

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE - RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE
MATÉRIA SECA, VALOR NUTRITIVO, MORFOLOGIA
E ANATOMIA DE AZEVÉM EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Janine Pilau

**Frederico Westphalen, RS, Brasil
2014**

**EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE
MATÉRIA SECA, VALOR NUTRITIVO, MORFOLOGIA E
ANATOMIA DE AZEVÉM EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Janine Pilau

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Braulio Otomar Caron

**Frederico Westphalen, RS, Brasil,
2014**

Pilau, Janine

EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, VALOR NUTRITIVO, MORFOLOGIA E ANATOMIA DE AZEVÉM EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS / Janine Pilau - 2014.

96 p.; 30cm

Orientador: Braulio Otomar Caron

Coorientadora: Denise Schmidt

Coorientador: Velci Queiroz de Souza

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS-FW, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2014.

1. Sistemas agroflorestais 2. Azevém anual 3. Elementos meteorológicos 4. Produção de matéria seca 5. Aclimação I. Otomar Caron, Braulio II. Schmidt, Denise III. Queiroz de Souza, Velci IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pela autora.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados à Janine Pilau. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Fone (55) 99647053; Endereço eletrônico: janinepilau@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Superior Norte - RS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia:
Agricultura e Ambiente**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE
MATÉRIA SECA, VALOR NUTRITIVO, MORFOLOGIA E
ANATOMIA DE AZEVÉM EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

elaborada por
Janine Pilau

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Braulio Otomar Caron, Dr.
(Presidente/Orientador)

Sandro Luis Petter Medeiros, Dr. (UFSM)

Gizelli Moiano de Paula, Dr. (UFSM)

Frederico Westphalen, 28 de março de 2014.

Aos meus pais, Jarbas e Daili, que sempre me apoiaram e não deixaram faltar fé e amor, à minha Vó Hedy (in memoriam) que de um jeito só nosso tanto me incentivou. Com amor...

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, a minha, a das pessoas que eu amo e daqueles que ajudaram na execução deste trabalho.

Agradeço a UFSM, sede e *campus* Frederico Westphalen, pela oportunidade e acolhimento, e seus servidores, em especial ao Valdecir e a Adriana, sempre gentis e preocupados em nos manter informados.

Agradeço ao meu pai, Jarbas, por cultivar e compartilhar o amor à agricultura, e por permitir que eu corra atrás da realização dos meus sonhos, e a minha mãe, Daili, por todos os ensinamentos, principalmente por fazer de mim uma guerreira, como ela, e não desistir nunca. Liberdade com responsabilidade sempre!

Agradeço aos dois, pelo amor incondicional, exemplos de vida e superação, e por ter me dado os melhores irmãos que uma pessoa poderia ter. Janaina, Alcides e João Felipe, às vezes perto e muitas vezes longe, mas sempre juntos AMO VOCÊS!

Agradeço a Vó Lira, que esquece tudo, menos de me dar muito amor e carinho.

Aos meus anjinhos: Júlia, Maria Luisa, João Manuel, Lucas e Felipe, obrigada por fazer a minha vida especial! Vocês fazem de mim uma pessoa melhor a cada dia!

Agradeço o Prof^o. Braulio e a Prof^a. Denise, pela confiança e ensinamentos. Obrigada pela dedicação e manter as portas de suas salas e casa sempre abertas para me receber. Obrigada pela disposição de me ensinar e orientar. Aproveito e agradeço ao Pedro Henrique e ao Tomás, por me “emprestar” seus pais nas horas fora do horário de trabalho.

Agradeço ao Prof^o. Velci, pelos ensinamentos e por ter desvendado e resolvido a estatística deste trabalho.

Agradeço ao Prof^o. João Marcelo por todo ensinamento e aos integrantes do LABOTE pela acolhida e ajuda.

Aos colegas do PPGAA, Kássia Cocco, Débora Zamban, Marcela Reinehr, Cristiano Bellé, Paulo Kuhn, Ezequiel Koppe, Francisco Dalla Nora, Cleiton Korcelski, pela amizade e por todo tempo que dedicaram a me ajudar.

Agradeço especialmente o “meu amigãozão” Maicon Nardino por toda ajuda com a dita estatística, e principalmente pelas horas de descontração e amizade.

Outra pessoa especial que eu tive a honra de conhecer e que preciso muito mais que agradecer, é a Daiane Prochnow. Nega Daia, gracias pela ajuda no campo, laboratórios e principalmente fora deles.

A Daniele Erthal pela hospedagem e paciência em “aguentar” mais uma dentro do apartamento.

As alunas e amigas do LAGRO, Júlia, Thaise, Thais e Carol, obrigada pela ajuda no campo e laboratório, além das conversas e risadas. Ao Elvis e aos demais integrantes que de alguma forma contribuíram, e aos que atrapalharam, afinal, toda ajuda sempre é bem vinda!

Agradeço a Tia Alice pelas hospedagens. Não há hotel cinco estrelas melhor que sua casa.

Enfim, se esqueci de alguém, desculpa, sintam-se agradecidos.

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”*

(Chico Xavier)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Santa Maria

EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, VALOR NUTRITIVO, MORFOLOGIA E ANATOMIA DE AZEVÉM EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Autora: JANINE PILAU

Orientador: BRAULIO OTOMAR CARON

Data e Local da Defesa: Frederico Westphalen, RS, 28 de março de 2014.

Os objetivos deste trabalho foram quantificar os elementos meteorológicos em sistemas agroflorestais (SAFs) e pleno sol, avaliar a área foliar e relação folha/colmo, quantificar a produção de matéria seca (MS), e o teor de proteína bruta (PB) de azevém cultivado em sub-bosque de canafístula e eucalipto, além de avaliar as alterações anatômicas em folhas completamente expandidas de azevém decorrentes da aclimação desta espécie ao sombreamento de angico-vermelho e canafístula. O experimento foi realizado em uma área que possui um SAFs. As espécies florestais estão distribuídas em faixa e em linha, onde os renques se separam em 12 e 6 metros, respectivamente, e conduzido no delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições no esquema *split plot*. O azevém foi semeado no sub-bosque das espécies florestais e pleno sol no dia 05/06/2012. Os elementos meteorológicos foram medidos nos SAFs e em pleno sol para fins de caracterização dos ambientes de produção. Para as medições de área foliar, relacionar o percentual de folhas e colmos, quantificar a produção de MS e determinar o teor de PB foram realizados seis cortes com quadro de 0,25 m², em cada um dos tratamentos. Para avaliar o efeito do sombreamento sobre a anatomia de folhas de azevém anual, foram coletadas amostras de lâminas foliares totalmente expandidas em todos os tratamentos. Nos SAFs, faixa e linha, não houve diferença significativa para a RFAt e percentual de transmissão havendo apenas em relação ao pleno sol. Entre as espécies florestais, a RFAt foi reduzida em aproximadamente 30%. A temperatura do ar apresentou variação entre os SAFs em relação ao pleno sol durante o ciclo de desenvolvimento do azevém. O sombreamento provocado pela presença das espécies florestais, canafístula e eucalipto nos SAFs, faixa e linha, não limitaram o crescimento e desenvolvimento do azevém cultivado no sub-bosque sombreado. Independente dos sistemas utilizados, a produção de MS de azevém e o teor de PB, atingiram níveis satisfatórios para a utilização desta espécie como alternativa forrageira em SAFs. A anatomia foliar do azevém é influenciada pelas condições do meio em que se desenvolve. O azevém pode ser usado para compor Sistemas Agroflorestais.

Palavras-chave: Aclimação. Crescimento. Desenvolvimento. *Lolium multiflorum*. Sistemas de produção. Sombreamento. Radiação fotossinteticamente ativa.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agronomy: Agriculture and Environment
University Federal of Santa Maria

EFFECTS OF SHADING ON DRY MATTER PRODUCTION, NUTRITIONAL VALUE, MORPHOLOGY AND ANATOMY OF RYEGRASS IN AGROFORESTRY SYSTEMS

Author: JANINE PILAU
Advisor: BRAULIO OTOMAR CARON
Date and Venue of Defense: Frederico Westphalen, RS, March 28, 2014.

The objectives of this study were to quantify the meteorological elements in agroforestry system (AFS) and full sun, to analyze the evaluate the leaf area, percentage of leaves and stems, quantify the production of dry matter (DM) and crude protein (CP) of annual ryegrass grown in the understory of canafístula and eucalyptus. In addition to evaluating the anatomic changes completely expanded ryegrass leaves resulting from acclimatization of this species to shading of angico-vermelho and canafístula. The experiment was conducted in an area that has an agroforestry system (AFS). Forest species are distributed in range and line, where the rows are separated on 12 and 6 meters respectively. The experiment was conducted in a randomized block design with three replications in split plot scheme. The ryegrass was sown in the understory of the forest species and full sun on 05/06/2012. The weather data were measured on AFS and in full sun for the purpose of characterization of production environments. For measurements of leaf area, relating the percentage of leaves and stems, quantify the production of DM and determine CP content of six cuts with box 0.25 m² were performed in each of the treatments. To evaluate the effect of shading on the anatomy of leaves of annual ryegrass, samples of fully expanded leaf blades were collected from all treatments. In AFS's, range and line, there was no significant difference in the percentage photosynthetically active radiation transmited (PARt) and transmission with only relative to full sun. Among species, the PARt was reduced by approximately 30%. The air temperature (T°) showed variation between the AFS compared to full sun during the ryegrass development cycle. Shading caused by the presence of forest species, eucalyptus and canafístula in AFS, range and line, did not limit the growth and development of ryegrass grown in shaded understory. Independent of the systems used, the DM production of ryegrass and CP content, reached satisfactory levels for the use of this species as alternative forage in AFS. The leaf anatomy of *Lolium multiflorum Lam cv. Common*, is influenced by the environmental conditions in which it develops. Annual ryegrass can be used to compose Agroforestry Systems.

Keywords: Acclimation. Growth. Development. Lolium multiflorum. Production systems. Shading. Photosynthetically active radiation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área foliar ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) do dossel de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM <i>campus</i> Frederico Westphalen, RS, 2012.....	42
Tabela 2 – Percentual de folhas e colmos na fitomassa da parte aérea de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e pleno sol. UFSM <i>campus</i> Frederico Westphalen, RS, 2012	44
Tabela 3 – Teor de proteína bruta (%) em <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, RS, 2012.....	55
Tabela 4 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em sistemas agroflorestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol e percentual de transmissão na cultura do azevém. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen - RS, 2012	57
Tabela 5 – Produção de matéria seca acumulada (kg ha^{-1}) de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, RS, 2012	58
Tabela 6 – Espessura de mesofilo, espessura cutícula, tamanho de estômato e densidade estomática em <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum em pleno sol e sombreamento. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, RS, 2012	75

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em sistemas agroflorestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol (A) e percentual de transmissão (B) na cultura do azevém. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.....36
- Figura 2 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em sub-bosque de espécies florestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol (A) e percentual de transmissão (B) na cultura do azevém. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.....37
- Figura 3 – Temperatura do ar em diferentes sistemas de produção e em pleno sol (A) e temperatura do ar em sub-bosque de espécies florestais e em pleno sol (B) na cultura do azevém. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.....40
- Figura 4 – Área foliar do dossel de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sub-bosque de espécies florestais e em pleno sol. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.....43
- Figura 5 – Teor de proteína bruta (%) em *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.....56
- Figura 6 - Produção de matéria seca acumulada (kg ha^{-1}) de azevém cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 201259
- Figura 7 - Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em diferentes sistemas agroflorestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol (A) e percentual de transmissão (B) em sub-bosque de angico-vermelho e canafístula e pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.....72
- Figura 8 – Área foliar específica (AFE) de folhas de *Lolium multiflorum* Lam cv. Comum cultivado em sub-bosque de angico-vermelho, canafístula e em pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 201273
- Figura 9 – Aspecto geral mesofilo de folha de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em pleno sol (A) e em sub-bosque de angico-vermelho (B) e canafístula (C). UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 201274
- Figura 10 – Detalhe da epiderme de folha de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em pleno sol (face adaxial – A; face abaxial – B) e no sub-bosque de angico-vermelho (face adaxial – C; face abaxial – D) e canafístula (face adaxial – E; face abaxial – F). UFSM *campus* Frederico Westphalen77

LISTA DE ABREVIações

°C – Graus Celsius

°T – Temperatura do ar

ANOVA – Análise de variância

C.V – Coeficiente de variação

cm – centímetros

cv. - Cultivar

DAP – Diâmetro altura do peito

F/C – Relação folha/colmo

m – metro

M.O – Matéria orgânica

mm - milímetro

MS – Matéria seca

MV – Matéria verde

N – Nitrogênio

PB – Proteína bruta

RFA – Radiação fotossinteticamente ativa

RFAi – Radiação fotossinteticamente ativa incidente

RFAt – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida

RS – Estado do Rio Grande do Sul

SAF – Sistema agroflorestal

SAFs – Sistemas Agroflorestais

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Resultado da análise de solo da área experimental.....	95
--	----

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Croqui da área experimental	90
Apêndice B – Resumo do quadro da análise de variância para radiação fotossinteticamente transmitida, percentual de transmissão e temperatura atmosférica na cultura do azevém em sistemas agroflorestais. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, 2012	90
Apêndice C – Resumo do quadro da análise de variância para área foliar de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, 2012	92
Apêndice D – Resumo do quadro da análise de variância para percentual de folha e colmo de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, 2012	92
Apêndice E – Resumo do quadro da análise de variância para produção de matéria seca de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, 2012	93
Apêndice F – Resumo do quadro da análise de variância para teor de proteína bruta de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, <i>campus</i> Frederico Westphalen, 2012	94
Apêndice G – Croqui da área experimental.....	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 CAPÍTULO I	20
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Caracterização da região do estudo.....	20
2.2 Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	21
2.3 Espécies que compõe os Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	22
2.4 Elementos meteorológicos em Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	24
2.5 Produção e valor nutritivo de forrageiras cultivadas em Sistemas Agroflorestais (SAFs)	25
2.6 Alterações morfológicas e anatômicas em forrageiras em resposta ao sombreamento em Sistema Agroflorestal (SAFs)	27
3 CAPÍTULO II	30
ELEMENTOS METEOROLÓGICOS, ÁREA FOLIAR E RELAÇÃO FOLHA/COLMO DE AZEVÉM ANUAL CULTIVADO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS	30
3.1 Resumo	30
3.2 Abstract	31
3.3 Introdução	32
3.4 Material e Métodos.....	33
3.5 Resultados e Discussão	35
3.6 Conclusão	45
3.7 Referências	46
4 CAPÍTULO III	49
TEOR DE PROTEÍNA BRUTA E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE AZEVÉM ANUAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS	49
4.1 Resumo	49
4.2 Abstract	50
4.3 Introdução	51
4.4 Material e Métodos.....	52
4.5 Resultados e Discussão.....	54
4.6 Conclusão	62
4.7 Referências	62
5 CAPÍTULO IV	65
ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA, FIBRA E ANATOMIA DE FOLHAS DE <i>Lolium multiflorum</i> Lam cv. Comum CULTIVADO EM SUB-BOSQUE DE ANGICO-VERMELHO E CANAFÍSTULA	65
5.1 Resumo	65
5.2 Abstract	66
5.3 Introdução	67
5.4 Material e Métodos.....	69

5.5 Resultados e Discussão	71
5.6 Conclusão	80
5.7 Referências	80
6 DISCUSSÃO	83
7 CONCLUSÃO	85
8 REFERÊNCIAS	86
9 APÊNDICES	90
10 ANEXOS	95

1 INTRODUÇÃO

A forma predatória como se fez a ocupação das terras no Brasil, desenvolveu uma sociedade agrícola que enxerga as florestas como uma barreira natural para a exploração e uso das terras. O extrativismo fez desaparecer aproximadamente 90% da cobertura Mata Atlântica no país (ENGEL, 1999) e isso poderá se repetir com os demais biomas brasileiros caso os atuais modelos de desenvolvimento sejam mantidos. Para evitar que isso ocorra se faz necessário criar opções a esse tipo de exploração, sem que seja necessário diminuir a produção agrícola.

Uma alternativa são os sistemas agroflorestais (SAFs) que tem como um dos seus objetivos a exploração das propriedades rurais de forma mais sustentável. Para ser um SAFs deve haver a presença de pelo menos uma espécie arbórea, ou lenhosa associado com cultivo de interesse agrícola, como as forrageiras, com ou sem a presença de animais (DANIEL et al.; 1999). Assim, permite que o produtor tenha mais de um produto comercial em uma mesma área, aumentando a renda da propriedade, podendo ainda preservar o meio ambiente em que está inserido.

Este tipo de sistema de produção tem ganhado destaque no Brasil em função de sua importância no desenvolvimento das condições de manejo de áreas agrícolas, principalmente na melhoria nas condições de fertilidade do solo, com a exploração de diferentes estratos através de diversos sistemas radiculares, melhoria da absorção de água e nutrientes, ciclagem de nutrientes, ou seja, revertendo em melhor uso do solo, buscando-se não somente o aumento da produtividade biológica, mas também aspectos ambientais e socioeconômicos da população.

Além da escolha da espécie florestal adequada, também deve ser levado em consideração à densidade arbórea, que são alguns dos requisitos para o êxito dos SAFs. Outro fator de grande relevância é a escolha da cultura que será implantada no sub-bosque. A cultura escolhida deve ter como característica a manutenção do seu desempenho produtivo em condições de sombreamento moderado ou até mesmo intenso, pois este pode ter efeito sobre o crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade nutritiva dessas plantas.

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) é, dentre as *Poaceas* de estação fria, a espécie mais utilizada por pecuaristas do Rio Grande do Sul, para compor as pastagens nesse período. Essa forrageira possui elevado potencial produtivo de

matéria seca, além da alta qualidade nutricional e facilidade de manejo. A forragem de azevém pode ser utilizada através de cortes e fornecimento no cocho, pastejo direto e elaboração de feno.

Dentre os elementos meteorológicos, a radiação solar e a temperatura do ar, são os que mais influenciam, direta ou indiretamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, pois esses elementos interferem em processos fisiológicos importantes como transpiração, fotossíntese e respiração.

Em SAFs a quantidade de radiação solar incidente (RFAi) diminuiu à medida que penetra no perfil do sistema, podendo também, variar a temperatura do ar, favorecendo a formação de um microclima diferenciado para o crescimento e desenvolvimento da cultura anual no sub-bosque. O acúmulo de matéria seca (MS) pelos vegetais é dependente da RFAi, da área foliar do dossel, e também da temperatura do ar.

A produção de MS pelos vegetais é o resultado da interação dos fatores genéticos e ambientais. Cada sistema possui suas variações, e quanto mais complexo, mais difícil se torna o manejo adequado para que as culturas que o compõem expressem todo seu potencial genético.

A qualidade bromatológica da forrageira também é influenciada pelo nível de sombreamento provocado pelas árvores. A presença de renques de árvores influencia nas características morfofisiológicas do pasto (PACIULLO et al., 2007). Essa influência se deve à aclimação que a espécie sofre em função do ambiente que está inserida.

Para se atingir o máximo de rendimento forrageiro do azevém e sua manutenção ao longo do tempo é fundamental conhecer a morfologia, fisiologia e principalmente, como a espécie interage com o meio ambiente. Plantas que se desenvolvem em ambientes específicos, tal como sistemas agroflorestais, que proporcionam certa limitação em relação à luz, podem apresentar diferenças nas características morfológicas, principalmente das folhas, devido à aclimação a essa condição.

A verificação das modificações que ocorrem na planta, em função da aclimação ao local de produção onde há sombreamento, auxilia na seleção de espécies forrageiras adequadas para o uso em SAFs. Até o momento da execução deste trabalho, não havia informações na literatura sobre as características anatômicas de folhas de azevém em condições de sombreamento.

A região onde foi desenvolvido o estudo possui áreas de relevo com declives médios a acentuados, solos rasos e com restrições para realizar agricultura mecanizada. As propriedades, na sua maioria se caracterizam por serem de agricultura familiar, com aproximadamente 14 hectares, tendo na atividade leiteira umas das principais atividades econômicas.

Nesse cenário, se faz necessário o uso de sistemas alternativos, visto que as propriedades, na sua maioria, não apresentam características para os sistemas tradicionais. Os SAFs podem contribuir para fixar o homem no campo, devido a maior produtividade por área, demanda de trabalho constante, diversidade de produção e alternância de fontes de renda ao longo do ano, que se bem conduzidas poderão resultar na estabilidade econômica da propriedade, permitindo, inclusive, melhorias na qualidade de vida dos produtores rurais.

Deste modo, justifica-se a avaliação do azevém, que é considerado uma forrageira consagrada na formação de pastagens cultivadas no período hibernal, em condição de sombreamento para gerar novas informações sobre a produção em SAFs para ser utilizados como uma alternativa sustentável para as propriedades da região.

Os objetivos deste trabalho foram quantificar a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFA_t) e temperatura do ar, avaliar os aspectos morfológicos, avaliar a produção de matéria seca, e determinar o teor de proteína bruta (PB) de *Lolium multiflorum* c.v Comum (azevém anual) cultivado em sub-bosque de *Peltophorum dubium* (canafístula) e *Eucalyptus grandis* (eucalipto), além de avaliar as alterações anatômicas em folhas decorrentes da adaptação desta espécie ao sombreamento de *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho) e *Peltophorum dubium*.

2 CAPÍTULO I

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização da região do estudo

A região do Médio Alto Uruguai, um dos espaços geográfico, sócio econômico e cultural onde vive a população objeto de abrangência deste experimento, compõe-se de 30 municípios que estão localizados ao Norte do estado do Rio Grande do Sul.

