAP + 1,74 \ln H$	0,97
Stoate	$V = 0,1199 + 0,0090 \cdot h + 0,000013 \cdot dap^2 \cdot h + 0,00021 \cdot dap^2$	0,97
Berkhout	$V = 0,0004 \cdot dap^2 \cdot 0,936$	0,94
Hohenadl-Krenm	$V = -0,0006 \cdot dap^2 + 0,033 \cdot dap - 0,24$	0,95
Spurr	$V = 7E-05 \cdot dap^2 \cdot h \cdot 0,9053$	0,96

A partir da cubagem também foi gerada a equação de afilamento utilizando o modelo de polinômio de 5 grau (PRODAN, 1965):

$$\left(\frac{d_i}{DAP}\right) = 22,982 \left(1 - \frac{h_i}{H}\right)^5 - 63,147 \left(1 - \frac{h_i}{H}\right)^4 + 65,532 \left(1 - \frac{h_i}{H}\right)^3 - 31,94 \left(1 - \frac{h_i}{H}\right)^2 + 8,2041 \left(1 - \frac{h_i}{H}\right) - 0,46950 \quad (12)$$

DAP = diâmetro a 1,30 do fuste (cm);

H = Altura total da árvore (m);

di: é o diâmetro que varia segundo a altura hi;

hi: altura ao longo do do tronco.

Para simulação da produção por sortimento de madeira foram utilizados assumindo os seguintes dados:

Tabela 6. Características dos produtos utilizados para o cálculo do sortimento da madeira de Eucalipto.

Produto	Diâmetro mínimo (cm)	Comprimento (m)
Serraria	25	4
Mourão	12	2,5
Lenha	-	-

A partir da equação 7, calculou-se a altura do diâmetro mínimo para o produto. Segundo Batista, Do Couto e Da Silva Filho (2016), o volume (V) é obtido a partir da integração de suas áreas seccionais (g_i) entre o limite inferior (h_1) e o limite superior (h_2) como mostra a equação 9.

$$V = \frac{\pi}{40000} \int_{h_1}^{h_2} \left(22,982 \left(1 - \frac{h_i}{H} \right)^5 - 63,147 \left(1 - \frac{h_i}{H} \right)^4 + 65,532 \left(1 - \frac{h_i}{H} \right)^3 - 31,94 \left(1 - \frac{h_i}{H} \right)^2 + 8,2041 \left(1 - \frac{h_i}{H} \right) - 0,46950 \right)^2 dh \quad (13)$$

V = volume estimado do produto (m³);

H = Altura total da árvore (m);

hi: altura ao longo do tronco.

Com a altura do diâmetro mínimo, calculado a partir da equação 12, foi utilizado a equação 13 para o cálculo do volume de cada produto. As avaliações com relação ao componente arbóreo foram realizadas nos meses de setembro de 2015 (época onde foi aplicado o desbaste), abril, julho e novembro de 2017 e no mês de fevereiro de 2018.

A amostragem da biomassa da forrageira *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. Cv Marandu (Brachiarão) foram realizadas nos seguintes meses: abril de 2017 (Outono), julho de 2017 (Inverno), outubro de 2017 (Primavera), fevereiro de 2018 (Verão), e no mês de junho de 2018 (Outono). É importante salientar que a primeira coleta foi descartada, sendo ela realizada com o objetivo de uniformizar o pasto na região de coleta das amostras. Foram coletadas nove amostras por parcela, sendo as amostras foram distribuídas na parcela de forma sistemática de acordo com a Figura 15. Foi utilizando uma moldura de madeira para delimitar a unidade amostral, com uma área de 0,25 m². Nas áreas delimitadas pelas molduras foram realizados cortes na pastagem à altura de 0,20 m do solo, com a utilização de tesouras. Após a coleta, as amostras foram separadas em três categorias e colocadas em sacos plásticos. As três categorias são: massa morta, haste e folha como mostra a Figura 14.

Figura 14: Exemplo de um perfilho de *Brachiaria brizantha*, a esquerda, e de uma touceira, a direita. a: folha; b: material morto; c: haste.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Ecofisiologia Florestal e Silvicultura da ESALQ/USP e determinada sua massa seca a partir da sua secagem na estufa de ventilação forçada por 72 horas na temperatura de 60 °C ou até que apresentassem massa constante e posteriormente pesada na balança digital com 0,1 g de precisão.

Figura 15: Pontos de amostragem da pastagem

3.3. Análise Estatística

De modo preliminar, foi verificado os pressupostos de normalidade dos erros e a homocedasticidade da variância. Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar o pressuposto de normalidade dos erros, ao nível de probabilidade de 5%, e o teste de Barlett para a verificação da homocedasticidade da variância dos erros. Sendo aceito os pressupostos, foi feita a análise de variância (ANOVA) para comparar o efeito dos tratamentos na variável analisada em nível de significância de 5%, seguindo o modelo.

$$Y_{ij} = \mu + b_i + c_j + \varepsilon_{ij} \quad (14)$$

Y_{ij} : valor observado na parcela que recebeu o i-ésimo bloco;

μ : constante inerente a toda população;

b_i : efeito devido ao i-ésimo bloco;

c_j : efeito do j-ésimo tratamento;

ε_{ij} : o efeito dos fatores não controlados do i-ésimo bloco, no j-ésimo tratamento.

Foi realizado o teste de Tukey com o objetivo de comparação de médias dos tratamentos, fixando-se o nível de significância também de 5%. A ANOVA foi realizada em cada estação do ano para as seguintes variáveis: Altura total, DAP, área basal, incremento basal, volume e incremento volumétrico, sortimento da madeira, índice de área foliar, relação de copa viva, área de projeção da copa, somatório das áreas das copas, biomassa da pastagem e umidade do solo. Também foi realizada a ANOVA para as medidas pareada do diâmetro a altura do peito e do diâmetro da copa, no sentido da linha e da entrelinha. O software SAS 9.3 foi utilizado para realizar as análises estatísticas.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização do clima, solo e pastejo dos animais na área experimental

A região onde o experimento está localizado apresenta chuvas irregulares, mal distribuídas e possui solos arenosos com alto grau de intemperização. A produção tanto florestal quanto agrícola nesta região é limitada por estes fatores, e sua caracterização se torna essencial para a compreensão dos resultados obtidos neste estudo. Na Figura 16 estão representadas as médias mensais de temperatura mínima, máxima e média, obtidas a partir da estação de Correntina do INMET (2018), e a precipitação para o período de avaliação, obtidos a partir de pluviômetro localizado na área experimental.

Figura 16: Precipitação média e temperatura mensal média da cidade de Correntina - BA. Fonte: INMET (2018)

A precipitação em 2015, 550 mm, resultou em menos da metade da média histórica, concentrada durante os meses de fevereiro a junho, e seca estendendo-se até dezembro. A precipitação em 2016 resultou em 1217 mm, 2017 em 1020 mm, valores próximos a média histórica, e no primeiro semestre de 2018 a precipitação resultou em 681 mm. A partir dos dados de temperatura e precipitação foi calculado o balanço hídrico normal da cidade de Correntina com base na metodologia proposta por ROLIM et al. (1998) (Figura 17). O período de déficit hídrico durante o ano de 2015 foi prolongado devido à ausência de chuvas durante os meses de outubro a dezembro, mais longo do que nos outros anos analisados.

Figura 17: Balanço hídrico normal da cidade de Correntina – BA

O solo da área experimental é caracterizado como latossolo-amarelo (EMBRAPA, 2011). A análise granulométrica do solo mostrou que a área experimental tem um solo homogêneo, com baixa variação especialmente para o conteúdo de areia, como demonstrado pela Tabela 7.

Tabela 7: Resultado da análise granulométrica do solo da área experimental.

Parâmetro/granulometria	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
Média	10,77	3,03	86,18
Mínimo	9,33	1,3	84,9
Máximo	12,44	4,55	87,7
Mediana	10,65	2,96	86,3
Desvio padrão	0,81	0,84	0,83
Coefficiente de variação	7,53	27,7	0,96

O resultado para a avaliação de curva de retenção do solo é apresentado na Figura 18 e o resultado relativo a análise das características químicas do solo é apresentada na Tabela 8:

Figura 18: Curva de retenção de água no solo.

Tabela 8: Características químicas do solo da área experimental.

	pH CaCl ₂	MO. Colorimétrica	P Resina	S Fosfato de cálcio 0,01 mol L ⁻¹	K Resina	Ca Resina	Mg Resina	Al KCl 1 mol.L ⁻¹	H+Al SMP	SB	CTC	V	m
Unidades	-	gdm ⁻³	mg.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³	%	%
0 - 20 cm	4,7	22	5	<6	<0,9	8	6	1	13	14,4	27,4	53	6
20 - 40 cm	4,5	9	4	<6	<0,9	3	2	2	12	5,2	17,2	30	28

A capacidade de retenção de água no solo da área experimental é baixa (Figura 18). A análise química do solo, conforme a classificação de Vitti & Luz (2004), para o cultivo de plantas forrageiras, resultou em teor de fósforo em resina classificado como muito baixo nas duas profundidades; o de potássio também foi classificado como muito baixo nas duas profundidades; o teor de magnésio classificado como médio na profundidade de 0 – 20 cm e baixo na profundidade de 20 – 40 cm; o teor de cálcio classificado como baixo na profundidade de 0 – 20 cm e muito baixo na profundidade de 20 – 40 cm para a produção de pastagem.

O resultado da avaliação da umidade do solo ao longo das estações na profundidade de 0 a 20 centímetros pode ser observado na Figura 19.

Figura 19: Média da umidade do solo na profundidade de 20 cm de profundidade nas estações de Inverno e primavera de 2017 e Verão e Outono de 2018.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) no mesmo período avaliado.

A medição realizada durante o período da primavera foi realizada no período de início das chuvas, o que explica não haver diferenças entre os tratamentos, já que devido as chuvas, ocorreu uma homogeneização da umidade dos solos. Na medição de verão, é possível observar que o tratamento 50%L₁-33%L₂ apresentou maior umidade do solo que o 100%L₁-33%L₂ e diferiu estatisticamente. Já durante o outono de 2018, os tratamentos 50%L₁-66%L₂ e 100%L₁-33%L₂ apresentaram uma maior umidade em comparação com o tratamento controle.

A Figura 20 mostra o resultado para a média de umidade na profundidade de 20 a 40 cm de profundidade.

Figura 20: Média da umidade do solo na profundidade de 40 cm de profundidade nas estações de Inverno e primavera de 2017 e Verão e Outono de 2018.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) no mesmo período avaliado.

O tratamento 50%L₁-33%L₂ resultou em uma maior conservação de umidade do solo durante os períodos de déficit hídrico, inverno e outono, quando comparado com o tratamento com maior densidade de árvores, controle. No inverno, fim do período de déficit hídrico, o 50%L₁-33%L₂ também resultou em maior umidade do solo comparando com o tratamento 100%L₁-33%L₂. Durante o verão, na metade do período chuvoso, o 50%L₁-33%L₂ resultou em maior umidade. No início do período chuvoso os tratamentos não tiveram efeito na umidade do solo. Na metade do período chuvoso, verão, o 50%L₁-33%L₂ foi maior que os tratamentos 100%L₁-33%L₂ e 50%L₁-66%L₂.

4.2. Interceptação da radiação pelo componente arbóreo

A copa é o principal órgão responsável pela fotossíntese e crescimento do componente arbóreo, logo sua mensuração e compreensão a partir dos parâmetros morfométrico é de extrema importância. As diferentes intensidades de desbastes resultarão em mudanças no arranjo do sistema, resultando em mudanças na transmissão de luminosidade para o extrato inferior, interferindo no desenvolvimento da planta forrageira e na umidade do solo. Portanto, o estudo da copa e suas respostas ao desbaste é importante para compreender sua interceptação da radiação e interações com os outros componentes do sistema.

Primeiramente é apresentado os resultados para a copa dos indivíduos do componente arbóreo. O resultado da relação de copa viva dos indivíduos de eucalipto é apresentado na Figura 21.

Figura 21: Média da relação de copa viva nas estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

O desbaste teve efeito positivo na média da relação de copa viva em todas as estações do ano, quando comparamos os tratamentos com o controle. Durante o período de Outono 2017 ao Verão 2018 todos os tratamentos apresentaram uma redução na relação de copa viva e no período de Verão – Outono de 2018 todos os tratamentos apresentaram um incremento dessa relação, este comportamento pode ser relacionado com o período de déficit hídrico e precipitação, respectivamente.

Na estação do outono de 2017, o tratamento 100%L₁-0%L₂ resultou em uma maior relação de copa viva na estação de outono, o qual não diferiu estatisticamente do 50%L₁-66%L₂ e do 100%L₁-33%L₂. Na medição de inverno, os tratamentos tiveram uma redução na relação de copa viva, especialmente no tratamento 0%L₁-0%L₂, o qual resultou em uma menor relação e diferindo estatisticamente dos outros tratamentos. Os tratamentos que resultaram na maior relação de copa viva nesta estação foram os tratamentos 100%L₁-0%L₂ e 50%L₁-66%L₂, diferindo estatisticamente somente do tratamento 50%L₁-50%L₂, o qual é possível observar uma perda de 2%, a menor perda de relação de copa viva desta estação. O tratamento controle continuou como a menor relação de copa viva durante a estação de primavera, porém não apresentou uma perda de

copa viva como o observado na estação anterior. Nesta estação, os tratamentos que resultaram em uma maior perda de relação de copa viva foram os 50%L₁-66%L₂, 100%L₁-0%L₂ e 50%L₁-33%L₂, com 8,1%, 8,9% e 7,9%, respectivamente.

No verão de 2018, o tratamento controle voltou a apresentar uma diminuição na relação de copa viva e como o tratamento com a menor relação, com uma diminuição de 12%. Os tratamentos que apresentaram maior relação de copa viva e menor perda foram os tratamentos 50%L₁-33%L₂ e 50%L₁-50%L₂ e não diferiram do tratamento 100%L₁-33%L₂. Do verão para o outono é possível observar um aumento na relação de copa viva em todos os tratamentos devido a estação chuvosa. Os tratamentos que apresentaram maior relação de copa viva no verão foram os tratamentos 100%L₁-0%L₂ e 50%L₁-66%L₂, também apresentaram um maior acréscimo em relação a estação anterior. Assim como nas outras estações, o tratamento com menor relação foi o tratamento sem desbaste, que também apresentou um incremento na média de relação de copa viva.

A Figura 22 apresenta o resultado para a área da copa.

