

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

CARLOS CESAR MEZZALIRA

**BIOMASSA VEGETAL, ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E  
MICROCLIMA EM SISTEMAS SILVIPASTORIL COM LOURO-  
PARDO (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) E (*Panicum Maximum*)  
CULTIVAR Aruana**

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2018

CARLOS CESAR MEZZALIRA

**BIOMASSA VEGETAL, ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E  
MICROCLIMA EM SISTEMAS SILVIPASTORIL COM LOURO-  
PARDO (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) E (*Panicum Maximum*)  
CULTIVAR Aruana**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agroecossistemas da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial  
à obtenção do título de Mestre em  
Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor

Co-orientador: Prof. Dr. Eleandro José Brun

DOIS VIZINHOS

2018

**M617b** Mezzalira, Carlos Cesar.  
Biomassa vegetal, atributos físicos do solo e microclima em sistemas silvipastoril com Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex. Steud) e (*panicum maximum*) cultivar Aruana. / Carlos Cesar Mezzalira – Dois Vizinhos, 2018.  
64 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor.  
Coorientador: Prof. Dr. Eleandro José Brun.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em Agroecossistemas, Dois Vizinhos, 2018.  
Bibliografia p. 54-64

1. Sustentabilidade e meio ambiente. 2. Física do solo. 3. Pastejo. I. Sartor, Laércio Ricardo, orient. II. Brun, Eleandro José, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. IV. Título

CDD: 633.202

Ficha catalográfica elaborada por Keli Rodrigues do Amaral Benin CRB: 9/1559

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Dois Vizinhos  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Dissertação n° 020**

**Biomassa vegetal, atributos físicos do solo e microclima em sistemas silvipastoril com Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) e (*panicum maximum*) cultivar Aruana**

**Carlos Cesar Mezzalira**

Dissertação apresentada às nove horas do dia vinte e seis de fevereiro de dois mil e dezoito, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGROECOSSISTEMAS, Linha de Pesquisa – Manejo e Conservação de Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho .....

Banca examinadora:

---

**Dr. Laércio Ricardo Sartor**  
UTFPR-DV

---

**Dr. André Pelegrini**  
UTFPR-DV

---

**Dr. Jonatas Thiago Piva**  
UFSC-Curitiba

---

**Reservado à Coordenação**

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, discernimento e todas as pessoas que fazem parte da vida.

Ao programa de pós-graduação em Agroecossistemas da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos, pela oportunidade de realização do mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador Laércio R. Sartor, por aceitar o desafio, sempre acreditar em mim, e pelos inúmeros ensinamentos e conselhos.

Ao co-orientador Dr. Eleandro José Brun por me acompanhar desde os primeiros passos na graduação.

A todos os alunos e ex-alunos em especial Marcielli Borges dos Santos e Priscyla Antonelli e Renan Schuster, que dedicaram seus tempos e esforços, contribuindo para a implantação e condução da área SSP.

Ao Grupo de Estudos em Ovinos e Caprinos (GEOVICAPRI), em especial Daniel Gonçalves, Francisco Piran, John Bruno Groeler e demais alunos, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Deonildo e Marili Mezzalira, por acreditarem em mim e sobre tudo por seus inúmeros esforços, para que este momento fosse possível.

A toda minha família pelo apoio e incentivo em especial ao meu Irmão Jean, pelos conselhos científicos e pessoais antes e no decorrer desta caminhada.

Por último, mas, não menos importante a minha namorada Luana, por estar sempre ao meu lado, apoiando, incentivando, e me compreendendo em todos os momentos.

Enfim, a todas as pessoas, que de uma forma ou outra colaboraram para a conclusão deste mestrado, meu sincero obrigado!

## RESUMO

MEZZALIRA, Carlos. **Biomassa vegetal, atributos físicos do solo e microclima em sistemas silvipastoril com Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) e (*panicum maximum*) cultivar Aruana.** 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

A conscientização global acerca da necessidade em atender o aumento na demanda mundial por alimento de forma sustentável tem gerado esforços coletivos, na busca por modelos produtivos eficientes, ecologicamente corretos e economicamente viáveis. Diante disso, os sistemas silvipastoris estão cada vez mais se destacando e criando espaço nas áreas de cultivo, tornando-se uma alternativa capaz de maximizar os recursos naturais e diversificar a renda da propriedade. Com tudo, ainda há inúmeros questionamentos e dúvidas sobre o comportamento do sistema como um todo, posto que diferentes componentes são inseridos em uma mesma área e ao mesmo tempo. A falta de informação aumenta ainda mais quando se trata de sistema composto por espécies nativas como o Louro-pardo, pois há poucas pesquisas sobre o comportamento dessas espécies em sistemas consorciados. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar o efeito do cultivo da espécie arbórea Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) sobre a produtividade do capim Aruana, (*Panicum maximum*), os atributos físicos do solo e o microclima local. Para tal, foram consideradas quatro faixas longitudinais alocadas nas entre linhas e nas linhas de árvores em um sistema silvipastoril composto por Louro-pardo e Aruana e uma área de pastagem com Aruana a pleno sol, ambas, pastejadas por ovinos. Foram coletadas amostras de solo antes e depois do pastejo, em profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 cm, para determinação de densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo. A análise da resistência mecânica à penetração foi realizada em profundidades de 0-5; 5-10; 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. A avaliação da produção da Aruana foi realizada em cinco momentos distintos, com intervalos de 21 dias entre cada coleta, no período de primavera/verão de 2016/2017. Os dados sobre a produtividade do componente arbóreo foram coletados no mês de abril de 2017, com a avaliação de altura total, altura de copa, DAP e raio de copa. As variáveis microclimáticas analisadas foram: temperatura média do ar (°C), temperatura do solo (°C), temperatura da relva (°C), radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento ( $m.s^{-1}$ ) realizadas em três períodos do dia (09:00, 12:00 e 15:00 horas), em 4 dias. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições e cinco tratamentos. Os resultados mostraram que o curto período de pastejo exerceu pouca influência sobre densidade e porosidade do solo. As maiores alterações foram registradas para a resistência do solo à penetração, com um aumento significativo na camada de 0-20 cm após o pastejo. O componente arbóreo causou uma redução na radiação disponível para a pastagem próxima às linhas de árvores, redução da velocidade média do vento e uma pequena redução na temperatura do ar e do solo, o que resultou em uma queda de produção da pastagem nessas faixas próximas às linhas de árvore, contudo, contribuiu para melhoria no conforto térmico para animais no sistema silvipastoril adotado.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Física do solo, Pastagem.

## ABSTRACT

MEZZALIRA, Carlos. **Plant biomass, soil physical attributes and microclimate in silvipastoral systems with Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) and Aruana cultivar (*Panicum maximum*).**2018. 65 f. Master thesis (Master in Agroecosystems) - Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

Global awareness of the need to attend the increase in world demand for food sustainably has generated collective efforts in the search for efficient, ecologically correct and economically viable productive models. Thus, silvipastoral systems are increasingly emphasizing and creating space in the crop areas, becoming an alternative capable of maximizing natural resources and diversifying the income of the property. However, there are still many questions and doubts about the behavior of the system as a whole, since different components are inserted in the same area and at the same time. The lack of information increases even more when it comes to a system composed of native species such as the Louro-pardo, since there is little research on the behavior of this specie in intercropping systems. Thus, the objective of this work was to compare the effect of the cultivation of the Louro-pardo tree (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) on Aruana productivity (*Panicum maximum*), the soil physical attributes and the local microclimate. For this, we considered four longitudinal bands allocated between the lines and in the tree lines in a silvipastoral system composed of Louro-pardo and Aruana, an area of pasture with Aruana growing in open sunlight, both pastured by sheep. Soil samples were collected before and after grazing, at depths of 0-5; 5-10; 10-20 cm, for determination of density, microporosity, macroporosity and total soil porosity. The analysis of the mechanical resistance to penetration was performed at depths of 0-5; 5-10; 10-20, 20-30, 30-40 and 40-50 cm. The Aruana production evaluation was carried out in five different moments, with intervals of 21 days between each collection, in the spring / summer of 2016/2017. Data on tree component productivity were collected in April 2017, with the evaluation of total height, crown height, DAP and crown radius. The microclimatic variables analyzed were: mean air temperature (° C), soil temperature (°C), turf temperature (°C), photosynthetically active radiation and wind speed (ms<sup>-1</sup>) performed in three periods of the day (09: 00, 12:00 and 15:00 hours) in 4 days. The experimental design was a randomized block with three replications and five treatments. The results showed that the short grazing period exerted little influence on soil density and porosity. The highest changes were recorded for soil resistance to penetration, with a significant increase in the 0-20 cm layer after grazing. The tree component caused a reduction in the available radiation to the pasture near the tree lines, a decrease in the average wind speed and a small reduction in the air and soil temperature, which resulted in a decrease of pasture production in those bands close to the tree lines. However, it contributes to improve thermal comfort for animals in the adopted silvipastoral system.

**Keywords:** Sustainability, Physical soil properties, Pasture.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química de solo em área com capim Aruana em sistema a pleno sol e SSP, amostras coletadas em Agosto de 2016. ....	29
Tabela 2- Características dendrométricas de um povoamento de Louro-pardo em SSP, aos 3 anos e 7 meses em Dois Vizinhos – PR, 2017.....	36
Tabela 3- Médias das variáveis micrometeorológicas avaliadas no período de 23 de Dezembro de 2016 a 02 de Fevereiro de 2017, Dois Vizinhos, PR, em clima Cfa. ....	37
Tabela 4 - Massa seca (MS) da forrageira Aruana, em SSP e a pleno sol, em kg ha <sup>-1</sup> no período do experimento. Dois Vizinhos – PR, 2017. ....	41
Tabela 5- Valores médios da Densidade do Solo (Ds) antes e depois da entrada dos animais e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017. ....	43
Tabela 6- Macroporosidade do solo em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR. ....	45
Tabela 7- Valores médios de Microporosidade e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017.....	46
Tabela 8- Valores médios de Porosidade Total (Pt) e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017. ....	47
Tabela 9- Resistência à Penetração (RP) e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017. ....	48



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução da área ocupada com SIPA no Brasil nos últimos anos.....	17
Figura 2- Temperatura máxima, mínima e a média no período de setembro de 2016 a junho de 2017.....	28
Figura 3 – Área de pastagem no SSP e a pleno sol após a roçada.....	30
Figura 4. Fluxograma de uma parcela do experimento com os tratamentos e avaliações realizadas dentro do sistema silvipastoril. T1: Faixa na linha de árvores; T2: Faixa1 à 3 m da linha de árvores; T3: Faixa2 à 6 m da linha da árvores; T4: Faixa3 à 9 m da linha de árvores e; T5: área à pleno sol.....	31
Figura 5- Trincheira e extrator utilizado para coleta dos anéis de solo com estrutura preservada.....	32
Figura 6. Pontos de coleta das amostras de RP utilizando o penetrômetro digital, marca Falker®.....	33
Figura 7- Gaiolas de exclusão de pastejo, para obtenção da produtividade do capim Aruana.	34
Figura 8- Massa seca ( $t\ ha^{-1}$ ) de Aruana produzida nos diferentes tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ....	40
Figura 9- Valores médios de Resistência à Penetração (RP) antes da entrada dos animais em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017.....	49
Figura 10 - Valores médios de Resistência à Penetração (RP) após o período de pastejo dos animais em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017. ....	50



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>15</b>
3.1 Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.....	16
3.2 Sistema Silvipastoril .....	18
3.3 Comportamento do Solo em SSP.....	19
3.3.1 Características Físicas do Solo em Sistemas Silvipastoris .....	19
3.4 Componentes Do Sistema Silvipastoril .....	21
3.4.1 Componente Arbóreo.....	21
3.4.2 A forragem no Sistema Silvipastoril.....	24
3.5 Alterações Climáticas Geradas nos SSP .....	25
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo .....	27
4.2 Características das Áreas Estudadas .....	28
4.3 Tratamentos .....	31
4.4 Coleta dos dados. ....	32
4.5 Porosidade e densidade do solo .....	32
4.6 Resistência mecânica do solo à penetração .....	33
4.7 Pastagem.....	34
4.8 Análise Micrometeorológicas .....	34
4.9 Análises Estatísticas.....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>36</b>
5.1 Desenvolvimento do Componente Arbóreo .....	36
5.2 Caracterização Microclimáticas.....	37
5.3 Pastagem.....	39
5.4 Densidade do Solo .....	42
5.5 Macroporosidade .....	43
5.6 Resistência Mecânica do Solo a Penetração .....	47

<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados das Nações Unidas, 60% da população mundial habitará os centros urbanos em 2030, enquanto em 2050 serão 70%, com uma estimativa de 9,6 bilhões de pessoas. Este cenário irá gerar uma grande demanda por recursos e alimentos. Além disso, nos últimos anos vem aumentando as pressões por uma produção de alimentos de forma mais sustentável.

A expansão do setor florestal aliado às crescentes demandas por alimentos, biocombustíveis e às restrições para abertura de novas áreas para a agropecuária e exploração florestal, apresentam uma tendência do avanço de lavouras e de florestas plantadas sobre áreas com pastagens, principalmente aquelas em algum estágio de degradação (ALMEIDA, 2010).

Estes cenários nos levam a uma busca por sistemas produtivos capazes de suprirem a demanda alimentícia, mas de forma sustentável. É neste sentido que os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), surgem como alternativa para a intensificação sustentável de produção. Segundo ALONSO (2011) o emprego de sistemas de integração são uma opção viável de produção e melhoria aos agroecossistemas, tendo em vista a sua eficiência produtiva, reduzindo assim a pressão sobre a abertura de novos locais para produção agropecuária.

Dentro dos SIPA a modalidade Silvipastoril (SSP), onde árvores são cultivadas em consórcio com pastagens e animais vêm ganhando cada vez mais espaço, devido aos seus benefícios e a sua flexibilidade em se adequar as mais diversas situações.

Estes sistemas quando bem planejados e com um manejo equilibrado de seus vários componentes, geram inúmeros benefícios como: Produção da madeira (energia, serraria, carpintaria, sementes etc), melhorias no microclima local, gerando condições de conforto térmico as animais. Melhoria na qualidade da pastagem, com aumentos nos níveis nutricionais da forragem e quando bem manejados, sem perda de produtividade e melhorias das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, através da proteção do solo, deposição de serapilheira.

Os SSP também podem ser implantados com o intuito de diversificação de renda, principalmente em pequenas propriedades, que é o caso da região sudoeste do Paraná, com forte aptidão na produção de leite e carne. A implantação do componente arbóreo, além dos benefícios ao agroecossistema seria uma fonte extra de renda as propriedades.

Devido às inúmeras interações ocorrentes nos SSP quando manejados de forma

inadequada, podem gerar alterações danosas aos agroecossistemas, podendo causar redução na produção de pastagem, em função do sombreamento excessivo, escolha de espécie de pastagem de baixa tolerância ao sombreamento. Danos físicos ao solo, pelo pisoteio animal, causando compactação, erosão, perda de matéria orgânica etc.