De acordo com estudo realizado por Cunha et al., (2011) o município de Frederico Westphalen, RS, está distribuído em formas de relevo distintos. No geral, possui chapadas, espigões rochosos e serras. Nas áreas íngremes poucas atividades além, dos cultivos de sobrevivência. Ocasionalmente, ainda restam fragmentos isolados de uma mata nativa exuberante e preservados apenas em pequenas áreas nos fundos dos vales íngremes.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa, ou seja, subtropical úmido com temperatura média anual de 19,1 °C, variando com máxima de 38 e mínimo de 0 °C. Iraí, distante aproximadamente 30 km de Frederico Westphalen, é o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Conforme proposta de Maluf (2000), Iraí apresenta clima de tipo subtropical subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8°C e temperatura média do mês mais frio de 13,3°C.

Esta região é caracterizada pela presença de pequenas propriedades rurais, caracterizada pela agricultura familiar. Na maior parte dos municípios que compõe a região predomina a produção de leite, principal fonte de renda dos produtores. A indústria moveleira é outro setor forte na região e está carente de matéria prima.

Assim, se faz necessário desenvolver metodologias e vivências para que o produtor rural passe a incorporar árvores em seus sistemas de produção, para demonstrar a possibilidade de plantios em alta densidade, do estabelecimento de árvores mais adequadas para suprir a necessidade de madeira para nichos de mercado específicos.

2.2 Sistemas Agroflorestais (SAFs)

O desenvolvimento sustentável da população tem sido nas últimas décadas, uma preocupação mundial. Isso pode ser constatado com a busca contínua de soluções que possam dar ao homem uma vida digna com condições de garantir a qualidade de vida ao nível de um índice de desenvolvimento humano aceitável e com o mínimo de impacto ambiental (AMADOR; VIANA, 1998).

Esse desenvolvimento sustentável implica em se conseguir o maior benefício dos recursos físicos, biológicos e culturais de uma localidade, dentro de uma estratégia para aumentar a autossuficiência da comunidade onde está inserido (SOUSA, 2009).

Como sugestão à solução sustentável têm-se os dos SAFs. Conforme proposta de Daniel et al. (1999) para ser um SAFs deve haver a presença de pelo menos uma espécie arbórea, ou lenhosa, associado com um cultivo de interesse agrícola, com ou sem a presença de animais. Estes sistemas envolvem muitos componentes interdependentes incluindo árvores, culturas agrícolas e/ou animais, podendo ser associações simultâneas ou sequenciais, tanto espacial quanto temporal.

Por possuir mais de um produto comercial em uma mesma área, os SAFs, permitem que os agricultores tenham a oportunidade de aumentar a renda da propriedade, melhorando a sua qualidade de vida e de sua família, diminuindo o êxodo rural e preservando o meio ambiente onde está inserido. Segundo Baggio et al., (2004) o ganho em rentabilidade é também, devido à diminuição dos riscos provocados pelo clima, incremento em fertilidade do solo e produção diversificada com melhor ocupação do espaço.

Um dos objetivos dos SAFs é fazer com que funcione como uma unidade, imitando o sistema natural, tornando-se um sistema que visa aproveitar os efeitos positivos que as interações entre as diferentes espécies proporcionam. Por combinar benefícios de produção (produção de alimentos, conservação do solo, manutenção da fertilidade, ciclagem de nutrientes, restabelecimento de microclima, etc.) os SAFs apresentam inegável aptidão de sustentabilidade (FERNANDES, 2009).

Embora seja um método de produção muito atraente, Dias Filho; Ferreira (2007) apontam algumas barreiras para a aceitação dos SAFs por parte dos

produtores. Dentre elas, destacam-se os altos custos de implantação, demora no retorno inicial, assim como as dificuldades de compreensão do sistema e mesmo a falta de interesse, por não conhecer o sistema, além da resistência à adoção de novas tecnologias.

Nesses sistemas menos tradicionais de produção, a mudança cultural, principalmente em relação à incorporação de práticas de cultivo, que em geral não fazem parte do cotidiano do agricultor, tais como: manter o solo coberto, plantar muitas espécies simultaneamente e em alta densidade e manejar árvores por meio de podas, representam as principais barreiras para a adoção dos SAFs (MACEDO, 2000).

De maneira geral, pode-se dizer que a introdução de espécies florestais no ambiente de produção agrícola pode contribuir para a utilização mais racional da área, desde que, ao se associar culturas anuais com algum componente arbóreo ou arbustivo, as condições necessárias para alcançar os benefícios do sistema solo-planta-ambiente sejam atendidas.

2.3 Espécies que compõe os sistemas agroflorestais (SAFs)

A escolha da espécie florestal, assim como a densidade de plantio são características importantes na introdução de SAFs no ambiente agrícola. Outro fator de relevância é a escolha da cultura anual que irá compor o sistema. O componente arbóreo poderá ser implantado antes ou depois da implantação da cultura anual. O que define a ordem são os objetivos da produção.

A restrição de luminosidade provocada pela presença das copas das árvores poderá interferir no crescimento e desenvolvimento da cultura que compõe o sub-bosque. A espécie que vegeta o estrato inferior do sistema deve se adaptar ao sombreamento moderado ou até mesmo intenso, dependendo do grau de restrição imposto.

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) c.v Comum é uma das espécies mais utilizadas pelos produtores rurais para suprir a falta de alimento para os rebanhos durante os meses de frio, quando as espécies nativas não produzem

forragem suficiente para atender as necessidades nutricionais dos animais, pois tem seu pico de produção de matéria seca (MS) durante o inverno e primavera.

O azevém é uma planta de rota de assimilação de CO₂ do tipo C₃, e os vegetais que possuem esse tipo de mecanismo se adaptam melhor as condições de baixa luminosidade em relação às plantas que possuem metabolismo C₄ ou CAM (TAIZ E ZEIGER, 2013). Segundo Varella et al., (2008) o azevém possui tolerância média ao sombreamento, podendo, portanto ser usado em sistema agroflorestal.

Em SAFs a escolha das espécies florestais que serão utilizadas deve-se observar alguns critérios, tais como a densidade de árvores, a forma da copa e o manejo de podas, a fim de atender a demanda do cultivo de espécies agrícolas, além das características referentes ao clima.

De acordo com CARVALHO (2003) as espécies florestais canafístula, eucalipto e angico-vermelho, apresentam as seguintes características:

- Canafístula (*Peltophorum dubium*): pertence à família *Caesalpinaceae*, leguminosa sendo uma espécie heliófila, copa ampla, umbeliforme, largamente achatada e arredondada e pode atingir produtividade de até 19,60 m³ ha ano⁻¹. O tronco pode apresentar fuste com até 15 m de altura e 300 cm de DAP na idade adulta. Desenvolve-se em regiões com precipitação pluvial média anual de 700 mm a 2300 mm e temperatura média anual entre 13,8 a 23,7 °C.
- Eucalipto (*Eucalyptus grandis*): pertence à família *Myrtaceae*. Desenvolve-se em regiões com precipitação pluvial média anual de 1000 mm a 1700 mm e temperatura média das máximas do mês mais quente compreendida entre 29 a 32 °C, e a média das mínimas do mês mais frio entre 5 a 6 °C. Árvore de grande porte com rápido crescimento inicial, sendo uma das espécies mais utilizadas a nível nacional e regional. O eucalipto é uma espécie que se adapta as diferentes condições climáticas, sendo necessária a escolha da espécie adequada conforme as condições de clima, solo e aos diferentes usos.
- Angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida*) pertence à família *Mimosaceae*, leguminosa sendo uma espécie heliófila, semicaducifólia, copa alta e arredondada e pode atingir produtividade de até 25,55 m³.ha.ano⁻¹. O tronco pode apresentar fuste com até 30 m de altura e 120 cm de DAP quando adulto. Desenvolve-se em regiões com precipitação pluvial média anual de 400 mm a 2500 mm e temperatura média anual entre 18 a 29 °C.

2.4 Elementos meteorológicos em sistemas agroflorestais (SAFs)

Dentre os elementos meteorológicos, a temperatura do ar, e a radiação solar, em especial a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), são os que mais influenciam direta ou indiretamente o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, pois interferem em processos fisiológicos importantes como transpiração, fotossíntese e respiração.

Em SAFs, a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi), diminui à medida que penetra no perfil do sistema, podendo também, a temperatura do ar variar, favorecendo a formação de um microclima diferenciado para o crescimento e desenvolvimento da cultura anual no sub-bosque.

A introdução de renques arbóreos pode contribuir para formar um microclima mais ameno no interior da pastagem, que resulta em melhor qualidade do pasto e aumento do conforto térmico animal, sendo mais acentuada no cultivo de inverno onde a área protegida não sofre influência de geadas mantendo as condições de vegetar (SILVA et al., 1998).

É consenso na literatura à formação de um microclima diferenciado sob a copa das árvores de um SAFs, principalmente em relação à quantidade e qualidade de RFA, a temperatura e umidade do ar, ventos e especificamente às regiões subtropicais, proteção contra geadas.

A restrição luminosa imposta pela presença de árvores não pode reduzir a RFA que incide no sub-bosque a ponto de limitar o crescimento e desenvolvimento da cultura anual que está vegetando o estrato inferior do sistema.

Segundo Carvalho (2001) a sombra das árvores promove alterações microclimáticas, pois altera os parâmetros do balanço de radiação, resultando em redução da temperatura do ar e do solo. Entre as variações microclimáticas, as modificações em relação à quantidade de luz têm merecido grande destaque por influenciarem significativamente na produção de MS da cultura no sub-bosque (LIN et al., 2001).

De acordo com Paciullo et al., 2007; Barro et al., 2008; Bernardino; Garcia, 2009; Varella et al. 2010, acima de 50% de transmissão de RFA, o sombreamento é considerado sombra fraca, ou seja, há menor interceptação da copa das árvores

transmitindo maior quantidade de RFA para o sub-bosque, ao passo que valores abaixo de 50% são considerados sombra moderada a intensa.

Segundo Caramori et al., (1999) o dossel formado pelas árvores diminui as perdas noturnas de radiação interferindo nos valores de temperatura mínima, ou seja, interferindo na perda de calor noturno. Assim, em noites com geadas, as temperaturas das folhas das plantas protegidas podem permanecer entre 1 e 4 °C superiores em relação ao ambiente externo, totalmente exposto a céu aberto.

Silva et al., (1998) constataram que a presença da espécie arbórea *Grevillea robusta* em pastagens de *Brachiaria decumbes* na região noroeste do Paraná teve influência sobre algumas variáveis microclimáticas, como a temperatura e a umidade do ar, e sobre a pressão de vapor d'água. Esses autores constataram que sob os renques das árvores a temperatura do ar foi mais elevada em relação ao céu aberto.

Vieira et al., (2002), que avaliaram os efeitos microclimáticos em dois níveis de sombreamento artificial, observaram que a temperatura do ar foi em média 2 e 3,2 °C inferiores nos tratamentos com 50 e 80% de sombra em relação ao pleno sol.

Kirchner et al., (2010) avaliando desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade concluíram que a temperatura do ar foi maior nas parcelas com sombreamento que em pleno sol em 1,05 e 0,75 °C e que a redução da radiação total incidente, 48 e 88%, enquanto que a RFA foi de 48,5 e 71,5% para 30 e 60% de restrição luminosa, respectivamente.

Soares et al., (2009) avaliando a influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão, observaram que a temperatura do ar foi superior 2,6 °C no ambiente sombreado em relação ao pleno sol. Esses autores atribuíram à presença das árvores, que serviram de cobertura protetora e diminuíram o fluxo de calor entre as camadas de ar do solo até às copas.

2.5 Produção e valor nutritivo de forrageiras cultivadas em sistemas agroflorestais (SAFs)

A introdução de árvores em ambiente agrícola ou pastoril implica em modificações físicas sensíveis no microclima, em razão das alterações na interceptação da RFA incidente e consequentemente alteração nos balanços

energéticos e hídricos, que poderão interferir de forma direta ou indireta na produção de matéria seca (MS) e no valor nutritivo da cultura anual que vegeta o sub-bosque das espécies florestais.

Avaliando o desempenho de *Avena strigosa* Schreb cv. Comum, *Avena sativa* L. cv. Fapa 2, *Lolium multiflorum* L. cv. Comum, *Triticum aestivum* L. duplo propósito cv. BRS Tarumã e *Vicia villosa* L., sob 30 e 60% de restrição de luminosidade, Kirchner et al., (2010) concluíram que o azevém foi a espécie mais produtiva em todos os níveis de luminosidade. A produção média das espécies em pleno sol foi de 6.095 kg MS ha⁻¹, enquanto que com 30% de restrição de radiação foi de 2.595 kg ha⁻¹ e, com 60% de restrição de radiação de 1.150 kg ha⁻¹.

Sartor et al. (2006) avaliando a produção de MS de gramíneas hibernais sob duas densidades de *Pinus elliottii* (370 e 222 árvores/ha) em relação ao sol pleno, em Santa Catarina, encontraram redução na produção de forragem de azevém de 35 e 20% para a maior e para a menor densidade arbórea, respectivamente, em relação ao pleno sol. Esses autores concluíram que o azevém foi a espécie que mais produziu, nos ambientes com limitação de radiação solar, nas condições do local.

Barro et al., (2008) avaliaram o rendimento de forragem de gramíneas anuais de estação fria submetida ao sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno, e concluíram que, com redução de 25% da RFA, a produção de MS de azevém foi 45% do total produzido em pleno sol, e quando a redução em RFA foi de 55% a produção de MS de azevém foi de 37% do rendimento de MS de azevém em pleno sol.

O valor nutritivo da forrageira também é influenciada pelo nível de sombreamento provocado pelas árvores. A presença de renques de árvores influencia nas características morfofisiológicas do pasto (PACIULLO et al., 2007). Essa influência se deve a aclimatação que a espécie sofre em função do ambiente que está inserida.

O sombreamento influencia o valor nutritivo do pasto, pela diminuição dos seus percentuais de parede celular e aumento dos teores de proteína bruta, o que reflete no aumento da digestibilidade, principalmente pela adaptação morfofisiológica da cultura que cresce sob sombreamento (PACIULLO et al., 2011).

Avaliando valor nutritivo de azevém em sub-bosque de *Pinus elliottii* Barro et al., (2008) observaram valores de teor de proteína bruta (PB) menores em pleno

sol, em relação à dois níveis de luminosidade, sombra fraca (25% de restrição de luminosidade) e sombra moderada (55% de restrição de luz). A redução do valor nutritivo das plantas com o avanço da maturidade fisiológica pode ser amenizada pelo sombreamento.

Visando avaliar o desempenho de seis gramíneas forrageiras, consorciadas ou não com a leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e *Eucalyptus* sp., em Minas Gerais, Andrade et al., (2003) observaram que as diferenças no teor de PB podem ser até 50% superiores nos ambientes sombreados em relação ao pleno sol.

Incrementos no teor de PB em função do sombreamento pode ser observada em outras espécies, como demonstrado por Pacciullo et al., (2007) que com o objetivo de avaliar os efeitos de árvores dispostas em renques sobre as características produtivas e nutricionais de *Brachiaria decumbens* e concluíram que o sombreamento provocado pela presença de espécies do gênero *Acacia*, possibilitaram aumento no teor de PB da cultura.

Em SAFs as interações entre as espécies florestais X densidade arbórea X crescimento e desenvolvimento da cultura, permitem a produção de MS, em ambientes sombreados, além disso, a qualidade nutricional da pastagem no sub-bosque permite o uso de SAFs para produção forrageira.

2.6 Alterações morfológicas e anatômicas em forrageiras em resposta ao sombreamento em Sistema Agroflorestal

O estudo da aclimação morfológica de gramíneas em ambientes com baixa luminosidade é importante para a melhor compreensão do seu crescimento e desenvolvimento em SAFs.

De acordo com Soares et al., (2009) a adaptação das espécies em sub-bosque de um SAFs depende da sua habilidade em crescer e desenvolver sob condições edafoclimáticas diferenciada pela presença da espécie arbórea no estrato vegetal superior. Essa habilidade irá definir se a espécie é capaz de produzir quantidade de matéria seca (MS) adequada no ambiente modificado.

Entre as modificações morfológicas que ocorrem em ambientes com baixa luminosidade e que interferem na quantidade e qualidade da forragem, pode-se

destacar a área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e o número de folhas e a relação folha/colmo (GARCEZ NETO et al., 2010).

Neste contexto, Lin et al., (2001) que afirmam que dentre as principais alterações morfológicas causadas pelo sombreamento está o aumento da área foliar e diminuição da massa específica da folha. Outra característica que é influenciada pela baixa luminosidade é a relação folha/colmo (F/C). Plantas sombreadas apresentam tem maior F/C do que plantas que cresceram a pleno sol.

Segundo Gobbi et al., (2011) em ambientes sombreados as plantas tendem a possuir maior área foliar específica (AFE), para elevar ao máximo a captação de luz disponível. Esse aumento está diretamente relacionado à aclimação que esta planta sofre, permitindo que esta cresça em ambientes de baixa luminosidade.

De acordo com Kephart; Buxton (1992) relacionam o aumento da área foliar em ambientes sombreados é uma adaptação morfofisiológica da planta para manter a área de captação de radiação solar.

Avaliando a aclimação morfológica de *Lolium perenne* cv. Nui, *actylis glomerata* cv. Vision e *Trifolium pratense* cv. Pawera em resposta a quatro níveis de sombreamento (0, 25, 50 e 75%) e dois padrões de sombreamento (contínuo e alternado), Garcez Neto et al., (2010) concluíram que área foliar específica foi a variável morfológica que mais variou em resposta aos níveis de sombreamento.

Nobel (1980) avaliando gramíneas de clima temperado, com metabolismo C3, demonstrou que o fator ambiental que mais influencia a anatomia foliar é o nível de luminosidade incidente durante o desenvolvimento da folha.

As folhas que se desenvolvem em pleno sol comumente são mais espessas que as folhas de sombra e, essas modificações ocorrem de maneira irreversível já no surgimento do primórdio foliar (ESAU, 1965; TAIZ; ZEIGER, 2013) onde a divisão celular e conseqüente desenvolvimento podem ser afetados tanto por quantidade quanto qualidade de luz (CUTTER, 2002).

Os estômatos é outro componente estrutural que pode se modificar em função do ambiente, podendo variar quanto ao número, posição na epiderme e na forma. Segundo Batagim et al., (2009) existe uma tendência a redução da densidade estomática em folhas que se desenvolveram em condições de sombreamento.

Avaliando a AFE e a anatomia foliar de braquiária e amendoim forrageiro sob níveis de sombreamento artificial (0, 50 e 70%) Gobbi et al., (2011) observaram que

a densidade estomática diminuiu com o aumento da luminosidade, sendo que a densidade é maior na face adaxial da braquiária e do amendoim-forrageiro.

Pacciullo et al. (2007) estudando morfologia de gramíneas, garantem que a AFE em ambientes sombreados são maiores em relação ao pleno sol. As características anatômicas das folhas que se desenvolveram em ambientes com baixa luminosidade também sofrem alterações a fim de se aclimatar e permitir o crescimento e desenvolvimento da planta.

3 CAPÍTULO II

ELEMENTOS METEOROLÓGICOS, ÁREA FOLIAR E RELAÇÃO FOLHA/COLMO DE AZEVÉM CULTIVADO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

3.1 Resumo

Com o objetivo de quantificar a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi), a radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt), a temperatura do ar (T°) no sistema agroflorestal (SAF) e em pleno sol, avaliar a área foliar (AF) e o percentual de folhas e colmos em azevém anual cultivado sob sombreamento, foi instalado um experimento em uma área que possui um sistema agroflorestal com canafístula e eucalipto. As espécies florestais estão distribuídas em faixa e em linha, onde os renques se separam em 12 e 6 metros, respectivamente. O solo da área é classificado como Neossolo litólico eutrófico típico pouco profundo e o clima da região é Cfa subtropical subúmido. O experimento foi conduzido no delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições no esquema *split plot*. O azevém anual foi semeado no sub-bosque das espécies florestais e em pleno sol, em 05/06/2012. A RFAt, RFAi e a T° foram medidas nos SAFs e em pleno sol para fins de caracterização dos ambientes de produção. Para as medições de AF e verificação do percentual de folhas e colmos, foram realizados seis cortes com quadro de 0,25 m², em cada um dos tratamentos. Nos SAFs, faixa e linha, não houve diferença significativa para a RFAt e percentual de transmissão havendo apenas em relação ao pleno sol. Sob as espécies florestais, a RFAt foi reduzida em aproximadamente 45%. A T° apresentou variação entre os SAFs em relação ao pleno sol durante o ciclo de desenvolvimento do azevém. A AF do dossel do azevém variou entre os sistemas de produção e sob as espécies florestais durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento do azevém. O percentual de folhas e colmos no dossel do azevém não diferiu entre os SAFs e pleno sol, sendo que todos os tratamentos apresentaram valores médios acima de 50% de folhas. O sombreamento provocado pela presença das espécies florestais, canafístula e eucalipto, nos SAFs faixa e linha, não limitaram o crescimento e desenvolvimento do azevém anual cultivado no sub-bosque sombreado.

Palavras-chave: Canafístula. Crescimento. Desenvolvimento. Elementos meteorológicos. Eucalipto. Sistemas de produção. Sombreamento.

METEOROLOGICAL , LEAF AREA AND PERCENTAGE OF LEAVES AND STEMS OF RYEGRASS GROWN IN AGROFORESTRY SYSTEMS

3.2 Abstract

In order to quantify the photosynthetically active radiation incident (PAR_i), the photosynthetically active radiation transmitted (PAR_t), the air temperature (T°) in agroforestry system (AFS) and in full sun. Evaluate the leaf area (LA) and the percentage of leaves and stems in ryegrass grown under shade, an experiment was conducted in an area that has an agroforestry system with canafistula and eucalyptus. Forest species are distributed in range and line, where the rows are separated on 12 and 6 meters, respectively. The soil in the area is classified as eutrophic udorthent typical shallow and climate is Cfa subtropical sub-humid. The experiment was conducted in a randomized block design with three replications in split plot scheme. The ryegrass was sown in the understory of the forest species and in full sun, on 05/06/2012. The PAR_t, PAR_i and T° were measured in the SAF and in full sun for the purpose of characterization of production environments. For measurements of LA and checking the percentage of leaves and stems, six sections with 0.25 m² box were held in each of the treatments. In agroforestry systems, range and line, there was no significant difference in the percentage PAR_t and transmission with only relative to full sun. Under the forest species, PAR_t was reduced by approximately 45%. Temperature showed variation between the SAF compared to full sun during the development cycle ryegrass. The AF ryegrass sward varied between the production systems and in forestry species during the course of growth and development of ryegrass. The percentage of leaves and stems in the canopy of ryegrass did not grant between the SAF and full sun, and all treatments had mean values above 50% leaves. Shading caused by the presence of forest species, eucalyptus and canafistula, in AFS range and line, did not limit the growth and development of annual ryegrass grown in shaded understory.