Figura 22: Média de área individual de projeção copas nas estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

O tratamento 0%L₁-0%L₂ apresentou menor área individual de copas nas medições de outono e inverno, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos, devido a menor área

disponível por planta. Na estação de outono os tratamentos 50%L₁-33%L₂ e 50%L₁-66%L₂ resultaram na maior área de copa, resultado apresentado pode ser relacionado a maior área disponível por planta. Na avaliação de inverno, a média das áreas de copa aumentaram em todos os tratamentos, principalmente nos tratamentos 50%L₁-66%L₂ e 50%L₁-50%L₂, não diferindo do tratamento 50%L₁-33%L₂. É interessante ressaltar que na primavera o tratamento 100%L₁-0%L₂ apresentou a menor área de projeção de copa, além do tratamento 0%L₁-0%L₂.

No verão, os tratamentos apresentaram aumento nas áreas de copas em comparação com a avaliação de primavera, em especial os tratamentos 100%L₁-0%L₂ e 50%L₁-50%L₂, com um aumento de 6 m² cada. Nesta estação, os tratamentos tiveram uma menor diferença entre eles. Sendo que os tratamentos que diferiram estatisticamente foram o 50%L₁-50%L₂ do controle e 100%L₁-0%L₂. No outono, ocorreu uma diminuição na área de copa em todos os tratamentos. O 50%L₁-33%L₂, 50%L₁-50%L₂, 50%L₁-66%L₂ e 100%L₁-33%L₂ resultaram na maior área de copa nesta estação. A Figura 23 apresenta o resultado para as medições pareadas entre os diâmetros das copas.

Figura 23: Média da diferença entre os diâmetros da copa da entrelinha e da linha nas estações avaliadas.

Tabela 9: Teste Tukey das medidas pareadas dos diâmetros das copas nas estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

Estação	0%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -33%L ₂	100%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -50%L ₂	50%L ₁ -66%L ₂	100%L ₁ -33%L ₂
Outono	A	B	A	CD	D	BC
Inverno	A	BC	A	BC	C	B
Primavera	AB	BC	A	C	BC	AB
Verão	A	B	A	B	B	AB
Outono	A	C	AB	C	C	B

Os tratamentos 0%L₁-0%L₂ e 100%L₁-0%L₂ resultaram nas maiores diferenças pareadas entre os diâmetros das copas em todas as estações. É possível observar uma diminuição com relação a diferença entre os diâmetros da estação de outono de 2017 até a primavera de 2017 e da primavera até a estação de outono de 2018 verifica-se um aumento nas medidas pareadas para estes tratamentos. Este comportamento também pode ser observado para o tratamento 100%L₁-33%L₂. Com relação aos outros tratamentos, as medidas pareadas são constantes, apresentando uma menor diferença quando comparada com os tratamentos anteriores.

Á área de cobertura total da projeção das copas em relação a parcela é apresentado na Figura 24, onde é possível ressaltar uma maior cobertura total da projeção das copas no tratamento controle em todos os períodos avaliados, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos. O tratamento 100%L₁-33%L₂, que possui menor densidade de árvores, também apresentou uma menor cobertura de dossel e diferiu estatisticamente dos outros tratamentos, menos do 100%L₁-0%L₂.

Figura 24: Média da somatória das áreas das copas em relação a área das parcelas nas estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

O resultado da avaliação do índice de área foliar é apresentado na Figura 25.

Figura 25: Média do índice de área foliar nas estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

Durante o outono de 2017, o tratamento 0%L₁-0%L₂ resultou em um maior índice de área foliar, porém diferindo estatisticamente somente dos tratamentos 100%L₁-33%L₂ e 50%L₁-66%L₂. Na estação de outono de 2017 não houve diferença estatística entre os tratamentos, resultado, o que pode ser explicado pela perda de folhas durante o período de déficit hídrico que ocorre durante o inverno. Durante a primavera de 2017, os tratamentos apresentaram um aumento no índice de área foliar, menos o 100%L₁-33%L₂, o que não era esperado pois esta estação é caracterizada pelo déficit hídrico. Os tratamentos 100%L₁-33%L₂ e 50%L₁-66%L₂ apresentaram o menor índice durante esta estação. No verão de 2018, o tratamento controle continuou como o maior índice de área foliar, não diferindo dos tratamentos 50%L₁-66%L₂ e 50%L₁-50%L₂. Durante o outono de 2018, os tratamentos 0%L₁-0%L₂, 50%L₁-66%L₂ e 50%L₁-50%L₂ apresentaram os maiores índices de área foliar, diferindo dos outros tratamentos.

O resultado para a transmissão do dossel do renque de cada tratamento é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Transmissão de radiação relativa estimada para cada tratamento.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

Tratamento	Transmissão do dossel do renque (%)
0%L1-0%L2	0,3489 C
50%L1-33%L2	0,4385 BC
100%L1-0%L2	0,4658 ABC
50%L1-50%L2	0,542 ABC
50%L1-66%L2	0,6756 A
100%L1-33%L2	0,6369 AB

A partir do resultado da transmissão de radiação estimada para cada tratamento, altura, raio da copa e espaçamento residual de cada tratamento foi possível utilizar o modelo adaptado por Bernardes et al. (1998) como mostra a Figura 26.

Figura 26: Porcentagem da radiação fotossinteticamente ativa disponível para a pastagem durante o verão. a: tratamento 0%L1-0%L2; b: tratamento 50%L1-33%L2; c: tratamento 100%L1-0%L2; d: tratamento 50%L1-50%L2; e: tratamento 50%L1-66%L2; f: tratamento 100%L1-33%L2. Fonte imagem: (WINK et al., 2012)

É interessante observar que os tratamentos 100%L₁-0%L₂, 50%L₁-66%L₂ e 100%L₁-33%L₂ resultaram nas maiores porcentagens de radiação fotossinteticamente ativa disponíveis para a pastagem.

4.3. Desenvolvimento dos componentes do sistema silvipastoril após o desbaste

4.3.1. Componente arbóreo

O desenvolvimento do Clone 1528 foi avaliado durante o experimento. Foram mensuradas variáveis do fuste do eucalipto e seu crescimento ao longo das estações do ano para compreender sua dinâmica e produtividade em resposta ao desbaste. A primeira variável apresentada é a altura total média.

A altura total média obteve resposta significativa para os fatores testados durante os períodos avaliados, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27: Média da altura total do componente arbóreo nas estações avaliadas

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

É interessante salientar que durante os períodos avaliados, o desbaste teve um efeito negativo na altura total dos tratamentos, quando comparados com o controle, em quase todas as estações, ou seja, resultaram em uma altura menor, o que não era esperado, com exceção para a estação de outono. No Outono de 2017, foi possível observar que o tratamento 50%L₁-50%L₂, com 18 m de altura média, possuía a maior altura média e diferia estatisticamente dos tratamentos 50%L₁-66%L₂, 100%L₁-33%L₂ e 0%L₁-0%L₂. É possível observar que no período Outono -

Inverno o tratamento 0%L₁-0%L₂ teve um maior crescimento em altura quando comparando com o tratamento 50%L₁-50%L₂, decorrente da maior densidade de árvores do primeiro tratamento.

No inverno, o tratamento 0%L₁-0%L₂ teve a maior altura média e diferiu estatisticamente dos outros tratamentos. Já durante a primavera, o tratamento que teve maior incremento do inverno para a primavera foi o 100%L₁-0%L₂, se equiparando ao 50%L₁-50%L₂. Durante o período Primavera - Verão, os tratamentos tiveram um pequeno crescimento em altura total média.

No período Verão - Outono de 2018, é possível observar um amplo incremento em altura média nos tratamentos controle e 100%L₁-0%L₂, com 22 e 21 metros, respectivamente, em que não diferiram estatisticamente na estação outono. É interessante observar neste período que o 50%L₁-50%L₂ também obteve um crescimento considerável e diferiu estatisticamente dos tratamentos 50%L₁-66%L₂, 100%L₁-33%L₂ e 50%L₁-33%L₂, os quais foram os menores tratamentos em alturas e não diferiram estatisticamente. Em todas as estações do ano os tratamentos 50%L₁-66%L₂ e 100%L₁-33%L₂ não diferiram estatisticamente e tiveram as menores alturas média, o que pode ser atribuído a resposta do clone a desbastes mais intensos.

Antes do desbaste, na idade de 56 meses, as parcelas onde seriam aplicados os desbastes não diferiram com relação ao DAP e que houve respostas aos tratamentos um ano após a realização do desbaste, já que o desbaste foi realizado em março de 2016. A Figura 28 apresenta o resultado de crescimento em DAP.

Figura 28: Média do DAP nas estações avaliadas dos anos 2015, 2017 e 2018.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

Durante as avaliações, foi possível observar uma resposta positiva nos DAPs médios dos tratamentos, quando comparamos os tratamentos com o controle. Na estação de outono de 2017, o controle teve o menor DAP médio e diferiu estatisticamente dos outros tratamentos, com 17,6 cm. O tratamento com maior DAP médio foi o 50%L₁-66%L₂, com 20,1 cm, diferindo estatisticamente dos tratamentos 50%L₁-33%L₂, 100%L₁-0%L₂. No Inverno de 2017, o tratamento 50%L₁-66%L₂ continuou com o maior DAP médio, diferindo estatisticamente do 100%L₁-0%L₂, 50%L₁-33%L₂. A principal alteração nesta estação foi que os tratamentos 50%L₁-33%L₂ e 100%L₁-33%L₂ diferiram estatisticamente. No período Inverno - Primavera de 2017, 50%L₁-50%L₂ obteve um maior incremento no DAP médio e diferiu estatisticamente do tratamento 50%L₁-33%L₂. Ou seja, durante o período de déficit hídrico, os tratamentos que tiveram maior incremento diamétrico foram os 50%L₁-66%L₂, 50%L₁-50%L₂ e 100%L₁-33%L₂.

Após o início da estação chuvosa, os tratamentos submetidos a maior intensidade de desbaste resultaram no maior incremento diamétrico. O 50%L₁-66%L₂ continuou com a maior média diamétrica, com uma diferença de 2,9 cm para a menor média, observada no controle. Na avaliação de Outono de 2018, a média diamétrica para todos os tratamentos também tiveram um incremento, porém não foram observadas alterações entre os tratamentos em relação a avaliação anterior. A diferença do tratamento com maior média diamétrica, 50%L₁-66%L₂, com a menor média, controle, foi de 3,4 cm.

As medições pareadas dos DAPs para cada estação são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Média da proporção entre os DAPs (cm) da entrelinha e da linha nas estações avaliadas.

Ano	Período/Trat.	0%L ₁ -0%L ₂ (cm)	50%L ₁ - 33%L ₂ (cm)	100%L ₁ - 0%L ₂ (cm)	50%L ₁ - 50%L ₂ (cm)	50%L ₁ - 66%L ₂ (cm)	100%L ₁ - 33%L ₂ (cm)	Erro padrão
2017	Outono	0,77A	0,39B	0,78A	0,45AB	0,33B	0,66AB	0,1
	Inverno	0,73AB	0,4BC	1A	0,52BC	0,33C	0,76AB	0,1
	Primavera	0,76AB	0,48BC	0,9A	0,48ABC	0,31C	0,67ABC	0,09
2018	Verão	0,71ABC	0,52BC	0,99A	0,59BC	0,4C	0,85AB	0,1
	Outono	0,66AB	0,42B	1A	0,6AB	0,39B	0,95A	0,1

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

Os tratamentos 100%L₁-0%L₂, 100%L₁-0%L₂, 100%L₁-33%L₂ e o 0%L₁-0%L₂ resultaram nas medidas pareadas com maior diferença durante as estações do ano avaliadas, já os tratamentos

50%L₁-66%L₂, 50%L₁-50%L₂ e 50%L₁-33%L₂ resultaram na menor diferença entre a média das medições pareadas e apresentaram pouca variação ao longo das estações. O tratamento 100%L₁-0%L₂ também apresentaram pouca variação ao longo das estações, diferente dos tratamentos 100%L₁-33%L₂ e o 0%L₁-0%L₂. É possível observar um aumento na diferença com relação ao tratamento 100%L₁-33%L₂ e uma diminuição no tratamento controle.

O incremento basal entre a idade de 56 meses (setembro de 2015), após o desbaste, até 88 meses (julho de 2018) pode ser observado na Figura 29 e o incremento basal separado por estação pode ser visualizado na Figura 30.

Figura 29: Média de incremento da área basal acumulado total e incremento basal acumulado relativo ao inicial de 55 meses de idade até 88 meses de idade.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), letras maiúsculas para incremento basal acumulado e minúsculas para incremento basal anual relativo a área basal inicial.

Figura 30: Incremento basal separado por estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) nas estações avaliadas.

Mesmo com diferentes densidades de árvores os tratamentos 50%L₁-50%L₂, 50%L₁-33%L₂, 0%L₁-0%L₂ e 50%L₁-66%L₂ não diferiram estatisticamente para o incremento basal acumulado durante os 33 meses. Os tratamentos 100%L₁-0%L₂ e 100%L₁-33%L₂ tiveram os menores incrementos basais acumulados e não diferiram estatisticamente entre eles e dos tratamentos 50%L₁-66%L₂ e 100%L₁-0%L₂. Apesar de ter a mesma densidade de árvores, os tratamentos 50%L₁-50%L₂ e 100%L₁-0%L₂ diferiram quanto ao seu incremento basal, onde as áreas basais residuais do desbaste e o arranjo dos tratamentos influenciaram no incremento basal do tratamento 100%L₁-0%L₂.

O incremento basal relativo a área basal inicial demonstra um aumento, quanto maior a intensidade do desbaste. O tratamento controle obteve um menor crescimento relativo a área basal, com 42%, o qual diferiu dos outros tratamentos estatisticamente. O tratamento 100%L₁-33%L₂ resultou no maior incremento corrente anual basal relativo, com 87%, porém não diferindo dos tratamentos 50%L₁-66%L₂, 50%L₁-50%L₂, 100%L₁-0%L₂.

O desbaste resultou em um incremento por área não diferente comparando entre as diferentes intensidades, porém quando comparada com a área sem desbaste o incremento das dominantes foi menor.

Durante as estações, a diferente densidade entre os tratamentos teve efeito direto em relação ao incremento basal. Durante o outono – inverno, o tratamento que teve maior crescimento foi o 50%L₁-50%L₂, e o controle resultou no menor incremento. Durante o intervalo inverno – primavera, não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos. Já durante o período do início das chuvas, primavera - verão, é possível observar que o tratamento que possuía maior densidade,

controle, resultou em um maior incremento basal em relação aos outros tratamentos. No verão – outono, fim das chuvas, é possível observar que o tratamento com menor densidade, 100%L₁-33%L₂, resultou no menor incremento basal.

O resultado do volume individual médio calculado pela equação volumétrica é apresentado na Figura 31.