Nos últimos anos inúmeros estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de estudar e compreender melhor os SSP, porém a grande maioria destes estudos tem como componente arbóreo o eucalipto pelo seu grande desenvolvimento e adaptação, deixando muitas vezes de lado espécies nativas de grande potencialeconômico e madeireiro, como Louro-pardo e Canafístula.

A avaliação dos SSP em muitos casos é feita de forma individual, para cada componente do sistema, comparando produtividade com sistemas tradicionais e avaliando as propriedades do solo em muitos casos com áreas de mata nativa. Quando esta avaliação deveria ser de forma global unindo todos os componentes do sistema, ponderando possíveis perdas e ganhos.

## 2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do cultivo de Louro-pardo como espécie arbórea em Sistema Silvopastoril, sobre a produtividade do capim Aruana, atributos físicos do solo e sobre o microclima local.

### 2.1 Objetivos Específicos

Mensurar a produção de matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da forrageira Aruana (*Panicum Maximum*) na área do sistema silvipastoril comparando com a produção no sistema de pastagem a pleno sol.

Avaliação do desenvolvimento da espécie Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud) implantada em sistema silvipastoril;

Avaliar os atributos físicos do solo como resultado da implantação de sistemas silvipastoril;

Monitorar as alterações no microclima no sistema silvipastoril, em diferentes locais entre os renques de árvores.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Sistemas Integrados de Produção Agropecuária

A expansão do setor florestal aliado às crescentes demandas por alimentos, biocombustíveis e às restrições para abertura de novas áreas para a agropecuária e exploração florestal, apresentam uma tendência do avanço de lavouras e de florestas plantadas sobre áreas com pastagens, principalmente aquelas em algum estágio de degradação (ALMEIDA, 2010).

Estudos apontam um cenário preocupante quanto à qualidade das áreas de pastagem no mundo, estima-se que cerca de 20% das pastagens mundiais (naturais e plantadas) estejam degradadas ou em processo de degradação. Segundo estimativas as áreas ocupadas com pastagem no Brasil corresponde a 196 milhões de hectares (FAO, 2010), ou 23 % do território nacional, para se ter uma ideia a área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016 (IBÁ, 2017), correspondendo a 4% da área de pastagem. No Estado do Paraná, são 4,9 milhões de hectares destinados a pastagens (IBGE, 2006 - Censo Agropecuário), o que corresponde a aproximadamente 31% da área dos estabelecimentos agropecuários existentes no território paranaense.

Mas, essa expressiva ocupação territorial pelas pastagens, não se refletem em qualidade, grande parte destas áreas vêm sendo exploradas de forma bastante extensiva, sem a devida preocupação com qualidade, o que remete a um quadro atual preocupante, onde pelo menos metade dessas áreas encontra-se degradada ou em algum estágio de degradação (DIAS-FILHO e FERREIRA, 2007).

Exposto este cenário, cada vez mais os Sistema Integrado de Produção Agropecuária, ganham espaço no cenário mundial de produção de alimentos. Segundo (BELL; MOORE, 2012) os (SIPA) estão presentes em 25 milhões de km<sup>2</sup>, sendo responsáveis por aproximadamente 50% da produção de alimentos no mundo - 65% dos bovinos, 75% do leite e 55% dos cordeiros nos países em desenvolvimento (HERRERO et al., 2010). Por essa representatividade, ele é considerado vital para a segurança alimentar em âmbito global. Além do seu papel na produção de alimentos, esse sistema é a base da produção dos países em desenvolvimento, onde dois bilhões de pessoas são sustentadas por esse modelo de produção

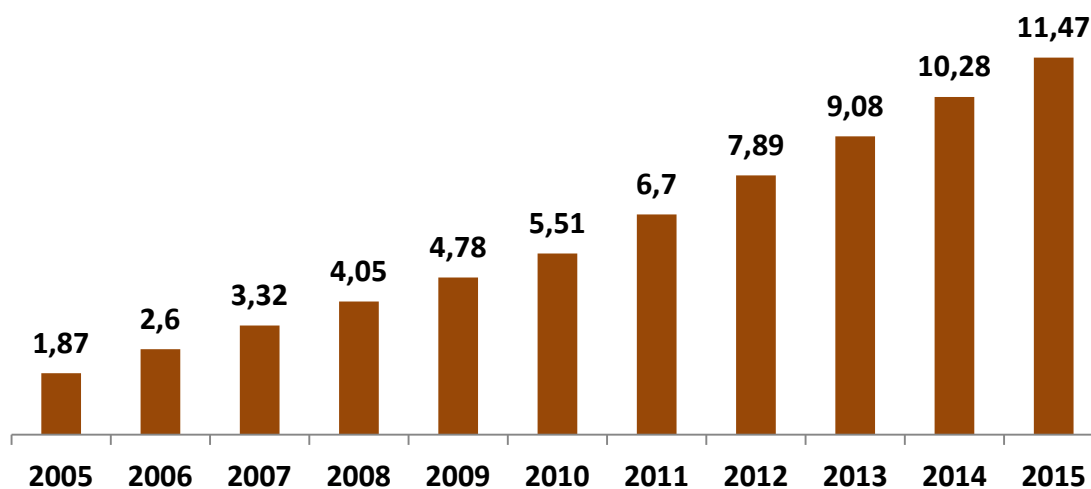


(WRIGHT et al., 2011).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), lançou uma publicação na qual reconhece o SIPA como alternativa para intensificação sustentável de produção (FAO, 2010), devido a sua capacidade e eficiência no uso dos recursos naturais (WRIGHT et al., 2011); promoção na ciclagem de nutrientes e melhoria do solo (SALTON et al., 2014); mantendo níveis de produtividade elevados e ainda produzindo inúmeros serviços ecossistêmicos (SANDERSON et al., 2013).

No cenário nacional observa-se um fortalecimento do SIPA, ao assumir o compromisso na COP-15, realizada em Copenhague no ano de 2009, e que preveem a redução das emissões de gases de efeito estufa, projetadas para 2020, entre 36,1% e 38,9%, estimando assim uma redução da ordem de 1 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Esses compromissos foram ratificados na Política Nacional sobre Mudanças do Clima (Lei no 12.187/09) e regulamentados pelo Decreto no 7390/10. Para efeito desta regulamentação, no caso específico da agricultura, foi estabelecido o “Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura”, o que se convencionou chamar de “Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)” (BALBINO et al., 2011).

Todas estas medidas de difusão e reconhecimento do potencial do SIPA para o aumento da produção de forma sustentável contribuíram para um salto na área ocupada por este sistema no Brasil, saindo de 1,87 milhões de ha em 2005 para 11,47 milhões em 2015 (Figura1), segundo pesquisa encomendada pela Rede de Fomento ILPF e realizada pelo Kleffmann Group na safra 2015/2016 (REDE ILPF 2016).



**Figura1- Evolução da área ocupada com SIPA no Brasil nos últimos anos.**  
**Fonte: Rede ILPF**

Segundo BALBINO et al. (2011), os SIPA apresentam subdivisões em função dos componentes empregados, sendo elas: - Integração Lavoura-Pecuária ou Agropastoril, que integra os componentes lavoura e pecuária, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Agrossilvipastoril, sistema que integra os componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. Integração Pecuária-Floresta ou Silvipastoril pecuária e floresta em consórcio e Integração Lavoura-Floresta ou Silviagrícola: sistema que integra os componentes lavoura e floresta, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes).

### 3.2 Sistema Silvipastoril

Os SSP destacam-se por sua viabilidade técnica, ecológica e socioeconômica. Este sistema de produção refere-se à técnica de produção na qual se integram animais, plantas forrageiras e árvores, na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (GARCIA e COUTO, 1997).

À medida que novos componentes são inseridos no sistema de produção como, por exemplo, o componente arbóreo, tende haver a elevação na complexidade em relação à produção agrícola, florestal tradicional e até mesmo em relação ao sistema lavoura-pecuária. Aumentando assim a sua dinâmica, permitindo várias formas de arranjo e disposição das espécies.

Os níveis de interações dentro de um SIPA estão ligados às características de diversidade, temporalidade e espacialização. Quanto maior a diversidade, maior será a temporalidade com que os arranjos de integração se repetem; e quanto menor o espaço físico de interação entre os componentes, maior a possibilidade de ocorrência de processos sinérgicos. A organização dessas três dimensões gera as propriedades dos sistemas integrados. Quanto mais diversos forem, mais se aproximam dos processos ecossistêmicos naturais (KIRSCHENMANN, 2007, ANGHINONI et al., 2013).

Para BERNARDINO e GARCIA.(2009) os SSP, podem ser classificados segundo a sua concepção, em eventuais ou verdadeiros. Eventuais são aqueles em que a associação

árvore/ pasto/animal se estabelece em determinado momento de uma exploração arbórea ou pecuária convencional. Neste caso, os subprodutos da exploração são manejados de modo leniente, para não prejudicar o produto principal. Já nos SSP classificados como verdadeiros, o componente arbóreo, o pasto e os animais são considerados integrantes do sistema desde o planejamento do empreendimento, coexistindo na associação dentro de determinado nível de participação.

Os primeiros relatos da associação intencional de gado com florestas no Paraná remonta à metade do século 18 (CHANG, 1985), em sistemas tradicionais conhecidos como "faxinais", estabelecidos na zona de ocorrência das florestas de araucária (*Araucaria angustifolia*). Já os primeiros registros de pesquisas sobre este sistema surgiram apenas na década de 1980, estes estudos buscavam utilizar os elementos pecuários (gado e forrageiras) como componente secundário do sistema. O gado era introduzido em plantios florestais convencionais, numa estratégia para melhorar o fluxo de caixa nos primeiros anos do cultivo florestal, e no controle de plantas indesejadas no sub-bosque (BAGGIO e SCHREINER, 1988).

Este cenário se alia perfeitamente a diversidade de espécies presente nos biomas Brasileiros. Segundo LORENZI.(1992) o Brasil possui a maior variedade de espécies florestais nativas do planeta, sendo a madeira dessas espécies bastante valorizada pelo mercado consumidor (RUSCHEL et al., 2003).

### 3.3 Comportamento do Solo em SSP

#### 3.3.1 Características Físicas do Solo em Sistemas Silvopastoris

O solo, em SIPA pode ser considerado o compartimento centralizador dos processos e aquele que retém e registra as modificações do sistema de produção, que são em última análise, determinadas pelo homem quando define o manejo que impõe ao sistema (ANGHINONI et al., 2013).

Uma forma de conhecer e avaliar as modificações registradas pelos solos em SSP é através dos indicadores físicos do solo, devido a suas características em estabelecer relações

fundamentais com os processos hidrológicos e influência na qualidade do solo. A qualidade física do solo não pode ser medida diretamente, mas é avaliada pelos indicadores de qualidade, como densidade, porosidade, resistência do solo à penetração e conteúdo de água, os quais influenciam o desenvolvimento e a produção das culturas. Com o uso e manejo inadequado do solo, poderá haver redução do volume e aumento densidade do solo, resultando na compactação do solo, comprometendo os limites críticos desses indicadores de qualidade física do solo para o desenvolvimento e produção de culturas anuais, permanentes e pastagem (FIDALSKI et al., 2009).

A densidade do solo ( $D_s$ ) refere-se à relação entre a massa de solo seco e o volume total, ou seja, volume do solo incluindo os espaços ocupados pela água e pelo ar. A  $D_s$  é muito utilizada como indicador da qualidade física de um solo e amplamente utilizada para determinação de outras propriedades do mesmo (REINERT et al., 2006). A sua determinação é suscetíveis ao tipo de uso do solo e de fácil determinação, estando relacionadas à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular (ARSHAD et al., 1996).

Além da estrutura, a densidade do solo pode estar relacionada com a textura (ARAÚJO et al., 2004), pois são observados maiores valores para solos arenosos (entre 1,35 e 1,85 Mg dm<sup>-3</sup>), enquanto nos solos argilosos esta se apresenta na faixa de 0,95 a 1,25 Mg dm<sup>-3</sup> (ARAÚJO et al., 2004; TORMENA et al., 1998). Estudos científicos apontam valores de 1,30 a 1,40 Mg m<sup>-3</sup> como valores críticos de densidade do solo argilosos (REICHERT et al., 2003), e a partir dessa densidade, o crescimento radicular fica dificultado, principalmente em função de problemas de aeração e infiltração de água.

A porosidade é a fração volumétrica do solo ocupada por ar e/ou água, representando o espaço onde os processos vitais às plantas ocorrem (HILLEL, 1998). Esta característica é fortemente dependente do teor de matéria orgânica presente no solo. Seus valores são em média de 35 a 50 % para solos arenosos e de 40 a 60 % para solos argilosos (KIEHL, 1979).

LIMA et al, (2007) citam como valores ideais de porosidade do solo 0,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> do seu volume total, no qual a microporosidade, responsável pelo armazenamento de água, ficaria entre 0,25 a 0,33 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Já a macroporosidade, representada pelo volume de poros responsáveis pela aeração das raízes, na faixa entre 0,17 e 0,25 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Em casos de redução nos níveis de porosidade do solo em virtude do aumento da  $D_s$ , isso pode representar compactação adicional do solo, ou seja, promove degradação da estrutura do solo (DIAS JÚNIOR, 2000).

Em SSP a porosidade do solo também pode ser modificada pelo sistema radicular

das árvores, pela ampliação da taxa de infiltração de água, levando a diminuição da sua erodibilidade. (CASTRO e PACIULLO 2006) descrevem que a porosidade terá influência na densidade do solo. Esta é considerada como indicador da qualidade física de um solo e amplamente utilizada para determinação de outras propriedades do mesmo. O resultado desta permite avaliar a capacidade de drenagem, a porosidade, a condutividade hidráulica, a permeabilidade e a capacidade do solo para reter ar, nutrientes e água (REINERT et al., 2006).

A resistência do solo à penetração (RP) constitui em um indicador de qualidade física do solo diretamente associada ao desenvolvimento de plantas (LETEY, 1985). A RP é uma estimativa do impedimento mecânico que o solo oferece às raízes, sendo um dos mais comumente citados fatores físicos que afetam o crescimento das raízes (SILVA et al., 2008).

Os níveis críticos de RP para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e a espécie cultivada (TAYLOR et al., 1966). Em um solo Latossolo Roxo, (PETTER 1990) verificou que a resistência de 2,8 MPa foi limitante ao crescimento radicular da soja. Para ZOUET et al., (2000) o valor limitante para o desenvolvimento do sistema radicular de espécies florestais é de 3 MPa.

Quando se compara a RP em diferentes manejos, a presença ou ausência de diferenças entre os sistemas avaliados pode ser confundida com as influências destes sobre o conteúdo de água do solo, por isso, é importante que a determinação da resistência à penetração seja feita com o controle ou a determinação conjunta da umidade do solo (KLEIN, 2012).