Keywords: Canafistula. Growth. Development. Meteorological elements. Eucalyptus. Production systems. Shading.

3.3 Introdução

O crescimento e desenvolvimento de plantas são influenciados por uma série de atributos, entre eles podemos citar a relação planta x ambiente. Assim, entende-se como ambiente os elementos ligados ao clima e tempo, ou seja, os elementos meteorológicos que irão interferir na decisão de estabelecer uma espécie em uma determinada região, bem como, de forma pontual, os mesmos elementos podem determinar as condições para a espécie atingir o máximo potencial genético.

Dentre os elementos meteorológicos, a radiação solar e a temperatura do ar, são os que mais influenciam, direta ou indiretamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, pois interferem em processos fisiológicos importantes, como transpiração, fotossíntese e respiração.

Diferente da proposta de monocultivo, os sistemas agroflorestais têm em sua concepção, entre outras, um melhor aproveitamento da terra, bem como a diversificação de espécies a fim de buscar aumentar a renda na propriedade rural e fugir de dependências pertinentes ao sistema de monocultivo.

As necessidades ecológicas das plantas em monocultivo estão estudadas e passam por constantes atualizações. Infelizmente, esta não é a realidade de que tem quando se busca estudar sistemas alternativos de produção como o caso em estudo.

Em sistemas agroflorestais (SAFs), a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi), assim como a radiação solar, diminuem à medida que penetra no perfil do sistema, podendo também, a temperatura variar, favorecendo a formação de um microclima diferenciado para o crescimento e desenvolvimento da cultura anual no sub-bosque. O acúmulo de matéria seca pelos vegetais é dependente da RFAi, da área foliar do dossel, e também da temperatura do ar.

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) cultivar comum é uma das espécies mais utilizadas pelos produtores rurais para suprir a falta de alimento para os rebanhos, quando as espécies nativas não produzem forragem suficiente para atender as necessidades nutricionais dos animais, pois tem seu pico de produção de matéria seca durante o inverno e primavera.

Além de ser uma espécie de fácil manejo, possuir elevado banco de sementes nos solos gaúchos, facilitando a ressemeadura natural, é uma forrageira de excelente qualidade, podendo ser utilizada tanto para pastejo direto, ou corte para fornecimento no cocho, e também conservado, na forma de feno.

A Região do Médio – Alto Uruguai, local de inserção do presente trabalho, caracteriza-se por apresentar áreas de produção em torno de 14 ha. Pensando em uma forma de aumentar a diversificação da produção nestas propriedades, bem como de disponibilizar alternativas tecnológicas para os proprietários rurais, instalou-se um campo experimental onde apresenta os sistemas agroflorestais, centro deste trabalho.

Dessa forma, objetivou-se nesse trabalho quantificar os elementos meteorológicos, radiação fotossinteticamente ativa incidente, em pleno sol, radiação fotossinteticamente ativa transmitida e a temperatura do ar, assim como, a área foliar e o percentual de folhas em comunidades de azevém anual, cultivado em sub-bosque de eucalipto e canafístula, em diferentes sistemas agroflorestais.

3.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma área que possui instalado um sistema agroflorestal (SAFs). Situado próximo a Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, latitude 27°23'26"S; longitude 53°25'43" e altitude 461,3 metros. O solo da área experimental é classificado como Neossolo litólico eutrófico típico pouco profundo, com afloração de rochas e razoável fertilidade natural (CUNHA et al., 2011). Frederico Westphalen está distante de Irai aproximadamente 30 km, sendo o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa, ou seja, subtropical úmido com temperatura média anual de 19,1°C, variando com máxima de 38 e mínimo de 0°C. Iraí, distante aproximadamente 30km de Frederico Westphalen, é o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Conforme proposta de Maluf (2000), Iraí apresenta clima de

tipo subtropical subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8°C e temperatura média do mês mais frio de 13,3°C.

O experimento foi conduzido no delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições no esquema *split plot*. As espécies florestais, *Peltophorum dubium* (canafístula) e *Eucalyptus grandis* (eucalipto) foram plantadas em dois sistemas de cultivo. Em linha onde os renques estão separados por seis metros, e em faixa onde estão separados por doze metros (Apêndice A). As espécies florestais foram plantadas em 2007. As copas de ambas as espécies florestais possuíam folhas no período experimental do azevém.

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum) foi semeado em subparcelas, no sub-bosque das espécies florestais e em pleno sol (Apêndice A). A semeadura ocorreu em 05/06/2012, de forma manual e a lanço, com densidade de 40 kg ha⁻¹ de sementes, valor corrigido conforme pureza e germinação. A adubação de base foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 04-24-12, conforme necessidades indicadas na análise de solo da área experimental (Anexo 1). A quantidade adicional de nitrogênio, na forma de uréia, foi de 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 80 kg ha⁻¹ fracionada em duas aplicações, 20/07/2012 e 10/08/2012.

Na primeira data de avaliação do azevém, não foram aferidos os elementos meteorológicos nos SAFs e sob as espécies bem como a pleno sol. A condição de pleno sol (testemunha) corresponde aquela onde não existia barreiras a incidência da radiação solar, sendo considerada testemunha. A radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) foi medida nos sistemas agroflorestais e a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em pleno sol para fins de caracterização das condições luminosas.

Para isso foi utilizado um Porômetro de Equilíbrio Dinâmico modelo LICOR-LI1600. As leituras foram feitas a cada quinze dias durante o subperíodo emergência-reprodutivo do azevém entre as 9:00 e 11:00 horas. No sub-bosque foram medidas a um metro de distância das árvores e no topo do dossel do azevém. No pleno sol as medidas foram feitas no topo do dossel do azevém. Simultaneamente foi aferida a temperatura instantânea do ar com o uso de termômetro portátil marca *Incoterm* com precisão de 0,1 °C, dentro dos sistemas e pleno sol.

Para as medições de área foliar (AF), foram realizados seis cortes com quadro de 0,25 m², em cada um dos tratamentos. Os cortes foram feitos de forma

manual a cinco cm acima do solo. O primeiro corte foi em 29/06/2012 e os demais cortes foram em 12/07; 27/07; 09/08; 23/08; 06/09/2012.

A matéria verde proveniente dos cortes foi acondicionada em sacos plásticos e levadas ao laboratório onde foi determinada a área foliar (AF) com o auxílio de um Integrador de Área Foliar modelo LI3000. Uma sub-amostra foi usada para estimar o percentual de folhas e colmos. A fitomassa dos componentes botânicos foi determinada separadamente. Para isso foi realizado a separação das lâminas foliares e colmos, pesada a massa verde e levada à estufa (65 °C) até massa constante. A estimativa foi feita através da relação entre o peso das folhas e peso de colmos e o peso da amostra.

As variáveis respostas foram submetidas à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico SAS (2001).

3.5 Resultados e Discussão

Ocorreu interação significativa entre espécie florestal x corte e sistema de produção X corte para as variáveis radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) e percentual de transmissão (Apêndice B); e entre espécie florestal X sistema de produção e espécies florestais X corte para a variável área foliar (Apêndice C). A temperatura do ar (T°) e o percentual de folhas e colmo no dossel do azevém (Apêndice D) não apresentaram interação significativa para nenhum dos fatores avaliados.

Nos SAFs, faixa e linha, não houve diferença significativa para a RFAt e percentual de transmissão, diferindo apenas em relação ao pleno sol. Porém, os valores médios variaram durante o período de avaliação, dentro de cada sistema, em função do avanço dos meses do ano.

Observa-se que, em pleno sol, o valor de RFAi máximo foi de 1147 $\mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$, enquanto que no sistema faixa a RFAt foi de 631 $\mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$ e no sistema linha de 682 $\mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$ (Figura 1A). A média do percentual de transmissão foi de 70% no sistema faixa e de 73% no sistema linha do total da RFAi (Figura 1B).

Para valores de transmissão da RFA acima de 50%, o sombreamento é considerado sombra fraca, ou seja, há menor interceptação da copa das árvores transmitindo maior quantidade de RFA para o sub-bosque, ao passo que valores abaixo de 50% são considerados sombra moderada a intensa (Paciullo et al., 2007; Barro et al., 2008; Bernardino; Garcia, 2009; Varella et al. 2010).

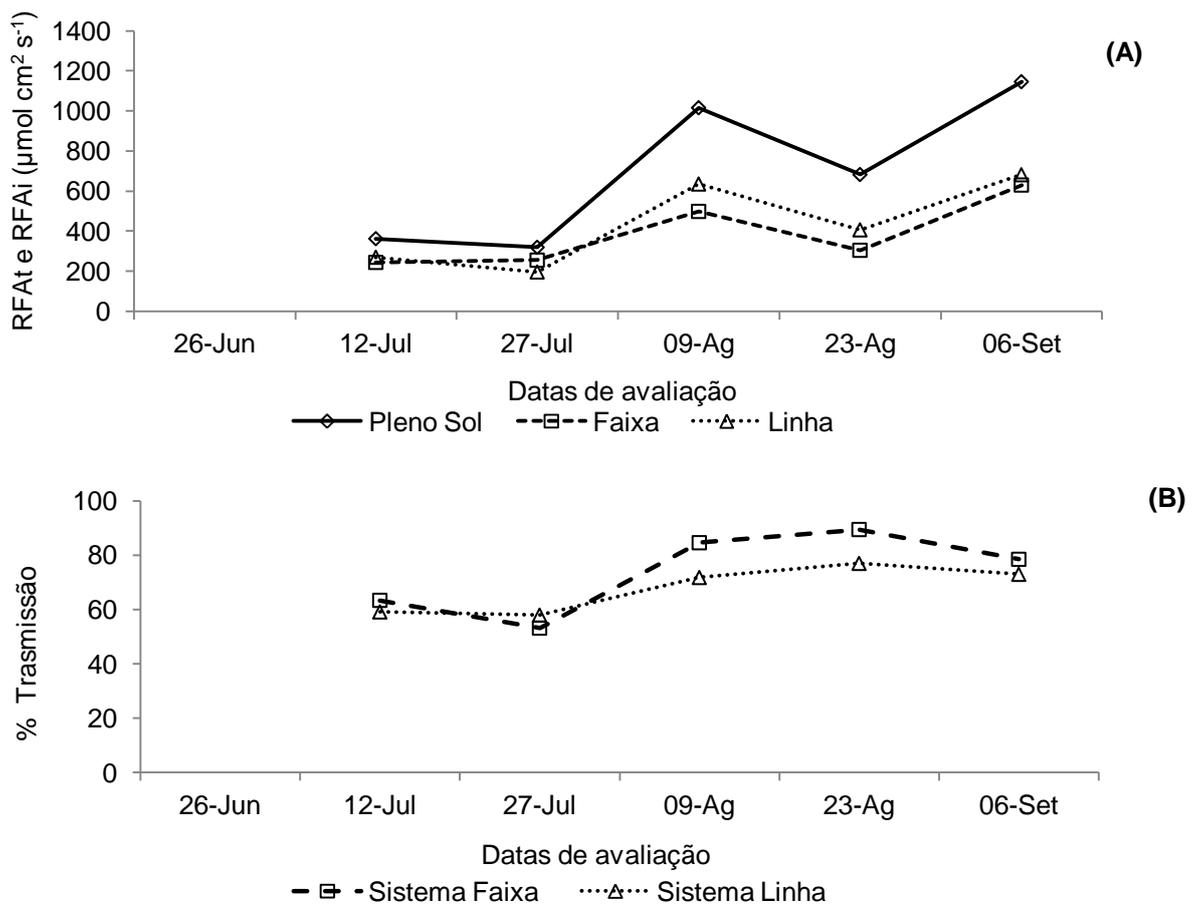


Figura 1 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em sistemas agroflorestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol (A) e percentual de transmissão (B) na cultura do azevém. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.

Ao comparar as espécies florestais, canafístula e eucalipto, observa-se que a RFA e o percentual de transmissão variaram em relação ao pleno sol ao longo do período de avaliação, confirmando a redução de radiação solar em função da presença da copa das árvores (Figura 2).

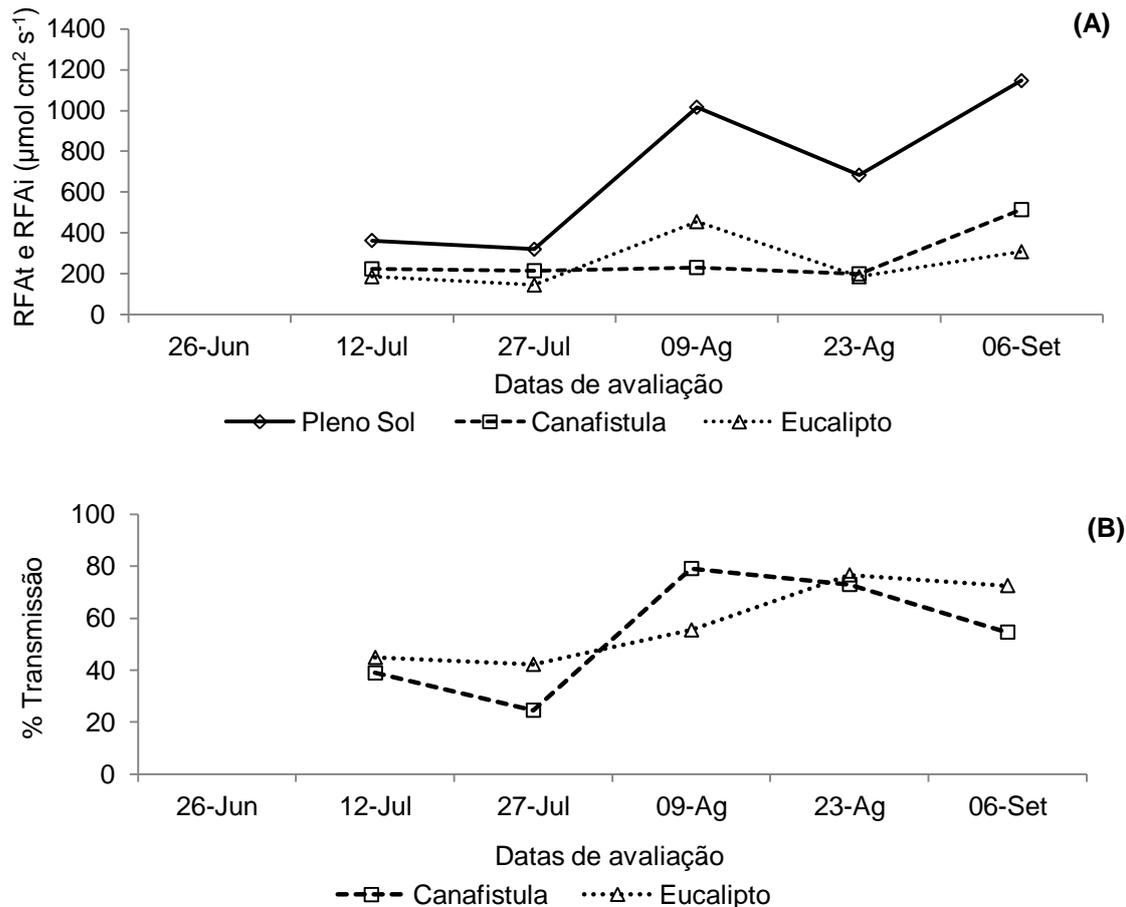


Figura 2 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) em sub-bosque de espécies florestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em pleno sol (A) e percentual de transmissão (B) na cultura do azevém. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.

Em pleno sol, o valor de RFAi máximo foi de $1146 \mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$, enquanto que, sob canafístula e eucalipto foram de 514 e $455 \mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$, respectivamente. A menor porcentagem de transmissão ocorreu em 27/07 sob canafístula, atingindo a 25% RFA. No entanto, nas demais datas de avaliação, os valores variaram de 40 a 75% sob ambas as espécies florestais (Figura 2).

Considerando a proposta de Barro et al., (2008); Paciullo et al., (2007); Bernardino; Garcia (2009) e Varella et al., (2011) sobre a intensidade de sombreamento, pode-se afirmar que, os sistemas agroflorestais avaliados, e as espécies florestais, proporcionaram sombra fraca à cultura do azevém, ou seja, não limitaram o crescimento e desenvolvimento.

Esta característica ganha importância, pois um dos fundamentos dos SAFs é que o mesmo proporcione condições favoráveis para as culturas anuais crescerem e desenvolverem de maneira que possam atingir o máximo do seu potencial genético.

No caso, observa-se que tanto a canafístula, como o eucalipto, não interferiram de forma negativa na cultura do azevém, pois em primeiro lugar, a espécie completou ciclo de crescimento e desenvolvimento. Isto é comprovado pelos valores de matéria seca (MS) acumulada que foi atingido nos seis cortes, que será discutido no Capítulo III, sendo foi semelhante ao acumulado em cultivo tradicional, sugeridos por Tonetto et al., (2011) de 4,9 t de MS acumulada da cultivar comum.

Em segundo lugar, como forma de demonstrar a importância da quantidade de radiação, bem como da qualidade da mesma, no cultivo de espécies superiores, pode-se inferir que os sistemas e espécies estudados não foram limitados pela incidência de radiação necessária para que haja crescimento e consequente desenvolvimento.

O azevém, quanto à rota de assimilação de CO₂, é considerada uma espécie do tipo C₃, e os vegetais que possuem esse tipo de mecanismo se adaptam melhor as condições de baixa luminosidade em relação às que possuem o metabolismo C₄ ou CAM. Essas plantas possuem saturação luminosa com aproximadamente 25 a 50% de luz solar plena, não ocorrendo efeito negativo sobre assimilação de CO₂ nesses níveis de radiação (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo os mesmos autores, para as espécies C₃, a rubisco, enzima responsável por catalisar e assimilar o CO₂ absorvido pelos estômatos durante o dia, necessita de concentrações CO₂ superiores a 50 mg L⁻¹.

Para cultura do trigo e da aveia, Stoskopf (1985) afirma que a taxa de assimilação de CO₂ varia em torno de 36 mg CO₂ g MS, quando a iluminação solar é plena. Ao reduzir a iluminação para 30%, a taxa varia entre 38 e 40 mg CO₂ g MS. Quando o ambiente possui aproximadamente 50% da luz solar plena, a taxa de assimilação de CO₂ é de 27 a 31 mg CO₂ g MS.

Assim, podemos sugerir que outras espécies, além do azevém, que possuem exigências diferentes em relação ao CO₂ poderão ser usadas para compor SAFs, pois poderão não ter o crescimento e desenvolvimento interrompido em função do sombreamento.

Como um terceiro ponto a ser considerado, nos resultados obtidos, pode-se inferir que a copa das árvores das espécies florestais em conjunto com os sistemas

estudados, após cinco anos de plantio, não interferiram no crescimento e desenvolvimento da cultura do azevém, caracterizando desta forma, até a execução deste trabalho, que há potencial para uso nos SAFs com as mesmas características dos avaliados nesse experimento.

Um quarto aspecto quanto a não limitação do crescimento nos sistemas estudados, bem como entre as espécies, é com relação à fração da radiação solar difusa. Esta, de acordo com Buriol et al., (1995) tem sua importância por ser multidirecional, o que permite penetrar melhor no dossel vegetativo, podendo ser esta uma das causas que permitiram o crescimento e desenvolvimento do azevém no sub-bosque do SAFs.

A T° não variou entre os sistemas de produção estudados. No entanto, diferiram em relação ao pleno sol durante o período de avaliação do azevém (Figura 3). Os valores médios de T° dentro dos sistemas agroflorestais foram superiores em relação ao ambiente sem a presença de árvores.

Comparando as médias de T° do ar entre os sistemas avaliados, observa-se que nos SAFs a média de T° foi 1,3; 3,3; 0,8; 0,3 e 7,8 °C superiores, em relação ao pleno sol. Ao comparar as T° sob as espécies florestais com o pleno sol, observa-se a mesma tendência. Os valores médios de T° sob a copa das árvores foram 1,4; 3,2; 0,8; 0,2; 8,2 °C superiores, em relação à testemunha, sem a presença de espécies florestais (Figura 3).

Os resultados desse estudo, concordam com os encontrados por Kirchner et al., (2010) que observaram que as temperaturas foram superiores no sistema agroflorestal com *Pinnus taeda*, aos 14 anos de idade e 14 metros de estatura, em 0,75 e 1,05 °C em relação ao ambiente sem a presença de árvores. No entanto, discordam de Vieira et al., (2002), que avaliaram os efeitos microclimáticos em dois níveis de sombreamento artificial e observaram que a T° foi em média 2 e 3,2 °C inferior nos tratamentos com 50 e 80% de sombra em relação ao pleno sol.

As diferenças observadas nas avaliações podem estar relacionadas à metodologia adotada, pois Vieira (2002) realizaram experimento em ambiente controlado, que não apresentam interação entre as características observadas em ambientes naturais.