Figura 31: Média de volume individual do componente arbóreo estações avaliadas após o desbaste.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma estação avaliada.

Durante as estações, o volume individual teve uma resposta positiva até os tratamentos onde a densidade foi de 184 árv./ha, tratamentos 50%L₁-50%L₂ e 100%L₁-0%L₂, e após esta intensidade de desbaste o aumento não resultou em um aumento no volume individual. Na medição de outono de 2017, o tratamento 50%L₁-50%L₂ resultou no maior volume individual e só não diferiu estatisticamente do tratamento 50%L₁-66%L₂, com 0,23 m³ por árvore. O tratamento 0%L₁-0%L₂ obteve o menor volume individual e diferiu estatisticamente dos outros tratamentos.

Durante o inverno de 2017, o tratamento 50%L₁-50%L₂ continuou resultando como a maior média de volume individual do Eucalipto, porém nesta estação ele diferiu estatisticamente dos outros tratamentos. O controle continuou com a menor média volumétrica individual, porém não diferiu do tratamento 50%L₁-33%L₂. Na primavera, o tratamento 50%L₁-50%L₂ teve um baixo

incremento volumétrico individual, diferente dos tratamentos $100\%L_1-0\%L_2$, $50\%L_1-66\%L_2$, e $100\%L_1-33\%L_2$ que apresentaram um incremento volumétrico individual maior e se equipararam estatisticamente ao tratamento $50\%L_1-50\%L_2$. Na medição de verão de 2018, é possível observar que todos os tratamentos aumentaram seu volume individual. Na estação de outono de 2018, é possível observar um incremento volumétrico individual médio maior nos tratamentos $50\%L_1-50\%L_2$ e $100\%L_1-0\%L_2$, porém também não apresentou diferenças com relação as duas estações passadas.

O volume por parcela é apresentado na Figura 32.

Figura 32: Média de volume por hectare nas idades de 76, 79, 82, 85 e 88 meses.

Tabela 12: Teste Tukey do volume por hectare em cada tratamento durante as estações avaliadas.

Ano	Estação	$0\%L_1-0\%L_2$	$50\%L_1-33\%L_2$	$100\%L_1-0\%L_2$	$50\%L_1-50\%L_2$	$50\%L_1-66\%L_2$	$100\%L_1-33\%L_2$
2015	55 meses	A	B	CD	B	BC	D
	76 meses	A	B	CD	B	C	D
	79 meses	A	B	C	B	BC	C
2017	82 meses	A	B	BC	B	B	C
	85 meses	A	B	BC	B	B	C
2018	88 meses	A	BC	C	B	BC	D

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma idade avaliada.

Na idade de 76 meses, o tratamento $0\%L_1-0\%L_2$ apresentou maior volume por parcela, o que já era esperado. Os tratamentos $50\%L_1-50\%L_2$ e $50\%L_1-33\%L_2$ não diferiram estatisticamente

e, depois do tratamento $0\%L_1-0\%L_2$, foram os tratamentos que resultaram em maior volume por parcela. Durante o período avaliado, o tratamento $100\%L_1-33\%L_2$ teve o menor volume por parcela, junto do tratamento $100\%L_1-0\%L_2$.

O incremento volumétrico por área e incremento volumétrico individual acumulado do mês 55 ao mês 88 de idade e volume removido pelo desbaste é apresentado na Figura 33 e a Figura 34 mostra o resultado do incremento volumétrico separado por cada estação.

Figura 33: Incremento volumétrico por hectare entre os meses 55 a 88 meses.

Tabela 13: Teste Tukey para o Incremento volumétrico, incremento individual e volume removido.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma variável avaliada.

Variável	0%L ₁ - 0%L ₂	50%L ₁ - 33%L ₂	100%L ₁ - 0%L ₂	50%L ₁ - 50%L ₂	50%L ₁ - 66%L ₂	100%L ₁ - 33%L ₂
Incremento volumétrico	A	B	B	B	B	B
Incremento Individual	C	C	A	AB	BC	ABC
Volume Removido	C	B	AB	AB	AB	A
Incremento volumétrico somado ao Volume removido	A	A	A	A	A	A

Figura 34: Incremento volumétrico separado por estações avaliadas.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) no mesmo intervalo avaliado.

O tratamento controle resultou em maior incremento volumétrico acumulado quando comparado com os outros tratamentos e diferiu estatisticamente, diferente dos outros tratamentos que não apresentaram diferença. O incremento volumétrico por árvore maior foi observado nos tratamentos 100%L₁-0%L₂, 50%L₁-50%L₂ e 100%L₁-33%L₂, e apesar de ter sido o maior incremento volumétrico acumulado por área, o controle resultou entre os menores incrementos volumétrico individual. O incremento volumétrico somado ao volume removido durante o desbaste não apresentou efeito aos tratamentos aplicados.

Quando o incremento é separado por estação, foi verificado que o tratamento controle apresentou maior incremento volumétrico nas estações ao longo do ano, menos nos períodos de outono – inverno e inverno – primavera, períodos que os tratamentos não apresentaram diferença estatística.

O resultado para o sortimento da madeira é apresentado na Figura 35

Figura 35: Média de volume de produtos por hectare nas estações de outono de 2017 e outono de 2018.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) no mesmo intervalo avaliado.

Sortindo o volume de madeira em produtos, os tratamentos não resultaram em volume para o produto serraria na estação de outono de 2017. Na estação de outono de 2018 os tratamentos 50%L₁-33%L₂, 50%L₁-50%L₂, 50%L₁-66%L₂ e 100%L₁-33%L₂ apresentaram um pequeno volume com as características para utilização em serraria, porém os tratamentos não diferiram estatisticamente. Logo, o período analisado após a aplicação do desbaste não foi o suficiente para apresentar produção de madeira para serraria. Já o volume de madeira classificado como produto mourão, o tratamento controle apresentou maior volume comparando com os outros tratamentos nas estações avaliadas. Durante as estações de outono de 2017 e de 2018, os 50%L₁-33%L₂, 50%L₁-50%L₂ e 50%L₁-66%L₂ apresentaram o segundo maior volume deste produto. Com relação a produção de madeira para energia, o tratamento controle também apresentou maior volume.

Apesar do tratamento controle apresentar maior volume para os produtos propostos, durante o período avaliado, o desbaste é importante devido as características climáticas do local, já que a precipitação é mal distribuída ao longo do ano (Figura 3). Também deve-se levar em consideração o seu efeito na produtividade da pastagem, resultado apresentado no item a seguir.

4.3.2. Pastagem (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu)

A resposta da biomassa da gramínea forrageira quanto a intensidade de desbaste foi avaliada nas estações ao longo do ano. Os resultados para a biomassa da pastagem em toneladas de matéria seca por hectare para cada estação podem ser visualizados na Figura 36:

Figura 36: Média da massa seca da pastagem por estação.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) no mesmo período avaliado.

4.3.3. Inverno

A análise da produção de biomassa foi feita para o mês de julho de 2017, o resultado é apresentado na Figura 37.

Figura 37: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no mês de julho (estação de inverno).

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma classe avaliada.

O período de descanso da pastagem foi de 95 dias. O tratamento que teve a menor produção total de pastagem e diferiu estatisticamente foi o 0%L₁-0%L₂, o que pode ser explicado pela maior densidade de árvores e seu efeito na luminosidade disponível para a pastagem. O tratamento de maior produção de matéria seca total foi o 100%L₁-33%L₂, o que pode ser atribuído a menor densidade do componente arbóreo neste tratamento, porém o tratamento diferiu estatisticamente somente dos tratamentos 0%L₁-0%L₂ e 50%L₁-50%L₂. Pode-se observar que no mês de julho de 2017 ocorreu um maior acúmulo de material morto nos tratamentos, o que pode ser atribuído ao período de descanso da pastagem. Os tratamentos 100%L₁-33%L₂, 50%L₁-66%L₂, 100%L₁-00%L₂ e 50%L₁-33%L₂ apresentaram maior taxa de acúmulo de matéria seca, maior quantidade de material morto e também maior acúmulo de matéria seca de folhas. Com relação a produção de folha, somente os tratamentos 0%L₁-0%L₂ e 100%L₁-33%L₂ diferiram estatisticamente. A Figura 42 ilustra cada tratamento no inverno.

4.3.4. Primavera

A Figura 38 apresenta o resultado para a matéria seca da pastagem durante a primavera.

Figura 38: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no mês de outubro.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma classe avaliada.

Com relação a biomassa da pastagem no período de primavera, Figura 38, não houve diferença na resposta entre os tratamentos. Isso é decorrente do período de déficit hídrico, já que a maior parte da biomassa é constituída por material morto.

Verão

A Figura 39 apresenta o resultado para a matéria seca da pastagem durante o verão.

Figura 39: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no Verão.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma classe avaliada.

O período de descanso do pasto foi de 44 dias. Não houve diferença na produção de pastagens entre os tratamentos no início do verão, Figura 39. Podemos observar que, diferente da estação anterior, a biomassa da pastagem dos tratamentos resultou em uma maior quantidade de haste e folha, resultado do início da precipitação.

4.3.5. Outono

A Figura 40 apresenta o resultado para a matéria seca da pastagem durante o outono.

Figura 40: Média do massa seco da pastagem separada pelas classes massa total, material morto, haste e folha no mês de junho.

Nota: Médias que apresentarem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) na mesma classe avaliada.

O período de descanso foi de 90 dias. Não correu diferença entre os tratamentos neste período. Isso pode ser relacionado ao período de descanso, precipitação durante este período e o fato da pastagem ter entrado em estado reprodutivo no ano anterior; tais fatores em conjunto influenciaram a pastagem a não responder aos tratamentos. O mesmo efeito pode ser atribuído a avaliação de verão.

4.4. Interceptação da radiação, produção de pastagem e área basal

Uma análise importante deste estudo é a relação entre o sombreamento, produção da pastagem e área basal a qual se encontra na Figura 41.

Figura 41: Regressão linear da produção de biomassa total seca e da área basal em função do sombreamento no mês de julho (Inverno).

Legenda: T1: 0%L₁-0%L₂, T2: 50%L₁-33%L₂, T3: 100%L₁-0%L₂, T4: 50%L₁-50%L₂, T5: 50%L₁-66%L₂, T6: 100%L₁-33%L₂.

É possível verificar uma relação inversa entre área basal e produção de pastagem total. A produção de matéria seca da pastagem apresentou uma relação negativa com o sombreamento ($R^2 = 0,78$) e a área basal apresentou uma relação positiva com o sombreamento ($R^2=0,87$). O tratamento 50%L₁-33%L₂ apresentou biomassa visivelmente maior do que a tendência da regressão.

5. DISCUSSÃO

5.1. Fatores característicos ao solo e a umidade, e suas possíveis interações com a resposta dos componentes de SAFs

Em solos arenosos, com menos de 15% de argila, a umidade volumétrica do solo na capacidade de campo é de $0,09 \text{ kg.kg}^{-1}$ e a umidade volumétrica no ponto de murcha permanente é de $0,04 \text{ kg.kg}^{-1}$ (FARIAS; NEPORNUCENO, 2005). A Figura 19 e Figura 20 mostram que durante as estações de primavera a verão avaliadas, a umidade volumétrica se encontrava perto da capacidade de campo, e durante as estações de inverno e outono, próximo do ponto de murcha permanente. Este fato demarca a diferença entre as estações chuvosas e secas.

Stoneman et al. (1996), avaliando o efeito do desbaste em *Eucalyptus marginata* nas relações hídricas, observaram estresse hídrico reduzido das árvores nos plantios desbastados, o que resultou em maiores taxas de fotossíntese e, consequentemente, de crescimento. Porém desbastes muito intensos, que removem grande parte do dossel, podem levar ao aumento da temperatura do solo e o aumento da área foliar no sub-bosque, o que pode levar a uma maior evaporação do solo e assim, maior perda de água armazenada no solo. Esses resultados representam em parte o observado no presente estudo, com base nas relações entre os parâmetros mensurados.

A umidade volumétrica no solo do tratamento controle resultou nos menores valores nas estações de inverno e outono na profundidade de 20 a 40 cm, devido ao consumo de água pelo componente arbóreo, dado este em conformidade com outros trabalhos similares porém realizados em situações diversas. Pezzopane et al. (2015), analisando a água armazenada nas profundidade de 0 a 100 cm em um sistema silvipastoril composto por espécies nativas da Mata Atlântica em renques com três linhas, com espaçamento de $2,5 \times 2,5$ metros, e com 17 metros entre renques, também observaram uma remoção maior na umidade do solo pelo componente arbóreo. Fato semelhante foi observado por Yun et al. (2011) comparando a dinâmica da umidade volumétrica do solo em um intervalo de 20 em 20 cm até a profundidade de 100 cm em uma floresta de *Robinia pseudoacacia* L., um sistema silvipastoril desta mesma espécie e uma área de pastagem natural, os autores observaram que nas camadas mais superficiais do solo, (20 – 40 cm), as áreas de pastagem natural resultou em maior umidade do solo, com 13,06%, a área de plantio florestal resultaram na menor umidade com 11,86% e a área de sistema silvipastoril resultou na umidade de 12,33%.

No verão, conforme o aumento na intensidade dos tratamentos de desbaste, observou-se a perda de umidade disponível no solo, resultante do aumento na evapotranspiração do extrato inferior. Este efeito foi observado de maneira similar por Black, Tan, Nnyamah (1980), avaliando plantios de Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) em duas densidades, 1840 árv.ha⁻¹ e

840 árv.ha^{-1} . Os autores concluíram que o desbaste diminuiu pela metade a quantidade de água evaporada pelas árvores, porém o sub-bosque consumiu metade da água disponível, o que resultou na não diferença da evapotranspiração entre os tratamentos. Macfarlane et al. (2010), estudando modelagem para prever a área foliar do sub-bosque de florestas de *Eucalyptus marginata* Donn. ex Smith submetidas a desbaste mostraram que a rápida recuperação da área foliar da vegetação pode ser relacionada com a resposta do sub-bosque e que o aumento no armazenamento de água no solo pode ser limitado.