### 3.4 Componentes Do Sistema Silvopastoril

#### 3.4.1 Componente Arbóreo.

A presença do componente arbóreo no SSP influencia toda a dinâmica do sistema, alterando o comportamento da pastagem, dos animais e as características do clima e do solo, contribuindo para a redução da erosão por reduzirem o impacto das chuvas. As raízes das árvores, geralmente profundas e densas, formam barreiras contra o arraste de partículas e absorvem nutrientes das camadas mais profundas, translocando-os para as folhas, que ao

caírem, são fontes de adubo orgânico. Além de vantagens como o microclima, que beneficia os animais e às plantas, o solo se apresenta mais úmido em períodos de estiagem, podendo proporcionar gramíneas de melhor qualidade e em maiores quantidades (SILVA et al., 2011).

A densidade arbórea está inversamente relacionada com a incidência solar que chega ao sub-bosque. Assim espaçamentos mais amplos favorecem o desenvolvimento da forragem e a produção de madeira de maiores dimensões, além de permitir o consórcio com culturas agrícolas por maior período e com menores limitações em termos de competição por espaço, luz, água e nutrientes (ALMEIDA, 2010).

Em relação ao arranjo das árvores, podem ser em linhas simples, duplas ou triplas, de acordo com a finalidade da madeira e da densidade arbórea desejada, a escolha do arranjo ira influenciar as praticas silviculturais empregas como desbaste seletivo ou sistemático, para produzir madeira com maior espessura e maior valor agregado. Em SSP com finalidade na pecuária, a implantação de linhas simples facilita no manejo das árvores, exigindo menos mão-de-obra. Arranjos mais complexos exigem mais desbastes e são indicados para sistemas com finalidade predominantemente florestal (ALMEIDA, 2010).

Mas, também, a implantação do componente arbóreo significa uma nova fonte de renda ao sistema, com a produção de madeira, frutos, sementes, resina, látex e óleos. Há também os benefícios indiretos, como redução do impacto da chuva sobre o solo e da velocidade dos ventos, reduzindo a erosão eólica, ação descompactante das raízes, aumento da atividade microbiana, da ciclagem de nutrientes e da disponibilidade de nutrientes na zona de absorção radicular das culturas consorciadas, melhoria do microclima, conforto térmico para os animais, aumento no teor nutritivo de forragens e redução dos impactos ambientais, entre outros serviços ambientais (MENEZES et al., 2002; OLIVEIRA NETO e PAIVA, 2010).

A produtividade do componente arbóreo em SSP é dependente da escolha de materiais genéticos de qualidade e capaz de se adaptar as condições de clima, solo, e manejo específicos de cada local. Dentre as espécies florestais mais utilizadas em pastagens no Brasil, destacam-se: eucaliptos (*Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.), grevílea (*Grevillea robusta*), pinus (*Pinus* spp.), teca (*Tectona grandis*), paricá (*Schyzolobium amazonicum*), mogno africano (*Kaya ivorensis*), cedro australiano (*Toona ciliata*), canafístula (*Pelthophorum dubium*) e acácia (*Acacia mangium*) (CARVALHO et al., 2003; PACIULLO et al., 2007; PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2010).

Atualmente, o eucalipto se apresenta como a principal espécie utilizada em SSP, por ser a espécie florestal de rápido crescimento mais plantada comercialmente no Brasil e, por consequência, a espécie com maior desenvolvimento genético, proporcionando uma

ampla gama de materiais adaptáveis às condições de clima e solo de cada região. Contudo espécies com menor produtividade vem ganhando espaço em SSP devido ao seu alto valor comercial.

Dentre as vantagens de utilizar espécies lenhosas nativas, destacam-se a contribuição para a conservação da biodiversidade regional, protegendo, ou expandindo, as fontes naturais de diversidade genética, facilidade de aclimação e perpetuação das espécies (OLIVEIRA FILHO, 1994). Historicamente a madeira das espécies lenhosas nativas brasileiras sempre foi muito valorizada, por suas qualidades. Devido a séculos de extração os estoques de madeira nativa reduziram drasticamente, levando a restrições ao corte de inúmeras espécies. O plantio comercial dessas espécies é uma forma de aliviar a pressão sobre os reassentes florestais, a introdução de espécies nativas em arranjos mistos, em SSP, torna-se ainda mais interessante e adequados para o desenvolvimento destas espécies, em função dos espaçamentos maiores do que os utilizados em florestas plantadas comerciais favorecem o desenvolvimento em diâmetro do tronco o que é ideal para madeira com finalidade para laminação, construção, moveis, entre outros (RUSCHEL et al., 2003).

Exemplo disso é o uso do Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud), que já vem sendo estudado, na arborização de culturas anuais e pastagens, na proteção de culturas perenes como café, citrus e erva-mate (BAGGIO et al., 2011). CARVALHO 2003 também menciona o uso de louro-pardo para arborização de áreas de agricultura, como forma de prevenção de adversidades climáticas.

RADOMSKI et al. (2012) salientaram que apesar do Louro-pardo, apresentar crescimento considerado lento a moderado, possui potencial para uso em sistemas integrados de produção, tendo em vista a qualidade e alto valor agregado a sua madeira. Os melhores incrementos volumétricos registrados em plantios são 9,65 m<sup>3</sup>/ha/ano, aos dez anos e 10,70 m<sup>3</sup>/ha/ano aos cinco anos (CARVALHO, 2003).

Após a definição de qual espécie implantar é necessário definir espaçamento e orientação das linhas de árvores. A orientação dos renques de árvores no sentido norte-sul, em regiões tropicais, aumenta o sombreamento nas entrelinhas; porém, em muitos casos, esta orientação é utilizada por recomendação de plantio em curvas de nível, em locais com maior declividade do terreno (PACIULLO et al., 2011).

Nos sistemas onde a disposição das árvores em linhas ou renques com mais de uma linha, é possível supor que haja influência das árvores sobre o pasto, à medida que este se distancia dos troncos. Embora a influência do componente arbóreo nas características do pasto se concentre principalmente sob as copas das árvores, os efeitos do sombreamento podem

alcançar regiões localizadas além da projeção das copas (DIAS et al., 2007). O entendimento do efeito do sombreamento nas entre linhas do plantio é fundamental para o planejamento dos SSP, a fim de se obter o máximo benefício da inclusão de espécies arbóreas em pastagens de gramíneas.

#### 3.4.2 A forragem no Sistema Silvopastoril

Em SSP, o componente arbóreo tende a levar vantagem sobre a vegetação herbácea na competição por luz, as plantas que se desenvolvem no sub-bosque ficam sujeitas à densidade do componente arbóreo e a sua adaptação fisiológica à baixa intensidade de luz (VEIGAeSERRÃO, 1990), a qual está ligada a modificações morfofisiológicas das folhas, tornando-as mais finas e com poucas e menores células compactas e com menores taxas fotossintéticas (LUDLOW e WILSON, 1971).

Espécies forrageiras apresentam comportamentos diferentes em relação ao sombreamento. De acordo com VARELLA et al. (2010), forrageiras de clima temperado podem apresentar redução no crescimento em níveis de sombreamento acima de 50%. Já as de clima tropical apresentam maior sensibilidade, podendo ser afetadas com 35-40% de sombreamento.

Em condições de sombreamento moderado, algumas gramíneas, que apresentam tolerância mediana a esse tipo de ambiente, podem manter sua produção semelhante à do cultivo a pleno sol ou mesmo aumentar, quando estabelecidas em solos pobres em nitrogênio (PACIULLO et al., 2008; SOUSA et al., 2010).

Dentre as espécies de gramíneas, existe uma variedade grande considerada tolerante ao sombreamento, as quais são amplamente difundidas no Brasil, como espécies de braquiárias e *Panicum maximum* (MACEDO et al., 2010).

CASTRO et al. (2009), constataram que *Brachiariadecumbens* em SSP com níveis de sombreamentos na ordem de 29 e 45 %, apresentou aumento na massa de forragem e altura de plantas em relação às condições de pleno sol. Além disso, a quantidade de proteína bruta por ha, na primavera e no verão, foi maior sob sombreamento.

ASSIS et al. (2009) avaliando a produção de MS de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril, registrou uma produção de aproximadamente 4,2 t ha<sup>-1</sup>. Os mesmos



autores ainda obtiveram resultados matemáticos em uma simulação na determinação da capacidade de suporte de forragem no sistema silvipastoril onde encontraram a capacidade de suporte (CS) de 10,5 ovinos ha<sup>-1</sup>, destacando ainda que a CS de pastagens de *Brachiaria decumbens* em sistema convencional com pastagem adubada, é de 5 a 8 ovinos ha<sup>-1</sup>.

Em contrapartida a possível redução na produção de MS das pastagens em SSP, diversos estudos apontam para um aumento no valor nutritivo do pasto, influenciado pela presença de árvores. LEONE et al., (2009) mencionaram que virtude da redução da incidência de luz no dossel pode ocorrer um aumento na digestibilidade das plantas proporcionando melhorias nutritivas da dieta dos animais em pastejo.

PACIULLO et al., (2011) avaliando o efeito de faixas de árvores sobre a pastagem de *Urochloa decumbens* (Stapf) no Município de Coronel Pacheco, MG. observaram que o teor de PB foi 51% maior sob a copa das árvores (9,8%) que a 13,5 m delas (6,5%).

### 3.5 Alterações Climáticas Geradas nos SSP

A presença das árvores no sistema altera alguns fatores climáticos em seus arredores, favorecendo a retenção de umidade e o enriquecimento de nutrientes, que se refletem no prolongamento da disponibilidade de forragem verde (SILVA, 1994). Redução nas oscilações da temperatura do ar, gerada pela proteção da luz do sol direta, durante o dia, e pela proteção das perdas de radiação de ondas longas durante a noite, (ABEL et al., 1997).

KARKI e GOODMAN.(2013) em um estudo no estado da Georgia, EUA. compararam as diferenças no microclima de um SSP, composto por árvores jovens de *Pinus* (*Pinus palustris*) e pastagem de *Paspalum notatum*, e a pastagem a pleno sol. Os autores verificaram que, exceto para a chuva, todas as variáveis avaliadas foram diferentes entre os dois sistemas, sendo que no SSP a temperatura do ar, a temperatura do solo a 5 e a 10 cm de profundidade e o conteúdo de água no solo foram maiores, porém, a velocidade do vento, a rajada máxima, a umidade relativa do ar, a temperatura do ponto de orvalho, a radiação solar global, foram menores.

OLIVEIRA et al. (2007) mencionam que a incidência Radiação Solar global (RSG) e da iluminância (ILU) nas linhas e entrelinhas de plantio está ligada à distribuição das árvores no povoamento, que podem alterar o ângulo de incidência dos raios solares no sub-

bosque, podendo causar um aumento do espalhamento da radiação, aumentando a radiação difusa. (ANDRADE et al., 2003).

Como forma de adaptação a um ambiente com menor insolação, as plantas alteram a razão de fotossistema I (FSI) (absorve preferencialmente luz na faixa do vermelho-distante com comprimentos de onda acima de 680 nm), para FSII (absorve preferencialmente luz na faixa do vermelho com comprimento de onda de 680 nm e é muito fracamente estimulado pelo vermelho-distante), ou ainda podem acrescentar mais clorofila de antenas ao FSII. Essas adaptações parecem aumentar a absorção de luz e a transferência de energia em ambientes sombreados, onde a luz vermelho-distante é mais abundante (Taiz e Zeiger, 2009).

ANDRADE (2000) avaliando a transmissão de luz ao sub-bosque em um sistema agrossilvipastoril com eucaliptos em espaçamento 10 x 4 m com 5 anos, com as linhas de plantio orientadas no sentido leste-oeste, encontrou que a transmissão de luz correspondeu a 32% da densidade do fluxo de fótons medida à pleno sol, considerando a média de toda a área do sub-bosque. Destacou ainda que, dependendo da época do ano, esta transmissão de luz pode chegar a 50% em relação à pleno sol.

SARTOR et al. (2007), em um estudo na região sul do Brasil com SSP sob sombra de coníferas (15m x 3m), em diferentes densidades e à pleno sol, observaram uma redução de 31% na RFA no mês de julho e 67% nos meses de março e abril em relação ao pleno sol. Essa diferença entre as épocas pode estar relacionada à perda de folhas das árvores no período de inverno.

A Temperatura tem efeito sobre todos os componentes do sistema, interferindo em todas as atividades fisiológicas, por controlar as taxas das reações metabólicas nas células. Segundo SARTOR et al. (2007), o uso de SSP em regiões com ocorrência de geadas pode reduzir o estresse nas plantas causados pelo frio intenso. Estes mesmos autores, no experimento citado acima, observaram que a temperatura mínima média do ar no período de inverno foi 2,6 °C menor a céu aberto, quando comparada às condições sombreadas. Essa diferença pode implicar na formação de geadas, para a variável umidade do ar.

PORFIRIO-DA-SILVA et al. (1998), em uma área no noroeste paranaense, observaram que em noites de inverno a temperatura do ar manteve-se até 2°C mais elevada na posição sob as copas de renques arbóreos. Na comparação entre áreas sombreadas e não sombreadas, a temperatura chegou a atingir uma diferença de 8°C. Segundo SILVA (2008), O ambiente absorve a energia da radiação direta do sol e se aquece e retransmite essa energia acumulada aumentando a temperatura do ar.

Com relação aos ventos, sabe-se que tanto as culturas agrícolas quanto as pastagens

podem ter seu crescimento comprometido devido à danos físicos causados pela agitação mecânica. A diminuição da velocidade do vento, obtida pela presença organizada de árvores como quebra-ventos, pode resultar em incremento do rendimento das culturas agrícolas e das pastagens devido à: economia de água - resultante da menor evaporação do solo e das plantas; menor oscilação das temperaturas diurnas e noturnas, o que evita choques térmicos, redução dos riscos de danos físicos nas folhas, e otimização do suprimento de CO<sub>2</sub> (RIBASKI et al., 2001).

SOARES et al. (2009), avaliando a influencia de árvores de *Pinus taeda* em espaçamentos 15x 3 e 9x 3 m e céu aberto, encontraram para a velocidade do vento, respectivamente, valores de 0,76; 1,11 e 1,81 m.s<sup>-1</sup>. BALISCEI et al. (2013), também observaram redução na velocidade do vento na comparação SSP e a céu aberto, com 3,16 ms<sup>-1</sup> e 4,57 m.s<sup>-1</sup> respectivamente, evidenciando que a presença de árvores provoca a formação de microclima, com menor velocidade do vento.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Dois Vizinhos, localizada na mesorregião do Sudoeste do Paraná, com altitude média de 509 m. Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico, Cfa – com verão quente, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C e o mês mais quente acima de 22° C (ALVARES et al., 2013). Os meses mais frios são junho, julho e agosto, podendo ocorrer geadas. A umidade relativa do ar varia em média de 64 a 74% e a precipitação pluviométrica está entre 1.800 a 2.200 mm ano<sup>-1</sup>. O sololocal é o tipo latossolo vermelho distroférico.

Considerando período de coleta das amostras a temperatura mínima observada foi de 7,2°C no mês de outubro, a máxima foi observada no mês de fevereiro com 35,2°C. A temperatura média no período de outubro a março foi de 22,17°C, segundo dados registrados

na estação meteorológica de Dois Vizinhos.