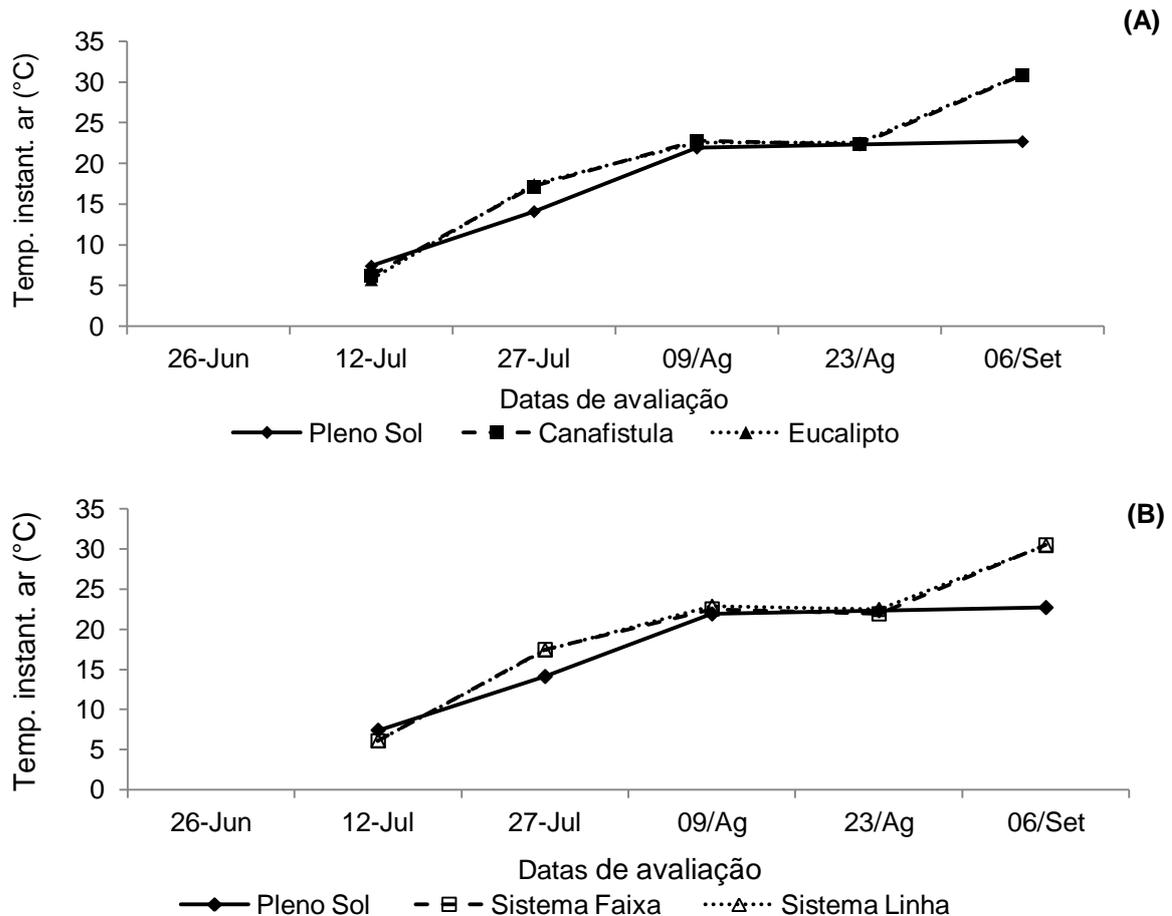


Figura 3 – Temperatura do ar em sistemas agroflorestais e em pleno sol (A) e temperatura do ar em sub-bosque de espécies florestais e em pleno sol (B) na cultura do azevém. UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.

Para as espécies C_3 , que assim como o azevém, que se adaptam a condições de sombra, a faixa de temperatura considerada ótima de crescimento e desenvolvimento está na faixa de 10 a 20 °C (BAHMANN et al., 2000). Para Kirchner (2009) em ambientes naturais a faixa de temperatura ótima para que o azevém não paralise seu crescimento está entre 15 a 30°C, enquanto que temperatura base inferior (T_b) varia de -2 a 0 °C (LARCHER et al., 2000). Fontanelli et al., (2009) sugerem que a temperatura considerada ideal para o crescimento e desenvolvimento do azevém é de 20 °C.

Assim, seguindo a mesma observação realizada para a RFA, a T° nos diferentes sistemas de produção não foi limitante para o cultivo do azevém nas condições experimentadas. Em relação à T° , fica claro o que preconiza Estefanel et al., (1994), em que os autores afirmam que no estudo deste elemento

meteorológico, deve-se levar em consideração o tempo de exposição às temperaturas extremas.

De acordo com os valores apresentados por Maluf (2000), Bahmani et al., (2000) e Kirchner (2009) os valores observados no período experimental estão dentro da faixa considerada favorável ao crescimento e desenvolvimento do azevém, corroborando com a radiação solar, ou seja, os sistemas estudados estão atingindo o propósito para sua utilização como alternativa tecnológica.

Adotando o valor de T_b para azevém anual cv. Comum, proposta por Muller et al., (2009) de 7,6 °C podemos observar que, durante o período experimental, apenas cinco dias apresentaram temperaturas abaixo da T_b para a cultura, nas demais datas que compreenderam o período experimental, as temperaturas foram superiores à T_b para esta espécie. Os valores médios de T° durante o período experimental foram adequados ao crescimento e desenvolvimento da cultura. (Figura 3).

Para Silva et al., (1998) o uso de renques arbóreos contribui para formar um microclima mais ameno no interior da pastagem, principalmente no cultivo de inverno onde a área protegida não sofre influência de geadas mantendo as condições adequadas para crescimento da cultura em sub-bosque.

Segundo os dados da estação meteorológica da UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, vinculada ao Laboratório de Agroclimatologia, provavelmente houve no período experimental a ocorrência de 11 geadas, conforme dados de T° mínima do ar. A T° mínima do ar registrada na estação meteorológica foi de 2,5 °C na data de 07 de junho de 2012. Em Irai, RS, cidade distante 30 km, de acordo com os registros da estação convencional, ocorreu duas geadas registradas no período experimental.

Algumas gramíneas de inverno, como o trigo, por exemplo, que com frequência é tido como parâmetro para o azevém, possuem pouca sensibilidade à geadas no estágio vegetativo. Essa situação pode mudar dependendo da frequência e intensidade do fenômeno, podendo causar danos irreversíveis à planta e até morte total da vegetação (CUNHA et al., 2009).

Assim, os valores mais elevados de T° nos sistemas favorecem um microclima mais apropriado, evitando que os valores de temperatura do ar atinjam valores mínimos que possam limitar o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Esta influência poderá ser observada no Capítulo III no que tange o assunto produção de MS.

Comparando os valores de AF entre os sistemas e em pleno sol, observa-se não houve diferença significativa. Nos SAFs o menor valor de AF, tanto para canafístula como para eucalipto, foi no sistema linha. Sob canafístula, a AF do dossel do azevém foi aproximadamente 26% menor em relação ao sistema faixa. No sub-bosque de eucalipto, a diferença foi de 40%, aproximadamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Área foliar ($m^2 ha^{-1}$) do dossel de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM campus Frederico Westphalen, RS, 2012.

	Pleno sol	Espécies Florestais	
		Canafístula	Eucalipto
Sistema linha	26049,75 aA	2101,25 bAB	1336,89 bC
Sistema faixa	26040,75 aA	2867,70 aA	2273,18 aB
1° avaliação (26/6)	347,34 dC	1462,55 dA	530,07 eB
2° avaliação (12/7)	820,57 dB	1211,09 dA	1210,75 dA
3° avaliação (26/7)	2904,89 bB	3642,58 aA	3125,46 bA
4° avaliação (09/8)	1641,56 cB	2438,45 bA	1660,54 cB
5° avaliação (23/8)	3640,36 aA	1903,75 cB	1860,23 bB
6° avaliação (06/9)	4088,07 aA	3379,88 aB	1847,25 bC
C.V (%)	5,73		

¹ Médias com letras minúscula iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro. Médias com letra maiúscula iguais nas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Ao avaliar o azevém sob as espécies florestais, dentro de cada sistema, observa-se que no sistema linha e no sistema faixa, o menor valor de AF do dossel do azevém foi sob eucalipto, sendo que este correspondeu a 5% e 8% do valor de AF do dossel do azevém em pleno sol, respectivamente (Tabela 1).

Analisando as datas de avaliação, nota-se que apenas nas duas últimas avaliações a AF do dossel do azevém não foi maior sob a copa das árvores em relação ao pleno sol. Outra observação é que, sob as copas formadas pelas espécies florestais, a AF do dossel de azevém que se desenvolveu no sub-bosque de canafístula são maiores que as que se desenvolveram sob eucalipto e pleno sol.

Considerando-se que a RFA e a T° não interferiram no crescimento e desenvolvimento do azevém, no presente estudo, e a AF apresentou diferença entre os sistemas, entre as espécies e o pleno sol, há de se considerar que, as diferenças

observadas na AF podem estar relacionadas com a capacidade das plantas distribuírem melhor os fotoassimilados produzidos (Tabela1).

O ajuste do modelo da equação de regressão foi de terceira ordem para área foliar do dossel de azevém cultivado em pleno sol, enquanto que para azevém cultivado no sub-bosque de canafístula e eucalipto a área foliar o ajuste da equação foi de quarta ordem. O ponto de máxima área foliar foi na sexta avaliação (06/09) para o cultivo em pleno sol e na terceira avaliação (27/07) para canafístula e eucalipto.

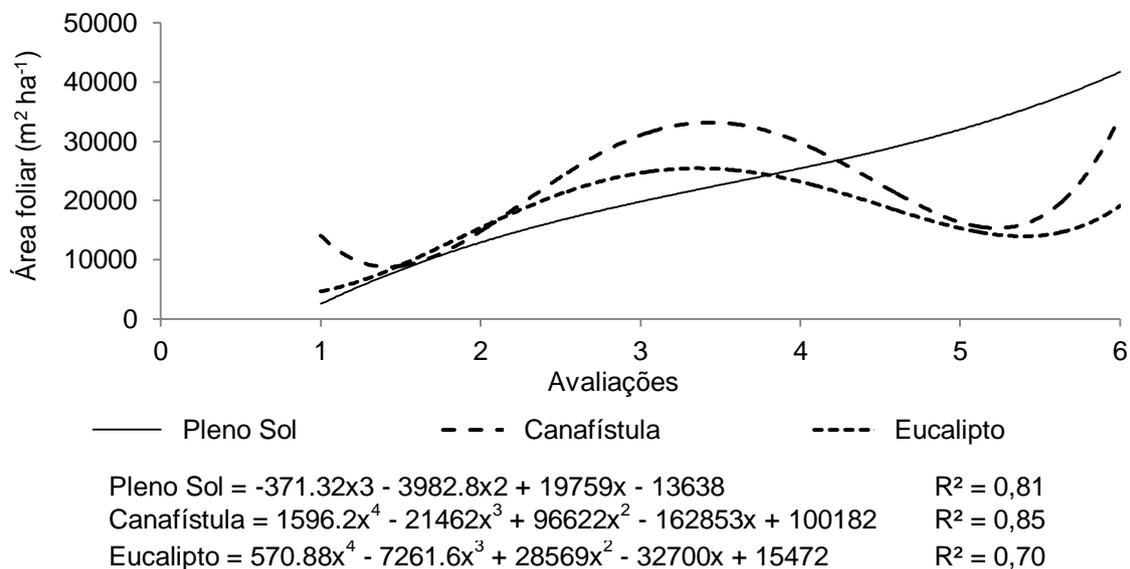


Figura 4 - Área foliar do dossel de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sub-bosque de espécies florestais e em pleno sol. UFSM campus Frederico Westphalen, RS, 2012.

Modificações em AF, também podem ocorrer em função da aclimação da espécie ao ambiente com restrição luminosa. Em ambientes sombreados as plantas tendem a possuir maior área foliar específica, para elevar ao máximo a captação de luz disponível (GOBBI et al., 2011).

As diferenças dos valores de AF do dossel do azevém observadas durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento do azevém pode ser em função do excesso de precipitação que ocorreu durante o período que antecedeu as avaliações, associado à baixa capacidade de retenção do solo da área experimental (Tabela 1). Segundo Pilau et al., (2009) as culturas de ciclo anual, são sensíveis aos danos

diretos e indiretos que podem ser causados pela precipitação intensa, durante o período da emergência até o ponto de colheita.

A AF das plantas pode ser usada como um indicador de produção de biomassa, pois, contribui para aumentar a capacidade fotossintética do dossel em função do aumento da capacidade de intercepção da radiação solar (PONTES, et al., 2003).

O percentual de folhas e colmos no dossel do azevém não deferiu entre os SAFs e pleno sol. Sob as espécies florestais, o percentual de folhas de azevém cultivados em pleno sol, foi aproximadamente 3% maior em relação à canafístula e eucalipto enquanto que a menor proporção de colmos ocorreu em pleno sol (Tabela 2).

Tabela 2 – Percentual de folhas e colmos na fitomassa da parte aérea de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sistemas agroflorestais e pleno sol. UFSM campus Frederico Westphalen, RS, 2012.

Sistemas de Produção	Percentual de Folhas (%)	Percentual de Colmos (%)
Sistema Faixa	56,12 a	44,80 a
Sistema Linha	58,24 a	46,17 a
Espécies Florestais		
Pleno Sol	59,58 a	41,74 b
Canafístula	56,69 b	47,99 a
Eucalipto	55,42 b	46,50 a
Datas de avaliação		
1° corte (26/6)	72,15 b	31,41 d
2° corte (12/7)	84,60 a	16,42 e
3° corte (27/7)	70,03 b	32,46 d
4° corte (09/8)	53,69 c	45,73 c
5° corte (23/8)	34,32 c	66,20 b
6° corte (06/9)	24,81 c	75,18 a

¹ Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

A quantidade de folhas, em relação a colmos é aproximadamente 50% maior nas primeiras avaliações (Tabela 2). Com o avanço do ciclo da cultura, ocorre uma inversão. Há um aumento da quantidade de colmos. Os valores encontrados podem estar associados às características da cultivar comum, que possui elevada produção de MS de folhas no início do ciclo de crescimento. Esses resultados concordam com Flores et al., (2008) que observaram 64% de folhas quando avaliaram a produção de forragem de populações de azevém anual.

Os programas de melhoramento genético de forrageiras estão cada vez mais focados em desenvolver cultivares de azevém que possuam maior proporção de folhas em relação a colmo e inflorescências, a fim de aumentar o acúmulo de MS ao longo do ciclo de desenvolvimento.

Maior volume de lâminas foliares em relação aos outros componentes da planta é desejável, pois as folhas são o principal órgão responsável pela interceptação da radiação solar, e reflete diretamente na produção de MS. Com o desenvolvimento de folhas, a planta gera área foliar para interceptação de luz e, conseqüentemente, realização de fotossíntese para produção de fotoassimilados, podendo assim dar continuidade ao ciclo de crescimento e desenvolvimento da planta.

De maneira geral, pode-se dizer que a introdução de árvores na pastagem pode contribuir para a utilização mais racional da área, desde que, ao se associar espécies anuais com componentes arbóreos as condições necessárias para alcançar os benefícios do sistema solo-planta sejam atendidas.

3.6 Conclusão

O azevém pode ser usado para compor sistemas agroflorestais juntamente com as espécies florestais, eucalipto e canafístula, nos sistemas agroflorestais avaliados, faixa e linha. A área foliar do azevém foi influenciada pela presença de espécies florestais no ambiente de produção, enquanto que o percentual de folhas e colmos não sofreu influencia.

3.7 Referências

BAHMANI, I. et al. Differences in tillering of long- and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v.40, p.1095-1102, 2000.

BARRO, S. R. et al. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Vol. 37, n. 10, p. 1721 – 1727. 2008.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p. 77-87, 2009.

BURIOL, G.A.; et al. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, v.25, p.1-4, 1995.

BURIOL, G.A. et al. Temperatura base dos subperíodos emergência-floração e floração maturação de quatro linhagens de lentilha (*Lens culinaris medic*). **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.8, n.2, p.175-184, 1978.

CUNHA, N. G. da; et al. Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS. **Circular Técnica 116**. EMBRAPA, 2011.

CUNHA, G. R. et al. Trigo. In.: MONTEIRO, B. A. J. E. (Coord.) **Agrometeorologia dos cultivos**. O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

ESTEFANEL, V. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas do ar prejudiciais aos cultivos agrícolas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.57-63, 1994.

FLORES, R. A. et al. Produção de forragem de populações de azevém anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1168-1175, 2008.

FONTANELI, R, S.; SANTOS, H. P. dos.; FONTANELI, R. S. (Ed.) **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul brasileira**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2009. 287 p.

GOBBI, K. F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.

KIRCHNER, Roque. **Desempenho de forrageiras anuais de inverno sob distintos níveis de irradiância**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –

Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, 2009.

KIRCHNER, R. et al. Desempenho de forrageiras anuais de inverno sob distintos níveis de irradiância. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2371-2379, 2010.

LARCHER, W. et al. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Editora, 2000. 531 p.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MÜLLER, L. M. et. al. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1343 - 1348, ago, 2009.

PACIULLO, D.S.C.; et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PILAU, F. G. et al. Triticale. In.: MONTEIRO, B. A. J. E. (Coord.) **Agrometeorologia dos cultivos**. O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

PINTO, L.F.F; SILVA, S.C; SBRISSIA, A.F.; CARVALHO, C.A.B et al. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de Tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.439-447, 2001.

PONTES L. S. da. et al. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.814-820, 2003.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis user's guide**. Version 8.2. Cary, 2001. 1686p.

STOSKOPF, N. C. **Cereal grain crops**. Reston: Printice-Hall Company, 1985. p. 22-45.

SILVA, V. P. **Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. Br. na região noroeste do Paraná**. 1998.

Dissertação. (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Editora Artmed. 2013. 918 p.

TONETTO, C. J. et al. Produção e composição bromatológica de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Zootecnia Tropical**. v. 29, p.169-178. 2011.

VALENTE, T. P. N. et al. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes: revisão. *Veterinária e Zootecnia*. v. 18, p. 347-358. 2011.

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.

VIEIRA, A. R. R. et al. Resposta de pastagens naturalizadas a diferentes níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 265-271, 2002.

4 CAPÍTULO III

TEOR DE PROTEÍNA BRUTA E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE AZEVÉM ANUAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

4.1 Resumo

Neste trabalho objetivou-se avaliar a produção de matéria seca (MS) e o teor de proteína bruta (PB) de azevém anual cultivado no sub-bosque de eucalipto e canafístula, e em pleno sol. O estudo foi realizado em uma área que possui instalado um sistema agroflorestal (SAFs). O experimento foi conduzido no delineamento experimental bloco ao acaso com três repetições no esquema *split plot*. As espécies florestais foram plantadas em dois sistemas de produção. Em linha, onde os renques estão separados por seis metros, e em faixa onde os renques estão separados por doze metros. O azevém anual foi semeado nas entrelinhas das espécies florestais, sub-bosque, e em pleno sol. A semeadura ocorreu em 05/06/2012, com densidade de 40 kg ha⁻¹ de sementes. A radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt), a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) e a temperatura do ar (T°) foram medidas nos sistemas agroflorestais e em pleno sol para fins de caracterização dos ambientes de produção. Para determinar a produção de MS e o teor de PB foram realizados seis cortes em cada um dos tratamentos. De acordo com a análise de variância dos fatores avaliados (sistema de produção, espécie florestal e corte) houve interação significativa entre sistema de produção x espécies florestais x cortes para as variáveis, produção de MS e teor de PB. No sistema linha a produção média de MS de azevém em sombreamento foi 77% do rendimento em pleno sol, enquanto que no sistema faixa a produção de MS não diferiu entre as espécies florestais e pleno sol. Entre os sistemas faixa e linha, o teor de PB em azevém não diferiu sob eucalipto e pleno sol, apresentando diferença significativa quando cultivado sob canafístula, sendo que no sistema linha foram aproximadamente 8% menor em relação ao sistema faixa. Ao comparar os valores de PB dentro de cada sistema, observa-se que no sistema faixa, não diferiu sob as espécies florestais e pleno sol. No sistema linha houve uma redução no teor de PB no sub-bosque de canafístula de 20% em relação ao eucalipto e pleno sol. Independente dos sistemas utilizados, a produção de MS de azevém e o teor de PB, atingiram níveis satisfatórios para a utilização desta espécie como alternativa forrageira em sistemas agroflorestais.

Palavras-chave: Crescimento. Desenvolvimento. *Lolium multiflorum*. Sistema de produção. Sombreamento. Rendimento.

CRUDE PROTEIN AND DRY MATTER PRODUCTION ANNUAL RYEGRASS IN AGROFORESTRY SYSTEMS

4.2 Abstract

This work aimed to evaluate the production of dry matter (DM) and crude protein (CP) of annual ryegrass grown in the understory system of eucalypt and canafístula, and in full sun. The study was conducted in an area that has installed an agroforestry system (AFS). The experiment was conducted in randomized block experimental design with three replications in split plot scheme. The tree species were planted in two production systems. In lines, where the rows are separated by 6 meters, and range where the rows are separated by 12 meters. The ryegrass was sown between the lines of forest, understory species, and in full sun. Sowing was done on 05/06/2012, with a density of 40 kg ha⁻¹ seed. The photosynthetically active radiation transmitted (PAR_t), the photosynthetically active radiation incident (PAR_i) and air temperature (T°) were measured in AFS and in full sun for the purpose of characterization of production environments. To determine the production of dry matter and the CP content, six cuts were made in each of the treatments. According to the analysis of variance of the factors evaluated (production system, forest species and cut) there was a significant interaction between the production system x forest species x cuts for the variables, production of DM and CP content. On line system average DM production of ryegrass shading was 77% of revenue in full sun, while the system range DM production did not differ among species and full sun. Between the range and line systems, the CP content in ryegrass did not differ under eucalyptus and full sun, with significant differences when grown under canafístula, and line system were about 8% lower than in the range system. When comparing values within each CP system, it is observed that the system range does not differ under full sun and forest species. On line system was reduced CP content in the understory of canafístula 20% compared to eucalyptus and full sun. Independent of the systems used the DM production of ryegrass and CP content, reached satisfactory levels for the use of this species as alternative forage in Agroforestry Systems.