O desbaste pode diminuir o efeito de estresse hídrico e aumentar a resiliência do plantio ao déficit hídrico, por aumentar a disponibilidade de água armazenada solo, diminuir a transpiração do povoamento e diminuir as perdas pela interceptação da chuva pelo dossel. White et al. (2009) avaliando o crescimento volumétrico, índice de área foliar e o potencial de água da folha antes do amanhecer em povoamentos de *Eucalyptus globulus* Labill nas densidades, 300, 600 e 1250 (sem desbaste) árv.ha^{-1} e concluíram que a densidade de 600 árv.ha^{-1} reduziu significativamente o estresse hídrico sem diminuir o volume do povoamento, mostrando que diferentes intensidade de desbaste podem resultar no aumento da disponibilidade de água no solo. É interessante ressaltar que o tratamento 50% L_1 -33% L_2 (Figura 20) apresentou equilíbrio entre a diminuição da evapotranspiração do dossel do renque e o aumento da evapotranspiração da pastagem, resultando na maior umidade gravimétrica do solo mais elevada na profundidade de 20 a 40 cm nas estações de inverno, verão e outono, um fator considerável dado a alta escassez hídrica desta região.

5.2. Interceptação da radiação pelo componente arbóreo

Quando comparado os tratamentos com o controle, a relação de copa viva teve uma resposta positiva ao desbaste. Este efeito de interação fora observado anteriormente na literatura. De acordo com Medhurst e Beadle (2001), para povoamentos desbastados de *Eucalyptus nitens*, mudanças no índice de área foliar estão fortemente relacionadas com mudanças no comprimento da copa, diferente dos não desbastados, onde o índice de área foliar mostrou menor relação com o comprimento da copa. Segundo os autores, a mudança no índice de área foliar é uma função entre mudanças de ambos largura e comprimento, porém a variável que tem maior influência é o comprimento da copa. No presente estudo, na estação de primavera para verão, a redução do índice de área foliar nos tratamentos 0% L_1 -0% L_2 , 50% L_1 -33% L_2 e 100% L_1 -33% L_2 teve maior relação com a diminuição da relação de copa viva, que pode ser observado na Figura 21, do que com a diminuição da área de projeção da copa, como observado na Figura 22.

Muñoz et al. (2008), avaliando a biomassa aérea do *Eucalyptus nitens* observaram a diminuição na relação de copa viva associada a menor biomassa foliar para o tratamento controle

(1100 árvores/ha) o que sugeriu que as condições da luz disponível afetaram o desenvolvimento das árvores. No presente estudo também foi possível identificar a diminuição na relação de copa viva para o tratamento com maior densidade (controle).

É possível observar nas Figura 21 e Figura 22 que as copas do clone 1528 possuem grande habilidade para responder as mudanças de forma plástica, nas condições ambientais locais, o que a torna capaz de explorar o estrato superior de forma efetiva. Espaçamentos com menor coeficiente de retangularidade afetaram de forma positiva a área de projeção média da copa por causa da menor competição no renque (Figura 21). As copas de todos tratamentos apresentaram flutuações durante as estações, aumentando durante o período chuvoso e diminuindo durante o período seco. De acordo com Medhurst e Beadle (2001), a largura da copa será eventualmente delimitada por questões de suporte mecânico, portanto a área foliar máxima será determinada pelo comprimento máximo de copa que um determinado sítio pode suportar. Também é possível ressaltar que a diminuição da área de projeção da copa está diretamente relacionada à diminuição da porcentagem de copa viva dado à altura, logo, a perda da parte inferior da copa, criando um balanço.

A mudança na disponibilidade de luz pode ser associada com a altura de uma árvore e árvores mais suprimidas mostrarão deslocamento para cima na distribuição vertical das folhas como observado por Medhurst e Beadle (2001), avaliando o desenvolvimento do índice de área foliar e a arquitetura da copa do povoamento de *Eucalyptus nitens* 6 anos após o desbaste. Os autores observaram que a distribuição das folhas do tratamento sem desbaste era maior no primeiro terço da árvore. O mesmo efeito foi averiguado no presente experimento, decréscimo da área foliar do controle foi acompanhado pelo decréscimo na relação de copa viva (Figura 21) e o aumento seguinte do índice de área foliar de todos os tratamentos foi acompanhado pelo incremento em altura (Figura 27). Xu e Harrington (1998), avaliando a distribuição da biomassa das folhas de *Pinus taeda* L. observaram uma mudança para cima na distribuição vertical das folhas acompanhado do aumento do índice de área foliar. Em geral, é possível ver a relação positiva entre o índice de área foliar e a densidade do plantio, onde os desbastes mais intensos resultaram na diminuição do índice de área foliar. De acordo com os autores, o IAF, geralmente, tem correlação positiva com a densidade do povoamento. Pinkard e Neilsen (2003) avaliando o efeito do espaçamento nas características da copa de *Eucalyptus nitens* encontraram efeito positivo do espaçamento no índice de área foliar, atingindo IAF de 4 ou mais acima de 500 árv.ha⁻¹, porém acima de 833 árv.ha⁻¹ o efeito diminuía. Na Figura 25 é possível observar que os tratamentos com maior densidade resultaram em maior IAF, sendo que em todos os períodos avaliados, o controle resultou nos maiores índices. Nas últimas estações os tratamentos 50%L₁-50%L₂ e 50%L₁-33%L₂ não diferiram

estatisticamente do controle, o que demonstra a correlação positiva entre a densidade e o IAF também encontrada pelos estudos citados.

O índice de área foliar no tratamento sem desbaste demonstrou uma mudança interessante na alocação de carbono durante o período seco devido a maior competição por recursos dado a maior densidade de plantas. No período seco, o índice de área foliar do tratamento controle apresentou uma flutuação, tendo diminuição do outono para o inverno. Já do inverno para as outras estações apresentou um aumento. Observar o comportamento ecofisiológico deste clone para tal fator traz informações novas. A mudança de carbono pode ser relativa a produção de raízes e o uso de camadas mais profundas do solo, fatores que demandam novas investigações em estudos futuros. O sistema radicular do *Eucalyptus* pode atingir até 18 metros de profundidade e é proporcional à altura das árvores, o que dá suporte para a alta taxa de evapotranspiração durante o ano todo. Uma estratégia eficiente do Eucalipto para evitar o déficit hídrico e para suprir a alta demanda de água para seu rápido crescimento é a presença de raízes profundas (CHRISTINA et al., 2011, 2017). Raízes profundas podem levar ao acesso do lençol freático, essencial para a sobrevivência da árvore durante eventos severos de déficit hídrico (NARDINI et al., 2016).

A Figura 26 mostra a radiação estimada no perfil da parcela para cada tratamento obtida a partir de modelos matemáticos utilizando os dados de fração de radiação transmitidas da Tabela 10, raio da copa, altura do componente arbóreo e distâncias do renque (equações 1 e 2). De acordo com Goudriaan (1977) estes modelos só podem ser utilizados quando o dossel não é completamente fechado. Os autores Bernardes et al. (1998) e Righi et al. (2008) observaram que os valores estimado a partir do modelo eram aproximados aos valores medidos próximos aos renques de sistemas agroflorestais formado pelas espécie *Hevea brasiliensis* L.. Podemos observar que a retirada de uma linha teve um grande aumento na luminosidade disponível, comparando o tratamento 100%L1-0%L2 e 100%L1-33%L2 com o controle, resultando em um aumento de 20% e 30%, respectivamente, da luminosidade disponível para a pastagem.

5.3. Desenvolvimento dos componentes do sistema silvipastoril após o desbaste

5.3.1. Componente arbóreo

A aplicação do desbaste no clone 1528 em sistemas silvipastoril promoveu um maior crescimento em diâmetro, relação de copa viva, área de projeção de copa, porém com relação à altura o desbaste teve um efeito negativo. Com a diminuição de indivíduos por área ocorre o aumento de área útil e de recursos disponíveis para as árvores e com isso, o crescimento das árvores aumenta. Muitos estudos mostraram que o crescimento em diâmetro das árvores remanescentes em plantios de eucaliptos aumentaram quando comparados com as áreas não desbastadas, porém

as respostas do crescimento da altura podem ser mais variáveis (FORRESTER et al., 2010). O que pode ser observado na Figura 16, o DAP mostrou um crescimento maior quando comparado com o tratamento controle. A resposta do DAP foi maior quanto menor a densidade residual do desbaste e foi possível observar que os tratamentos mantiveram o mesmo padrão durante as estações avaliadas. Já com relação ao crescimento em altura, inicialmente foi observado na Figura 27 que o desbaste teve efeito positivo na altura total, sendo que o tratamento 50%L₁-50%L₂ teve a maior altura comparando com o tratamento sem desbaste, na estação de outono de 2017. Nas outras estações foi observado que o desbaste teve um efeito negativo na altura, sendo que o tratamento sem desbaste resultou na maior altura comparando com os outros tratamentos.

FORRESTER & BAKER (2012), avaliando respostas de crescimento ao desbaste e desrama no *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden, e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden observaram que as respostas ao crescimento da altura variaram em relação a espécie, sítio e ao tratamento de desbaste em experimentos localizados em Victoria na Austrália, implantados de 1991 a 1993. Para o *E. globulus* em Mangalore na idade de 10,1 anos, a maior altura do talhão era maior para o tratamento com 500 árvores por hectares, 22,5m, quando comparado com o tratamento com 300 árvores por ha e com o tratamento sem desbaste, os que resultaram em 21,5 m e 20,6 m respectivamente. Já para o *E. nitens* plantado em Buffalo River com a idade de 9,6 anos, a altura total com menor resposta foi encontrada no tratamento com 300 árvores, 24,8 m, comparado com o tratamento sem desbaste e o com 500 árvores, que resultaram em 26,5 m e 26,1 respectivamente. Usualmente, altura tende a ser menos afetada pelo espaçamento, porém as alturas das árvores podem ser afetadas em áreas com baixa densidade de plantio (NIEMISTO, 1995).

MEDHURST et al. (2001), avaliando desbastes de alta intensidade aplicados a *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden em plantações, localizadas na Tasmânia/Austrália, com 6, 8 e 9 anos com densidades variando de 100 a 600 árvores/ha mais o tratamento sem desbaste. Os autores observaram que o incremento da altura não apresentou diferença entre os tratamentos. Logo pode-se observar que, diferentemente da variável DAP, a resposta de altura varia em relação ao sítio, idade e regime de desbaste.

A qualidade final do tronco pode ser alterada a partir de tratamentos silviculturais feito durante a rotação. Foi possível verificar, a partir dos dados apresentados na Tabela 11, que os tratamentos 100%L₁-0%L₂, controle e 100%L₁-33%L₂ tiveram um maior efeito no formato elíptico do tronco do clone 1528. Simultaneamente, estes são os mesmos tratamentos que apresentaram formato elíptico da copa durante as estações de outono e inverno de 2017 e durante o verão e outono de 2018 na Figura 23 o que demonstram uma assimetria da copa nestes tratamentos.

Medhurst et al. (2011), avaliando o efeito da assimetria da copa de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden no formato transversal da haste das árvores em plantios desbastados, concluiu que carga da copa tem pouco efeito no formato transversal da sua haste e que a dinâmica da carga de exposição ao vento desempenha um papel maior na extensão e direção da excentricidade da medula e da circularidade transversal.

Bredenkamp (1982), concluiu que o formato elíptico do tronco de *Eucalyptus grandis* na África do Sul não podia ser atribuído à retangularidade do espaçamento, mas sim conforme a direção predominante do vento. Foi observado neste estudo que os tratamentos com maior retangularidade do espaçamento resultaram em um maior formato elíptico do tronco e uma maior assimetria na copa. Talvez estes tratamentos podem tornar as árvores mais suscetíveis aos efeitos dos ventos, porém a partir dos dados disponíveis, não se pode concluir qual a causa do formato elíptico da área transversal do tronco na altura do peito e uma maior investigação se faz necessária.

O incremento basal acumulado (Figura 30) ou o incremento volumétrico pode sofrer uma redução dependendo da intensidade do desbaste e, consequentemente, da redução na área basal do povoamento. Medhurst; Beadle & Neilsen (2001) avaliando o desbaste de *E. nitens* concluíram que o desbaste de 1000 árvores por hectare para 100, 200 e 300 árvores por hectare resultou em uma redução significativa no incremento basal acumulado, porém quando foi reduzida para 400 árvores por hectare, o incremento basal acumulado não foi reduzido.

Filho, Mola-Yudego & González (2018), avaliando o comportamento de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* concluíram que as maiores produções basais ocorreram em desbastes de 1111 árvores por hectare para 400 e 300 árvores por ha depois do tratamento sem desbaste.

Maximizar o valor da tora potencial, geralmente, é um dos principais objetivos do desbaste, portanto, também é importante avaliar o incremento individual das árvores. As respostas do crescimento individual ao desbaste geralmente aumentam em decorrência ao aumento de intensidade, porém existe uma intensidade onde não acarretará no aumento do crescimento individual (FORRESTER et al., 2010). Na Figura 31 é possível observar que os tratamentos 50%L₁-50%L₂ e 50%L₁-66%L₂ resultaram em um maior volume individual. Zhang et al (2003), avaliando plantio de *E. maidenii* desbastado de 1666 para 996 ou 600 árvores por hectare observaram que o incremento volumétrico acumulado de 3 anos foi similar, porém no tratamento com 600 árvores o incremento das 200 maiores árvores foi maior.

5.3.1. Pastagem (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu)

A Figura 36 mostra a evolução da pastagem durante as estações, foram observadas diferenças nos tratamentos apenas durante o período de inverno. Na estação de inverno é possível

observar que o tratamento controle (45% de luminosidade) teve a menor produção de pastagem enquanto o tratamento 100%L₁-33%L₂ (75% de luminosidade), junto dos tratamentos 50%L₁-33%L₂ (51% de luminosidade), 100%L₁-0%L₂ (65% de luminosidade) e 50%L₁-66%L₂ (65% de luminosidade), tiveram a maior produção de pastagem. Apesar de ter aumentado a quantidade de luz disponível para a pastagem em 6% comparando com o controle, o tratamento 50%L₁-33%L₂ resultou em uma alta produção de pastagem, o que pode ser relacionado com a maior umidade de solo, observada na Figura 20. O aumento da produtividade nas outras situações foi resultado do aumento da luminosidade disponível para pastagem em 65% ou mais.