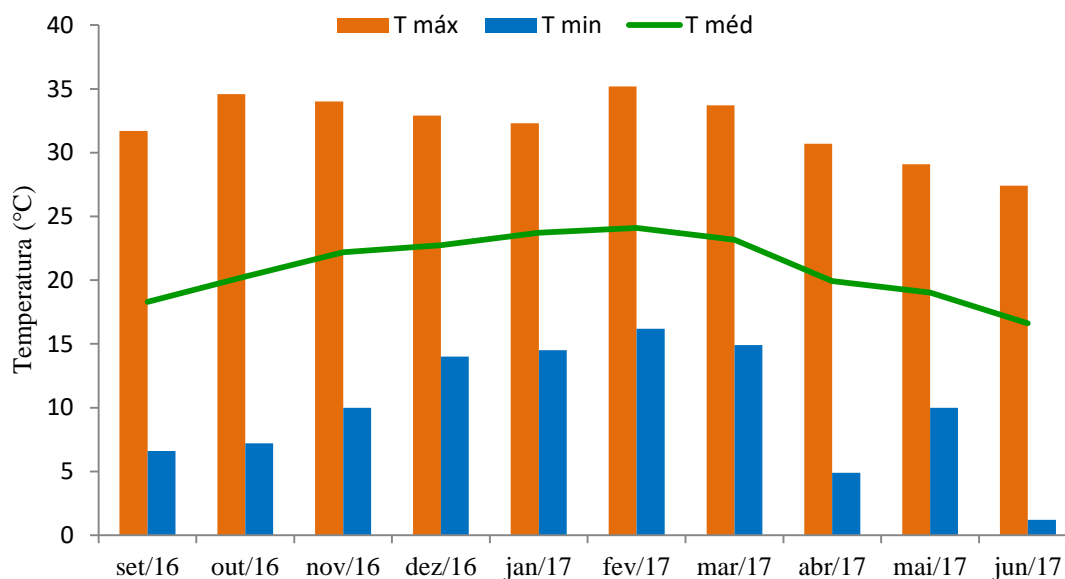


Figura2- Temperatura máxima, mínima e a média no período de setembro de 2016 a junho de 2017.

#### 4.2 Características das Áreas Estudadas

O experimento foi realizado em duas áreas, a primeira composta por um sistema silvipastoril com Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud.) implantadas em setembro de 2013, e com uma cultivar do capimAruana (*Panicum maximum*). O solo nas linhas foi preparado com uso de escarificador mecanizado cinco hastes, até uma profundidade aproximada de 30 cm.

A área total do SSP é de 2.160 m<sup>2</sup>, formado por 4 faixas de árvores com espaçamento de 10 metros entre as faixas. As faixas são formadas por linhas duplas de árvores em um espaçamento de 2,0 m entre árvores na linha e 1,5 m entre as linhas. Cada linha foi implantada com 22 plantas totalizando 176 no momento do plantio, resultando em uma densidade de 815 plantas por hectare, com uma área de 12,2 m<sup>2</sup> por planta. Tendo em vista a mortalidade de algumas plantas com o decorrer do tempo, no momento do início das avaliações deste experimento a área contava com 152 plantas.

A fim de acompanhar o desenvolvimento da espécie arbórea, semestralmente foi realizado avaliações qualitativas referentes ao vigor e avaliações quantitativas quanto ao crescimento em altura, diâmetros do colo e diâmetro de copa. Os dados apresentados na

Tabela 1 são referentes ao mês de abril de 2017, com as plantas tendo 3 anos e 7 meses.

A estimativa do volume de madeira acumulado na área foi calculada utilizando um fator de forma (0,45), devido ao fato de ainda não ter uma equação de volume para a área em questão. O fator de forma considera a conicidade das árvores, estabelecendo a relação entre o volume de madeira e o volume cilíndrico, por meio das medidas de DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) e altura comercial das árvores.

Para o experimento a área do SSP foi dividida em 4 piquetes com cercas fixas acompanhando as linhas de árvore e mais uma divisão transversal a fim de estabelecer uma área de 400 m<sup>2</sup> em cada piquete.

A área de pastagem a pleno sol, por sua vez, localiza-se próximo à área de silvipastoril e também foi implantada com uma cultivar do capim Aruana (*P. maximum*). A área possui 2000 m<sup>2</sup> e foi dividida em cinco piquetes para a realização do experimento, cada um com uma área de 400 m<sup>2</sup>, sendo considerados somente os três piquetes centrais para as avaliações.

Antes do início do experimento foi realizada a coleta de solo para análise química, no mês de Agosto de 2016. As amostras, para ambas as áreas, foram coletadas em três profundidades (0-5; 5-10; 10-20 cm). Após a coleta as amostras foram levadas para análise no laboratório de análise de solos UTFPR/IAPAR – PB.

**Tabela 1- Composição química de solo em área com capim Aruana em sistema a pleno sol e SSP, amostras coletadas em Agosto de 2016.**

Características do solo	Pleno sol			Sistema Silvipastoril		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
MO (gdm <sup>-3</sup> )	60,3	30,8	30,8	45,57	40,2	32,1
P (mgdm <sup>-3</sup> )	33,34	8,1	1,97	8,8	2,6	0,68
K (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,53	0,28	0,18	0,3	0,18	0,1
pH CaCl	5,3	5,1	5,3	4,9	5	5
Índice SMP	6,3	6,1	6,3	6	6	6,1
H+Al (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,84	4,6	3,97	4,96	4,96	4,61
Ca (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5	4,9	4	3,4	4	4
Mg (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,1	1,7	2,7	2,7	2,2	1,9
SB (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,63	6,88	6,88	6,4	6,38	6
V%	69,2	59,88	63,41	56,3	56,26	56,5

As análises foram interpretadas segundo o Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), a recomendação foi de 80 kg ha<sup>-1</sup> de

$P_2O_5$ ,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Para adubação utilizou-se formulados NPK e Ureia (45% N)

A adubação foi realizada em 2 momentos antes da entrada dos animais, a primeira no início de outubro, com aplicação da dose total de NPK recomendada e 50 % da dose recomendada de N. A segunda adubação foi feita no dia 11 de novembro com aplicação do restante da dose de N recomendada.

Antes da entrada dos animais foi realizada uma roçada mecanizada nas duas áreas, a fim de padronizar a altura da pastagem em todos os piquetes (Figura3).



**Figura3** – Área de pastagem no SSP e a pleno sol após a roçada.  
**Fonte:** Mezzalira – 2018.

A entrada dos animais na área ocorreu dia 5 de dezembro de 2016, os animais eram ovinos machos oriundos do cruzamento entre as raças Dorper e Santa Inês. O experimento iniciou com 2 animais cada piquete, o que corresponde a uma taxa de lotação de cerca de 50 animais por ha, com uma oferta de forragem de 10% (10 kg de MS/100 kg de Peso vivo animal/dia). Esta carga animal variou em determinados momentos onde a oferta de forragem superava os 10%, nestes casos eram utilizados animais reguladores por um período curto de tempo.

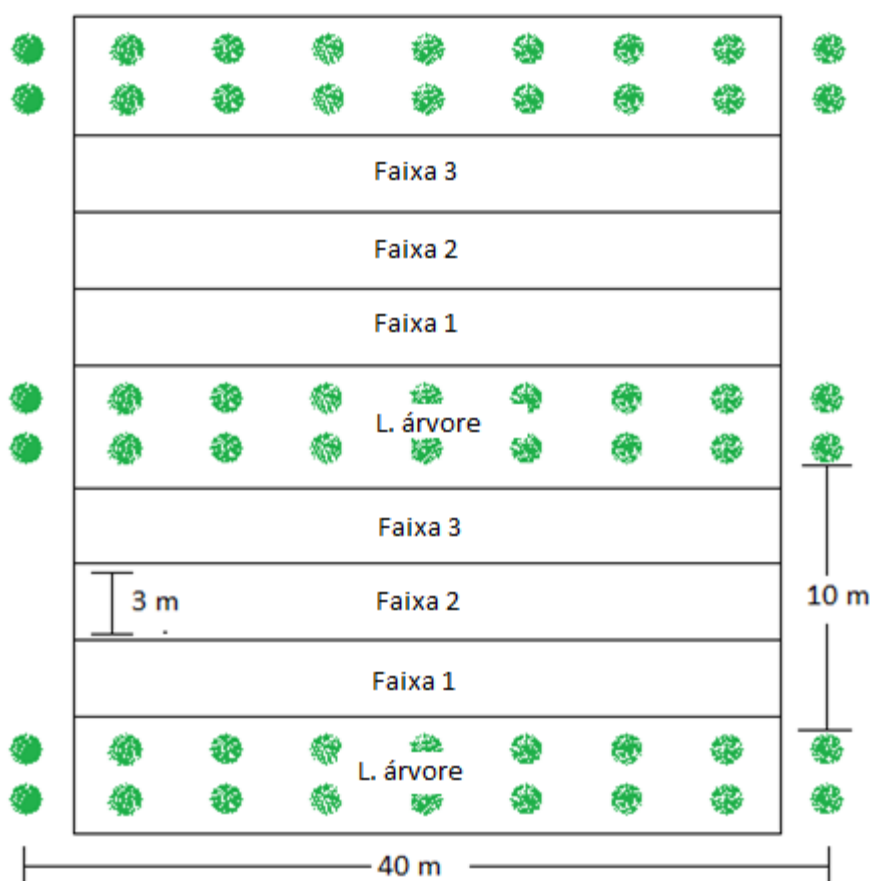
O período de permanência dos animais na área foi condicionado ao ganho de peso, cada animal precisava atingir 40 kg/PV, com isso nem todos os animais saíram no mesmo dia, o último animal a sair foi no dia 31 de março – 2017, totalizando 114 dias.

Durante o período de avaliação da pastagem, houve um ataque do inseto cigarrinhas-pastagens (*Notozulia Entreriana*), o controle da cigarrinha foi realizado com a aplicação de um Inseticida Microbiológico *Metarhizium anisopliae* de nome comercial Metiê. O produto foi aplicado na forma líquida (200 L/ha) sobre as plantas com auxílio de uma máquina costal. Foram realizadas duas aplicações, a primeira no dia 18 de novembro e a

segunda no dia 16 de dezembro. As duas aplicações foram realizadas no final do dia onde as condições de temperatura e umidade eram mais favoráveis à ação do produto.

#### 4.3 Tratamentos

O protocolo experimental foi desenvolvido levando em conta as faixas de pastagem ao longo da área do silvipastoril, buscando entender como a sombra ocasionada pelas árvores pode afetar o sistema como um todo. Posto isso, as entrelinhas de plantio foram divididas em 3 faixas, além da faixa na linha das árvores, formando assim 4 tratamentos (Figura4) dentro do SSP e mais um tratamento a pleno sol, totalizando cinco tratamentos com três repetições.



**Figura4.** Fluxograma de uma parcela do experimento com os tratamentos e avaliações realizadas dentro do sistema silvipastoril. T1: Faixa na linha de árvores; T2: Faixa1 à 3 m da linha de árvores; T3: Faixa2 à 6 m da linha da árvores; T4: Faixa3 à 9 m da linha de árvores e; T5: área à pleno sol.

#### 4.4 Coleta dos dados.

Para a avaliação dos atributos físicos do solo em decorrência do pastejo animal na área, foram coletadas amostras antes e depois do pastejo. A avaliação antes da entrada dos animais foi necessária para representar a condição inicial do solo. E a coleta após a saída dos animais para comparar e avaliar uma possível influência do pastejo animal no solo.

Em cada parcela foram abertas 2 trincheiras (40 cm x 40 cm x 40 cm) para retirada de amostras de solo com estrutura alterada (Umidade do solo) e preservada (demais análises) (Figura5), nas profundidades de 0 a 5 cm; 5 a 10 cm e 10 a 20 cm. As amostras foram coletadas no centro da camada com auxílio de anéis cilíndricos com 6,0 cm de altura e 2,4 cm de diâmetro.



**Figura5- Trincheira e extrator utilizado para coleta dos anéis de solo com estrutura preservada.**  
**Fonte: Mezzalira – 2018.**

#### 4.5 Porosidade e densidade do solo

Em laboratório, as amostras indeformadas foram colocadas em uma bandeja com água a 2/3 da altura do cilindro para saturação, durante 24 horas. Após isso as amostras foram pesadas em balança de precisão (0,01 g), para obtenção do peso saturado e levadas à mesa de tensão com uma coluna de areia (REINERT e REICHERT, 2006) onde se aplicou uma tensão de 6 kPa por 24 horas, até promover um equilíbrio entre a água extraída da amostra e a tensão aplicada. Após isso as amostras foram retiradas da mesa de tensão e novamente pesadas, a fim de obter o teor de água retida na amostra, que corresponde à macroporosidade do solo.



Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa até apresentarem peso constante. O peso do solo seco em estufa dividido pelo volume do cilindro determina a densidade do solo. A porosidade total do solo foi obtida subtraindo-se o peso do solo seco do peso do solo saturado. A microporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a macroporosidade.

#### 4.6 Resistência mecânica do solo à penetração

As avaliações da RP foram realizadas com o auxílio de um penetrômetro digital, marca Falker®, com profundidade máxima de penetração de 60 cm, leituras de cm em cm, resolução configurável e diâmetro do cone de 12,83 mm (Figura6).



**Figura6. Pontos de coleta das amostras de RP utilizando o penetrômetro digital, marca Falker®.**  
**Fonte: Mezzalira – 2018.**

As coletas foram realizadas em dois momentos: o primeiro antes da entrada dos animais, para ter como parâmetro; e a segunda logo após a saída dos animais, a fim de comparar a influência do pastejo animal na resistência do solo à penetração. Ambas as coletas foram realizadas com o teor de água do solo próximo à capacidade de campo.

As avaliações foram realizadas em 8 pontos distribuídos ao longo de cada Tratamento, utilizou-se como resultado a média das leituras destes pontos nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30,30-40 e 40-50 cm (Figura6).

No momento da avaliação da RP, a umidade gravimétrica por camada foi aferida por meio de coleta de amostras de solo com trado holandês, que posteriormente foram pesadas (massa fresca) e secas em estufa de circulação de ar por 48 horas (matéria seca) para a determinação da umidade gravimétrica.

#### 4.7 Pastagem

As avaliações da produção da pastagem no período do experimento foram realizadas utilizando gaiolas de exclusão, sendo alocada uma gaiola por repetição, cada uma com medidas de 70 x 70 x 70 cm (Figura 7). A cada 21 dias eram realizadas as coletas do material dentro das gaiolas e em um ponto aleatório na pastagem e realocadas as gaiolas. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em embalagem de papel e secas em estufa de circulação e renovação de ar a 65°C até peso constante (cerca de 72 horas), sendo então pesadas em balança de precisão (0,01 g), obtendo-se a matéria seca de todas as amostras coletadas.