Key-words: Growth. Development. *Lolium multiflorum*. Production system. Shading. Yield.

4.3 Introdução

De maneira geral, os pecuaristas do Estado do Rio Grande do Sul (RS) procuram superar a escassez de forragem, durante os meses de frio, quando as espécies nativas possuem baixa produção de matéria seca (MS), através do uso de pastagens cultivadas, garantindo assim a alimentação dos rebanhos durante esse período.

Dentre as espécies mais utilizadas está o azevém anual, uma gramínea amplamente disseminada no Estado e bastante adaptada aos diferentes sistemas de cultivo. Essa espécie possui elevado banco de sementes nos solos gaúchos, facilitando a ressemeadura natural, alto potencial produtivo de MS de qualidade, além da facilidade de manejo.

A forragem de azevém pode ser utilizada através de cortes para fornecimento no cocho, pastejo direto e elaboração de feno. No entanto, para explorar o potencial máximo dessa forrageira, é fundamental, conhecermos como ocorre seu crescimento e desenvolvimento nos mais variados ambientes de produção.

Dentre os sistemas que podem ser utilizados por produtores rurais no RS estão os sistemas agroflorestais (SAFs) que é definido por Daniel et al. (1999) como um sistema agropecuário diferenciado, tendo na sua composição uma espécie florestal que desenvolve um papel de fundamental importância na sua estrutura e função.

Estes sistemas envolvem muitos componentes interdependentes incluindo árvores, culturas agrícolas e/ou animais, podendo ser associações simultâneas ou sequenciais, tanto espacial quanto temporal. Os SAFs se adaptam as grandes e pequenas propriedades rurais, podendo ser ajustado à realidade de cada produtor. Assim, permitem que os agricultores tenham mais de um produto rentável em uma mesma área, melhorando sua qualidade de vida e de seus familiares, diminuindo o êxodo rural e preservando o meio ambiente onde está inserido.

Uma das principais características dos SAFs é a restrição de luminosidade provocada pela presença das copas das árvores e que poderá interferir no crescimento e desenvolvimento da cultura que compõe o sub-bosque. A espécie cultivada no estrato inferior do sistema deve se adaptar ao sombreamento moderado ou até mesmo intenso, dependendo do grau de restrição imposto.

A produção de matéria seca pelos vegetais é resultado da interação dos fatores genéticos e ambientais, de forma que constituem o sistema de produção. Cada sistema possui suas variações, e quanto mais complexo, mais difícil se torna o manejo adequado para que as culturas que o compõe expressem todo seu potencial genético.

A qualidade bromatológica da forrageira também é influenciada pelo nível de sombreamento provocado pelas árvores. A presença de renques de árvores pode influenciar nas características morfofisiológicas do pasto (PACIULLO et al., 2007). Essa influência se deve a aclimatação que a espécie sofre em função do ambiente que está inserida.

A região onde foi desenvolvido o estudo possui áreas de relevo com declives médios a acentuados, solos rasos e com restrições para realizar agricultura mecanizada. As propriedades, na sua maioria se caracterizam por serem de agricultura familiar, com aproximadamente 14 hectares, tendo na atividade leiteira umas das principais atividades econômicas.

Deste modo, justifica-se a avaliação do azevém, que é considerado uma forrageira consagrada na formação de pastagens cultivadas no período hibernal, em condição de sub-bosque para gerar novas informações sobre a produção em SAFs, para que possa ser utilizado como uma alternativa sustentável para as propriedades da região.

Os objetivos deste trabalho foram determinar o teor de proteína bruta e quantificar a produção de matéria seca de azevém, cultivado no sub-bosque de eucalipto e canafístula, utilizando diferentes sistemas de produção.

4.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma área que possui instalado um sistema agroflorestal (SAFs). Situado próximo a Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, latitude 27°23'26"S; longitude 53°25'43" e altitude 461,3 metros. O solo da área experimental é classificado como Neossolo litólico eutrófico típico pouco profundo, com afloração de rochas e razoável fertilidade natural (CUNHA et al., 2011). Frederico Westphalen está distante de Irai

aproximadamente 30 km, sendo o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa, ou seja, subtropical úmido com temperatura média anual de 19,1°C, variando com máxima de 38 e mínimo de 0°C. Iraí, distante aproximadamente 30km de Frederico Westphalen, é o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Conforme proposta de Maluf (2000), Iraí apresenta clima de tipo subtropical subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8°C e temperatura média do mês mais frio de 13,3°C.

O experimento foi conduzido no delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições no esquema *split plot*. As espécies florestais, *Peltophorum dubium* (canafístula) e *Eucaliptus grandis* (eucalipto) foram plantadas em dois sistemas de cultivo. Em linha onde os renques estão separados por seis metros, e em faixa onde estão separados por doze metros (Apêndice A). As espécies florestais foram plantadas em 2007. As copas de ambas as espécies florestais possuíam folhas no período experimental do azevém.

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum) foi semeado em subparcelas, no sub-bosque das espécies florestais e em pleno sol (Apêndice A). A semeadura ocorreu em 05/06/2012, de forma manual e a lanço, com densidade de 40 kg ha⁻¹ de sementes, valor corrigido conforme pureza e germinação. A adubação de base foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 04-24-12, conforme necessidades indicadas na análise de solo da área experimental (Anexo 1). A quantidade adicional de nitrogênio, na forma de uréia, foi de 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 80 kg ha⁻¹ fracionada em duas aplicações, 20/07/2012 e 10/08/2012.

Na primeira data de avaliação do azevém, não foram aferidos os elementos meteorológicos nos SAFs e sob as espécies bem como a pleno sol. A condição de pleno sol (testemunha) corresponde aquela onde não existia barreiras a incidência da radiação solar, sendo considerada testemunha. A radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) foi medida nos sistemas agroflorestais e a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em pleno sol para fins de caracterização das condições luminosas.

Para isso foi utilizado um Porômetro de Equilíbrio Dinâmico modelo LICOR-LI1600. As leituras foram feitas a cada quinze dias durante o subperíodo emergência-reprodutivo do azevém entre as 9:00 e 11:00 horas. No sub-bosque foram medidas a um metro de distância das árvores e no topo do dossel do azevém.

No pleno sol as medidas foram feitas no topo do dossel do azevém. Simultaneamente foi aferida a temperatura instantânea do ar com o uso de termômetro portátil marca *Incoterm* com precisão de 0,1 °C, dentro dos sistemas e pleno sol.

Para determinar a produtividade de matéria seca (MS) foram realizados seis cortes utilizando quadro de 0,25 m², em cada um dos tratamentos. Os cortes foram feitos de forma manual a cinco centímetros acima do solo. O primeiro foi em 26/06/2012. Os demais cortes foram em 12/07; 27/07; 09/08; 23/08; 06/2012.

A matéria verde (MV) proveniente dos cortes foi armazenada em saco plástico e levada ao laboratório onde uma sub-amostra foi pesada. A MV pesada foi levada à estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante a fim de se determinar a matéria seca (MS) da forragem. Assim que foram determinadas a MS, as sub-amostras foram utilizadas para determinar o teor de proteína bruta (PB). Para isso foi utilizado o método Kjeldahl, por meio da determinação do nitrogênio total (NT), em digestão ácida por ácido sulfúrico (AOAC, 1975). O teor de PB foi obtido multiplicando a porcentagem de nitrogênio pelo fator 6,25 conforme metodologia de Galvani; Gaertner (2006).

As variáveis respostas foram submetidas à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico SAS (2001).

4.5 Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre sistema de produção x espécie florestal; espécie florestal x corte e interação tripla significativa entre sistema de produção x espécie florestal x corte para a variável produção de matéria seca (MS) de azevém (Apêndice E) e teor de proteína bruta (PB) (Apêndice F).

Os valores do teor de PB em azevém variaram em função dos sistemas de produção, espécies florestais e os cortes ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento do azevém. Entre os sistemas faixa e linha, o teor de PB em azevém não diferiu sob eucalipto e pleno sol, apresentando diferença significativa

quando cultivado sob canafístula, sendo que no sistema linha foram aproximadamente 8% menor em relação ao sistema faixa, sob esta espécie florestal. (Tabela 3).

Tabela 3 – Teor de proteína bruta (%) em *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sub-bosque de espécies florestais e pleno sol. UFSM, Frederico Westphalen, RS, 2012.

	Pleno sol	Espécies Florestais	
		Canafístula	Eucalipto
Sistema linha	20,51 aB	17,79 bC	21,98 aA
Sistema faixa	20,51 aA	19,26 aA	19,22 aA
1° corte (26/6)	26,89 aB	25,53 aC	29,62 aA
2° corte (12/7)	25,66 aA	23,04 bB	23,82 bB
3° corte (27/7)	23,70 aA	20,01 cB	24,00 bA
4° corte (09/8)	20,81 cA	19,69 cB	21,44 cA
5° corte (23/8)	16,79 dA	13,95 dB	13,28 dB
6° corte (06/9)	9,21 eC	9,95 eB	11,43 eA
C.V (%)	5,73		

¹ Médias com letra maiúscula iguais nas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro. Médias com letra minúscula iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Ao comparar os valores de PB dentro de cada sistema, observa-se que no sistema faixa, não diferiu sob as espécies florestais e pleno sol. No sistema linha houve uma redução no teor de PB no sub-bosque de canafístula de 20% em relação ao eucalipto e pleno sol (Tabela 3).

Essa redução pode ser em função de que a canafístula, por ser uma leguminosa, pode ter se beneficiado na absorção de N acarretando em menor teor de PB no azevém. Na Tabela 3, observa-se que a produção de MS de azevém também foi menor sob canafístula no mesmo sistema.

Independente do tratamento, os valores de PB do azevém foram decrescendo na medida em que avançava o ciclo de produção. A concentração de N é maior no estágio vegetativo onde há maior proporção de folhas, característica que diminui com o avanço do ciclo da cultura.

O teor de PB de azevém se ajustou ao modelo linear de regressão quando cultivado em pleno sol e nos sistemas agroflorestais, confirmando que os valores vão decrescendo com o avanço do ciclo de crescimento e desenvolvimento do azevém, independente do sistema de produção avaliado (Figura 5).

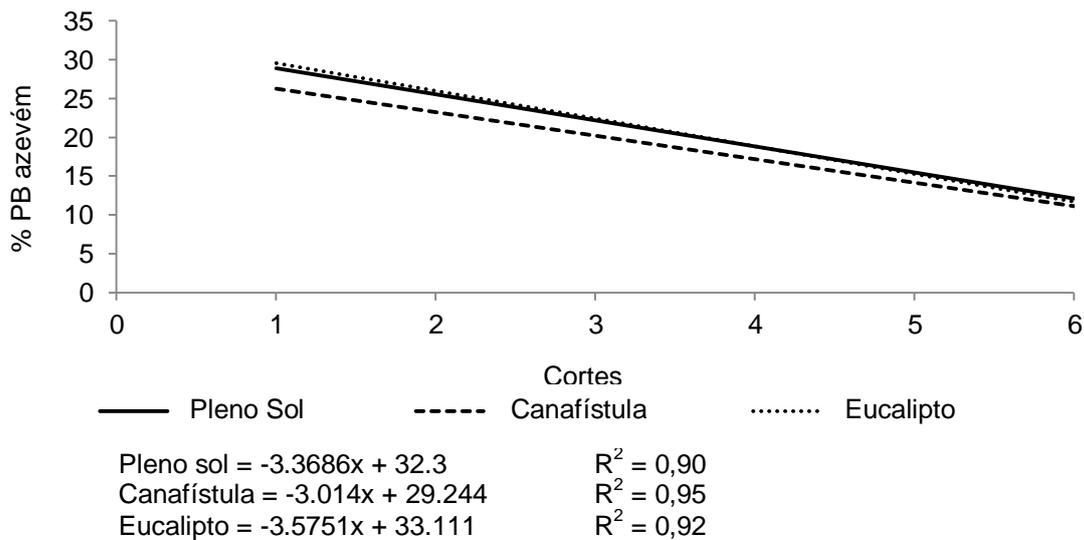


Figura 5 - Teor de proteína bruta (%) em *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum cultivado em sub-bosque de espécies florestais e pleno sol. UFSM, Frederico Westphalen, RS, 2012.

De forma geral, o teor de PB do azevém, em sub-bosque eucalipto, foi semelhante em relação ao pleno sol. Fato que não foi evidenciado sob canafístula, pois teve efeito negativo no teor de PB de azevém em sub-bosque (Tabela 3), discordando de Wilson et al., (1990) que afirmam que o uso de espécies florestais leguminosas pode incidir efeito positivo sobre o teor de PB, em gramíneas, devido à maior mineralização da M.O em função da ação dos micro-organismos mineralizadores.

Os resultados deste estudo divergem de Andrade et al., (2003) que observaram aumentos ainda maiores chegando até 50% em gramíneas cultivadas em ambientes sombreados em relação ao pleno sol.

Avaliando valor nutritivo de azevém em sub-bosque de *Pinus elliottii* Barro et al., (2008) observaram valores de teor de PB menores em pleno sol, em relação à dois níveis de luminosidade, sombra fraca (25% de restrição de luminosidade) e sombra moderada (55% de restrição de luz).

Incrementos no teor de PB em função do sombreamento pode ser observada em outras espécies, como demonstrado por Pacciullo et al., (2007) que concluíram que o sombreamento provocado pela presença de espécies do gênero *Acacia*, possibilitaram aumento no teor de PB em *Brachiaria decumbes*, cultivada no sub-bosque.

Os valores observados durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento do azevém, em relação à quantidade de RFAt, sob as espécies florestais, canafístula e eucalipto, podem influenciar a produção de MS da desta forrageira, pois a luz solar é a principal fonte de energia para os vegetais, principalmente a RFA, que é o espectro da radiação solar responsável pela fotossíntese nos vegetais (Tabela 4).

Tabela 4 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em sistemas agroflorestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol ($\mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$) e percentual de transmissão (%) na cultura do azevém. UFSM, *campus* Frederico Westphalen - RS, 2012.

	Pleno sol		Espécies Florestais			
			Canafístula		Eucalipto	
	RFAt	% Trans.	RFAt	% Trans.	RFAt	% Trans.
26/6	-	-	-	-	-	-
11/7	363 cA	100 aA	223,83bB	38,88 bcB	185,28bcB	44,85bcB
26/7	320 cA	100 aA	214,64bB	24,52 cB	144,76cB	42,17bcB
10/8	1016 aA	100 aA	230,30bB	79,08 aB	455,10aB	55,43bcB
B26/8	683 bA	100 aA	199,29cB	72,94 aB	185,43bcB	76,62aB
10/9	1146 aA	100 aA	514,13aB	54,59 abB	308,10bB	72,50aB

¹ RFAt = radiação fotossinteticamente ativa transmitida; % Trans. = percentual de transmissão.

² Médias com letras minúscula iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro; Médias com letras maiúscula iguais nas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de erro.

Conforme discutido no Capítulo II, os valores de RFA e percentual de transmissão não diferiram estatisticamente entre os sistemas agroflorestais avaliados, diferindo em função do tratamento testemunha, ou seja, pleno sol. (Tabela 4).

A produção de MS de azevém não diferiu tanto entre os sistemas, quanto sob as espécies florestais eucalipto e canafístula, e pleno sol. No sistema linha a produção de MS de azevém apresentou diferença significativa quando cultivado sob canafístula e eucalipto em relação a pleno sol. Sob as espécies florestais o rendimento de MS de azevém foi aproximadamente 77% do rendimento observado em pleno sol (Tabela 5).

Tabela 5 – Produção de matéria seca acumulada (kg ha^{-1}) de azevém cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.

	Pleno sol	Espécies Florestais	
		Canafístula	Eucalipto
Sistema linha	2324,09 aA	1724,08 bA	1773,98 bA
Sistema faixa	2195,84 aA	2204,84 aA	2392,87 aA
1° corte (26/6)	70,26 dA	204,10 dA	160,43 eA
2° corte (12/7)	136,80 dB	268,88 dB	709,87 eA
3° corte (27/7)	2109,00 cA	1151,82 cB	1172,49 dB
4° corte (09/8)	1734,68 dA	2345,54 bA	2365,93 cA
5° corte (23/8)	3137,71 bA	3676,50 aA	3722,49 bA
6° corte (06/9)	6371,33 aA	4139,92 aB	4369,30 aB
C.V (%)	21,0		

¹Médias com a mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro. Médias com a mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Kirchner et al., (2010) estudando o desempenho de gramíneas hibernais no sub-bosque de *Pinnus taeda*, com 14 anos de idade, e 14 metros de estatura, com 30 e 60% de sombreamento, observaram que o azevém foi a espécie mais produtiva em ambos os níveis de luminosidade, em relação a aveia.

Mesmo não havendo diferença significativa no primeiro corte, observa-se que nos SAFs o azevém produziu cerca de 60% mais MS sob canafístula, e 55% sob eucalipto quando comparado ao pleno sol (Tabela 5). Na avaliação seguinte, a produção de MS de azevém sombreado por eucalipto foi 80% maior do que a produção no sistema sem restrição luminosa. Na terceira data de avaliação ocorreu considerável incremento no rendimento de MS, que pode ter sido ocasionado pela primeira aplicação de uréia, ocorrida em 20/06.

O mesmo não ocorreu depois da segunda aplicação de uréia, em 10/08, pois no quinto corte todas as médias foram semelhantes. No sexto corte há redução no acúmulo de MS de azevém no SAFs. A cultura do azevém não apresentou sintomas visuais de deficiência de N durante o período experimental. A produção de MS de azevém ajustou-se ao modelo quadrático de regressa para pleno sol, canafístula e eucalipto (Figura 6).

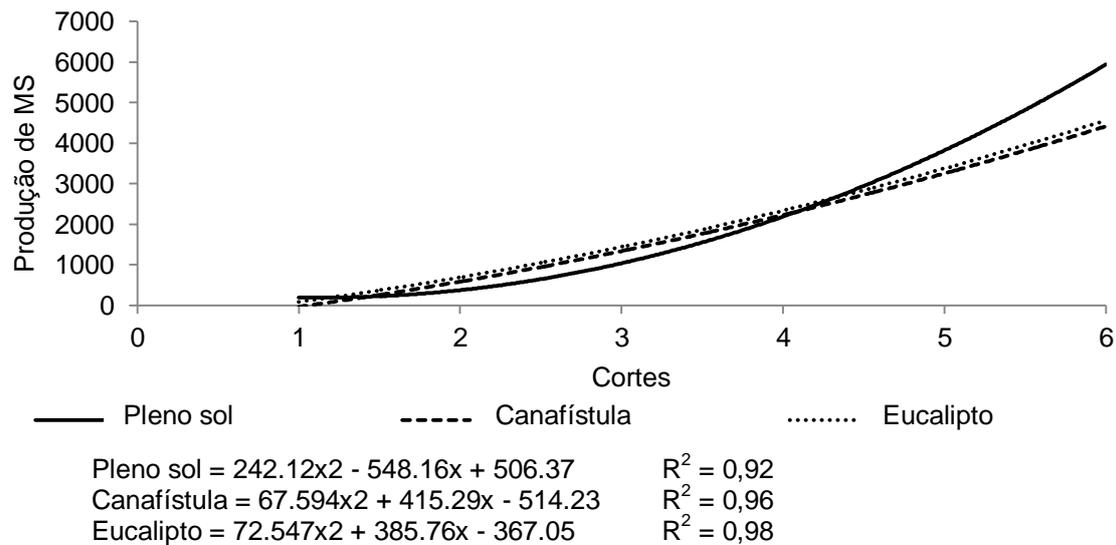


Figura 6 - Produção de matéria seca acumulada (kg ha^{-1}) de azevém cultivado em sistemas agroflorestais e em pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.

A variação da produção de MS de azevém entre os sistemas avaliados pode ser relacionada à quantidade e qualidade da radiação que incide sob o estrato inferior de um SAFs, que poderá interferir na morfogênese na cultura anual, fazendo com que esta sofra uma aclimatação ao ambiente, modificando a morfologia da planta para melhor aproveitamento luz solar.

Outro fator que pode explicar as diferenças nos valores de produção de MS é em relação à rota de assimilação da espécie que está vegetando o sub-bosque. O azevém é uma gramínea com rota de assimilação de CO_2 do tipo C_3 , e essas espécies são mais tolerantes ambientes sombreados, podendo manter sua produção semelhante ao cultivo em pleno sol. Isso, explica-se porque esses vegetais necessitam entre 25 a 50% de luz solar plena para atingir o ponto de saturação luminosa (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Essa aclimatação, também permite que a planta produza MS no ambiente sombreado. De acordo com Garcez Neto et al., (2010), entre as modificações morfológicas que interferem na quantidade de MS produzida, destaca-se a área e orientação da lâmina foliar, o comprimento do colmo, o número de folhas e a relação lâmina/colmo.

A terceira é em função da adubação nitrogenada que foi aplicada em cobertura. Segundo Pacciullo et al., (2007) o aumento da produção de MS em função da adubação nitrogenada está diretamente relacionado aos níveis de

sombreamento. Porém os resultados são mais evidentes em solos com baixa concentração deste nutriente.

Conforme Carvalho et al., (2002) em níveis moderados de sombra, o crescimento da gramínea cultivada em sub-bosque, poderá ser até maior do que em pleno sol, devido ao aumento da disponibilidade de N no solo.

Há também a questão sobre a estabilidade da matéria orgânica (M.O) do solo, visto que a mineralização da M.O resulta na liberação dos nutrientes essenciais às plantas. Em SAFs cultivam-se mais de uma espécie associadas em uma mesma área, permitindo que diferentes estratos do solo sejam explorados em função dos tipos e tamanho das raízes das culturas que o compõe, além das diferentes fontes de M.O existente.