De forma similar, Eriksen e Whitney (1981), avaliando o crescimento de 5 espécies de gramíneas forrageiras sob 4 regimes de luminosidade (100, 70, 45 e 27% da luminosidade) e diferentes adubações nitrogenadas observaram que a *Brachiaria brizantha* apresentou o rendimento máximo nos regimes de luminosidade de 100% e 70% com a adição de nitrogênio, porém em condições de baixo nitrogênio, a máxima produção foi obtida na luminosidade de 45%. Castro et al. (1999), avaliaram o crescimento de seis espécies de gramíneas forrageiras sob sombreamentos, obtidos pela cobertura de telas plásticas, de 60%, 30% e 0%, observaram que a *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu apresentou uma resposta decrescente ao sombreamento, porém quadrática com relação à intensidade do sombreamento, apresentando as seguintes produções dos tratamentos 0%, 30% e 60%: 7,8 tMS.ha⁻¹, 6,69 tMS.ha⁻¹ e 1,11 tMS.ha⁻¹ respectivamente. Carvalho et al. (1997) avaliaram a produção de matéria seca de seis gramíneas quando sombreadas por Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) com 60% de sombreamento, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou redução significativa de crescimento na área sombreada em todos os cortes. Soares de Andrade et al. (2003), avaliando o desempenho de seis tipos de gramíneas em um sistema silvipastoril no espaçamento 10 x 4 m composto por clone de *Eucalyptus sp.* em um latossolo vermelho-escuro com textura muito argilosa, observaram uma produção de 4 tMS.ha⁻¹ do capim *B. brizantha* cv. Marandu em um intervalo de crescimento de 2 meses após o pastoreio, produtividade maior do que a encontrada neste trabalho e que pode ser relacionada a diferença de sítio e manejo da pastagem.

De forma semelhante ao encontrado neste trabalho, Soares et al. (2009), avaliando o comportamento, em solo Latossolo Vermelho Distroférrico argiloso, de espécies forrageiras em dois arranjos de sistemas silvipastoris, espaçamento 9 x 3 e 15 x 3 metros, e plantio puro da planta forrageira observaram que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu decresceu em produção quando no espaçamento 9 x 3 devido a diminuição da intensidade luminosa, porém manteve o mesmo nível de produção no arranjo 15 x 3 metros e no plantio sem o componente arbóreo, com 25 tMS.ha⁻¹ e

26 tMS.ha⁻¹ respectivamente. Maria et al., 2016, avaliaram a produtividade da pastagem *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril de *Eucalyptus* sp, densidade de 150 arv./ha, e em monocultivo da espécie forrageira no bioma Cerrado. Os autores relataram que as árvores não reduziram a produção de matéria seca da gramínea forrageira durante o período de estudo e durante o período seco as árvores reduziram o estresse hídrico.

Na primavera (Figura 38) a maior parte da matéria seca era relativa a material morto, resultado do longo período de déficit hídrico. Durante as estações de verão e outono, ocorreu um decréscimo na produção de pastagem, além de não haver diferença entre os tratamentos. Este fato pode estar relacionado ao tempo de descanso do pasto, aos fatores climáticos e ao manejo. Em pastagens que são continuamente desfolhadas, mantêm-se a população de perfilhos relativamente estável, porém em pastagens de desfolha intermitente a população decresce rapidamente após a estação de floração (Hodgson, 1990). Portanto, a população de perfilhos é influenciada pelo manejo da pastagem, alterando a produção de matéria seca. De acordo com Almeida (2011), em intervalos de pastejos baseados em características estruturais do dossel, o intervalo entre pastejos varia em função da disponibilidade de fatores de crescimento no ambiente. Apesar do intervalo de descanso na estação de inverno e outono serem similares, ocorreu diferença na acumulação de matéria seca, o que pode estar relacionado a disponibilidade dos fatores limitantes de crescimento e manejo, que diferiram entre as estações.

5.4. Intercepção da radiação e área basal

O sombreamento apresentou relação positiva com a área basal dos tratamentos. Segundo Wink et al. (2012), existe uma relação entre índice de área foliar, entre biomassa total de folhas com o diâmetro a altura do peito. Segundo este autor, a partir do DAP é possível fazer inferência sobre características de mais difícil medição. Os autores Penner e Deblonde (1996) encontraram uma relação positiva entre área basal e índice de área foliar para a espécie *Pinus strobus* L., considerando esta relação periódica adequada. Outros estudos mostram que é possível prever a transmissão de luz a partir da área basal. Perot et al. (2017) observou que é possível prever a transmissão de luz em plantios mono específicos de mesma idade e em plantios mistos. Apesar destes estudos serem realizados em plantios diversos, os resultados aqui observados permitem inferir que o sombreamento efetuado pelo eucalipto também pode ser predito pela medição do DAP e a área basal do sistema silvipastoril. Dados as respostas constatadas para a localidade, e também averiguada na literatura, considerar este efeito na avaliação da eficiência de SAFs pode ser uma ferramenta prática e acessível para o manejo do produtor, dependendo dos seus objetivos futuros para o sistema.

6. CONCLUSÃO

- O desbaste resultou em um aumento de área de projeção de copa, maior relação de copa viva do componente arbóreo e no aumento da radiação disponível para a pastagem
- A intensidade de desbaste resultou em um aumento de produção de biomassa da planta forrageira devido a maior disponibilidade de radiação
- O aumento da intensidade do desbaste resultou em um aumento na produtividade individual no componente arbóreo até a intensidade de 50%-66%, após esta intensidade, não ocorreu o incremento na produtividade individual
- A área basal tem maior reflexo na produção de biomassa de pastagem do que a intensidade de desbaste ou a densidade de plantas do componente arbóreo
- A área basal é um parâmetro importante para a predição da interceptação da radiação em sistemas silvipastoris e da produção de biomassa da planta forrageira
- A remoção de uma linha aumentou o coeficiente de retangularidade e teve efeito negativo na produção do componente florestal
- A manutenção de maior número de indivíduos resultou em menor luminosidade disponível para a pastagem, porém não resultou na menor umidade do solo

A hipótese “O arranjo do sistema silvipastoril após o desbaste terá efeito na produtividade e aproveitamento da madeira de eucalipto para serraria.” foi corroborada. Arranjos com alto coeficiente de retangularidade resultaram na diminuição do incremento basal e a circunferência a altura do peito com formato elíptico, o que pode diminuir o aproveitamento da madeira de eucalipto para serraria.

A hipótese “Quanto maior a intensidade do desbaste, maior será a produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.” foi corroborada, pois foi observada uma relação positiva entre a intensidade de desbaste e produção de biomassa da pastagem.

A hipótese “A manutenção de maior densidade de indivíduos do componente arbóreo no sistema silvipastoril resultará em menor luminosidade e umidade no solo.” não foi corroborada, por que, apesar de ser observada a menor luminosidade, a baixa umidade não foi observada em todas as estações.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.; ZAUZA, E.; MAFIA, R.; ASSIS, T. **Clonagem e doenças do eucalipto**. [s.l.] UFV, 2009.
- ALMEIDA, P. C. de. **Respostas de *Panicum maximum* cv . Tanzânia à associações entre adubação e severidade de desfolha**. 2011. USP, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDRADE, C. M. D. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento Carlos. n. 1, p. 263–270, 2001.
- ARAUJO, R. P. Dendrometry characteristics of *Eucalyptus urophylla* in silvopastoral system under different planting spacings with *Brachiaria decumbens*. n. June 2014, 2011.
- BATISTA, J. L. F.; DO COUTO, H. T. Z.; DA SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de recursos florestais**. [s.l.] Oficina de Textos, 2016.
- BENJAMIN, T. J.; HOOVER, W. L.; SEIFERT, J. R.; GILLESPIE, A. R. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA; 4. The economic return of ecological knowledge. **Agroforestry Systems**, v. 48, n. 1, p. 79–93, 2000.
- BERNARDES, M. S.; GOUDRIAAN, J.; DOURADO-NETO, D.; CÂMARA, S. Tree-Crop Interactions in Agroforestry System of Rubber with Soybean and Maize. In: CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR AGRONOMY, 5., Slovakia: ESA. **Anais...** Slovakia: ESA: 1998.
- BLACK, T. A.; TAN, C. S.; NNYAMAH, J. U. TRANSPIRATION RATE OF DOUGLAS FIR TREES IN THINNED AND UNTHINNED STANDS. **Canadian journal of soil science**, v. 60, p. 625–631, 1980.
- BRASIL. **Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL: folha SD 23 Brasília: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: MME/SG/Projeto RADAM BRASIL, 1982.
- BRÉDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: A review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2403–2417, 2003.
- BREDENKAMP, B. Rectangular espacement does not cause stem ellipticity in *eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, v. 120, n. 1, p. 7–10, 1982.
- BROOKER, M. I. H. A new classification of the genus *Eucalyptus* L'Hér. (Myrtaceae). In: **Australian Systematic Botany**. [s.l.: s.n.]13p. 79–148.
- BUDOWSKI, G. Applicability of agroforestry systems. In: International workshop on Agroforestry, **Anais...**1981.
- CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. .; CAMPOS JR, B. A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 2, p. 213–218, 1997.
- CASTRO, D. S.; BERNARDES, M. S. **Estudo das relações de luz em sistemas agroflorestais de seringueira**. PiracicabaFAPESP, , 1998. .
- CASTRO, R. C. T. De; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção Forrageira de Gramíneas Cultivadas sob Luminosidade Reduzida 1 Grass Forages Production Cultivated under Light Reduction. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 919–927, 1999.
- CHRISTINA, M.; LACLAU, J.-P.; GONÇALVES, J. L. M.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J.-P. Almost symmetrical vertical growth rates above and below ground in one of the world ' s most productive forests. v. 2, n. March, 2011.
- CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J.; STAPE, J. L.; BOUILLET, J.; LAMBAIS, G. R.; MAIRE, G. Importance of deep water uptake in tropical eucalypt forest. p. 509–519, 2017.
- CIB. **Guia do Eucalipto: Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. [s.l.] Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2008.
- CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of Feed Intake in Dairy Cows. I. Change in Importance of Physical and Physiological Factors with Increasing Digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 47, n. 1, p. 54–62, 1964.

DE SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. ACIDEZ DO SOLO E SUA CORREÇÃO. **VI Simpósio sobre o Cerrado: savanas: alimento e energia: Brasília, DF, 4 a 8 de outubro de 1982**, p. 15, 1988.

DEWAR, R. The Correlation between Plant Growth and Intercepted Radiation: An Interpretation in Terms of Optimal Plant Nitrogen Content. **Annals of Botany**, v. 78, n. 1, p. 125–136, 1996. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aob/article-lookup/doi/10.1006/anbo.1996.0104>>.

DEYOUNG, J. Forest Measurements: An Applied Approach. p. 195, 2016.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do rio grande do sul. **Ciência Florestal**, v. 8, p. 55–66, 1998.

EMBRAPA. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. **Documentos**, p. 67, 2011.

ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, a. S. Effects of Light Intensity on Growth of Some Tropical Forage Species. I. Interaction of Light Intensity and Nitrogen Fertilization on Six Forage Grasses1. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 427, 1981.

FAO. Global agriculture towards 2050. **High Level Expert Forum-How to feed the world 2050**, p. 1–4, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf>.

FARIAS, B. R. J.; NEPORNUCENO, A. L. Água em solos arenosos: Estabelecimento de déficit hídrico em culturas. **Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, v. 26, n. Ata da XXVII Reunião de Pesquisa de Sola da Região Central do Brasil., 2005.

FERRAZ FILHO, A. C.; MOLA-YUDEGO, B.; GONZÁLEZ-OLABARRIA, J. R.; SCOLFORO, J. R. S. Thinning regimes and initial spacing for eucalyptus plantations in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 255–265, 2018.

FERREIRA, D. H. A. A.; DOS SANTOS LELES, P. S.; MACHADO, E. C.; DE ABREU, A. H. M.; ABILIO, F. M. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 431–440, 2014.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J. M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: An evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, v. 29, n. 4, p. 461–471, 2002.

FONTAN, I. C. I.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; MONTE, M. A.; RAMOS, D. C.; SOUZA, F. C. Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 83, n. 2, p. 121–131, 2011.

FORRESTER, D. I.; BAKER, T. G. Growth responses to thinning and pruning in *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, and *Eucalyptus grandis* plantations in southeastern Australia. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 42, n. 1, p. 75–87, 2012. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/x11-146>>.

FORRESTER, D. I.; COLLOPY, J. J.; BEADLE, C. L.; BAKER, T. G. Effect of thinning, pruning and nitrogen fertiliser application on light interception and light-use efficiency in a young *Eucalyptus nitens* plantation. **Forest Ecology and Management**, v. 288, p. 21–30, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.024>>.

FORRESTER, D. I.; MEDHURST, J. L.; WOOD, M.; BEADLE, C. L.; VALENCIA, J. C. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from *Eucalyptus* plantations: An Australian perspective. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1819–1835, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.08.029>>.

GARCÍA-BARRIOS, L.; ONG, C. K. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61–62, n. 1–3, p. 221–236, 2004.

GARRETT, H. E.; KERLEY, M. S.; LADYMAN, K. P.; WALTER, W. D.; GODSEY, L. D.; VAN SAMBEEK, J. W.; BRAUER, D. K. Hardwood silvopasture management in NA: New vistas in Agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 61, n. 2, p. 21–33, 2004.

GERRAND, A. M.; MEDHURST, J. L.; NEILSEN, W. A. **Research results for thinning and pruning eucalypt plantations for sawlog production in Tasmania**. Hobart Forestry Tasmania, , 1997. .

GILLESPIE, A. R.; JOSE, S.; BENJAMIN, T. J.; HOOVER, W. L.; SEIFERT, J. R. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA; 4. The economic return of ecological knowledge. **Agroforestry Systems**, v. 48, n. 1, p. 79–93, 2000.