**Figura7- Gaiolas de exclusão de pastejo, para obtenção da produtividade do capim Aruana.**  
**Fonte: Mezzalira – 2018.**

#### 4.8 Análise Micrometeorológicas

As avaliações microclimáticas foram realizadas com o auxílio de duas estações

micrometeorológicas com função datalogger. A micro estação, modelo HOBO H21-002 (Onset), armazenou os dados de temperatura e umidade do solo, radiação fotossinteticamente ativa e os valores das temperaturas máximas, mínimas, médias e do ponto de orvalho do ar.

Para as avaliações, a micro estação foi montada em um tripé que mantinha os sensores a um metro e meio do nível do solo. As medidas de temperaturas máximas, mínimas, médias e umidade do ar, foram realizadas pelo sensor termohigrômetro HOBO S-THB M002 (Onset). O sensor era acoplado em abrigo de proteção contra radiação solar para protegê-lo da insolação direta e para não acarretar em alteração na leitura das variáveis.

A velocidade do vento foi determinada a partir de anemômetro portátil MS6252B (MASTECH). O equipamento era mantido a dois metros de altura e o valor mostrado no visor era devidamente anotado na caderneta de campo. A Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) foi medida com o auxílio de sensor S-LIA-M003 (Onset).

As avaliações foram realizadas em quatro dias: 23/01/16, 05/01/17, 17/01/2017 e 02/02/2017. Em cada uma destas datas, foi realizado três avaliações, a primeira no período da manhã iniciando as 09:00 horas, a segunda as 12:00 horas e a última avaliação no período da tarde iniciando as 15:00 horas.

#### 4.9 Análises Estatísticas

A análise estatística foi realizada com o auxílio do software Statistical Analysis System (SAS®) 9.2 para Windows, desenvolvido pelo SAS Institute dos Estados Unidos. Foi realizado o teste de Shapiro-Wilks para a verificação dos pressupostos de normalidade dos erros e o teste de Barlett para a verificação da homogeneidade da variância para as variáveis em estudo, fixando-se o nível de significância em 5%. Quando todos os pressupostos foram aceitos, as variáveis foram submetidas à ANOVA em nível de significância de 5%. Se verificadas diferenças estatísticas, as médias foram comparadas pelo Teste de Duncan, fixando-se o nível de significância também em 5%.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Desenvolvimento do Componente Arbóreo

As informações a respeito de plantios com Louro-pardo ainda são muito escassas na literatura, em se tratando do uso desta espécie em SSP as informações são quase inexistentes até o presente momento.

A produção do Louro-pardo observada neste trabalho foi de 13,91m<sup>3</sup> aos 3 anos e 7 meses (Tabela 2), o que corresponde a uma produção de 3,9 m<sup>3</sup>/ha/ano. Produção muito abaixo da observada em espécies exóticas como eucalipto e pinus e até mesmo de espécies nativas da região como o Araucária. Com tudo alguns autores (RADOMSKI et al., 2012 e CARVALHO, 2003), salientaram que Louro-pardo, apresentar um crescimento considerado lento

Segundo dados compilados por Carvalho (2003), há uma grande variação na produtividade desta espécie, os melhores incrementos volumétricos registrados em plantios de Louro-pardo são de 9,65 m<sup>3</sup>/ha/ano, aos dez anos e 10,70 m<sup>3</sup>/ha/ano aos cinco anos. Contudo o autor observou produções aos 4 e 6 anos de idade de 2,3m<sup>3</sup>/ha/ano e 4,5 m<sup>3</sup>/ha/ano respectivamente valores semelhantes aos observados neste trabalho.

Em relação a altura e DAP o autor apresenta dados de um plantio de 3 anos na cidade de Palotina no Paraná com altura média de 3,7 m e DAP médio 4,4 cm, valores estes abaixo dos observados neste trabalho (Tabela 2).

**Tabela 2- Características dendrométricas de um povoamento de Louro-pardo em SSP, aos 3 anos e 7 meses em Dois Vizinhos – PR, 2017.**

Espécie	Louro pardo
DAP médio (cm)	8,6
Altura média (m)	5,65
Altura copa média (m)	2,43
Área da copa média (m)	7,67
Volume acumulado (m <sup>3</sup> /ha)	13,91

## 5.2 Caracterização Microclimáticas

A maior diferença entre os sistemas pleno sol e SSP ocorreu para a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), esta diferença já era esperada, devido a interceptação da luz pelas copas das árvores, ocasionando uma menor transmissividade da radiação observada sob a copa das árvores independente do período do dia.

No período das 09:00 horas houve uma redução de 42% na RFA no tratamento faixa 1 em relação a faixa 2 que é a faixa central da entre linha (Tabela 3), esta redução ocorreu em função do movimento aparente do sol e a proximidade da faixa 1 com a linha de árvores, o ângulo de incidência do sol e a altura e diâmetro das copas das árvores sombreavam a faixa 1 neste período.

**Tabela 1- Médias das variáveis micrometeorológicas avaliadas no período de 23 de Dezembro de 2016 a 02 de Fevereiro de 2017, Dois Vizinhos, PR, em clima Cfa.**

Tratamento	V. Vento (m.s <sup>-1</sup> )	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Temp Ar (°C)	UR %	Temp Solo (°C)	Temp Relva (°C)
09h00min						
Faixa 1	3,65	375,54	23,65	84,49	25,08	26,39
Faixa 2	4,28	645,37	23,63	85,05	25,18	26,50
Faixa 3	3,18	595,37	23,37	84,88	24,46	26,47
L. árvore	1,70	103,70	23,28	85,38	23,36	25,97
Pleno Sol	4,30	908,70	24,13	83,15	24,72	26,72
<b>Média</b>	<b>3,42</b>	<b>525,74</b>	<b>23,61</b>	<b>84,59</b>	<b>24,56</b>	<b>26,41</b>
12h00min						
Faixa 1	5,52	1539,95	26,62	73,10	26,49	26,35
Faixa 2	5,80	1587,45	26,56	74,24	26,82	26,31
Faixa 3	5,93	1502,45	26,49	73,53	26,38	26,18
L. árvore	5,02	294,53	26,48	74,47	24,97	25,92
Pleno Sol	6,46	1721,20	26,89	72,28	26,89	27,11
<b>Média</b>	<b>5,75</b>	<b>1329,12</b>	<b>26,61</b>	<b>73,52</b>	<b>26,31</b>	<b>26,38</b>
15h00min						
Faixa 1	5,35	1527,03	29,43	64,96	30,23	28,12
Faixa 2	7,13	1515,78	29,32	64,84	30,20	28,22
Faixa 3	5,53	1343,66	29,15	65,66	29,12	28,03
L. árvore	5,23	307,45	29,11	65,42	26,84	27,76
Pleno Sol	7,45	1736,20	29,66	64,00	30,18	28,96
<b>Média</b>	<b>6,14</b>	<b>1286,02</b>	<b>29,33</b>	<b>64,98</b>	<b>29,31</b>	<b>28,22</b>

Este mesmo fato foi observado no período 15:00 horas, mas em menor intensidade, devido ao fato do sol ainda estar em uma angulação mais direta sobre a área avaliada e ao porte ainda médio das árvores, o que gerou um sombreamento moderado sobre a faixa 3.



Maior incidência de RFA sobre o tratamento faixa 2 se refletiu em um maior acúmulo de MS do capim Aruana em relação aos demais tratamentos do SSP, na comparação com o tratamento linha de árvore que foi o tratamento com menor acúmulo de MS observou-se uma diferença de 13% na produtividade.

O efeito das árvores sobre a luz que chega ao sub-bosque, não se repete com a mesma intensidade sobre a temperatura do ar, da relva e do solo. As avaliações da temperatura do ar mostraram uma pequena variação entre o SSP e a área a pleno sol, essa pequena variação de temperatura, provavelmente ocorreu devido a maior velocidade do vento na área pleno sol que contribuiu para uma maior perda de calor latente por evapotranspiração, compensando a desvantagem do sombreamento na área SSP.

Segundo NFTALLIANCE (2013), reduções nos níveis de radiação aliada a temperatura mais amenas em SSP, propiciam um maior conforto aos animais, possibilitando que os mesmos pastem por períodos mais longos, reduzam o consumo de água e apresentam melhor conversão alimentar, elevando a produção de carne e leite, entre outros benefícios

Em relação a temperatura do solo, houve uma redução na temperatura a medida que se aproximava das linhas de árvores, em função do sombreamento gerado por estas. As maiores diferenças entre os tratamentos pleno sol e linha de árvores foram observadas para a temperatura do solo com: 6% as 09:00 horas; 7% as 12:00 horas; e 11% as 15 horas. Este último foi o período onde foram registradas as maiores temperaturas para todos os tratamentos (Tabela 3).

A influência do sombreamento sobre a temperatura do solo também foi observado por BOSI (2014), durante o verão a uma distância de 6 m das linhas de árvores, o solo ficou 1,8 °C mais quente em relação a distância de 2 m das linhas de árvores.

O aumento na diferença da temperatura do solo no período da tarde também foi observado por MAZUCHOWSKI et al. (2007) em análise das temperaturas do solo em camadas superficiais, observaram que quanto maior o grau de sombreamento decorrente da redução de luminosidade, menor a temperatura do solo, variando do horário matinal ao vespertino, quando atinge os ápices diários.

Em relação a velocidade média do vento (Vmed) o maior valor foi observado no tratamento pleno sol, nos três períodos de avaliação, com diferença (61%) para o tratamento linha de árvores no período 09:00 horas (Tabela 3). Entre os tratamentos na área SSP também houve diferença entre os tratamentos nos períodos avaliados, em todos os períodos o tratamento linha de árvore apresentou os menores valores de Vmed. Entre as três faixas analisadas, a faixa 2 que é a faixa central na entre linha das árvores, foi a que apresentou os

maiores valores de  $V_{med}$ .

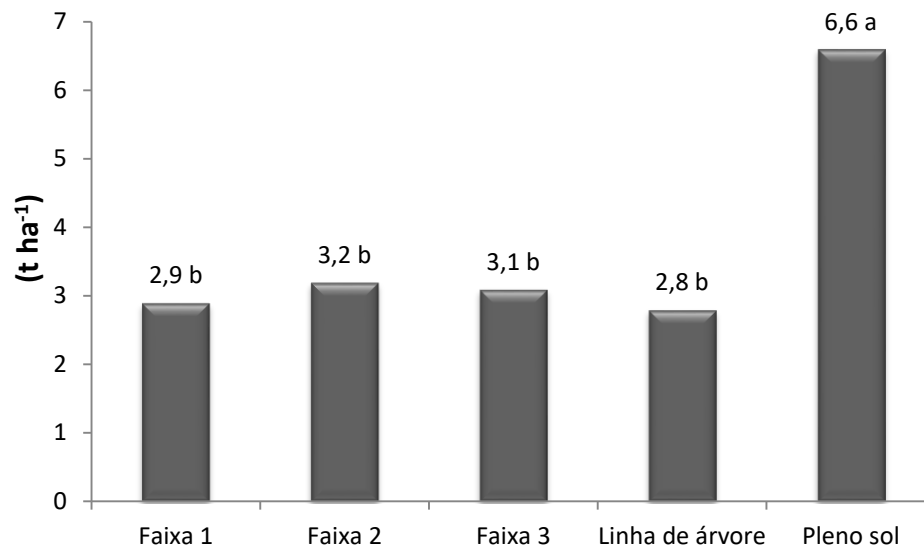
Estes resultados são semelhantes aos verificados por BOSI (2014) avaliando um SSP com diversas espécies nativas e capim-braquiária, no Município de São Carlos - SP, onde a  $V_{med}$  foi 32% maior em área de pleno sol em comparação ao tratamento linha de árvore. BALISCEI et al. (2013), em um SSP com eucalipto, observaram redução na velocidade do vento nesse sistema. Esta redução confirma a atuação das linhas de árvores com uma forma de quebra-vento (PORFÍRIO-DA-SILVA 1998).

Os resultados das variáveis microclimáticas analisadas neste trabalho corroboram com a ideia da formação de um microclima em áreas SSP (SOUSA, 2009; ABRAHAM et al., 2014). Estas mudanças contribuem para a melhoria do solo, através da redução do impacto da chuva sobre o solo, manutenção da umidade do solo, redução da evapotranspiração, além de promoverem conforto térmico aos animais (PACIULLO et al., 2014).

### 5.3 Pastagem

Na Figura 8 estão apresentados os valores de acúmulo de Matéria seca (MS) do capim Aruana durante o período do experimento, observando um efeito significativo ( $p > 0,05$ ), com o tratamento a pleno sol apresentando o maior acúmulo de MS entre os tratamentos avaliados.

É importante ressaltar que todos os valores de MS do capim Aruana, obtidos neste trabalho, podem ter sido influenciados, pelo ataque de cigarrinha ocorrido no período de novembro e dezembro.



**Figura8-Massa seca (t ha<sup>-1</sup>) de Aruana produzida nos diferentes tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.**

Os tratamentos na área do SSP apresentaram considerável redução na produção de MS de Aruana em comparação a área a pleno sol (Figura 8). Evidenciando que a produção de MS na área do sistema silvipastoril foi afetada pelo sombreamento e pelas condições edafoclimáticas impostas pelo sistema.

A influência do sombreamento na redução da produtividade de pastagem nas faixas mais próximas às linhas de árvore também foi observada por BOSI et al., (2014) avaliando um SSP com diversas espécies nativas e capim-braquiária, no Município de São Carlos - SP, constataram que a produção de forragem diferiu significativamente conforme as distâncias, 6 metros do renque leste, que apresentou 1.745 kg ha<sup>-1</sup> de MS, sendo mais produtiva que a posição 2 metros do renque oeste, em decorrência do maior sombreamento nessa última (39%) em comparação à primeira (25%).

Neste mesmo sentido, SOARES et al., (2009), em um estudo com dois espaçamentos 9 x 3 m e 15 x 3 m, já havia observado uma redução na produção de MS para o capim Aruana à medida que se reduzia o espaçamento das entrelinhas de árvores. Tomando como base o espaçamento 9 x 3 m utilizado neste experimento e o espaçamento utilizado no presente estudo, pode-se observar valores muito semelhantes de produção de MS do capim Aruana, espaçamento 9 x 3 m, MS sob copa 2285kg ha<sup>-1</sup> e centro da entre linha 2709kg ha<sup>-1</sup>.

Porém, existem inúmeros trabalhos na literatura mostrando que espécies de gramíneas mais adaptadas ao sombreamento continuam produzindo satisfatoriamente, ou até mesmo



augmentam a produção de massa, em condições de sombra moderada (GÓMEZ et al., 2013; (RADOMSKI e RIBASKI 2009). Além da escolha de espécies de gramíneas adaptadas ao sombreamento a forma como as árvores são distribuídas na área terá influencia sobre a produtividade, RIBASKI et al. (2009), avaliando a introdução de *E. grandis* em SSP na região dos Pampas do Rio Grande do Sul, observaram que um arranjo em linhas triplas de (3 m x 1,5 m) x 34 m com uma densidade de 500 árvores.ha<sup>-1</sup>, proporcionou um crescimento adequado da pastagem,

A influência da densidade arbórea é um fator importante neste trabalho para explicar a baixa produtividade do capim Aruana no SSP. A densidade utilizada neste trabalho (815 plantas ha<sup>-1</sup>) é muito semelhante à utilizada em plantios puros de espécies como mogno-africano, teca, guanandi (3 x 4 m – 833 plantas ha<sup>-1</sup>). A diferença entre estes sistemas é a disposição das árvores na área, com o adensamento das plantas de Louro-pardo em linhas duplas, permitindo um maior espaçamento nas entre linhas para o desenvolvimento da pastagem.