A queda de material senescente e as raízes das árvores podem contribuir no aumento de M.O do solo em SAFs. Desta maneira, poderá ocorrer a disponibilização de nutrientes que estão em camadas mais profundas do solo, assim como incremento em M.O através material depositado pelas árvores, refletindo na produção da cultura anual que compõe o sistema. De acordo com Xavier et al., (2003) e Silva et al., (2012) os efeitos da ciclagem de nutrientes em SAFs, ficam mais evidentes quando a espécie florestal utilizada é uma leguminosa que possui a capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera.

Os SAFs promovem maior produção de biomassa aérea e subterrânea, favorecendo a manutenção da fertilidade do solo por meio de uma ciclagem mais eficiente de nutrientes (ALVES et al., 2011). Além disso, o uso de SAFs propicia condições mais favoráveis para a atividade dos micro-organismos, resultante do maior aporte de M.O desses solos (PEZARICO et al., 2013).

A presença de leguminosas arbóreas no sistema de produção pode tornar o processo de decomposição da serrapilheira mais rápido, em função da baixa relação C/N que favorece a atividade dos micro-organismos e acelera a decomposição e mineralização dos nutrientes.

Esse fato não pôde ser constatado no presente estudo, visto que, a produção de MS de azevém cultivado sob canafístula, que é uma espécie leguminosa, foi semelhante ao produzido no sub-bosque de eucalipto (Tabela 5).

Observando os valores de produção de MS do azevém, observa-se que, ao longo do ciclo experimental, o rendimento sob as espécies florestais na sua maioria são semelhante aos valores em pleno sol (Tabela 5). Dessa forma podemos sugerir

que a restrição luminosa também não prejudicou a produção de MS do azevém cultivado em sub-bosque das espécies florestais.

Segundo Pedroso (2002) quando a pastagem de azevém atingir produção de MS de aproximadamente, 1500 kg de MS ha⁻¹ estará estabelecida, pronta para cortes ou receber os animais para pastejo, sem afetar a estrutura das plantas.

Sendo assim, observa-se que a produção considerada ideal de MS de azevém no sub-bosque das espécies canafístula e eucalipto ocorreram a partir do terceiro corte, ou seja, próximo do 55° dia após a semeadura, discordando de Conto et al., (2011) que afirmam que, em sistemas tradicionais de cultivo, deverá estar estabelecida aos 60 dias. Logo, o azevém avaliado nesse estudo, em ambientes com aproximadamente 30% de redução da luminosidade, atendeu o tempo sugerido para estabelecimento da pastagem.

Em pleno sol o estabelecimento da pastagem de azevém ocorreu mais cedo, a partir do segundo corte, próximo do 40° dia após a semeadura (Tabela 5). Esses resultados interferem no tempo de utilização da pastagem, pois considerando que o término do ciclo de crescimento e de desenvolvimento do azevém ocorreu simultaneamente no SAFs e em pleno sol, o tempo de utilização desta forrageira será de 15 dias a menos no SAFs em relação ao pleno sol.

Em ambos os sistemas de produção avaliados, faixa e linha, o total de MS acumulada de azevém é satisfatório para que esta espécie possa ser usada em SAFs, pois os valores são semelhantes aos encontrados na literatura para a cultura em sistemas tradicionais, ou seja, é uma alternativa de forrageira para ser usadas em ambientes sombreados.

Os valores de produção acumulada de MS de azevém observados em todos os tratamentos, são semelhantes ao valor observados por Tonetto et al., (2011), que foi de 4,9 t ha⁻¹ de MS de azevém cv. Comum, em sistema tradicional de cultivo, visando duplo propósito, submetidos a cinco cortes e superior ao observado Mittelman et al., (2010) que observaram produção acumulada de MS de azevém cv. Comum de 3,0 t ha⁻¹, submetidos a cinco cortes.

O sucesso de um SAFs não está em na avaliação de um único fator ou componente e sim, na interação destes que contribuem para que os sistemas sejam produtivos nas condições avaliadas, ou seja, conforme demonstrado e discutido, as condições nos sistemas estudados não limitaram a produção de MS de azevém e a concentração de PB do mesmo.

4.6 Conclusões

A restrição luminosa imposta pelas copas de eucalipto e canafístula, independente do sistema, faixa ou linha, não limitaram a produção de MS e influenciaram o teor de PB de azevém.

Os rendimentos de MS apresentados, assim como a os teores de PB satisfazem em quantidade e qualidade para a utilização desta espécie como alternativa forrageira em sistemas agroflorestais.

4.7 Referências

ALVES, T. S.; et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.

ANDRADE, M.S.A.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Virginia: AOAC, 1990.

BARRO, S. R. et al. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**. vol. 37, n. 10, p. 1721 – 1727. 2008.

CARVALHO, M. M.; et al. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37; n. 5, p. 717-722, 2002.

CUNHA, N.G. da; et al. Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS. **Circular Técnica 116**. EMBRAPA, 2011.

DE CONTO, L. Relação azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) – ruminante. **Archivos de zootecnia**. vol. 60. p. 42. 2011.

DANIEL, O.; et al. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, v.22, n.3, 1999.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. EMBRAPA. **Circular Técnica 63**. Corumbá, MS. 2006.

GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOOT, D. J.; GOBBI, K. F. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.1, p.42-50, 2010.

KIRCHNER, R.; et al. Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.11, p.2371-2379, 2010.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MITTELMANN, A. et al. Caracterização agrônômica de populações locais de azevém na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.40, n.12, 2010.

PACIULLO, D.S.C.; et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PEDROSO, C.E.S. 2002. **Desempenho e comportamento de ovinos em gestação e lactação nos diferentes estágios fenológicos de azevém anual sob pastejo**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 95 pp.

PEZARICO, C. R. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis user's guide**. Version 8.2. Cary, 2001. 1686p.

SILVA, C. F.; et al. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do

Paranaíba do sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1680-1689, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Editora Artmed. 2013. 918 p.

TONETTO, C. J. et al. Produção e composição bromatológica de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Zootecnia Tropical**. v. 29, p.169-178. 2011.

WILSON, J.R. et al. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grassland**, Brisbane, v.24, p.24-28, 1990.

XAVIER, D. F. et al. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicales**, v. 25, p. 23-26, 2003.

5 CAPÍTULO IV

ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA E ANATOMIA DE FOLHAS DE *Lolium multiflorum* Lam cv. Comum CULTIVADO EM SUB-BOSQUE DE ANGICO-VERMELHO E CANAFÍSTULA

5.1 Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a área foliar específica (AFE) e anatomia de folhas de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum, com a finalidade de caracterizar a aclimação desta forrageira em resposta a diferentes condições luminosas. O experimento foi conduzido em um sistema agroflorestal (SAF) implantado há cinco anos em Frederico Westphalen, RS. O delineamento experimental utilizado foi bloco ao acaso no esquema *split plot*, com três repetições, entre junho e setembro de 2012. As espécies florestais, angico-vermelho e canafístula, foram distribuídas em renques, espaçados em seis metros cada, sendo que os tratamentos foram azevém anual semeado no sub-bosque das espécies florestais e em pleno sol. A radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) no SAF e a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em pleno sol, foram medidas para fins de caracterização das condições luminosas. A AFE foi estimada com auxílio de um integrador de área foliar. Para avaliar o efeito do sombreamento sobre a anatomia de folhas de azevém anual, foram coletadas amostras de lâminas foliares totalmente expandidas. Após o preparo do material botânico, foi realizada secção transversal com auxílio de um micrótomo de rotação, tendo sido realizadas medições do mesofilo e espessura da parede periclinal externa na epiderme de ambas as faces da folha. Para estimar a densidade estomática, foram confeccionadas lâminas semipermanentes através da técnica de impressão da epiderme. A contagem foi realizada através da projeção do campo de visão conhecido do microscópio marca Bioval modelo 1000. Esse procedimento foi repetido para ambas as faces da folha. Utilizaram-se as mesmas lâminas para determinar o tamanho dos estômatos (μm). A morfometria foi realizada com auxílio de uma ocular micrométrica de um microscópio marca LEICA modelo DM1000. Não houve diferença significativa entre a RFAt para as espécies florestais, angico-vermelho e canafístula. A AF do azevém, foi maior sob sombreamento das espécies florestais em relação ao pleno sol. A espessura do mesofilo, bem como a espessura da parede periclinal externa, incluindo a cutícula, foi maior em folhas de pleno sol em relação às sombreadas. O tamanho dos estômatos na face adaxial de folhas de azevém foi maior em sombreamento, enquanto que na face abaxial não diferiram. Já a densidade estomática diferiu em ambas as faces da folha. Na face adaxial a densidade foi maior em folhas sob sombreamento. Na face abaxial a

densidade foi maior em folhas que cresceram em pleno sol. Diante dos resultados verificou-se que algumas características estruturais das folhas de *Lolium multiflorum* Lam cv. Comum, são influenciadas pela luminosidade.

Palavras-chave: Acclimação. Azevém. Sistema agroflorestal. Sombreamento.

5.2 Abstract

The aim of this study was to evaluate the specific leaf area (SLA) and anatomy of leaves of *Lolium multiflorum* Lam cv. Common with the purpose of characterizing this forage acclimation in response to different lighting conditions. The experiment was conducted in an agroforestry system (AFS) implanted five years ago in Frederico Westphalen, RS. The experimental design was in randomized block in split plot scheme, with three replications, between June and September 2012. Forest species, Angico Vermelho and Canafístula were distributed in rows, spaced six feet each one, and the treatments were annual ryegrass in the understory of the forest species and in full sun. The photosynthetically active radiation transmitted (PAR_t) in SAF and photosynthetically active radiation incident (PAR_i) were measured in full sun for the purpose of characterization of lighting conditions. The AFE was estimated with the assistance of an integrator of leaf area. To evaluate the effect of shading on the anatomy of leaves of annual ryegrass, samples of fully expanded leaf blades were collected. After preparing the botanical material, cross sectioning was performed with assistance of a rotary microtome, measurements of mesophyll and periclinal wall thickness of the outer epidermis of both surfaces of the leaf have been made. To estimate the stomatal density, semi-permanent slides were prepared using the technique of epidermis printing. Counting was performed by projecting the field of view known of the microscope brand Bioval 1000 model. This procedure was repeated for both sides of the leaf. The same slides were used to determine the size of the stomata (μm). The morphometry was performed using an ocular micrometer in a microscope LEICA DM1000 model. There was no significant difference between PAR_t for forest species, Angico Vermelho and Canafístula. The FA ryegrass was higher under shade of tree species in relation to full sun. The thickness of the mesophyll and the thickness of the outer periclinal wall, including the cuticle, was higher in leaves of full sun compared to shaded. The size of the stomata on the adaxial surface of leaves of ryegrass was higher in shade, whereas on the abaxial did not differ. The stomatal density differ in both sides of the leaf. Adaxially density was higher in leaves under shade. On the abaxial surface density was higher in leaves grown in full sun. With the results it was found that some structural features of leaves of *Lolium multiflorum* Lam cv. Common are influenced by light.

Keywords: Acclimation. Ryegrass. Agroforestry system. Shading.

5.3 Introdução

Os sistemas agroflorestais podem ser usados como alternativa lucrativa de exploração às grandes e pequenas propriedades rurais, pois permitem serem adaptados às características de cada local. Este tipo de manejo tem destaque em função de sua importância no desenvolvimento de áreas agrícolas, revertendo em melhor uso da terra, buscando não somente o aumento da produtividade, mas também melhorias dos aspectos ambientais e socioeconômicos da população.

Para ser um sistema agroflorestal deve haver a presença de pelo menos uma espécie arbórea, ou lenhosa associada com cultivo de interesse agrícola, com ou sem a presença de animais (DANIEL et al.; 1999). Assim, permite que o produtor tenha mais de um produto comercial em uma mesma área, aumentando a renda da propriedade, podendo preservar o meio ambiente em que está inserido e ainda, contribui para diminuir o risco de perda da produção.

Outro fator de grande relevância é a escolha da espécie que será implantada no sub-bosque. Esta deve ter como característica a manutenção do seu desempenho produtivo em condições de sombreamento moderado ou até mesmo intenso, pois este pode ter efeito sobre o crescimento, desenvolvimento, a produtividade e qualidade dessas plantas. Gramíneas que apresentam tolerância a ambientes de sombreamento, podem manter sua produção semelhante ao cultivo em pleno sol (SOUSA et al., 2009).

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) é, dentre as Poaceae de estação fria, a espécie mais utilizada por pecuaristas do Rio Grande do Sul, para compor as pastagens nesse período. Essa forrageira possui elevado potencial produtivo de matéria seca, além da alta qualidade e da facilidade de manejo. Segundo Varela et al. (2008) o azevém possui tolerância média ao sombreamento podendo, portanto ser usado em sistema agroflorestal.

Para se atingir o máximo de rendimento forrageiro e sua manutenção ao longo do tempo é fundamental conhecer a morfologia, fisiologia e principalmente como a espécie influenciada e/ou reage frente diferentes condições de cultivo.

Plantas que se desenvolvem em ambientes específicos, tal como sistemas agroflorestais, que proporcionam certa limitação em relação à luz, podem apresentar

diferenças nas características morfológicas, principalmente das folhas, devido à aclimação a essa condição. Entre as modificações morfológicas que podem ocorrer em ambientes com baixa luminosidade e que interferem na quantidade e qualidade da forragem, pode-se destacar a área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e o número de folhas e a relação folha/colmo (GARCEZ NETO et al., 2010).

Em ambientes sombreados as plantas tendem a possuir maior área foliar específica, que eleva a capacidade de captação de luz disponível. Esse aumento está diretamente relacionado à aclimação que esta planta sofre, permitindo que esta cresça em ambientes de baixa luminosidade (GOBBI et al., 2011).

De acordo com Lin et al. (1999) as mudanças ambientais causadas pelo sombreamento provocam alterações morfológicas nas espécies que estão vegetando sob a copa das árvores. Nobel (1980) em estudos com gramíneas subtropicais, que possuem metabolismo C_3 , mostrou que o fator ambiental que, isoladamente, mais influencia na anatomia foliar, é a quantidade de RFAi durante o ciclo de desenvolvimento da folha.

As folhas que se desenvolvem em pleno sol comumente são mais espessas que as folhas de sombra e, essas modificações ocorrem de maneira irreversível já no surgimento do primórdio foliar (ESAU, 1965; TAIZ; ZEIGER, 2013) onde a divisão celular e conseqüente desenvolvimento podem ser afetados tanto por quantidade quanto qualidade de luz (CUTTER, 2002).

Os estômatos têm como principal função as trocas gasosas entre a planta e o ambiente, podendo variar quanto ao número, posição e forma. Em folhas paralelinérveas de Poaceae, as células estomáticas são, normalmente, em forma de halteres, podendo variar a posição e a densidade em função do ambiente (GLÓRIA et al., 2005).

A verificação das modificações que ocorrem na planta, em função da aclimação ao local de produção onde há sombreamento, auxilia na seleção de espécies forrageiras adequadas para o uso em sistemas agroflorestais.

Neste contexto, avaliou-se neste estudo, a área foliar específica e as características anatômicas de folhas totalmente expandidas de azevém com o objetivo de caracterizar a aclimação desta espécie, em resposta a diferentes condições luminosas.

5.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma área situada próximo a Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, latitude 27°23'26"S; longitude 53°25'43" e altitude 461,3 m, que possui instalado um sistema agroflorestal há cinco anos. O solo da área experimental é classificado como Neossolo litólico eutrófico típico pouco profundo, com afloração de rochas e razoável fertilidade natural (CUNHA et al., 2011).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa, ou seja, subtropical úmido com temperatura média anual de 19,1 °C, variando com máxima de 38 e mínimo de 0 °C. Iraí, distante aproximadamente 30km de Frederico Westphalen, é o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Conforme proposta de MALUF (2000), Iraí apresenta clima de tipo subtropical subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8 °C e temperatura média do mês mais frio de 13,3 °C.

O estudo foi conduzido em delineamento experimental blocos ao acaso, com três repetições, entre junho e setembro de 2012. Para compor os tratamentos o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum) foi semeado em três ambientes, em termos de irradiância: radiação solar plena, tratamento sem espécies florestais; sombreamento com angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida*), com presença de renques de angico-vermelho; e sombreamento com canafístula (*Peltophorum dubium*), com presença de renques de canafístula. As parcelas com área útil de 20 m² (Apêndice G). As espécies florestais foram distribuídas em cinco renques, separados por 6,0 m cada.

A adubação de base foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 04-24-12, e a quantidade de nitrogênio, na forma de uréia, foram de 20 kg ha⁻¹ na semeadura, conforme necessidades indicadas na análise de solo da área (Anexo 1). A semeadura ocorreu em 01/06/2012, de forma manual e a lanço, com densidade de 40 kg ha⁻¹ de sementes, valor corrigido conforme pureza e germinação da semente. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de uréia, fracionada em duas aplicações, 20/07/2012 e 10/08/2012.

A radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) no sistema agroflorestal e a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em pleno sol, foram medidas para fins de caracterização das condições luminosas. Para isso foi utilizado um Porômetro de Equilíbrio Dinâmico modelo LICOR-LI1600. As leituras foram feitas a cada quinze dias durante o período da emergência ao florescimento do azevém entre as 9:00 e 11:00 horas. No sub-bosque as medidas foram realizadas a 1,0 m de distância das árvores e no topo do dossel do azevém. No pleno sol as medidas foram feitas no topo do dossel do azevém.

O efeito do sombreamento foi quantificado por meio de avaliações da área foliar específica (AFE) e na anatomia foliar do azevém anual. Para determinar a AFE (área de folha (cm²) /massa de folha(g)) utilizou-se um Integrador de Área Foliar modelo LI3000. Para isto, foram selecionadas três plantas inteiras e separadas todas as folhas e determinado à área foliar (AF). Após as lâminas foram levadas à estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante. Posteriormente, esse material foi pesado novamente para se determinar o peso seco. Com esses valores determinou-se a AFE.

Para as avaliações anatômicas foram coletadas amostras de folhas de azevém, totalmente expandidas. O material foi fixado em formaldeído 3,7% e em solução tampão de fosfato de sódio 0,1 M com pH 7,2 e foi submetido a vácuo. Após a retirada do vácuo, o material botânico, foi lavado em tampão fosfato de sódio 0,1M pH 7,2 duas vezes de 15 minutos cada etapa. Após, foi lavado em duas etapas, sendo cada uma durante 15 minutos cada. Em seguida foi feita lavagem em Tween20 (2ml.L⁻¹), durante cinco dias, trocando a solução duas vezes ao dia. Posteriormente, realizou-se a desidratação em série etílica, com álcool etílico (10; 30; 50; 70 e 100%). O material foi pré-infiltrado com uma solução de hidroxietilmetacrilato (GERRITS; SMID, 1983) e etanol absoluto durante 12h, seguido de infiltração em hidroxietilmetacrilato puro por cerca de 12h e emblocado com esta resina em suporte de Teflon até sua polimerização (GERRITS; SMID, 1983). As secções, nas espessuras de 3 a 4µm, foram feitas em micrótomo de rotação Leica RM2245. O corante padrão utilizado foi Azul de Toluidina 0,05%. As observações foram realizadas em microscópio Leica DM1000 e as foto micrografias foram realizadas em microscópio Leica DM2000 com câmera digital de imagem DFC 295 com software LAS para captura. Foram estabelecidas que a partir da nervura

central, seriam realizadas as medições do mesofilo e da cutícula, sempre na 1 adaxial da epiderme foliar.

Para estimar a densidade estomática (número de estômatos/mm²) foram confeccionadas lâminas semipermanentes através da técnica de impressão da epiderme, que consistiu em colocar uma gota de adesivo instantâneo ur (éster de cianoacrilato) sobre uma lâmina de vidro, onde a região de interesse foliar foi pressionada sobre a lâmina, por 30 segundos, tempo necessário para que o adesivo espalhasse e secasse suficientemente, permitindo a separação da folha de azevém da lâmina e a manutenção da impressão da epiderme. A contagem foi realizada através da projeção do campo de visão conhecido do microscópio marca Bioval modelo 1000. Esse procedimento foi repetido para ambos os lados da folha. Utilizaram-se as mesmas lâminas para determinar o tamanho dos estômatos (µm). A morfometria foi realizada com auxílio de uma ocular micrométrica de um microscópio marca LEICA modelo 1000.

As variáveis respostas foram submetidas à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

5.5 Resultados e Discussão

A radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) apresentou tendências semelhantes em função das copas das espécies florestais, angico-vermelho e canafístula, havendo diferença apenas em relação a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em pleno sol (Figura 1A).

Os valores de RFAi em pleno sol variam entre 363 a 1146 µmol cm² s⁻¹, a RFAt em angico-vermelho foram entre 190 a 360 µmol cm² s⁻¹, e entre 223 a 514 µmol cm² s⁻¹ para canafístula. Dessa forma podemos dizer que o tipo de copa formada por essas espécies transmitiram entre 40 a 70%, aproximadamente, de RFAi em pleno sol para o sub-bosque do sistema agroflorestal, durante o período experimental (Figura 1B). Esses valores confirmam a proposta de Larcher (2000)

que diz que, o fluxo de RFA diminui à medida que atravessa o dossel estratificado de um sistema agroflorestal.

Para Garcez Neto et al. (2010) estas pequenas variações podem dificultar o manejo da espécie que compõe o sub-bosque pois, tornam o sistema agroflorestal muito heterogêneo em relação ao sistema tradicional, sem presença de árvores.