- GONÇALVES, J. L. de M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. de B.; LIMA, W. de P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6–27, 2013.
- GOUDRIAAN, J. Crop micrometeorology : a simulation study. p. 249, 1977.
- GRADO, S. C.; HOVERMALE, C. H.; LOUIS, D. G. S. A financial analysis of a silvopasture system in southern Mississippi. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 3, p. 313–322, 2001.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice** London (UK) Longman, , 1990. .
- IBA. Relatório 2017. **Indústria Brasileira de Árvores**, p. 80, 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>0Ahttp://arxiv.org/abs/1011.1669%0Ahttp://dx.doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>.
- IBGE. **Mapas dos Biomas do Brasil**. Rio de Janeiro IBGE, , 2004. .
- JOSE, S.; GISLLESPIE, A. R.; PALLARDY, S. G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 237–255, 2004.
- LIMA, L. A. de S.; ADRIANA, R.; SOUZA, É. de M.; GOMES, M. P.; DENILSON; PASSO, P.; CASTRO, K. B. de; JÚNIOR, O. A. C.; GOMES, R. A. T. Caracterização Geomorfológica do Município de Correntina, BA, Escala 1:50.000. **Embrapa**, p. 28, 2010.
- LUNDGREN, B. O.; RAIN TREE, J. B. Sustained Agroforestry. **Reprint from Agricultural Research for Development: Potentials and challenges in Asia**, v. 1983, n. 3, p. 1–26, 1983.
- MACDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry: classification and management**. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. [s.l.] Lavras: UFLA: FAEPE, 2000., 2000.
- MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. do; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010.
- MACFARLANE, C.; LARDNER, T.; PATTERSON, K.; GRIGG, A. H. A new model for predicting understorey leaf area from biomass in eucalypt forest to test the ecohydrological equilibrium theory. **British Ecological Society, Methods in Ecology and Evolution**, p. 371–379, 2010.
- MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira.—2. ed., ver. e atual. **Piracicaba: Potafos**, 1997.
- MARIA, R.; LANA, Q.; MARIA, Â.; LANA, Q.; REIS, G. L.; MIRANDA, E. Productivity and nutritive value of brachiaria forage intercropping with eucalyptus in a silvopastoral system in the Brazilian Cerrado biome. v. 10, n. 5, p. 654–659, 2016.
- MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; MARQUES, M.; NETO, G.; LAURA, A.; NORONHA, D. De; VIEIRA, F. Produção de gramíneas do gênero Brachiaria sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 3598, 2009.
- MCKENZIE, H.; HAWKE, A. GROWTH RESPONSE OF EUCALYPTUS REGNANS DOMINANT TREES TO THINNING IN NEW ZEALAND. v. 29, n. Messina 1992, p. 301–310, 1999.
- MEDHURST, J. L.; BEADLE, C. L. Crown structure and leaf area index development in thinned and unthinned Eucalyptus nitens plantations. n. Stephens 1969, p. 989–999, 2001.
- MEDHURST, J. L.; BEADLE, C. L. Photosynthetic capacity and foliar nitrogen distribution in Eucalyptus nitens is altered by high-intensity thinning. p. 981–991, 2005.
- MEDHURST, J. L.; BEADLE, C. L.; NEILSEN, W. A. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in <i>Eucalyptus nitens</i> plantations. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, n. 2, p. 187–197, 2001. Disponível em: <http://www.nrc.ca/cgi-bin/cisti/journals/rp/rp2_abst_e?cjfr_x00-163_31_ns_nf_cjfr31-01>.
- MEDHURST, J.; OTTENSCHLAEGER, M.; WOOD, M.; HARWOOD, C.; BEADLE, C.; VALENCIA, J. C. Stem eccentricity , crown dry mass distribution , and longitudinal growth strain of plantation-grown Eucalyptus nitens after thinning. v. 2218, p. 2209–2218, 2011.

MESSINA, M. G. Response of *Eucalyptus regnans* F. Muell. to thinning and urea fertilization in New-Zealand. **Forest Ecology and Management**, 1992.

MINSON, D. J. **Forage in Ruminant Nutrition**. St. Lucia, Queensland, Australia: Academic Press, 1990.

MONTAGNINI, F. **Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los tropicos** San Jose (Costa Rica) Organizacion para Estudios Tropicales, , 1992. .

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimaco da área foliar do algodoeiro por meio de dimenses e massa das folhas. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 15–24, 2005.

MUOZ, F.; RUBILAR, R.; ESPINOSA, M.; CANCINO, J.; TORO, J.; HERRERA, M. The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3–4, p. 365–373, 2008.

NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. In: **Agroforestry Systems**. Netherlands: Kluwer academic publisher, 1985. p. 97–128.

NARDINI, A.; CASOLO, V.; BORGO, A. D.; SAVI, T.; STENNI, B.; BERTONCIN, P.; ZINI, L.; TRIESTE, U.; GIORGIERI, V. L.; AGRARIE, S.; UDINE, U.; VEGETALE, B.; SCIENZE, V.; SCIENZE, D.; STATISTICA, I.; CA, U.; VENEZIA, F.; MESTRE, V. Rooting depth , water relations and non-structural carbohydrate dynamics in three woody angiosperms differentially affected by an extreme summer drought. p. 618–627, 2016.

NEILSON, W. A. **Plantation handbook**. [Hobart]: Forestry Commission, Tasmania, 1990.

NIEMISTO, P. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). **Scandinavian Journal of Forest Research - SCAND J FOREST RES**, v. 10, p. 235–244, 1 jan. 1995.

NOLAN, G.; WASHUSEN, R.; JENNINGS, S.; GREAVES, B.; PARSONS, M. Eucalypt Plantations for Solid Wood Products in Australia - A Review. p. 130, 2005.

OLIVEIRA, T. De; TEIXEIRA, B. A Percepo Sobre O Uso Da Madeira De Eucalipto Pelos Fabricantes do Polo Moveleiro de Ubá-MG. **Revista rvore**, p. 969–975, 2009.

OLIVEIRA NETO, S.; DO VALE, A. B.; NACIF, A. de P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. de. **Sistema agrossilvipastoril - Interao lavoura, pecuária floresta**. Viosa, MG: Sociedade de Investigaes Florestais, 2010.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; DE CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estao do ano. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917–923, 2008.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. Escolha de cultivares de eucaliptos em funo do ambiente e do uso. p. 1–11, 2013.

PENATI, M. A. **Manejo do Pastejo** Piracicaba Palestra ministrada no curso Princípios de Fisiologia e Morfologia de Plantas Forrageiras Aplicados no Manejo das Pastagens. In: Pastagens - Fundamentos da Explorao Racional. FEALQ., , 2017. .

PENNER, M.; DEBLONDE, G. The relationship between leaf area and basal area growth in jack and red pine trees. v. 72, n. 2, 1996.

PEROT, T.; MRELL, A.; KORBOULEWSKY, N.; SEIGNER, V.; BALANDIER, P. Modeling and predicting solar radiation transmittance in mixed forests at a within-stand scale from tree species basal area. **Forest Ecology and Management**, v. 390, p. 127–136, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.023>>.

PERRY, D. A. **Forest Ecosystems**. Baltimore, MD, USA: Johns Hopkins University Press, 1994.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; DA CRUZ, P. G.; PARMEJANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 110–119, 2015.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: Implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, v. 172, n. 2–3, p. 215–227, 2003.

PRODAN, M. **Holzmesslehre**. [s.l.] Sauerlander, 1965. .

REIS, S. L. da S.; VALE, R. M. C. do; LOBÃO, J. S. B. **Identificao de áreas Degradadas no Oeste da Bahia Através de Técnicas de Geoprocessamento**In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA

LATINAMontevideoCaminando en una América Latina en transformación., , 2009. .

RIGHI, C. A.; LUNZ, A.; BERNARDES, M. S. Radiation Availability in Agroforestry System of Coffee and Rubber Trees. In: **Toward Agroforestry Design: An Ecological Approach**. [s.l: s.n.]p. 249–266.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: POTAFÓS**, p. 203–230, 1987.

SAMPAIO, T. F.; DALCIN, T. E.; BOGIANI, J. C.; MORI, E. S.; GUERRINI, I. A. Selection of Eucalyptus Clones and Adjustment of Potassium Doses for Extended Drought in Bahia Savanna. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1031–1039, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622016000601031&lng=en&tlng=en>.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológico e Fisiológico das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287–294, 1998.

SCHÖNAU, A. P. G. Application of a Factorial Design to a Thinning Experiment in Eucalyptus grandis, with Intermediate Results. **South African Forestry Journal**, v. 121, n. 1, p. 70–78, 1 jun. 1982. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00382167.1982.9628812>>.

SCHÖNAU, A. P. G. Silvicultural considerations for high productivity of Eucalyptus grandis. **Forest Ecology and Management**, v. 9, n. 4, p. 295–314, 1984.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. D. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719–734, 1933.

SMITH, J. The History of Temperate Agroforestry. **The Organic Research Centre**, p. 1–17, 2010.

SMITH, R. G. B.; BRENNAN, P. First thinning in sub-tropical eucalypt plantations grown for high-value solid-wood products : a review. v. 9158, 2013.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443–451, 2009.

SOARES DE ANDRADE, C. M.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; DE SOUZA, A. L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o Stylosanthes guianensis cv. mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6 SUPPL. 2, p. 1845–1850, 2003.

ŠTEFANČÍK, I. Crown development of beech crop trees under different thinning regimes. **Journal of Forest Science**, v. 63, n. No. 4, p. 173–181, 2017. Disponível em: <<http://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?volume=63&firstPage=173&type=publishedArticle>>.

STONEMAN, G. L.; CROMBIE, D. S.; WHITFORD, K.; HINGSTON, F. J.; GILES, R.; PORTLOCK, C. C.; GALBRAITH, J. H.; DIMMOCK, G. M. Growth and water relations of Eucalyptus marginata (jarrah) stands in response to thinning and fertilization. p. 1–8, 1996.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balancePublications in Climatology**NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, , 1955. .

VALENCIA, J. C. Guia Técnica de Poda y Raleo de Eucalyptus nitens. p. 16, 2008.

VAN NOORDWIJK, M.; LAWSON, G.; SOUMARE, A. Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity. **Tree-crop interactions - a physiological approach**, n. July 2017, p. 319–364, 1996. Disponível em: <<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/302596>>.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista o BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235–276, 2007.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. Utilização agrônômica de corretivos agrícolas. p. 120 p, 2004.

WARING, R. H. Estimating Forest Growth and Efficiency in Relation to Canopy Leaf Area. **Advances in Ecological Research**, v. 13, n. C, p. 327–354, 1983.

WATSON, D. J. Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops. v. XI, n. 41, 1947.

WHITE, D. A.; CROMBIE, D. S.; KINAL, J.; BATTAGLIA, M.; MCGRATH, J. F.; MENDHAM, D. S.; WALKER, S. N. Managing productivity and drought risk in Eucalyptus globulus plantations in south-western Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 1, p. 33–44, 2009.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: A review. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1–2, p. 113–140, 2004.

- WHITESELL, C. D. Growth of Young *Saligna Eucalyptus* in Hawaii: 6 years after thinning. Pacific. **Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, California**, n. USDA Forest Service Research Note, p. 3, 1975.
- WILLIAMSON, M. J. Growth of *Eucalyptus Saligna* in a Thinning Trial at Waipoua. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 26, p. 245–250, 1979.
- WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 40, n. 93, p. 57–67, 2012.
- WOOD, M. J.; MCLARIN, M. L.; VOLKER, P. W.; SYME, M.; TASMANIA, F. Management of eucalypt plantations for profitable sawlog production in Tasmania, Australia. **Forestry Tasmania**, v. 18, n. November, p. 117–130, 2009.
- XIANLAI, Z.; HUIKE, L.; GUANGJUN, Z.; ZHENG YANG, Z. Effects of interplanting different herbage on soil moisture in apple orchards of Weibei plateau. **Journal of Northwest Forestry College**, v. 20, n. 3, p. 56–59, 2005. Disponível em: <<http://europepmc.org/abstract/CBA/617198>>.
- XU, M.; HARRINGTON, T. B. Foliage biomass distribution of loblolly pine as affected by tree dominance, crown size, and stand characteristics. v. 892, p. 887–892, 1998.
- YUN, L.; GAO, L.; BI, H.; ZHU, Q.; WANG, X. Spatio-Temporal Dynamics of Soil Moisture in Silvopastoral System in the Loess Plateau of West Shanxi Province. v. 6, p. 277–281, 2011.
- ZHANG, R.; BAKER, T.; NEILSEN, W. Growth responses to thinning in young *Eucalyptus* plantations in China and Australia. **Forest Science**, n. 111, p. 7–11, 2003.

ANEXOS

Anexo A – dados apresentados em forma gráfica

Tabela 14: Dados climáticos de Correntina durante o experimento.

Ano	Mês	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)	Precipitação (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
2015	J	34	18	25	35	117	-
	F	31	19	24	169	-	-
	M	33	19	25	154	-	-
	A	32	19	25	180	-	49
	M	30	16	23	40	5	-
	J	30	15	22	-	23	-
	J	31	13	23	-	43	-
	A	32	13	22	-	55	-
	S	37	16	27	-	118	-
	O	35	17	26	-	136	-
	N	36	21	28	-	174	-
	D	37	20	27	-	188	-
2016	J	30	21	25	552	-	309
	F	33	19	25	-	55	-
	M	35	19	27	73	68	-
	A	34	18	26	32	82	-
	M	34	16	25	-	89	-
	J	32	15	23	-	63	-
	J	32	16	23	-	65	-
	A	34	16	25	-	88	-
	S	34	18	26	42	72	-
	O	33	18	25	55	68	-
	N	33	19	25	306	-	73
	D	33	20	26	157	0	-
2017	J	35	19	27	249	-	66
	F	31	20	25	215	-	91
	M	33	20	26	92	11	-
	A	32	19	25	97	6	-
	M	32	18	25	25	44	-
	J	32	16	23	-	53	-
	J	32	14	24	-	63	-
	A	33	14	24	-	75	-
	S	32	17	25	-	99	-
	O	32	18	25	45	69	-
	N	32	20	26	215	-	-
	D	31	21	26	82	38	-

	J	33	20	26	170	-	-
	F	31	20	25	247	-	62
	M	31	20	25	165	-	37
	A	31	18	25	17	31	-
	M	32	16	24	-	60	-
	J	31	14	22	-	50	-
2018	J	31	13	21	-	48	-

Tabela 15: Granulometria de cada parcela experimental.

Bloco	Tratamento	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
B1	T1	10,5	4,6	84,9
B1	T2	11,1	3,9	85,0
B1	T3	11,1	3,9	85,0
B1	T4	11,7	2,6	85,7
B1	T6	10,5	3,9	85,6
B1	T5	11,7	1,6	86,7
B2	T1	12,4	1,3	86,3
B2	T2	11,7	2,6	85,7
B2	T3	10,0	2,3	87,7
B2	T4	10,7	3,0	86,3
B2	T5	11,4	2,3	86,3
B2	T6	10,0	3,0	87,0
B3	T1	10,1	3,7	86,3
B3	T2	9,3	3,0	87,7
B3	T3	10,0	3,0	87,0
B3	T4	10,0	3,7	86,3
B3	T5	11,1	3,3	85,6
B3	T6	10,5	3,2	86,3

Tabela 16: Resultado para a curva de retenção do solo.

Umidade do solo (g/Solo/g/H ₂ O)	Profundidade (m) -repetição					
	0,20-1	0,20-2	0,20-3	0,40-1	0,40-2	0,40-3
Saturado	0,24	0,26	0,25	0,26	0,26	0,28
10cm.c.a	0,21	0,23	0,22	0,23	0,24	0,26
20cm.c.a	0,16	0,21	0,15	0,16	0,16	0,19
40cm.c.a	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12
100 cm.c.a	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
300 cm.c.a	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07
500cm.c.a	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
1000cm.c.a	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
5000cm.c.a	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
15000cm.c.a	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
vol. (cm ³)	49,75	48,63	49,19	50,50	49,94	49,00
Dens. (g/cm ³)	1,65	1,58	1,64	1,59	1,64	1,57

Tabela 17: Altura média em metros dos tratamentos durante as estações analisadas.