Em relação aos períodos de avaliação (29/11 a 19/12) não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados, este mesmo comportamento foi observado no período (10/01 a 31/01). No quarto período de avaliação (31/01-21/02) o tratamento pleno sol foi estatisticamente superior e os tratamentos faixa 1, 3 e linha de árvore inferiores, ficando o tratamento faixa 2 em um patamar intermediário, não se diferenciando do tratamento pleno sol, nem dos tratamentos inferiores neste período.

Nos demais períodos avaliados o tratamento pleno sol foi estatisticamente superior aos demais, apresentando as maiores diferenças na produção de MS para os tratamentos do SSP, 67% no segundo período e 63% no quinto período.

**Tabela 2 - Massa seca (MS) da forrageira Aruana, em SSP e a pleno sol, em kg ha<sup>-1</sup> no período do experimento. Dois Vizinhos – PR, 2017.**

Tratamento	MS capim Aruana (kg ha <sup>-1</sup> )				
	29/11 - 19/12	19/12-10/01	10-01-31/01	31/01-21/02	21/02-15/03
Pleno sol	767,9 a	2368,7 a	646,9 a	1044,2 a	1825,9 a
Faixa 1	616,1 a	876,1b	641,8 a	445,3 b	326,6 b
Faixa 2	612,8 a	1235,4 b	305,7 a	666,7 ab	455,3 b
Faixa 3	793,6 a	1057,1 b	314,6 a	353,2 b	605,4 b
L. de árvore	590,2 a	1054,6 b	499,8 a	312,3 b	340,2 b
Média	676,1	1318,4	481,8	564,3	710,7

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

#### 5.4 Densidade do Solo

Considerando valores ideais de densidade do solo ( $D_s$ ) para o desenvolvimento das plantas, entre ( $0,95$  a  $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$ ), o momento antes da entrada para as três profundidades analisadas mostrou-se elevado, com alguns pontos nos tratamentos faixa 1 e 2 com valores  $D_s$  superiores a  $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$  (Tabela 5).

Para a camada 0-5 cm, no momento antes do pastejo, o maior valor de  $D_s$  foi encontrado no tratamento faixa 2 ( $1,27 \text{ Mg m}^{-3}$ ), valor próximo a níveis considerados críticos ao desenvolvimento radicular.

Na comparação entre a  $D_s$  do solo antes e depois do pastejo, os valores não se diferenciaram estatisticamente para nenhuma das camadas analisadas, descartando assim a hipótese de aumento na  $D_s$  do solo em função do pisoteio animal. O que se observou foi uma leve redução nos valores da  $D_s$  para as três camadas observadas. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por MOREIRA et al., (2012) verificaram que não houve diferenças significativas nas camadas 0,00 - 0,075 m para a  $D_s$ , entre as áreas com e sem pastejo.

Corroborando com isso ANDREOLLA et al. (2015), avaliando atributos físicos do solo, em um sistema de integração lavoura-pecuária, observaram que a  $D_s$  não diferiu entre as áreas com e sem pastejado por ovinos. Segundo os autores a manutenção da qualidade física nas camadas superficiais do solo, está ligada aos benefícios do desenvolvimento radicular das plantas utilizadas, além de um possível incremento de matéria orgânica e atividade biológica decorrentes da deposição de excrementos dos cordeiros e restos culturais, que aumentam a atividade da fauna edáfica e raízes atuando na formação de canais biológicos (bioporos).

LOSS et al. (2014) avaliando os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de uso, observaram valores de  $D_s$  menores no SSP em comparação a áreas de lavoura e pastagem nativa. Os autores apontaram o tempo reduzido de permanência dos animais na área (1,5 anos), aliado a uma baixa carga animal para explicar os valores de  $D_s$  maiores em áreas de lavoura e pastagem nativa.

A análise estatística realizada não mostrou interação entre os tratamentos. Para a faixa de solo de 0-5 cm as médias não se diferiram estatisticamente entre si. Já para a camada de 5-10 cm, o tratamento linha de árvore apresentou o menor valor de  $D_s$  ( $1,09 \text{ Mg m}^{-3}$ ), estatisticamente superior aos demais. Em relação a camada do solo de 10-20 cm, o tratamento linha de árvore se manteve com os menores valores de  $D_s$ , porém não se diferenciando

estatisticamente do tratamento pleno sol e faixa 3.

Mesmo com produção de forragem menor que a faixa 1, o tratamento linha de árvore apresentou os menores valores de Ds. PEZZONI et al. (2012), avaliando a Ds em SSP, também encontraram os menores valores próximo as linhas de árvores e a medida que se afastava das linha de árvores, os valores de Ds aumentavam. Segundo estes autores, isso pode estar relacionado com a deposição de folheto do componente arbóreo aumentando a serapilheira nesta região, a deposição de dejetos animais, que contribuem para o aumento da matéria orgânica e conseqüentemente a diminuição dos valores de densidade do solo. A influência da MO sobre a Ds foi abordada por CUNHA et al. (2011). MARCOLIN e KLEIN (2011) citam que a MO atua como um amortecedor promovendo a dissipação de parte da energia aplicada, outra característica é em estabelecer ligações entre as partículas do solo, aumentando a coesão e promovendo maior agregação, o que acaba, assim, afetando indiretamente os demais atributos físicos do solo. À medida que se reduz os níveis de MO em camadas mais profundas do solo esse efeito de amortecimento é reduzido, aumentando a Ds.

Outro fator que pode estar relacionado à diminuição da Ds próximo as árvores é o manejo realizado no plantio do Louro-pardo, o qual utiliza subsolagem nas linhas de plantio para melhorar as propriedades físicas do solo. SOUZA et al., (2014) verificaram que a subsolagem diminuiu a densidade do solo e aumentou o volume total de poros.

**Tabela 5- Densidade do Solo (Ds) antes e depois da entrada dos animais e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017.**

Tratamentos	Densidade (Mg m <sup>-3</sup> ) Camada do solo								
	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média
Faixa 1	1,20	1,29	1,24 a	1,26	1,22	1,23 a	1,27	1,36	1,31 a
Faixa 2	1,27	1,11	1,18 a	1,26	1,22	1,23 a	1,24	1,31	1,27 a
Faixa 3	1,16	1,15	1,15 a	1,23	1,17	1,20 a	1,23	1,24	1,23 b
L. árvore	1,09	1,10	1,09 a	1,14	1,04	1,09 b	1,20	1,18	1,18 b
Pleno sol	1,11	1,12	1,11 a	1,20	1,26	1,21 a	1,21	1,16	1,18 b
Média	1,16 a	1,15 a		1,21 a	1,18 a		1,23 a	1,25 a	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

### 5.5 Macroporosidade

Diferentemente da  $D_s$ , os valores de macroporosidade foram afetados pelo pisoteio animal, com um aumento na porcentagem de macroporos após o término do experimento. A maior diferença entre o momento antes e depois do pastejo foi registrada na camada 0-5 cm com um aumento de 27% na macroporosidade do solo, na medida em que o solo ficava mais profundo a diferença na macroporosidade reduziu 23% para a camada 10-20 cm e 16% para a camada 20-30 cm (Tabela 6).

Os dados analisados não apresentaram interação significativa entre os tratamentos para os momentos antes e depois do pastejo. Contudo às porcentagens de macroporosidade após a entrada dos animais na camada 0-5, observa-se que o tratamento linha de árvore apresentou a maior porcentagem de macroporosidade (23,3%), aumento de cerca de 23% em comparação ao período antes da entrada dos animais. Já o tratamento faixa 1 apresentou o menor índice de macroporosidade para esta profundidade do solo com 12,1%, uma redução de aproximadamente 12%, porém sendo inferior estatisticamente apenas ao tratamento linha de árvore. Apesar destas diferenças a média entre o momento antes e depois do pastejo para esta camada não apresentou diferença estatística entre os tratamentos analisados. Segundo PEZZONI et al., (2012) a dinâmica do solo na região entorno das árvores, favorecendo a formação de agregados maiores e, por consequência, aumento na macroporosidade e menores valores de microporos, fato este também observado neste trabalho.

Os valores de macroporosidade após o pastejo foram semelhantes aos observados por SILVA et al. (2014) avaliando a macroporosidade em uma área de pastagem relataram valores entre 0,17 e 0,21  $m^3 m^{-3}$  no perfil entre 0-40 cm de profundidade, desta forma, salienta-se que solos cobertos predominantemente por poaceae forrageiras contêm espaços porosos maiores, ocasionando maior velocidade de infiltração de água e maior aeração.

O comportamento da macroporosidade observados neste trabalho foi na contra mão a grande maioria dos trabalhos publicados, que apresentam uma tendência de redução da macroporosidade em camadas mais superficiais do solo, devido a pressão de pastejo ao longo dos anos (CONTE et al. 2011).

Além do curto período de permanência de pastejo dos animais na área, as características do capim Aruana podem ajudar explicar os resultados observados neste trabalho. Segundo SALTON e TOMAZI (2014) o sistema radicular das braquiárias é bastante eficiente em promover uma estruturação adequada do solo, com formação de agregados estáveis, macroporosidade e canais, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas.

Corroborando com essa hipótese, BERTOLI et al. (2000) e KONDO et al.

(2012) enfatizam que o crescimento do sistema radicular das plantas poáceas acarreta um aumento na macroporosidade do solo, pelo fato da decomposição das raízes fasciculadas destas plantas gerar um aumento do número de macroporos, influenciando a macroporosidade e a porosidade total do solo.

**Tabela 6-Macroporosidade do solo em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR.**

Tratamentos	Camada do solo m <sup>3</sup> . m <sup>3</sup>								
	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média
Faixa 1	13,67	12,08	16,20 a	11,98	15,19	13,59 b	9,29	9,71	9,50 b
Faixa 2	16,98	17,96	17,47 a	12,13	14,36	13,24 b	12,52	13,74	13,13 a
Faixa 3	13,10	21,19	17,14 a	10,62	16,74	13,67 b	10,62	13,77	12,19 a
L. árvore	17,79	23,30	20,54 a	15,17	21,13	18,14 a	12,69	17,43	15,06 a
Pleno sol	12,73	20,79	16,75 a	12,95	14,46	13,70 b	10,41	11,36	10,88 b
Média	14,85 b	20,39 a		12,56 b	16,37 a		11,10 b	13,20 a	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A influência do pastejo sobre a microporosidade do solo pode ser observada nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm (Tabela 7), com o período pós pastejo apresentando uma porcentagem de microporos estatisticamente inferior ao período antes da entrada dos animais. A maior redução ocorreu na camada do solo 0-5 cm com uma redução de 7% da microporosidade. Para a camada 10-20 o efeito do pastejo na microporosidade foi praticamente nulo com uma leve redução na porcentagem.

Os microporos são responsáveis pelo armazenamento de água disponível no solo (PORTUGAL et al., 2008). Reduções acentuadas de microporosidade prejudicam principalmente o armazenamento de água no solo, já em situações de aumento excessivo nos níveis de microporos pode levar a uma aeração deficiente quando o solo estiver próximo à capacidade de campo, uma vez que grande proporção dos poros estará ocupada por água, dificultando a atividade microbiana e a respiração radicular das plantas (WENDLING et al., 2003). Corroborando com os resultados deste trabalho MARTINKOSKI et al., (2017) encontraram valores de microporosidade em SSP na faixa de 0,45 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> a 0,53 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> para a camada 0 e 20 cm.

Os tratamentos analisados apresentaram diferença significativa sobre a microporosidade apenas para a camada de solo 10-20 cm, com os tratamentos pleno sol e faixa 1 e 2 apresentando valores superiores aos tratamentos faixa 3 e linha de árvore (Tabela 7).

**Tabela 7- Valores médios de Microporosidade e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR,2017.**

Tratamentos	Camada do solo m <sup>3</sup> . m <sup>3</sup>								
	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média
Faixa 1	51,05	48,59	49,81 a	52,16	48,61	50,38 a	53,65	53,14	53,39 a
Faixa 2	48,19	46,96	47,57 a	51,21	48,80	50,00 a	51,18	50,53	50,87 a
Faixa 3	50,25	46,65	48,44 a	50,53	48,97	49,74 a	50,53	47,56	49,04 b
L. árvore	47,80	43,21	45,50 a	48,87	48,73	48,80 a	48,86	47,96	48,41 b
Pleno sol	53,33	48,75	51,04 a	49,60	48,22	48,90 a	51,09	50,91	51,01 a
Média	50,12 a	46,82 b		50,47 a	48,66 b		51,06 a	50,02 a	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Em relação à Porosidade total (Pt), constatou-se uma baixa interferência dos tratamentos analisados sobre esta variável. Os únicos efeitos significativos foram observados na camada 5-10 cm, com um aumento na Pt na média geral dos tratamentos após o pastejo. Este fato se deu muito em decorrência do aumento na Pt no tratamento linha de árvore (69,86%) seguido pelo tratamento faixa 3 (65,71 %) estatisticamente igual ao tratamento linha de árvore (Tabela 8).

Valores semelhantes de porosidade total foram observados por MARTINKOSKI et al., (2017), analisando as influências do manejo silvipastoril implantado em remanescente de floresta natural, no município de Turvo – Paraná, observaram valores de Pt entre 60% e 63% para SSP e 63% e 62% para floresta natural, ao longo do perfil do solo

Os maiores valores de Pt para os tratamentos linha de árvore e faixa 3, corroboram com o conceito de que a porosidade total do solo é inversamente proporcional à densidade (TORMENA et al., 2002). Para a camada 5-10 cm, estes tratamentos apresentaram os menores valores de Ds (Tabela Ds).

Avaliando a influência dos tratamentos para cada camada do solo estudada, observa-se que apenas na camada 5-10 cm houve diferença significativa, com o tratamento linha de árvore mostrando-se superior aos demais na porcentagem de Pt.

Os valores de Pt decresceram a medida em que o solo se aprofundava, com os menores valores sendo observados na camada 10-20 cm. Este mesmo comportamento foi verificado por SOUSA et al. (2014), em áreas com sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, e por PIGNATARO et al. (2009), em áreas compostas por diferentes pastagens.