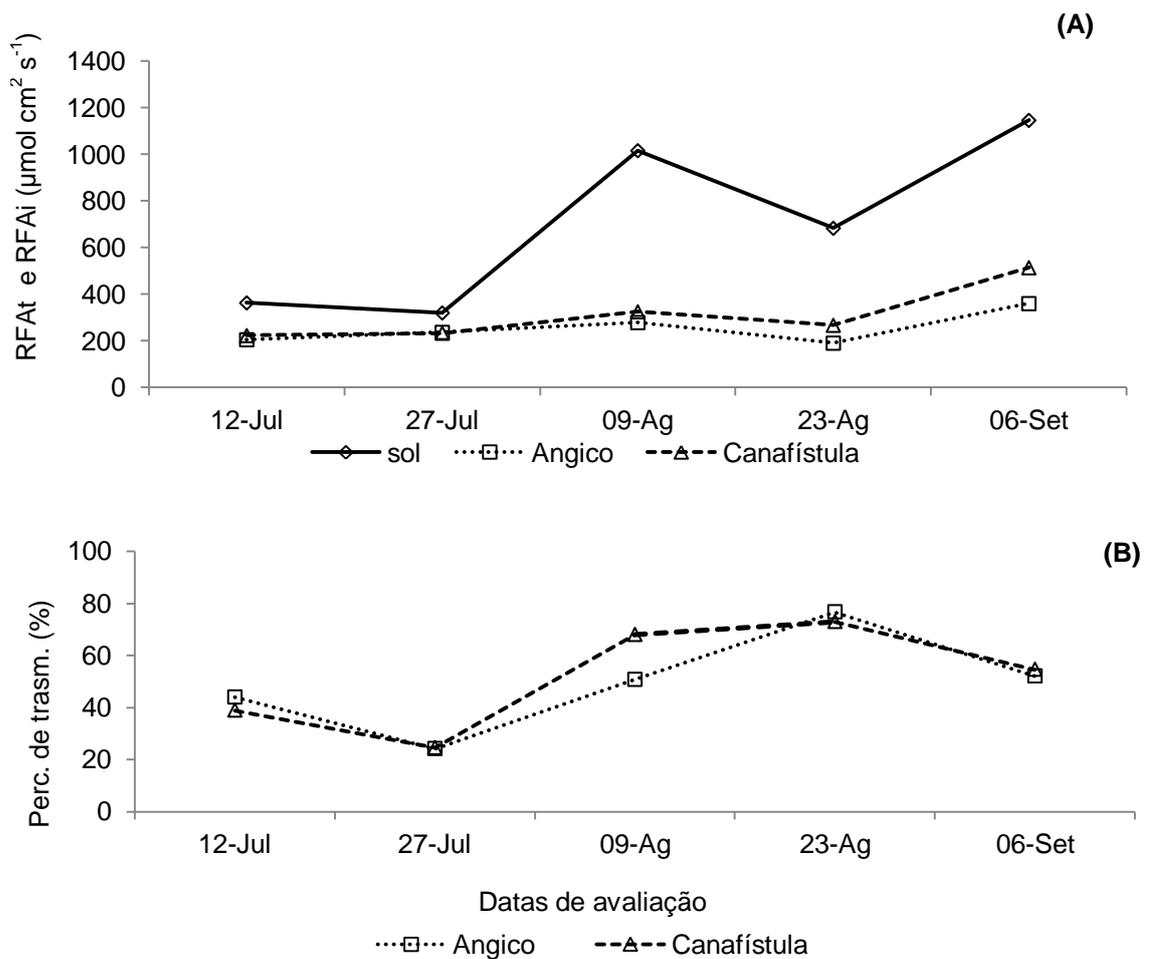


Figura 7 - Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em diferentes sistemas agroflorestais, radiação fotossinteticamente ativa incidente em pleno sol (A) e percentual de transmissão (B) em sub-bosque de angico-vermelho e canafístula e pleno sol. UFSM, *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012.

No sistema agroflorestal observa-se que a redução na luminosidade ocasionada pela presença das espécies florestais, angico-vermelho e canafístula, promoveu um aumento na área foliar específica (AFE) do azevém cultivado no sub-bosque (Figura 8). Os valores de AFE nesses sistemas foram maiores em

aproximadamente 20% e 30% para canafístula e angico-vermelho, respectivamente, em relação a pleno sol.

De acordo com Voltolini; Santos (2011) plantas desenvolvidas em ambientes sombreados costumam apresentar maior AFE em relação a plantas de sol pleno. Dessa forma a planta compensa a menor quantidade de RFA de ambientes com baixa luminosidade, podendo aumentar a captação da luz que chega ao estrato.

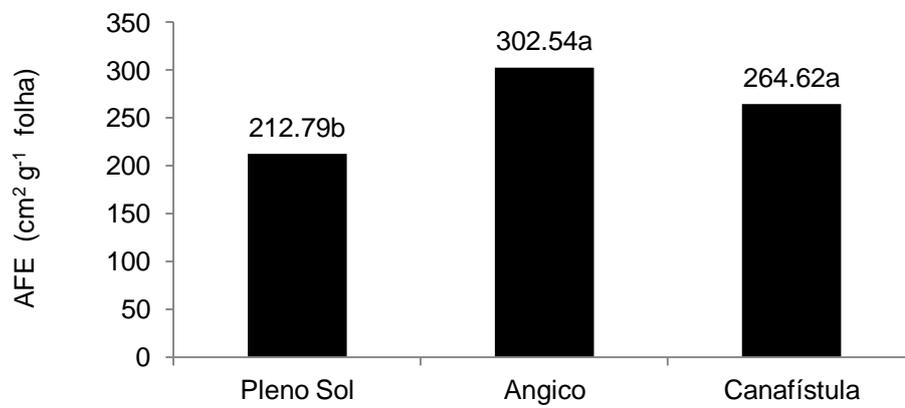


Figura 8 – Área foliar específica (AFE) de folhas de *Lolium multiflorum* Lam cv. Comum cultivado em sub-bosque de angico-vermelho, canafístula e em pleno sol. UFSM, campus Frederico Westphalen, RS, 2012.

É possível relacionar o aumento da AFE de azevém cultivado no SAFs com o tamanho dos espaços intercelulares. Observando a Figura 9 fica evidente que, as folhas de azevém que se desenvolveram nesse tipo de ambiente, que possui restrição quanto à luminosidade, possuem espaços intercelulares maiores em relação às folhas que se desenvolveram em pleno sol.

Os resultados observados nesse estudo em relação ao aumento da AFE do azevém em função do sombreamento, concordam com Garcez Neto et al. (2010) que observaram que a AFE de azevém perene foi maior sob diferentes níveis de sombreamento artificial em relação ao ambiente sem sombra, afirmando que sombreamentos entre 25 e 50% proporciona maiores condições de aclimação morfológica para compensar a restrição luminosa.

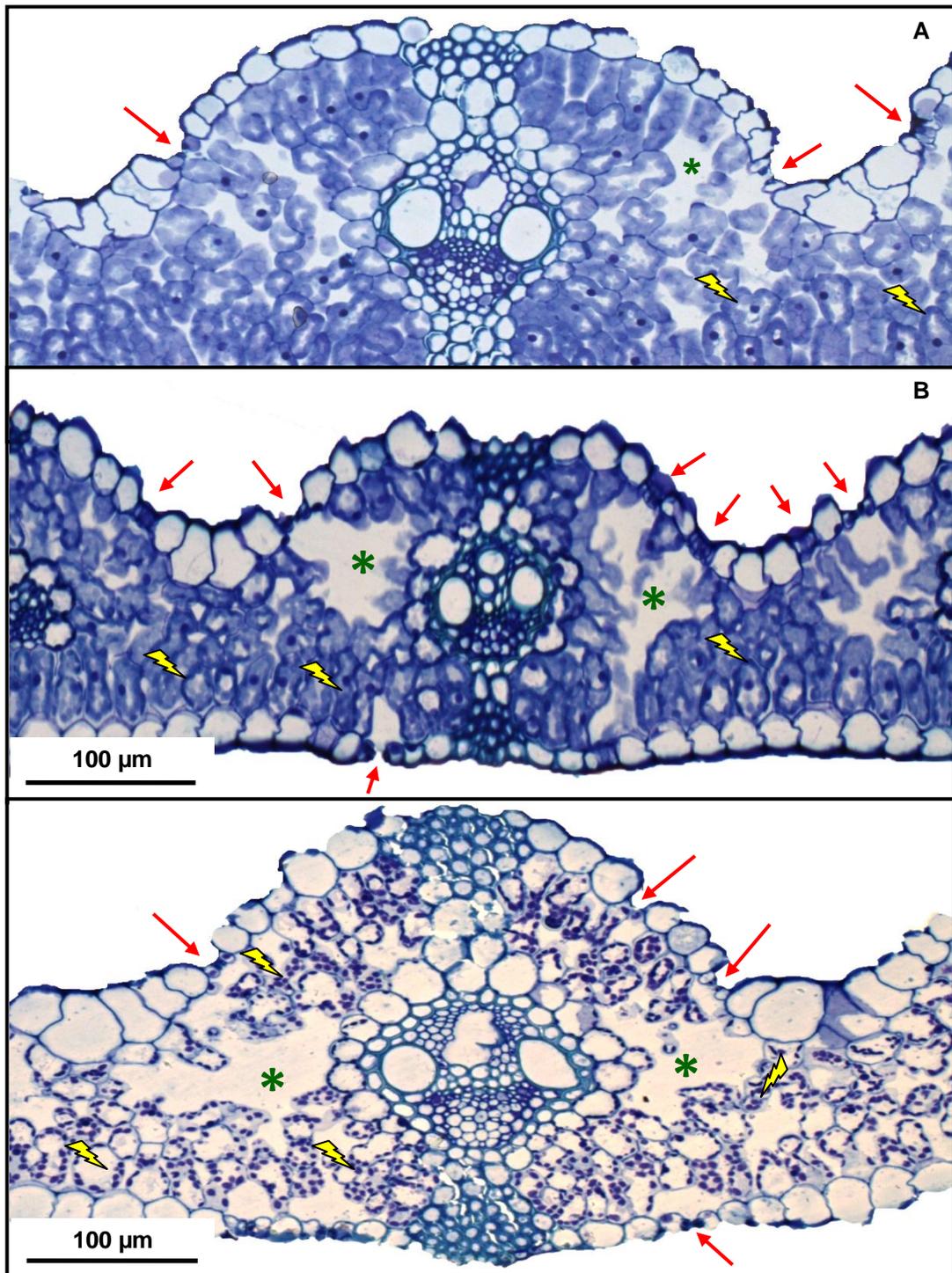


Figura 9 – Aspecto geral mesofilo de folha de azevém cultivado em pleno sol (A) e em sub-bosque de angico-vermelho (B) e canafístula (C). UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012. Asteriscos indicam espaços intercelulares. Setas vermelhas indicam estômatos. Figuras amarelas indicam cloroplastos.

Essa aclimação sugere uma melhora em relação à fotossíntese do azevém nesse tipo de ambiente, concordando, assim com Lambers et al. (1998) que afirmam que o aumento em AFE melhora a capacidade fotossintética das folhas sombreadas.

Alterações morfológicas importantes, tanto quantitativas quanto qualitativas, ocorreram nas folhas de azevém em função do sombreamento provocado pela presença das espécies angico-vermelho e canafístula no ambiente de produção.

A variável espessura do mesofilo, quando comparada, não diferiu estatisticamente na condição de sombreamento, gerado por ambos os tipos de copa de angico-vermelho e de canafístula, porém diferiu estatisticamente quando tal variável foi comparada entre aqueles indivíduos cultivados na sombra em relação à testemunha, sendo o mesofilo mais espesso na última condição (Tabela 6).

De forma complementar, se indica que o mesofilo em sub-bosque de angico-vermelho foi 13%, e em sub-bosque de canafístula foi 16% menos espesso, respectivamente, em relação ao pleno sol. A característica espessura do mesofilo em folhas de azevém cultivado em sub-bosque, não foi afetada pelo aumento dos espaços intercelulares nesse ambiente (Figura 9).

Tabela 6 – Espessura de mesofilo, espessura cutícula + PPE, tamanho de estômato e densidade estomática em *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum em pleno sol e sombreamento. UFSM, campus Frederico Westphalen, RS, 2012.

Medidas anatômicas (μm)	Pleno Sol	Espécie Florestal		C.V (%)
		Angico	Canafístula	
Espessura mesofilo	21,45 a	18,62b	17,93b	19,63
Face Adaxial				
Espessura PPE + cutícula	4,53a	1,01c	2,38b	19,50
Tamanho estômato	1,18b	1,53a	1,60a	13,11
Densidade estomática	20,0c	59,08a	46,25b	17,25
Face Abaxial				
Tamanho estômato	5,26b	5,80a	5,42a	9,45
Densidade estomática	24,16a	15,16b	17,35b	12,82

¹PPE + cutícula = espessura da parede periclinal externa + cutícula.

²Médias com a mesma letra minúscula na linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6, ocorreu a diminuição da espessura do mesofilo de folhas de azevém nas condições de sombreamento avaliada neste estudo, quando comparados a pleno sol (Tabela 6). Não foram verificadas diferenças na espessura de mesofilo da folha do azevém sob as duas

espécies florestais. Esse recurso é uma estratégia da espécie para melhor aproveitar a quantidade de RFA que atinge o estrato inferior de um SAFs.

As folhas que se desenvolvem em sol pleno, tendem ser mais espessas em relação às folhas que se desenvolveram sob algum grau de sombreamento. Essa característica pode estar relacionada ao fato de que essas folhas possuem as células do mesofilo maiores em decorrência da aclimatação sofrida pela planta ao ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A espessura da parede periclinal externa + cutícula diferiu entre o ambiente sombreado e pleno sol (Figura 10). Embora, significativamente, não houve diferença entre o percentual de transmissão da RFA para o sub-bosque das espécies florestais (Figura 7), a quantidade de radiação a mais sob canafístula, em relação ao angico-vermelho, foi suficiente para expressar diferença na espessura da cutícula da epiderme das folhas de azevém que se desenvolveram sob essas espécies (Tabela 6).

A parede periclinal externa + cutícula das folhas de azevém em pleno sol foram aproximadamente, 80% maior em relação às folhas sombreadas por angico-vermelho, e 50% maior que as folhas sob canafístula, ou seja, quanto maior for a quantidade de RFA que incide sobre a folha maior é a espessura da cutícula (Tabela 6).

Essas diferenças são relevantes, pois a cutícula é uma camada que faz parte do complexo estrutural de revestimento nas plantas, evitando efetivamente perdas de água. Externamente à camada cuticular é usual o depósito de ceras epicuticulares que também se tornam parte do sistema de revestimento e isolamento vegetal. Segundo Taiz; Zeiger (2013) folhas de sol apresentam uma camada mais espessa de cutícula em relação às folhas de sombra. No presente estudo não foi observado maior espessamento cuticular, e sim maior espessamento da parede periclinal externa e passou por processo de cutinização.

O tamanho dos estômatos apresentou diferença significativa entre o SAF quando comparado ao pleno sol em ambas as faces da folha de azevém. Na face adaxial, os estômatos foram 30% maiores quando submetidos ao sombreamento em relação ao ambiente sem presença de árvores. Na face abaxial a diferença de tamanho dos estômatos foi de 10% no SAF em relação ao pleno sol.

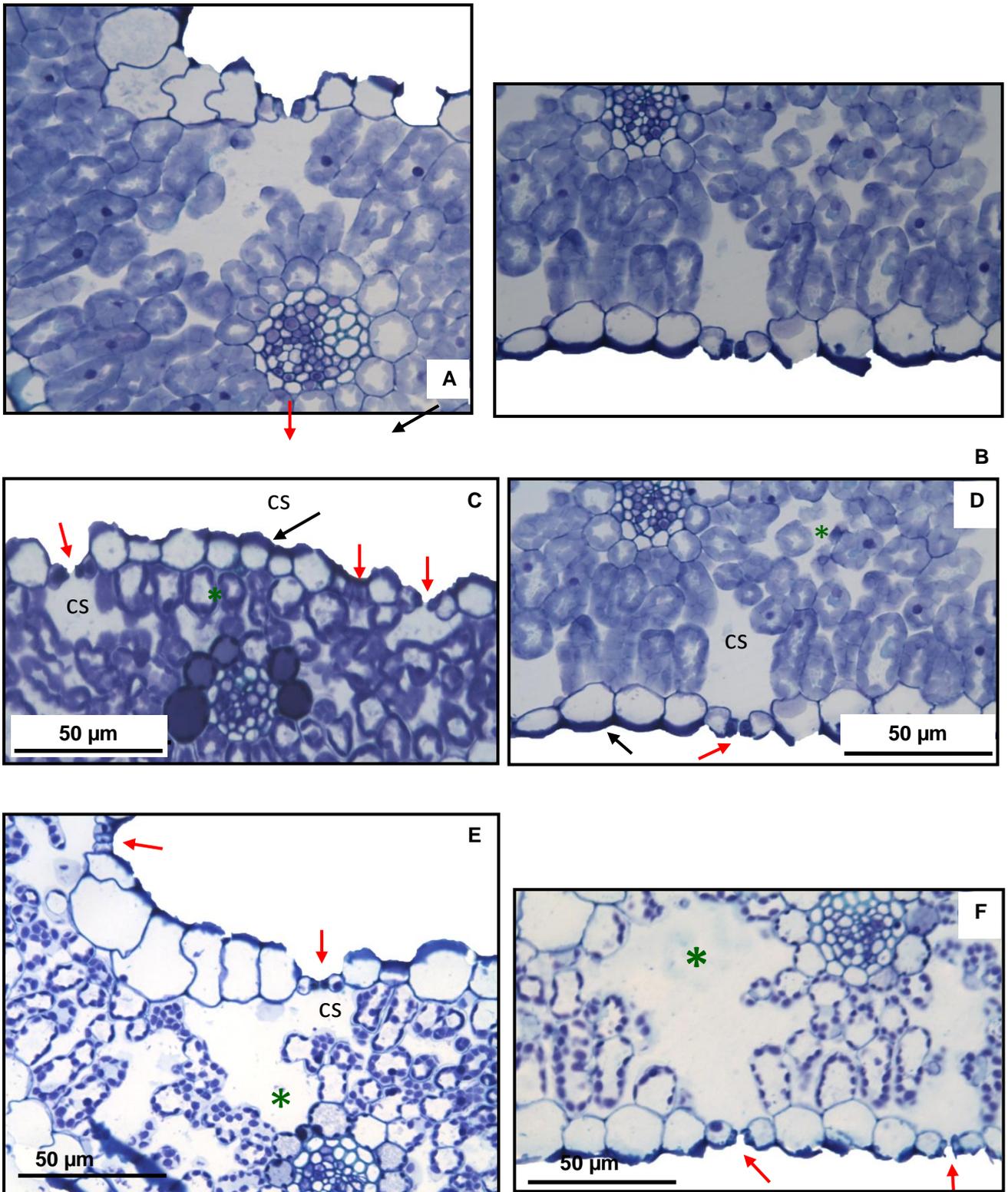


Figura 10 – Detalhe da epiderme de folha de azevém cultivado em pleno sol (face adaxial – A; face abaxial – B) e no sub-bosque de angico-vermelho (face adaxial – C; face abaxial – D) e canafístula (face adaxial – E; face abaxial – F). UFSM *campus* Frederico Westphalen, RS, 2012. Setas negras indicam parede periclinal externa e cutícula. Setas vermelhas estômatos. Asteriscos indicam espaços intercelulares. Câmara subestomática = cs.

Esse aumento no tamanho dos estômatos, nas duas faces das folhas de azevém que se desenvolveram sob sombreamento pode estar relacionado com a possível alongação das células que compõe o complexo estomático.

Os resultados indicam que, podemos sugerir que, devido à aclimatação, há uma relação positiva entre AFE e o tamanho dos estômatos X ambiente, pois ambas as características aumentaram com a diminuição da RFA causada pela presença das espécies florestais (Tabela 6). Rossatto et al. (2009) relacionam um aumento na condutância estomática com o aumento dos níveis de intensidade luminosa.

A densidade estomática (número de estômatos/mm²) diferenciou em ambos os lados da folha de azevém cultivado sob as espécies florestais, angico-vermelho e canafístula, em relação ao pleno sol, afirmando que também há influência do ambiente sobre esta característica.

O número de estômatos na face adaxial da epiderme do azevém foi 66% superior em folhas de azevém sombreadas por angico-vermelho em relação ao pleno sol. Sob sombreamento de canafístula esta relação foi superior em 56% em relação ao pleno sol (Tabela 6).

Na face abaxial ocorreu o inverso, a densidade estomática foi 37% e 28% maior nas folhas de pleno sol em relação às espécies florestais, angico-vermelho e canafístula, respectivamente (Tabela 6). Dessa forma, pode se dizer que em ambientes sombreados os estômatos situam-se em maior quantidade na epiderme superior da folha, enquanto que em pleno sol estão alocados em maior número na epiderme inferior. Esse aumento do número de estômatos nas folhas sombreadas pode contribuir para melhorar absorção do CO₂ e conseqüentemente melhorar a taxa fotossintética em folhas sombreadas.

De acordo com Batagim et al. (2009) existe uma tendência em aumentar a densidade estomática em folhas que se desenvolveram em condições de sombreamento. Gobbi et al. (2011) observaram que a densidade estomática diminui com o aumento da luminosidade, sendo que a densidade é maior na face adaxial de braquiária e amendoim-forrageiro submetido a diferentes níveis de sombreamento.

Os ambientes sombreados proporcionam um microclima mais ameno em relação ao pleno sol, logo, as plantas se organizam para aumentar a eficiência das trocas gasosas. A menor incidência de radiação solar é um dos fatores que pode ter provocado essa mudança de posição e na quantidade de estômatos nas faces das folhas que se desenvolveram na sombra em relação às de sol. Esses resultados

caracterizam as folhas de azevém que se desenvolveram em pleno sol como : anfihipoestomática, enquanto que as folhas que cresceram em sombreament anfiepistomáticas.

A maior densidade estomática na face adaxial das folhas de azevém, que cresceram no sub-bosque das espécies florestais, permite que a planta seja mais eficiente nas trocas gasosas e que a fotossíntese não seja limitada em função do ambiente. Segundo Larcher (2000) as características estomáticas estão relacionadas à espécie, porém podem ser alteradas em função da aclimação as condições ambientais.

A maior densidade estomática melhora a troca de gases por períodos longos, porém em períodos curtos o que influencia a troca gasosa é a abertura e fechamento dos estômatos (SHULUTER et al., 2003).