	Período/T rat.	0%L1- 0%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	50%L1- 66%L2	100%L1- 33%L2	Variável
201 7	Outono	18B	18A	18AB	18AB	17BC	17C	Estimativa (m)
	Inverno	19a	19b	18c	18cd	18d	18d	Estimativa (m)
	Primavera	19A	19BC	18CD	19B	18D	18D	Estimativa (m)
	Verão	20a	19bc	19cd	20b	19de	19e	Estimativa (m)
201 8	Outono	22A	21B	21C	21AB	20C	20C	Estimativa (m)
201 7	Outono	0,07139	0,09604	0,09371	0,1084	0,1043	0,1245	Erro padrão
	Inverno	0,07144	0,09609	0,09376	0,1076	0,1044	0,1246	Erro padrão
	Primavera	0,05777	0,07738	0,07593	0,08679	0,0835	0,1008	Erro padrão
	Verão	0,05488	0,07373	0,07593	0,08679	0,07966	0,09761	Erro padrão
201 8	Outono	0,07622	0,1028	0,10	0,1153	0,111	0,1325	Erro padrão

Tabela 18: DAP médio dos tratamentos nos períodos avaliados.

	Período/T rat.	0%L1- 0%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 66%L2	100%L1- 33%L2	Variável
201 5	Primavera	15A	15A	15A	15A	15A	15A	Estimativa (cm)
201 7	Outono	18c	19b	19b	20ab	20a	20ab	Estimativa (cm)
	Inverno	18D	20C	20BC	20ABC	21A	20AB	Estimativa (cm)
	Primavera	18d	20c	20bc	20ab	21a	21ab	Estimativa (cm)
	Verão	19C	21B	21B	22AB	22A	22A	Estimativa (cm)
201 8	Outono	20d	22c	22bc	23abc	23a	23ab	Estimativa (cm)
201 5	Primavera	0,08	0,11	0,13	0,12	0,12	0,15	Erro padrão
201 7	Outono	0,16	0,14	0,14	0,19	0,11	0,16	Erro padrão
	Inverno	0,16	0,14	0,14	0,19	0,11	0,16	Erro padrão
	Primavera	0,11	0,14	0,16	0,14	0,15	0,19	Erro padrão
201 8	Verão	0,10	0,14	0,16	0,14	0,15	0,18	Erro padrão

Tabela 21: Área basal acumulado total, relativa a área basal inicial e acumulado das dominantes.

	Incremento basal acumulado total (m ² /ha)	Incremento basal acumulado relativo ao inicial (m ² /ha)	Incremento basal acumulado das dominantes (m ² /ha)	Erro padrão total (m ² /ha)	Erro padrão dominantes (m ² /ha)	erro padrão relativo (m ² /ha)
0%L1-0%L2	4,57A	0,42c	1,44B	0,15	0,1	0,03
50%L1-33%L2	4,02A	0,68b	2,21A	0,15	0,1	0,03
100%L1-0%L2	3,19BC	0,79ab	2,28A	0,15	0,1	0,03
50%L1-50%L2	4,24A	0,81ab	2,29A	0,15	0,1	0,03
50%L1-66%L2	3,83AB	0,8ab	2,35A	0,15	0,1	0,03
100%L1-33%L2	2,67C	0,87a	2,41A	0,15	0,1	0,03

Tabela 22: Área basal acumulada por árvore.

Trat.	Incremento basal individual (m ² /árv.)	Erro padrão
0%L1-0%L2	0,01D	0,0003
50%L1-33%L2	0,02C	0,0004
100%L1-0%L2	0,02BC	0,0005
50%L1-50%L2	0,02AB	0,0004
50%L1-66%L2	0,02A	0,0005
100%L1-33%L2	0,02AB	0,0006

Tabela 23: Volume individual por tratamento por estação avaliada.

Período/Trat.	0%L1-0%L2	100%L1-0%L2	100%L1-33%L2	50%L1-50%L2	50%L1-33%L2	50%L1-66%L2	Variável
Outono	0,19C	0,21B	0,21B	0,23A	0,21B	0,22AB	Estimativa (m ³ /árvore)
Inverno	0,21c	0,23b	0,23b	0,25a	0,23bc	0,24b	Estimativa (m ³ /árvore)
Primavera	0,22C	0,25A	0,25AB	0,26A	0,24B	0,25A	Estimativa (m ³ /árvore)
Verão	0,27c	0,29ab	0,29ab	0,3a	0,28b	0,3ab	Estimativa (m ³ /árvore)
Outono	0,31C	0,36A	0,34AB	0,37A	0,34B	0,35AB	Estimativa (m ³ /árvore)
Outono	0,002	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	Erro padrão
Inverno	0,002	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	Erro padrão
Primavera	0,003	0,004	0,005	0,003	0,003	0,004	Erro padrão
Verão	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	Erro padrão
Outono	0,004	0,006	0,007	0,005	0,005	0,005	Erro padrão

Tabela 24: Volume por ha por tratamento em cada estação avaliada.

Período/Trat.	0%L1-0%L2	100%L1-0%L2	100%L1-33%L2	50%L1-50%L2	50%L1-33%L2	50%L1-66%L2	Variável
Outono	62,76A	31CD	23,65D	43,21B	43,59B	34,46C	Estimativa (m ³ /ha)
Inverno	73,23a	33,26c	25,3c	45,49b	47,78b	37,04bc	Estimativa (m ³ /ha)

Primavera	75,74A	38,63BC	27,84C	48,62B	48,22B	41,38B	Estimativa (m³/ha)
Verão	90,69a	43,03bc	30,7c	56,26b	53,85b	47,97b	Estimativa (m³/ha)
Outono	109,26A	54,84C	39,96D	70,73B	69,09BC	58,19BC	Estimativa (m³/ha)
Outono	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	Erro padrão
Inverno	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	Erro padrão
Primavera	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	Erro padrão
Verão	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	Erro padrão
Outono	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	Erro padrão

Tabela 25: Incremento volumétrico acumulado do desbaste até a idade de 88 meses em m³/ha.

Tratamento	Incremento (m³/ha)	Erro padrão
0%L1-0%L2	64,38a	4,063704
50%L1-33%L2	40,84b	4,063704
100%L1-0%L2	34,39b	4,063704
50%L1-50%L2	43,98b	4,063704
50%L1-66%L2	29,09b	3,563704
100%L1-33%L2	24,6b	4,063704

Tabela 26: Sortimento da madeira em m³/ha em cada estação avaliada.

Estação	0%L1-0%L2	50%L1-33%L2	100%L1-0%L2	50%L1-50%L2	50%L1-66%L2	100%L1-33%L2	Variável
Outono de 2017	Serraria I						Estimativa (m³/ha)
	Serraria II	1,93C	3,39A	2,45BC	3,62A	3,1AB	2,22C
	Celulose	6,86a	2,51b	2bc	2,35b	1,81bc	1,02c
	Energia	0,34A	0,49A	0,39A	0,45A	0,6A	0,41A
	Total	9,14a	6,39b	4,84cd	6,42b	5,51bc	3,65d
	Serraria I						Estimativa (m³/ha)
Inverno de 2017	Serraria II	2,87C	3,8A	2,89B	3,81A	3,27AB	2,2C
	Celulose	7,17a	2,45bc	1,83bc	2,72b	1,99bc	1,37c
	Energia	0,07B	0,48A	0,41A	0,45A	0,66A	0,41A
	Total	10,12a	6,73b	5,16cd	6,98b	5,92bc	3,98d
	Serraria I						Estimativa (m³/ha)
	Serraria II	3,21AB	3,72A	2,87BC	3,82A	3,37AB	2,26C
Primavera de 2017	Celulose	7,15a	2,85b	2,36b	2,82b	2,27b	1,54b
	Energia	0,05B	0,43A	0,3AB	0,48B	0,53B	0,38B
	Total	10,42a	7b	5,56bc	7b	6,17b	4,17c
	Serraria I		0,08a	0,11a			0,08a
	Serraria II	6,59A	4,02B	3,1D	3,95BC	3,33CD	2,26E
	Celulose	5,91a	3,58b	2,92bc	3,75b	3,26bc	2,26c
Verão 2018	Energia	0,04C	0,48AB	0,33B	0,5AB	0,62A	0,44AB

Tabela 27: Índice de área foliar por estação avaliada.

Período/Trat.	0%L1- 0%L2	100%L1- 0%L2	100%L1- 33%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 66%L2	Variável
Outono	1,79A	1,46AB	1,24B	1,35AB	1,48AB	1,27B	Estimativa (m ² /m ²)
Inverno	1,57a	1,42a	1,42a	1,57a	1,48a	1,33a	Estimativa (m ² /m ²)
Primavera	2,09A	1,89BC	1,57D	1,94B	1,97B	1,84CD	Estimativa (m ² /m ²)
Verão	2,2a	1,57b	1,47b	1,83ab	1,76ab	1,56b	Estimativa (m ² /m ²)
Outono	2,5A	1,84B	1,86B	2,19A	2,21A	1,81B	Estimativa (m ² /m ²)
Outono	0,096	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	Erro padrão
Inverno	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	Erro padrão
Primavera	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	Erro padrão
Verão	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	Erro padrão
Outono	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	Erro padrão

Tabela 28: Relação de copa viva com a altura total por estação avaliada.

Período/Trat.	100%L1- 0%L2	50%L1- 66%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 50%L2	100%L1- 33%L2	0%L1- 0%L2	Variável
Outono	0,8A	0,79AB	0,76BC	0,73D	0,79ABC	0,76C	Estimativa (%)
Inverno	0,74a	0,75a	0,73ab	0,7b	0,72ab	0,6c	Estimativa (%)
Primavera	0,66AB	0,67A	0,65B	0,67AB	0,68A	0,58C	Estimativa (%)
Verão	0,52c	0,56b	0,6a	0,6a	0,56ab	0,45d	Estimativa (%)
Outono	0,68A	0,69A	0,65B	0,65B	0,65AB	0,58C	Estimativa (%)
Outono	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Erro padrão
Inverno	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Erro padrão
Primavera	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	Erro padrão
Verão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Erro padrão
Outono	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Erro padrão

Tabela 29: Área de projeção da copa.

Período/Trat.	50%L1- 66%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	0%L1- 0%L2	Variável
Outono	22,41AB	20,97BC	23,74A	18,6C	18,75C	15,52D	Estimativa (m ²)
Inverno	27,56a	27,41a	25,92a	23,1b	21,69b	19,38c	Estimativa (m ²)
Primavera	19,66A	18AB	16,92B	18,29AB	13,68C	14,26C	Estimativa (m ²)
Verão	22,01ab	23,64a	22,21ab	21,2abc	20,1bc	19,31c	Estimativa (m ²)
Outono	18,47A	18,44A	19,11A	17,55AB	15,04C	16,09BC	Estimativa (m ²)
Outono	0,63	0,58	0,56	0,75	0,65	0,43	Erro padrão
Inverno	0,63	0,58	0,57	0,76	0,66	0,43	Erro padrão
Primavera	0,46	0,42	0,42	0,56	0,48	0,31	Erro padrão
Verão	0,66	0,61	0,60	0,81	0,69	0,45	Erro padrão
Outono	0,51	0,45	0,44	0,59	0,51	0,34	Erro padrão

Tabela 30: Diferença entre as medições da copa no sentido da linha e entrelinha.

Período/Trat.	0%L1- 0%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 66%L2	100%L1- 33%L2	Variável
---------------	---------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	----------

2017	Outono	2,09A	1,45B	2,01A	0,96CD	0,75D	1,31BC	Estimativa (m)
	Inverno	1,23a	0,58bc	1,26a	0,61bc	0,37c	0,75b	Estimativa (m)
	Primavera	0,8AB	0,64BC	0,95A	0,59C	0,6BC	0,85AB	Estimativa (m)
	Verão	1,19a	0,71b	1,23a	0,59b	0,67b	1ab	Estimativa (m)
2018	Outono	1,95A	0,79C	1,77AB	0,61C	0,56C	1,53B	Estimativa (m)
	Outono	0,06	0,08	0,10	0,08	0,10	0,12	Erro padrão
	Inverno	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	Erro padrão
	Primavera	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07	Erro padrão
2017	Verão	0,08	0,11	0,12	0,11	0,12	0,14	Erro padrão
	Outono	0,07	0,09	0,11	0,09	0,10	0,12	Erro padrão
	Outono	0,06	0,08	0,10	0,08	0,10	0,12	Erro padrão
	Inverno	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	Erro padrão

Tabela 31: Área ocupada pela copa do *Eucalyptus* em relação a área da parcela.

Período/Trat.	0%L1- 0%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 66%L2	100%L1- 0%L2	100%L1- 33%L2	Variável
							Estimativa (%)
2017	Outono	0,55A	0,41BC	0,48AB	0,37CD	0,29DE	0,22E
	Inverno	0,67a	0,53b	0,49b	0,46bc	0,33cd	0,27d
	Primavera	0,49A	0,35B	0,33B	0,32BC	0,2C	0,2C
	Verão	0,65a	0,44b	0,43b	0,35bc	0,29c	0,23c
2018	Outono	0,55A	0,35BC	0,39B	0,28CD	0,23D	0,21D
	Outono	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Inverno	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Primavera	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2017	Verão	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Outono	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Outono	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Inverno	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Tabela 32: Produção de matéria seca da pastagem durante as estações avaliadas.

Período/Trat.	0%L1- 0%L2	100%L1- 0%L2	100%L1- 33%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 66%L2	Variável
							Estimativa (tMS/ha)
2017	Inverno	0,52C	1,2AB	1,75A	0,96BC	1,23AB	1,41AB
	Primavera	0,34ab	0,42ab	0,36ab	0,3b	0,37ab	0,57a
	Verão	0,23A	0,28A	0,22A	0,14A	0,26A	0,23A
	Outono	0,2a	0,44a	0,32a	0,31a	0,55a	0,51a
2018	Inverno	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18
	Primavera	0,11	0,09	0,07	0,07	0,07	0,06
	Verão	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05
	Outono	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Tabela 33: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de inverno.

[illegible]

Tabela 34: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de primavera.

Variável	0%L1- 0%L2	100%L1- 0%L2	100%L1- 33%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 66%L2	Variável
Massa total	0,34AB	0,42AB	0,36AB	0,3B	0,37AB	0,57A	Estimativa (tMS/ha)
Material Morto	0,32ab	0,39ab	0,32ab	0,3b	0,38ab	0,56a	Estimativa (tMS/ha)
Haste							Estimativa (tMS/ha)
Folha	0,03A	0,03A	0,04A	0,03A	0,03A	0,03A	Estimativa (tMS/ha)
Massa total	0,11	0,09	0,07	0,07	0,07	0,06	Erro padrão
Material Morto	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	Erro padrão
Haste							Erro padrão
Folha	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	Erro padrão

Tabela 35: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de verão.