**Tabela 8- Valores médios de Porosidade Total (Pt) e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR,2017.**

Tratamentos	Camada do solo								
	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média	Antes	Depois	Média
Faixa 1	64,72	67,33	66,02 a	64,15	63,81	63,97 b	62,94	62,85	62,89 a
Faixa 2	65,17	64,93	65,04 a	63,34	63,16	63,25 b	63,70	64,28	63,98 a
Faixa 3	63,35	67,84	65,04 a	61,14	65,71	63,42 b	61,14	61,33	61,23 a
L. árvore	65,59	66,51	66,05 a	64,04	69,86	66,94 a	61,55	65,39	63,47 a
Pleno sol	66,06	69,54	67,80 a	62,55	62,68	62,61 b	61,50	62,26	61,88 a
Média	64,98 a	67,22 a		63,04 b	65,04 a		62,16 a	63,22 a	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

### 5.6 Resistência Mecânica do Solo a Penetração

O efeito do pisoteio animal sobre a RP (Tabela 9) foi mais expressivo na profundidade 5-10, com a média dos tratamentos de 1,72 Mpa, valor 30% maior em relação ao período antes da entrada dos animais na área para esta mesma profundidade. O efeito do pisoteio animal sobre a RP se estendeu até a profundidade de 20 cm, com média geral dos tratamentos estatisticamente superior em relação ao momento antes da entrada dos animais.

Para as camadas mais profundas do solo houve uma inversão, com os maiores valores de RP sendo registrados no momento antes da entrada dos animais, e com valores acima dos limites críticos ao desenvolvimento das plantas.

O aumento da RP em camadas mais profundas do solo também foi observado por MARTINKOSKI et al. (2017), em área de SSP e floresta secundária, no município de Turvo, na região central do Estado do Paraná, onde os valores de RP apresentaram aumento progressivo até a camada 60 cm corrobora com este trabalho.

**Tabela 9-Resistência à Penetração (RP) e interação dos fatores em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017.**

Tratamentos	RP (Mpa)					
	Profundidades					
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
Antes	0,456 b	1,295 b	1,711 b	2,227 a	2,459 a	2,934 a
Depois	0,685 a	1,729 a	1,863 a	1,950 b	1,861 b	2,008 b

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

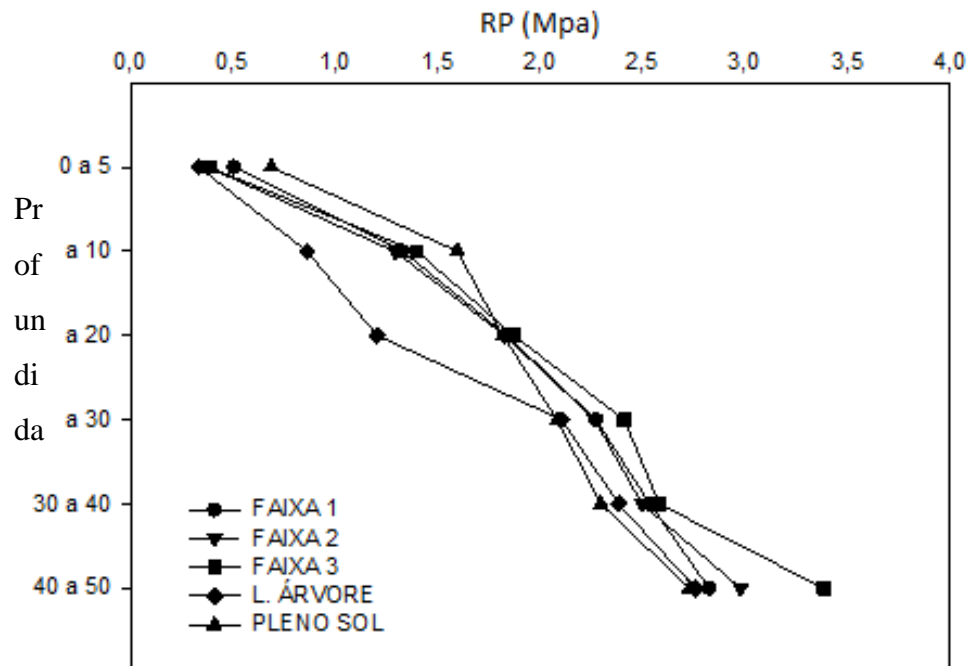
Os valores de RP, no momento antes da entrada dos animais, indica uma diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados na camada de 0 a 5 cm, com o tratamento pleno sol apresentando os maiores valores de RP (0,68 Mpa), não se diferenciando dos tratamentos faixa 1, 2 e 3. Os menores valores de resistência do solo à penetração foram encontrados para o tratamento linha de árvore (Figura 9).

Os pontos avaliados na profundidade 5-10 cm mostraram um aumento nos valores de RP em relação à profundidade 0-5. Estatisticamente, o tratamento pleno sol foi o que apresentou os maiores valores de RP, seguido pelos tratamentos faixa 1 e 3 que não se diferenciaram estatisticamente do tratamento pleno sol e semelhantes estatisticamente à faixa 2 (1,29 Mpa). Assim como na camada 0-5, o tratamento linha de árvore foi o que apresentou os menores valores de RP (0,86 Mpa), valor 46% menor ao tratamento pleno sol. Mesmo com este aumento de 65% nos valores de RP em relação à camada 0-5, os valores não chegaram à faixa de impedimento ao desenvolvimento radicular das plantas.

Os valores de RP para a profundidade 10-20 cm mantiveram o mesmo comportamento da camada 5-10 cm, com uma aproximação das faixas 1, 2 e 3 ao tratamento pleno sol, não apresentando diferença estatística entre estes tratamentos. O Tratamento linha de árvore manteve-se como o menor valor de RP (1,20 Mpa), sendo inferior estatisticamente dos demais tratamentos.

Antes da entrada dos animais na área, o solo já apresentava valores de RP em níveis críticos para o desenvolvimento de plantas nas camadas abaixo de 20 cm de profundidade, com exceção ao tratamento linha de árvore, que atingiu valores acima de 2 Mpa a partir da profundidade 30 cm, este fato pode estar relacionado ao preparo do solo utilizando subsolador nas linhas no momento do plantio das mudas de louro pardo.





**Figura9- Resistência à Penetração (RP) antes da entrada dos animais em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017.**

Mesmo com um aumento nos valores de RP após o pastejo para a cada 0-5 cm (Figura 10), este aumento não foi significativo, além disso, a resistência não foi considerada restritiva ao desenvolvimento das plantas nessa profundidade.

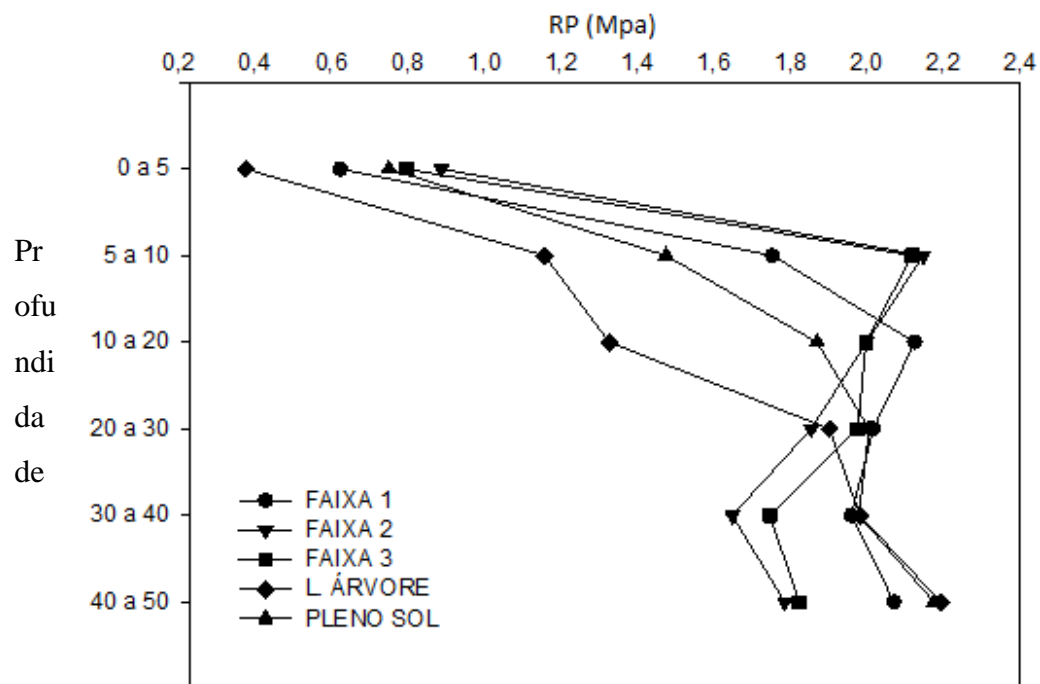
Em relação à profundidade 5-10 cm, os tratamentos faixa 1, 2 e 3 localizados nas entre linhas das árvores no sistema silvipastoril foram os que apresentaram os maiores valores de RP, com as faixas 2 (2,11 Mpa) e 3 (2,14 Mpa) apresentando valores próximos aos considerados críticos na literatura para o desenvolvimento do sistema radicular de plantas. O tratamento Pleno sol, que havia apresentado o maior valor de RP para esta camada antes do pastejo (1,56 Mpa), apresentou uma pequena redução da RP (1,47 Mpa). Já o tratamento linha de árvore manteve-se com os menores valores de resistência do solo à penetração (1,15 Mpa).

O aumento nos valores de RP associado ao aumento da distância do solo em relação à linha de árvore também foi observado por TAUFENER (2013) em sistema silvipastoril composto por árvores nativas em pastagem de *Brachiaria decumbens*, em São Carlos, SP observou um aumento nos valores de RP à medida que as faixas de solo se distanciavam das linhas de árvores (0 m 1,54 Mpa, 2 m 1,62 Mpa, 4,75 m 1,76 Mpa e 8,5 m 1,69 Mpa).

O tratamento linha de árvore foi estatisticamente inferior aos demais tratamentos na profundidade 10-20 cm, apresentando o menor valor de RP (1,35 Mpa). Para os demais

tratamentos não houve diferença estatística, mantendo os valores da RP semelhantes aos observados antes do pastejo, com exceção ao tratamento faixa 1, que apresentou o maior valor da RP (2,12 Mpa), valor considerado crítico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Vale ressaltar que aumento nos valores de RP em camadas superficiais do solo, não são observados apenas pelo pisoteio animal, em áreas de agricultura a pressão imposta por máquinas e implementos agrícolas também podem afetar a RP. Áreas de plantios florestais puros podem ter um aumento nos valores de RP devido a colheita mecanizada, como mostrou SZYMCZAK 2013, avaliando o efeito da colheita mecanizada em uma área com *pinus taeda* sobre a RP, constatou que após a colheita, áreas com passagem de máquina registraram um incremento de RP da ordem de 29,5% para a camada de 0-5 e de 21,9% para 5-10 cm.



**Figura10- Resistência à Penetração (RP) após o período de pastejo dos animais em área de pastagem a pleno sol e em sistema silvipastoril com Louro-pardo, capim Aruana e ovinos em Dois Vizinhos – PR, 2017.**

Em virtude do SSP em questão ser ainda novo e esta ser a primeira avaliação mais ampla do sistema, não foi possível realizar uma comparação das propriedades físicas do solo antes da implantação do SSP, em relação às propriedades físicas analisadas neste trabalho, pode-se inferir que nas condições deste experimento o período de pastejo dos animais, não corroborou com a ideia de que o pastejo animal leva a uma degradação das qualidades físicas do solo.

Avaliações sobre SSP são difíceis de se fazer, e, ainda não há uma metodologia certa de como avaliar estes sistemas. Muitas avaliações são realizadas levando em conta apenas uma atividade, restringindo os benefícios do sistema a produtividade de um componente específico.

Neste sentido os resultados obtidos neste trabalho, podem ser analisados diferentemente. Em uma análise voltada a produção a animal, é possível concluir que o modelo SSP adotado neste trabalho, prejudicou a produtividade do capim Aruana, limitando assim a produtividade animal.

Com tudo, como a densidade arbórea adotada neste trabalho é muito semelhante a utilizada em plantios puros, onde a única renda seria com a madeira. Em função do arranjo empregado propiciou uma produção de pastagem de cerca de 28 kg/Ms ha<sup>-1</sup>/dia, e a presença dos animais na área seriam uma fonte extra de renda ao produtor. Por muito tempo as discussões sobre os SSP se basearam nestas linhas de raciocínio, com o surgimento de novas pesquisas, buscando avaliar os SIPA não apenas no quesito produtivo, mas de uma forma global, capaz de aliar produtividade e preservação de forma harmônica e de forma eficiente para o aumento da renda (MACEDO,2009).

O maior espaçamento entre as linhas de árvores em sistemas integrados favorece a produção de madeira com maiores dimensões. CRUZ (2007) destaca que o número de indivíduos por hectare influencia diretamente o volume total por hectare, sendo assim, para melhor observação do crescimento individual das árvores, estima-se também o volume total por árvore. Estas afirmações são baseadas em sua pesquisa com *Eucalyptus grandis* aos 7 anos, obteve para uma população de 118 árvores ha<sup>-1</sup> uma produção de 0,7129 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e para uma população de 239 árvores ha<sup>-1</sup> uma produção de 0,3673 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, assim, árvores desenvolvidas em menores densidade produziram cerca de 50% a mais por árvores que a área com maior densidade.

Segundo estimativa da FAO (2009) a demanda por este tipo de madeira terá um expressivo aumento nos próximos anos, passando 1,68 bilhões m<sup>3</sup> de 2005 para 2,44 bilhões de m<sup>3</sup> até 2030. Estes cenários são favoráveis a espécies nativas, que mesmo apresentando um crescimento mais lento comparadas a eucalipto e pinus, por exemplo, possuem um alto valor de mercado. Como foi o caso do Louro-pardo neste trabalho e a exemplo de tantas outras espécies com potencial produtivo, mas que não são utilizadas em escalas comerciais.

Por tanto o planejamento correto do SSP, torna possível manter a produtividade das pastagens sem comprometer o desempenho animal, e obter um produto florestal baseado em

madeira de maior dimensão para fins mais nobres, como serraria e laminação (RADOMSKI e RIBASKI 2009).

## CONCLUSÃO

As árvores de Louro-pardo implantadas no sistema silvipastoril geram modificações no microclima local, com leves reduções de temperatura do solo, do ar e da relva. A velocidade do vento apresentou uma redução de 61% nas linhas de árvores no período das 09:00 horas. O componente arbóreo também limitou a transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa, com uma redução da RAF em 89% nas linhas de árvores no horário das 09:00.

A redução na RAF ocasionou uma redução na produtividade do capim Aruana nas linhas de árvores em 58 % em relação ao tratamento pleno sol. O tratamento faixa 2 foi o que apresentou a menor redução na produção de MS com 52%.

O Louro-pardo vem apresentando uma produtividade considerada satisfatória para a espécie com um volume acumulado aos 3 anos e 7 meses de 13,91 m<sup>3</sup>.