Variável	0%L1- 0%L2	100%L1- 0%L2	100%L1- 33%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 66%L2	Variável
Massa total	0,23A	0,28A	0,22A	0,14A	0,26A	0,23A	Estimativa (tMS/ha)
Material Morto	0,11ab	0,08b	0,09ab	0,06b	0,03b	0,2a	Estimativa (tMS/ha)
Haste	0,05A	0,06A	0,05A	0,02A	0,16A	0,03A	Estimativa (tMS/ha)
Folha	0,14a	0,18a	0,14a	0,1a	0,16a	0,12a	Estimativa (tMS/ha)
Massa total	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	Erro padrão
Material Morto	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	Erro padrão
Haste	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	Erro padrão
Folha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	Erro padrão

Tabela 36: Pastagem separada em massa total, material morto, haste e folha na estação de outono.

Variável	0%L1- 0%L2	100%L1- 0%L2	100%L1- 33%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	50%L1- 66%L2	Variável
Massa total	1,19A	1,12A	1,28A	0,64A	1,01A	1,39A	Estimativa (tMS/ha)
Material Morto	0,88a	0,94a	1,07a	0,48a	0,74a	1,19a	Estimativa (tMS/ha)
Haste	0,2A	0,08A	0,11A	0,08A	0,14A	0,11A	Estimativa (tMS/ha)
Folha	0,11a	0,1a	0,1a	0,08a	0,12a	0,09a	Estimativa (tMS/ha)
Massa total	0,45	0,20	0,25	0,21	0,17	0,17	Erro padrão
Material Morto	0,13	0,05	0,08	0,03	0,04	0,06	Erro padrão
Haste	0,08	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	Erro padrão
Folha	0,07	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	Erro padrão

Tabela 37: Umidade do solo na profundidade de 20 cm do solo nas estações avaliadas.

	Estação	50%L1- 66%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	0%L1- 0%L2	Variável
2017	Inverno	0,04A	0,04A	0,04A	0,04A	0,04A	0,04A	Estimativa (kg/kg)
	Primavera	0,09a	0,09a	0,09a	0,09a	0,09a	0,09a	Estimativa (kg/kg)
	Verão	0,09BA	0,09BA	0,1A	0,09B	0,09BA	0,09BA	Estimativa (kg/kg)
2018	Outono	0,04a	0,03abc	0,03bc	0,04ab	0,03abc	0,03c	Estimativa (kg/kg)
	Inverno	0,00096	0,000978	0,00096	0,00096	0,000998	0,00096	Erro padrão
	Primavera	0,001423	0,001423	0,001423	0,00148	0,001423	0,001423	Erro padrão
2018	Verão	0,00165	0,00175	0,001792	0,001832	0,00175	0,001682	Erro padrão
	Outono	0,001045	0,001045	0,001045	0,001045	0,001045	0,001045	Erro padrão

Tabela 38: Umidade do solo na profundidade de 40 cm do solo nas estações avaliadas.

	Variável	50%L1- 66%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	0%L1- 0%L2	Variável
2017	Inverno	0,04AB	0,04AB	0,04A	0,04B	0,04AB	0,04B	Estimativa (kg/kg)
	Primavera	0,08a	0,08a	0,08a	0,08a	0,08a	0,08a	Estimativa (kg/kg)
	Verão	0,08B	0,08AB	0,09A	0,08B	0,08AB	0,08AB	Estimativa (kg/kg)
2018	Outono	0,04ab	0,03ab	0,04a	0,03ab	0,04ab	0,03b	Estimativa (kg/kg)
	Inverno	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Erro padrão
	Primavera	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Erro padrão
2018	Verão	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Erro padrão
	Outono	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Erro padrão

Tabela 39: Radiação fotossinteticamente ativa durante as estações de verão e outono.

	0%L1- 0%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 66%L2	100%L1- 33%L2	Variável
Verão	4,61	5,47	6,98	6,44	7,62	8,05	Estimativa (MJ/m ² .d)
Outono	2,56	3,04	3,88	3,58	4,23	4,47	Estimativa (MJ/m ² .d)
Erro padrão	0,22	0,26	0,35	0,31	0,42	0,42	Erro padrão
Erro padrão	0,12	0,15	0,19	0,17	0,23	0,23	Erro padrão

Tabela 40: Distribuição diamétrica em cinco classes antes do desbaste, aos 55 meses de idade.

Classes de diâmetro	0%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -50%L ₂	50%L ₁ -33%L ₂	100%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -66%L ₂	100%L ₁ -33%L ₂	Variável
12,4 - 13,62	5%	2%	4%	2%	2%	2%	Estimativa
13,62 -14,84	25%	10%	10%	15%	10%	8%	Estimativa
14,84 - 16,06	45%	27%	24%	13%	18%	14%	Estimativa
16,06 - 17,28	9%	7%	11%	4%	8%	3%	Estimativa
17,28 - 18,5	0%	2%	2%	3%	4%	1%	Estimativa
12,4 - 13,62	1%	1%	1%	1%	1%	1%	Erro padrão
13,62 -14,84	2%	2%	2%	2%	2%	2%	Erro padrão
14,84 - 16,06	4%	4%	4%	4%	4%	4%	Erro padrão
16,06 - 17,28	3%	3%	3%	3%	3%	3%	Erro padrão
17,28 - 18,5	2%	2%	2%	2%	2%	2%	Erro padrão
12,4 - 13,62	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
13,62 -14,84	A	B	B	A	B	B	Teste Tukey
14,84 - 16,06	A	AB	B	B	B	B	Teste Tukey
16,06 - 17,28	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
17,28 - 18,5	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey

Tabela 41: Distribuição diamétrica em cinco classes após o desbaste, aos 55 meses de idade.

Classes de diâmetro	0%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -50%L ₂	50%L ₁ -33%L ₂	100%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -66%L ₂	100%L ₁ -33%L ₂	Variável
12,4 - 13,62	8%	6%	12%	8%	7%	8%	Estimativa
13,62 -14,84	32%	23%	22%	44%	26%	32%	Estimativa
14,84 - 16,06	51%	56%	46%	34%	43%	49%	Estimativa
16,06 - 17,28	8%	13%	18%	9%	16%	9%	Estimativa
17,28 - 18,5	0%	3%	2%	6%	7%	2%	Estimativa
12,4 - 13,62	4%	4%	4%	4%	4%	4%	Erro padrão
13,62 -14,84	7%	7%	7%	7%	7%	7%	Erro padrão
14,84 - 16,06	7%	7%	7%	7%	7%	7%	Erro padrão
16,06 - 17,28	4%	4%	4%	4%	4%	4%	Erro padrão
17,28 - 18,5	3%	3%	3%	3%	3%	3%	Erro padrão
12,4 - 13,62	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
13,62 -14,84	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
14,84 - 16,06	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
16,06 - 17,28	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
17,28 - 18,5	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey

Tabela 42: Distribuição diamétrica em cinco classes na última avaliação, outono de 2018, aos 88 meses de idade.

Classes de diâmetro	0%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -50%L ₂	50%L ₁ -33%L ₂	100%L ₁ -0%L ₂	50%L ₁ -66%L ₂	100%L ₁ -33%L ₂	Variável
16 - 18	42%	2%	4%	4%	1%	1%	Estimativa
18 - 20	80%	10%	25%	26%	6%	3%	Estimativa

20 - 22	23%	65%	51%	33%	42%	44%	Estimativa
22 - 24	2%	28%	21%	11%	39%	10%	Estimativa
24 - 26	0%	0%	21%	7%	6%	5%	Estimativa
16 - 18	2%	2%	2%	2%	2%	2%	Erro padrão
18 - 20	3%	3%	3%	3%	3%	3%	Erro padrão
20 - 22	5%	5%	5%	5%	5%	5%	Erro padrão
22 - 24	7%	7%	7%	7%	7%	7%	Erro padrão
24 - 26	3%	3%	3%	3%	3%	3%	Erro padrão
16 - 18	A	B	B	B	B	B	Teste Tukey
18 - 20	A	BC	B	B	C	C	Teste Tukey
20 - 22	C	A	A	Bi	Abc	Abc	Teste Tukey
22 - 24	B	AB	AB	AB	A	AB	Teste Tukey
24 - 26	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey

Tabela 43: Distribuição da área basal em cinco classes diamétrica antes do desbaste, aos 55 meses de idade.

Classes diamétrica	0%L1-0%L2	50%L1-50%L2	50%L1-33%L2	100%L1-0%L2	50%L1-66%L2	100%L1-33%L2	Variável
12,4 - 13,62	0,05188	0,05246	0,06155	0,02811	0,06542	0,06901	Estimativa
13,62 - 14,84	0,2476	0,1839	0,1839	0,2544	0,2008	0,2672	Estimativa
14,84 - 16,06	0,4543	0,4586	0,3455	0,338	0,3182	0,3121	Estimativa
16,06 - 17,28	0,08573	0,1049	0,1497	0,1079	0,1756	0,07956	Estimativa
17,28 - 18,5	1,53E-18	0,01604	0,0167	0,03395	0,01998	0,04055	Estimativa
12,4 - 13,62	0,01403	0,01403	0,01403	0,01403	0,01403	0,01403	Erro padrão
13,62 - 14,84	0,04209	0,04209	0,04209	0,04209	0,04209	0,04209	Erro padrão
14,84 - 16,06	0,05941	0,05941	0,05941	0,05941	0,05941	0,05941	Erro padrão
16,06 - 17,28	0,04799	0,04799	0,04799	0,04799	0,04799	0,04799	Erro padrão
17,28 - 18,5	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	Erro padrão
12,4 - 13,62	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
13,62 - 14,84	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
14,84 - 16,06	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
16,06 - 17,28	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
17,28 - 18,5	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey

Tabela 44: Distribuição da área basal em cinco classes diamétrica após o desbaste, aos 55 meses de idade.

Classes diamétrica	0%L1-0%L2	50%L1-50%L2	50%L1-33%L2	100%L1-0%L2	50%L1-66%L2	100%L1-33%L2	Variável
12,4 - 13,62	0,05188	0,02228	0,04423	0,01981	0,02231	0,01787	Estimativa
13,62 - 14,84	0,2476	0,1013	0,1013	0,1453	0,09867	0,08289	Estimativa

14,84 - 16,06	0,4543	0,2724	0,2383	0,1292	0,1815	0,1397	Estimativa
16,06 - 17,28	0,08573	0,07026	0,1076	0,04374	0,08157	0,0287	Estimativa
17,28 - 18,5	0	0,01604	0,0167	0,03395	0,04055	0,008388	Estimativa
12,4 - 13,62	0,01276	0,01276	0,01276	0,01276	0,01276	0,01276	Erro padrão
13,62 - 14,84	0,02368	0,02368	0,02368	0,02368	0,02368	0,02368	Erro padrão
14,84 - 16,06	0,04187	0,04187	0,04187	0,04187	0,04187	0,04187	Erro padrão
16,06 - 17,28	0,02506	0,02506	0,02506	0,02506	0,02506	0,02506	Erro padrão
17,28 - 18,5	0,01966	0,01966	0,01966	0,01966	0,01966	0,01966	Erro padrão
12,4 - 13,62	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
13,62 - 14,84	A	B	B	A	B	B	Teste Tukey
14,84 - 16,06	A	AB	B	B	B	B	Teste Tukey
16,06 - 17,28	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey
17,28 - 18,5	A	A	A	A	A	A	Teste Tukey

Tabela 45: Distribuição da área basal em cinco classes na última avaliação, outono de 2018, aos 88 meses de idade.

Classes diamétrica	0%L1- 0%L2	50%L1- 50%L2	50%L1- 33%L2	100%L1- 0%L2	50%L1- 66%L2	100%L1- 33%L2	Variável
16 - 18	0,4193	0,0192	0,04376	0,04311	0,009802	0,01006	Estimativa
18 - 20	0,8003	0,1016	0,2477	0,2556	0,05825	0,03449	Estimativa
20 - 22	0,2265	0,6476	0,5132	0,328	0,4192	0,438	Estimativa
22 - 24	0,01514	0,2829	0,2083	0,1086	0,3893	0,103	Estimativa
24 - 26	0	0	0,2083	0,07253	0,06462	0,05255	Estimativa
16 - 18	0,0176	0,0176	0,0176	0,0176	0,0176	0,0176	Erro padrão
18 - 20	0,03394	0,03394	0,03394	0,03394	0,03394	0,03394	Erro padrão
20 - 22	0,04665	0,04665	0,04665	0,04665	0,04665	0,04665	Erro padrão
22 - 24	0,06844	0,06844	0,06844	0,06844	0,06844	0,06844	Erro padrão
24 - 26	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	Erro padrão
16 - 18	A	B	B	B	B	B	Tukey
18 - 20	A	BC	B	B	C	C	Tukey
20 - 22	C	A	A	B	Abc	Abc	Tukey
22 - 24	B	AB	AB	AB	A	AB	Tukey
24 - 26	A	A	A	A	A	A	Tukey

Tabela 46: Incremento basal acumulado das árvores dominantes.

Tratamento	Incremento basal acumulado	Teste Tukey	Erro padrão
0%L1-0%L2	0,01422	B	0,000555
50%L1-33%L2	0,02132	A	0,000548
100%L1-0%L2	0,02198	A	0,000548
50%L1-50%L2	0,02206	A	0,000548
50%L1-66%L2	0,0232	A	0,000555
100%L1-33%L2	0,02327	A	0,000548

Figura 42: Ilustração da pastagem durante a estação de inverno: A: 0%L₁-0%L₂; B: 50%L₁-33%L₂; C: 100%L₁-0%L₂; D: 50%L₁-50%L₂; E: 50%L₁-66%L₂; F: 100%L₁-33%L₂.

Figura 43: Ilustração da pastagem durante a estação de primavera: A: 0%L1-0%L2; B: 50%L1-33%L2; C: 100%L1-0%L2; D: 50%L1-50%L2; E: 50%L1-66%L2; F: 100%L1-33%L2.

Figura 44: Ilustração da pastagem durante a estação de verão: A: 0%L1-0%L2; B: 50%L1-33%L2; C: 100%L1-0%L2; D: 50%L1-50%L2; E: 50%L1-66%L2; F: 100%L1-33%L2.

Figura 45: Ilustração da pastagem durante a estação de outono: A: 0%L1-0%L2; B: 50%L1-33%L2; C: 100%L1-0%L2; D: 50%L1-50%L2; E: 50%L1-66%L2; F: 100%L1-33%L2.