Não foi verificado efeito negativo oriundo do manejo com sistema silvipastoril sobre as propriedades físicas do solo. Entre os tratamentos, as linhas de árvores apresentaram maior influência sobre as propriedades físicas do solo. Apresentando: menor Ds, maior porcentagem de macroporos e porosidade total e menor porcentagem de microporos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de espécies arbóreas nativas em SSP ainda é pouco observado, conseqüentemente com poucas informações sobre suas capacidades e viabilidades. Esse conhecimento limitado destaca a importância da manutenção das avaliações que vem sendo realizadas nesta área e a necessidade de ampliação dos estudos, como por exemplo, a avaliação dos atributos químicos e biológicos do solo, propiciando um melhor entendimento sobre as conseqüências da implantação de sistemas consorciados sobre os atributos do solo.

As variações de incidência da RFA nas entre linhas de árvores deixa claro a influência do espaçamento sobre a radiação disponível às plantas do sub-bosque. Este fator reforça a necessidade da busca por informações relacionadas ao comportamento de espécies forrageiras e arbóreas, submetidas a diferentes arranjos espaciais, a fim de obter informações precisas sobre os melhores arranjos produtivos.

Mesmo a área do SSP não sendo tão grande, seria interessante a implantação de estudos ligados a intervenções silviculturais no Louro-pardo, testando, por exemplo, diferentes níveis de desbastes sobre o comportamento e a produção dos indivíduos restantes, e os possíveis efeitos sobre a produtividade da Aruana e sobre as variáveis microclimáticas.

Além da realização de estudos científicos, a divulgação dos resultados a produtores e empresas sobre os benefícios dos SSP e da viabilidade de uso de espécie arbóreas nativas, seria uma forma de incentivos e apoio a adoção destes modelos produtivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, E.M., KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M. et al. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. *Agrof. Syst.*, v.88, p. 287-299, 2014.

ALMEIDA, R.G. **Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais.** ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL , v. 7, 2010.

ALONSO, J. Silvopastoral systems and their contribution to the environment. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v. 45, n. 2, 2011.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, Gerd. **Köppen's climate classification map for Brazil.** *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728. Gebruder Borntraeger, Stuttgart, 2013.

ANDRADE, C.M.S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq cv Tanzânia, na região do Cerrado de Minas Gerais, Brasil. 2000.** 102f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000.

ANDRADE, C. M. S; GARCIA, R.; COUTO. L.; PEREIRA, G.; SOUZA, A. L. de. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1845-1850, 2003.

ANDREOLLA, V. R.M.; MORAES, A.; FILHO, A. B.; SANDINI, I.; BONINI, A. K.; DEISS, L. **Pastejo e Nitrogênio No Azevém Sobre a Qualidade Física Do Solo e Produtividade Do Feijão.** *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.35, n.1, p.11-26, jan./fev. 2015.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Tópicos em Ciência do Solo. In: Araújo, A. P.; Avelar, B. J. R., (Eds.) **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro.** 8. ed. Viçosa: UFV, 2013. cap. 8, p. 221-278.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison :**Soil Science Society of America**, 1996. p.123-141.

ASSIS, S. O. de; MANCIO, A. B.; MACHADO; T. M. M. Contribuições participativas para o sistema agrossilvipastoril. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.4, p.584-588, 2009.

BAGGIO, A. J.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com *Pinus elliottii* e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo**, n. 16, p. 19-30, jun. 1988.

BAGGIO, A. J.; FELIZARI, S.R.; RUFFATO, A.; SOARES, A. Produção do componente arbóreo no sistema agroflorestal da erva-mate em Machadinho, RS. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2011.13 p.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial: **integração lavoura-pecuária-floresta**. 1. ed.Brasília, DF: Embrapa, 2011.

BALISCEI, M.A.; BARBOSA, O.R.; SOUZA, W.; COSTA, M.A.T.; KRUTZMANN, A.; QUEIROZ, E.O. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013.

BELL, L.W. e MOORE, A.D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**. 111:1-12, 2012.

BERNARDINO, S. F. GARCIA, R. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.77-87, dez. 2009. Edição Especial.

BERTOL I, ALMEIDA, J. A, ALMEIDA, E. X, KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de Capim Elefante-Anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 2000; 35(5): 1047-1054.

BOSI, C. P. SENTELHAS, J. R. M. SANTOS, P. C. NICODEMO, P. MARIA,M. L. **Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril**. *Pesq. agrop. bras.*, Brasília, v.49, n.6, p.449-456, jun. 2014.

CASTRO, C. R. T., GARCIA, R., CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p.919-927, 1999.



CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C; GOMIDE, C.A.M; MULLER,M.D; NASCIMENTO JR., E.R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, p.19-25, dez. 2009. Edição especial.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Juiz de Fora: Embrapa, 2006. (Comunicado técnico 50) Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44226/1/COT-50.pdf>>. Acesso em: 22 Out. 2017.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, 1039p.

CHANG MY. Faxinal do Paraná. Londrina: IAPAR; 1985.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de FACCIO.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.10, p. 1301- 1309, 2011.

CUNHA E. Q, STONE L. F, MOREIRA J. A. A, FERREIRA E. P. B, DIDONET A. D, LEANDRO W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa 2011; 35(2): 589-602.

CRUZ, P. T. D. **Viabilidade técnica e econômica de sistemas silvipastoris com *Eucalyptus* spp. na região Noroeste do Estado do Paraná**. Maringá - PR – UEM, 2007. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Maringá, 2007.

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. Barreiras para adoção de sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 6., 2007, Lavras. **Anais**. Lavras:UFLA, p.347-365, 2007.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. e SCHAEFER, C.E.G.R., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.55- 94.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORRÊIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FAO. FAOSTAT © FAO **Statistics Division 2010**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 26 out. 2017.

FIDALSKI, J.; BARBOSA, G.M.C.; AULER, P.A.M.; PAVAN, M.A.; BERALDO, J.M.G. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.1, p.76-83, 2009.

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 447-471.

GÓMEZ S.; GUENNI, O.; BRAVO DE GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, 68, 395-407, 2013.

HERRERO, M. et al. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**2010.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic, 1998. 771p.

KARKY, U.; GOODMAN, M.S. Microclimatic differences between young longleaf-pine silvopasture and open-pasture. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 87, p. 303-310, 2013.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. Relações solo-planta. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.

KIRSCHENMANN, F.L. **Potential for new generations of diversity in agroecosystems of the future**. *Agron. J.*, 99:373-3376, 2007.

KLEIN, V.A. **Física do solo**. 2ª Ed, Passo Fundo: EDIUPF, 2012. 240p

KONDO M. K, ALBUQUERQUE C. J. B, WENDLING B, SILVA P. B, CARDOSO M. M. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agronômicas do sorgo granífero. **Bioscience Journal** 2012.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – **Anuário estatístico da indústria brasileira de árvores**: ano base 2016. Brasília, DF; IBA, 2017.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal** 2006. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl). Acesso em 07 Dez. 2017.

LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G. et al. Comportamento produtivo e 425 características nutricionais do capim - braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira**. 426 de Zootec. v.38, p.177-189, 2009.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. *Adv. Soil Sci.*, 1:277-294, 1985.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1233-1244, 2007.

LIMA R. P, LEÓN M. J, SILVA A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres** 2013; 60(4): 577-581.

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

LOSS, A.; RIBEIRO, C. E.; PEREIRA, G. M.; COSTA, M. E.; Atributos Físicos E Químicos Do Solo Em Sistemas De Consórcio E Sucessão De Lavoura, Pastagem E Silvopastoril Em SANTA TERESA, ES. **Biosci. Journal.**, Uberlandia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, Sept./Oct. 2014.

LUDLOW, M.M.; WILSON, G.L. Photosynthesis of tropical pasture plants. II. Illuminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf-air vapour pressure difference. *Australian Journal Biology Science*, Victoria, v. 24, p. 449-470, 1971.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: O estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MACEDO, R. L. G., VALE, A.B., VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas Agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010, 331p.

MARCOLIN C. D.; KLEIN V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma

função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy** 2011; 33(2): 349-354.

MARTINI I. C, ROSA D. P, TRINDADE F. S, SILVA K. P. X, Lunedo P, Marcilli G et al. **Propriedades físicas de um Nitossolo sob diferentes usos de exploração agropecuária.** RAMVI Getúlio Vargas 2014; 1(1): 1-12.

MARTINKOSKI, L. I.; VOGEL, G. F.; JADOSKI, S. O.; WATZLAWICK, L. F. **Qualidade Física do Solo Sob Manejo Silvopastoril e Floresta Secundária.** *Floresta e Ambiente.* v.24 Seropédica, p. 1-9, 2017.

MAZUCHOESKI, J.Z.; SILVA, E.T.; MACARI JUNIOR, A. Efeito da luminosidade e da adição de nitrogênio no crescimento de plantas de *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.4, p.619-627, 2007.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H.; ELLIOTT, E. T. Microclimate and nutrient dynamic in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry systems**, Dordrecht, v. 56, n. 1, p. 27-38, 2002.

MOREIRA, W. H.; BETIOLI JUNIOR, E.; PETEAM, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J. F. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de integração lavoura- pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.36, n.2, p.389-400, 2012.

NFTALLIANCE **Produção animal em sistema silvipastoril** (2013), Disponível em <<http://nftalliance.com.br/artigos/producao-animal-em-sistemas-silvipastoris>>, acesso em Janeiro de 2017.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Revista Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.64-72, jan./dez. 1994.

OLIVEIRA, T. K.; FURTADO, S. C. B. dos; LESSA, L. S. Crescimento de mogno e eucalipto como cercas vivas no Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 830-833, 2007.

OLIVEIRA NETO, S. N., PAIVA, H.N. Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO, S. N., VALE, A.B., NACIF, A.P., VILAR, M.B., ASSIS, J.B. (Ed.). Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta. Viçosa: **Sociedade de Investigações Florestais**, 2010. p.15-68.

PACIULLO, D.S.C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; CARVALHO, M.M.C.; CASTRO, C.R.T. **Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris**. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.; CASTRO, C.R.T.; MULLER, M.D.; ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C. (Ed.) *Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, 2007. p.13-50.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.. GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917- 923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.; MAURÍCIO, R. M.; PIRESA, M. F. A.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v.141, p.166–172, 2011.

PACIULLO, D.S.C.; PIRES, M.F.A.; AROEIRA, L.J.M. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass- legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v.8, p.1264-1271, 2014.

PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. Netherlands, **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 70, p. 63-79. 2007.

PEZZOPANE, J.R.M.; SANTOS, P.M.; MENDONÇA, F.C; ARAÚJO, L.C.; CRUZ, P.G. Dry matter production of Tanzânia grass as a function of agrometeorological variables. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 471-477, 2012.

PEZZONI T, VITORINO ACT, DANIEL O, LEMPP B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. **Revista Cerne** 2012; 18(2): 293-301.

PIGNATARO I. T KATO E, GOEDERT W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 2009.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Modificações microclimáticas em sistemas silvipastoris com *Grevilea robusta* A.Cunn, na região noroeste do Paraná**. 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M.J.S.; NICODEMO, M.L.F. e DERETI, R.M. **Arborização de Pastagens com Espécies Florestais Madeireiras**: Cuidados na Implantação 2010. [.http://www.jcmaschietto.com.br/index.php?link=artigosesublink=artigo\\_55#\\_ftn2](http://www.jcmaschietto.com.br/index.php?link=artigosesublink=artigo_55#_ftn2). Acesso dia 10 de Set 2017.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. A. V.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um cambissolo háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 249-258, 2008.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI J. Sistemas Silvopastoris: **Aspectos da Pesquisa com Eucalipto e Grevílea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas. Documentos 191, 39 p., 2009.

RADOMSKI, M. I.; SILVA, V. P.; CARDOSO, D. J. Crescimento de Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud.) em sistema agrossilvipastoril. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012, Belém. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71891/1/2012-Crescimento.pdf>> Acesso em: 2 nov. 2017.

**Rede ILPF**. Embrapa. Disponível em: [www.embrapa.br/web/rede-ilpf/](http://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/). Acesso em: 04 jan. 2018.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.V. e SUZUKI, L.E.A.S. **Qualidade física dos solos**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 16., Aracaju, 2006. Palestras. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. **Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola**. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. Palestras. Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

RUSCHEL, A. R. et al. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do Alto-Uruguaí. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 153-166. 2003.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L.J.; RODIGHIERI, H.R. Sistemas agroflorestais: Aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 61- 67, 2001.

SALTON, J. C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SALTON J. C, TOMAZI M. Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo. **Comunicado Técnico** 198. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, Brasil. 2014. 6 pp.

SANDERSON, M. A. et al. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, p. 129-144, 2013.

SARTOR, L. R.; SOARES, A.B.; ADAMI, P.F. et al. Variação microclimática em ambiente com níveis de sombreamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).

SECCO, D. **Estados de compactação de dois Latossolos e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas**. 2003. 110p. Tese (Doutorado em Agronomia) Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; INHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1-10, 2008.

SILVA, R.F. da; QUIMARAES, M. de F.; AQUINO, M. de; MERCANTE, F.M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1277-1283, 2011.

SILVA,V.P. Sistema Silvipastoril (Grevílea+Pastagem: uma proposição para o aumento produção no arenito Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994, Porto Velho. **Anais**, Colombo-PR: EMBRAPA/CNPFFlorestas, 1994. V. 2. p. 291-297.

SILVA R. L, MATIAS S. S. R, LOBATO M. G. R, Nobrega JCA. Atributos físicos do solo em diferentes coberturas vegetais na região do Piauí. **Revista Caatinga** 2014; 27(3): 160-168.

SOUSA, L.F. **Brachiaria brizantha** cv. Marandu em sistema silvipastoril e monocultivo. 2009. 166p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Braquiarião” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.79, p.189-199, 2010.

SOUZA, J.M.; BONOMO, R.; PIRES, F.R.; BONOMO, D. Z. Atributos físicos do solo em lavoura de cafeeiro Conilon submetida à subsolagem. **Engenharia na Agricultura**, v.22, n.5, p.413 - 425, 2014.

SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TAUFNER, G. A. **Atributos físicos e químicos do solo em sistema silvipastoril**. 2013. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) São Mateus – ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER JÚNIOR, J. J. Soil strength-root penetration relations for medium- to coarse- textured soil materials. **Soil Science**, v.102, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. e SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:301-309, 1998.

TORMENA, C, A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Piracicaba, Braz, vol.59, n.4, Out./Dez. 2002.

VARELLA, A.C et al. Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system? *Agroforestry Systems*, v. 20, p.1-17, 2010.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia Brasileira. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP, 1990. p. 38-68.

XAVIER D.F., LÉDO F.J.S., PACIULLO D.S.C. et al. Nitrogen cycling in a Brachiaria-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. *Nutr. Cyc. in Agroec.*, v.99, 45-62, 2014.

WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. *Australian Journal of Agricultural Research*, Canberra, v. 47, p. 1075-1093, 1996.



WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2003.

WRIGHT, I. A. et al. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1010-1015, 2012.

YIAKOULAKI, M. D.; ZAROVALI, M. P.; PAPANASTASIS, V. P. Foraging behaviour of sheep and goats grazing on silvopastoral systems in **Northern Greece**. **Options Mediterraneennes**, v.85, p.79-84, 2009.