Comparando as faces da epiderme da folha de azevém que se desenvolveram em sombreamento e as folhas de pleno sol, observa-se que, na face adaxial, a maior densidade estomática não interfere no tamanho dos estômatos, pois pode ter sido compensado pela AFE maior, quando comparados ao pleno sol (Figura 9). Essa característica pode estar relacionada à estratégia adaptativa das espécies ao ambiente que está inserido.

A presença das espécies florestais provocaram alterações nas condições luminosas do ambiente de produção do azevém e provocaram ajustes no aparelho fotossintético das folhas dessa espécie, os quais resultaram no aumento da quantidade de cloroplastos a fim de melhorar a eficiência na absorção e transferência de energia para os processos fotossintéticos (Figura 9 e Figura 10). Segundo Taiz; Zeiger (2013) esse atributo é comum em plantas cultivadas nesses ambientes, e está relacionado à compensação à restrição luminosa através da melhoria da capacidade fotossintética.

As características de aclimação apresentadas pelas folhas que se desenvolveram sob o ambiente sombreado são favoráveis, pois, dessa forma possibilitam o cultivo do azevém em SAF.

5.6 Conclusões

A morfologia e a anatomia foliar de azevém são influenciadas pelas condições do meio. As folhas que se desenvolveram no sub-bosque das espécies florestais, angico-vermelho e canafístula, possuem maior área foliar específica em relação às folhas que se desenvolveram em pleno sol.

O tamanho dos estômatos aumentou com a restrição luminosa, em relação ao ambiente com luz solar plena. A densidade estomática, na face adaxial, diminuiu no ambiente a pleno sol. Na face abaxial, a densidade é maior no ambiente de luz solar plena.

Em pleno sol o mesofilo das folhas de azevém é mais espesso quando comparados ao ambiente sombreado. As folhas expostas a intensa luminosidade tendem ter uma camada de proteção mais espessa em relação a ambientes sombreados.

5.7 Referências

BATAGIN, K. D. et al. Alterações morfológicas foliares em abacaxizeiros cv. IAC “Gomo de Mel” micropropagados e aclimatizados em diferentes condições de luminosidade. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 1, p. 85-92, abr./jun. 2009.

CUNHA, N.G. da; et al. Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS. **Circular Técnica 116**. EMBRAPA, 2011.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal – Parte II: Experimentos e Interpretação**. 2. ed. Editora: Rocca, 2002.

DANIEL, O.; et al. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, v.22, n 3, 1999.

ESAU, K. **Plant Anatomy**. 2. ed. New York: Wiley, 1965.

GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOOT, D. J.; GOBBI, K. F. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.1, p.42-50, 2010.

GERRITS, P. O. & SMID, L.. A new less toxic polymerization system for the embedding of soft tissues in glycol methacrylate and subsequent preparing of serial sections. **Journal of Microscopy**. 1983. p. 81-85.

GLÓRIA, B. A.; et al. **Anatomia Vegetal**. 2. ed. Viçosa:UFV, 2005. 438 p.

GOBBI, K. F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Editora, 2000. 531 p.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.53, p.269-281, 2001.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

NOBEL, P. S. Leaf anatomy and water use efficiency. In: TURNER, N. C. & KRAMER, P. J. (eds.). **Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress**. New York: Wiley. 1980. p. 43-55.

ROSSATO, D. R.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest-savanna boundary. **Functional Ecology**, v. 23, p. 456-457. 2009.

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

SCHLUETER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an Arabidopsis mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54. n. 383 867-874, Feb. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Editora Artmed. 2013. 918 p.

VARELLA, A. C.; RIBASKI, J. Recomendações para sistemas de integração floresta-pecuária no extremo Sul do Brasil. EMBRAPA. **Circular Técnica 35**. 2008.

VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. Variações na morfoanatomia foliar de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii*(Bromeliaceae) sob distintas condições ambientais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 2-10. Feira de Santana, 2011.

6 DISCUSSÃO

O sucesso de um SAFs não está na avaliação de um único fator ou componente e sim, na interação destes que contribuem para que os sistemas sejam produtivos, tanto o estrato superior quanto o estrato inferior.

Os sistemas, faixa e linha, com os espaçamentos entre os renques das árvores, 12 metros e 6 metros, respectivamente, são apropriados para usar em SAFs associados com azevém, pois estes espaçamentos permitem a passagem de RFA em quantidade suficiente para que esta espécie cresça e se desenvolva no sub-bosque deste sistema.

A redução da luminosidade ocasionada pela presença das copas das espécies arbóreas, canafístula e eucalipto, não influenciaram a produção de MS de azevém. Ou seja, a interação entre os fatores correspondente as espécies, permitiram à cultura do azevém completar o ciclo de crescimento e desenvolvimento, e ainda produzir MS em quantidade suficiente para que possa ser utilizado como alternativa forrageira em SAFs.

Quanto ao teor de PB produzido dentro dos SAFs foi semelhante ao produzido em pleno sol, desta maneira, podemos considerar que a restrição luminosa não interferiu nessa característica nutritiva da forrageira avaliada. O valor nutritivo da forragem, independente do ambiente sob o qual as plantas foram cultivadas, foi maior nos cortes realizados quando as plantas estavam no estágio vegetativo, em relação à forragem cortada no início do florescimento ou em florescimento pleno.

As alterações morfológicas e anatômicas que ocorreram nas plantas de azevém permitem afirmar que esta espécie se aclimatou ao ambiente sombreado, ajustando-se as modificações do microclima que estes sistemas impõem.

Visualmente foi possível observar que as plantas dentro do SAFs, possuíam coloração verde mais intenso, em relação ao pleno sol. Essa característica pode ser em função da maior quantidade de clorofila que a cultura que se desenvolve em ambiente sombreado produz, para compensar a baixa quantidade de RFA.

Em nenhum momento durante a execução do experimento, a cultura do azevém apresentou deficiência visual de nitrogênio, ou outros elementos essenciais.

Outra observação que pode ser notada na cultura do azevém dentro do SAFs é o rápido crescimento inicial, e baixa produção de MS nos primeiros cortes. Esse estiolamento é característico de plantas sombreadas. Essas plantas reduzem a produção de MS e gastam maior quantidade de fotoassimilados para crescer em busca da luz.

Neste trabalho não foi possível avaliar qualitativamente a RFA e outros elementos meteorológicos, devido à falta de infraestrutura para instalação dos aparelhos para tal. Porém os resultados obtidos são importantes informações para produtores rurais que estão dispostos a usar os recursos disponíveis na pesquisa para melhor explorar suas propriedades e ainda podendo deixá-las mais sustentáveis, do ponto de vista ambiental e econômico.

No verão de 2013, na mesma área experimental, foi semeado *Sorghum sudanensis* (Capim-sudão) com o objetivo de avaliar o crescimento e desenvolvimento, além das características produtivas e morfológicas desta espécie que é muito utilizada pelos produtores da região. A cultura não se adaptou as condições de sombreamento, visto que não se estabeleceu no sub-bosque sombreado.

7 CONCLUSÕES

Os valores de RFA transmitidos para o sub-bosque das espécies florestais *Eucalypto grandis* e *Peltophorum dubium*, não interferiram negativamente sobre o crescimento e desenvolvimento de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum.

A presença de espécies florestais no ambiente de produção, não limitou a produção de MS de azevém e não reduziu o valor de PB desta forrageira. Os valores obtidos são satisfatórios para que estes sistemas sejam usados como alternativa de produção.

A cultura do azevém aclimatou-se, através de modificações morfológicas e anatômicas da estrutura foliar para poder compensar a baixa luminosidade do ambiente sombreado.

A associação das espécies florestais eucalipto e canafístula com a cultura do azevém, com espaçamentos dos renques das árvores de 6 e 12 metros, pode ser utilizada como alternativa para compor sistemas agroflorestais.

8 REFERÊNCIAS

AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas Agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. ESALQ / USP, **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 105-110, dez. 1998.

ANDRADE, M.S.A.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.

BAGGIO, A.J. Qualidade da produção e agregação de valor em sistemas agroflorestais. In.: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. **Anais...** Curitiba, PR. 2004.

BARRO, R. S.; SAIBRO, J. C.; MEDEIROS, R. B.; SILVA, J. L. S. VARELLA, A. C. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetida a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1721-1727, 2008.

BATAGIN, K. D. et al. Alterações morfológicas foliares em abacaxizeiros cv. IAC "Gomo de Mel" micropropagados e aclimatizados em diferentes condições de luminosidade. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 1, p. 85-92, abr./jun. 2009.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p. 77-87, 2009.

CARAMORI, P.H., et al. Indicadores biofísicos de sistemas agroflorestais. In.: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. **Anais...** Curitiba. 2004.

CARAMORI, P. H., LEAL, A. C., MORAIS, H. Temporary shading of young coffee plantations with pigeonpea (*Cajanus cajan*) for frost protection in southern Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria: v.7, n.2, p.1 - 4, 1999.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003 v.1, 1039 p.

CARVALHO, M. M.; et al. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37; n. 5, p. 717-722, 2002.

CUNHA, N.G. da; et al.; **Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS**. Circular Técnica 116. EMBRAPA. Pelotas, RS. 2011.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal** – Parte II: Experimentos e Interpretação. 2. ed. Editora: Rocca, 2002.

DANIEL, O.; et al. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, v.22, n 3, 1999.

DIAS FILHO, M. B; FERREIRA, J. N. Barreiras para adoção de sistemas silvipastoris. In: Simpósio de forragicultura e pastagens – temas em evidencia, relação custo benefício, 6., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2007. p. 347-391.

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

ESAU, K. **Plant Anatomy**. 2. ed. New York: Wiley, 1965.

FERNANDES, E. C. M. Agroforesteria para paisajes productivos y sostenibles frente al cambio global. In. PORRO, R. (Edit. Tec.) **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, p. 123-160.

GARCEZ NETO, A. F. et al. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.1, p.42-50, 2010.

GOBBI, K. F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.

KEPHART, K.D. et al. Growth of C3 and C4 perennial grasses under reduced. **Crop Science**, Madison, v. 32: 1033–1038, 1992.

KIRCHNER, R. et al. Desempenho de forrageiras anuais de inverno sob distintos níveis de irradiância. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2371-2379, 2010.

LIN, C.H.; et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.53, p.269-281, 2001.

MACEDO, R. L. G. **Sustentabilidade dos sistemas agroflorestais recuperadores de áreas degradadas e conservadores da biodiversidade tropical**. In: MACEDO, R.L.G. Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais. Lavras: UFLA/Faepe, 2000. p.143-157.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

NOBEL, P. S. Leaf anatomy and water use efficiency. In: TURNER, N. C. & KRAMER, P. J. (eds.). **Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress**. New York: Wiley. 1980. p. 43-55.

OLKOSKI, W. História agrária do Médio Alto Uruguai. 2002. **Dissertação de Mestrado**. Universidade do vale dos Sinos, São Leopoldo, RS.

PACIULLO, D. S. C.; et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1176-1183, out. 2011.

PACIULLO, D.S.C.; et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007

SARTOR, L. R.; MEZZALIRA, J. C.; SOARES, A. B. Produção de forrageiras hibernais em sistema silvipastoril. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL ZONA CAMPOS, 11., 2006, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS, 2006. (CD ROM).

SILVA, V. P. Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. Br. na região noroeste do Paraná. 1998. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

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.

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

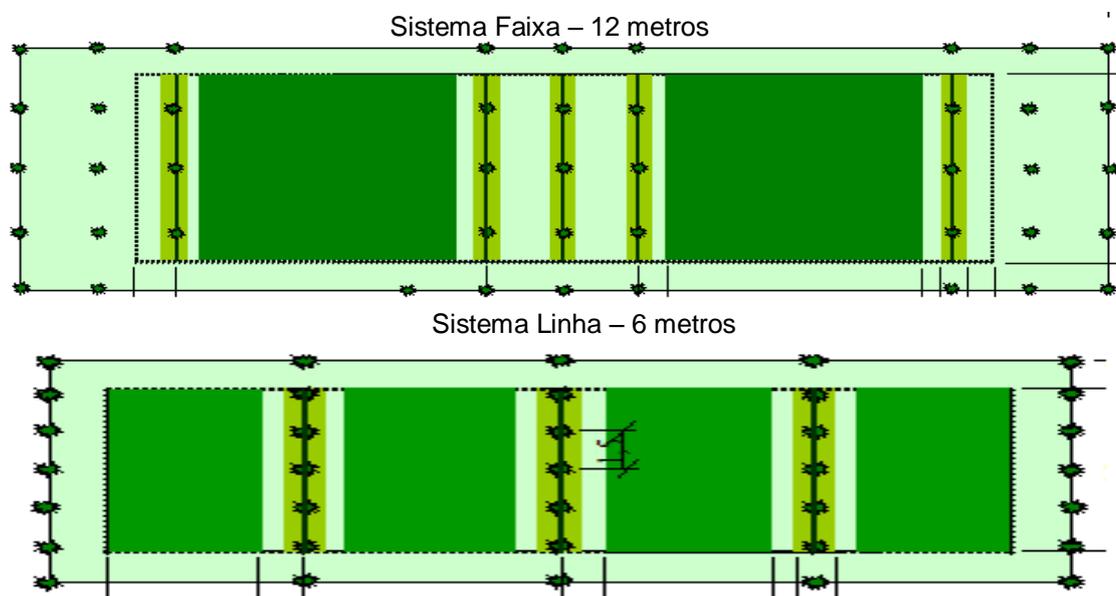
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Editora Artmed. 2013. 918 p.

VARELLA, A. C.; RIBASKI, J. **Recomendações para sistemas de integração floresta-pecuária no extremo Sul do Brasil**. EMBRAPA. Circular Técnica 35. Bagé, RS. Dez. 2008.

VIEIRA, A. R. R. et al. Resposta de pastagens naturalizadas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 265-271, 2002.

9 APÊNDICES

Apêndice A – Croqui da área experimental



Apêndice B - Resumo do quadro da análise de variância para radiação fotossinteticamente transmitida, percentual de transmissão e temperatura do ar na cultura do azevém em sistemas agroflorestais. UFSM, Frederico Westphalen, 2012.

FV	GL	QM
Radiação Fotossinteticamente Ativa Transmitida ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$)		
Bloco	2	44372,31 ^{ns}
Sistema	1	45149,7 ^{ns}
Erro A	2	87204,41
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
Espécie	2	1677595,67 [*]
Sist. x Esp.	2	15609,3 ^{ns}
Erro B	4	87204,417
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
Corte	4	559076,1 [*]
Sist. x Corte	4	18268,63 [*]
Esp. x Corte	8	171739,84 [*]
Sist. x Esp. x Corte	8	31303,40 ^{ns}
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
Erro C	4	33657,18
Média Geral	444,29	
C.V (%)	32,63	

Percentual de Transmissão da Radiação Fotossinteticamente Ativa Transmitida (%)		
Bloco	2	605,57
Sistema	1	602,95 ^{ns}
Erro A	2	920,86

Espécie	2	16501,03 [*]
Sist. x Esp.	2	177,24 ^{ns}
Erro B	4	615,12

Corte	4	1694,75 [*]
Sist. x Corte	4	143,30 [*]
Esp. x Corte	8	793,59 [*]
Sist. x Esp. x Corte	8	324,114 ^{ns}

Erro C	4	470,53
Média Geral	72,14	
C.V (%)	16,97	
Temperatura do ar (°C)		
Bloco	2	0,82 ^{ns}
Sistema	1	0,16 ^{ns}
Erro A	2	0,45 ^{ns}

Espécie	2	1,38 ^{ns}
Sist. x Esp.	2	0,36 ^{ns}
Erro B	4	0,45

Corte	4	1463,11 [*]
Sist. x Corte	4	0,61 ^{ns}
Esp. x Corte	8	1,03 ^{ns}
Sist. x Esp. x Corte	8	0,23 ^{ns}

Erro D	4	0,18
Média Geral	19,85	
C.V (%)	4,85	

¹ Sist = sistema agroflorestal; Esp. = espécie florestal; Dens. = densidade semeadura azevém;
* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice C - Resumo do quadro da análise de variância para área foliar de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, Frederico Westphalen, 2012.

Área foliar (m ² ha ⁻¹)		
FV	GL	QM
Bloco	2	51206033,0*
Sistema	1	320755974,0 ^{ns}
Erro A	2	24834630,0

Espécie	2	165930564*
Sist. x Esp.	2	53034179,0*
Erro B	4	6273582,0

Corte	5	542105658,0*
Sist. x Corte	5	19637760,0 ^{ns}
Esp. x Corte	10	110435443,0*
Sist. x Esp. x Corte	10	43011247 ^{ns}

Erro D	4	12146489,0
Média Geral	21146.73	
C.V (%)	11,29	

¹ Sist = sistema agroflorestal; Esp. = espécie florestal; Dens. = densidade sementeira azevém;
* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D - Resumo do quadro da análise de variância para percentual de folha e colmo de *Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, Frederico Westphalen, 2012.

FV	GL	QM
Percentual de folhas (%)		
Bloco	2	1,2144420 ^{ns}
Sistema	1	302,30579 ^{ns}
Erro A	2	15,27185

Espécie	2	268,5498 ^{ns}
Sist. x Esp.	2	95,14333 ^{ns}
Erro B	4	51,34186

Corte	5	9246,25244*
Sist. x Corte	5	118,91218 ^{ns}
Esp. x Corte	10	161,24797 ^{ns}
Sist. x Esp. x Corte	10	94,43773 ^{ns}

Erro C	4	70,47343 ^{ns}
Média Geral	57,21	
C.V (%)	19,71	

Percentual de colmos (%)		
Bloco	2	40,67751 ^{ns}
Sistema	1	7,09821 ^{ns}
Erro A	2	49,36579

Espécie	2	140,38494 ^{ns}
Sist. x Esp.	2	253,51461 ^{ns}
Erro B	4	49,3657

Corte	5	6709,25787 [*]
Sist. x Corte	5	110,28472 ^{ns}
Esp. x Corte	10	141,96890 ^{ns}
Sist. x Esp. x Corte	10	201,07930 ^{ns}

Erro C	4	25,24138
Média Geral	57,21	
C.V (%)	19,71	

¹ Sist = sistema agroflorestral; Esp. = espécie florestal; Dens. = densidade sementeira azevém;
* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E - Resumo do quadro da análise de variância para produção de matéria seca de *Lolium multiflorum* L. cv. Comum em sistemas agroflorestrais. UFSM, Frederico Westphalen, 2012.

Produtividade de matéria seca (kg ha ⁻¹)		
FV	GL	QM
Bloco	2	78607,8 ^{ns}
Sistema	1	1534178,4 [*]
Erro A	2	128502,1

Espécie	2	438885,4 ^{ns}
Sist. x Esp.	2	950238,2 [*]
Erro B	8	65556,8

Corte	5	45995470,6 [*]
Sist. x Corte	5	311374,1 ^{ns}
Esp. x Corte	10	1911217,1 [*]
Sist. x Esp. x Corte	10	621058,8 [*]

Erro C	4	88368,6
Média Geral	2243.49	
C.V (%)	21,0	

¹ Sist = sistema agroflorestral; Esp. = espécie florestal; Dens. = densidade sementeira azevém;
* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice F - Resumo do quadro da análise de variância para teor de proteína bruta de *Lolium multiflorum* L. cv. Comum em sistemas agroflorestais. UFSM, Frederico Westphalen, 2012.

Teor de Proteína Total (%)		
FV	GL	QM
Bloco	2	0,779378 ^{ns}
Sistema	1	4,057506 ^{ns}
Erro A	2	0,371727

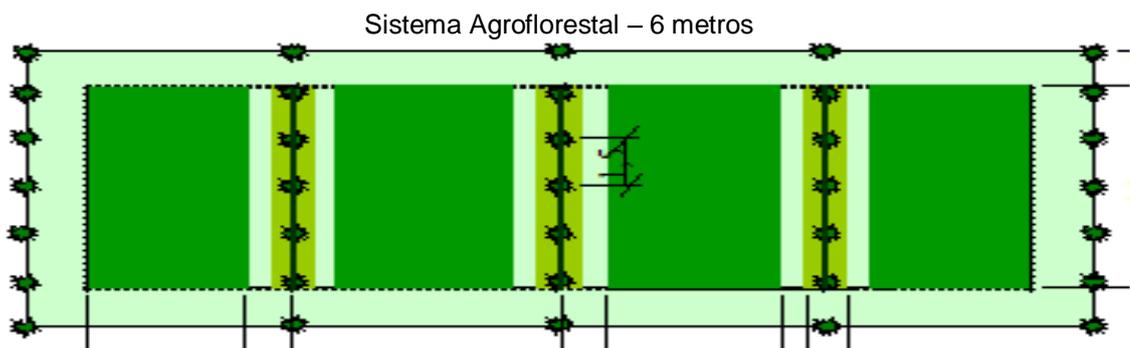
Espécie	2	39,762878 [*]
Sist. x Esp.	2	34,533137 [*]
Erro B	4	0,343400

Corte	5	615,716966 [*]
Sist. x Corte	5	5,921323 [*]
Esp. x Corte	10	9,476375 [*]
Sist. x Esp. x Corte	10	5,799301 [*]

Erro D	4	0,709471
Média Geral	19,92	
C.V (%)	5,73	

¹ Sist = sistema agroflorestal; Esp. = espécie florestal; Dens. = densidade semeadura azevém

Apêndice G – Croqui da área experimental



10 ANEXOS

Anexo A – Resultado da análise de solo da área experimental



URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Pólo de Modernização Tecnológica do Médio Alto Uruguai

Laboratório de Análises de Solos e Tecido Vegetal

Frederico Westphalen - RS Tel (55)3744-4041



Laudo de Análise Química de Solo

(média de duas repetições)

Este Laboratório executa a sua análise duas vezes e calcula a média dos resultados. É mais qualidade a sua disposição!

Produtor: Bráulio Caron

Endereço: SESNORS

Município: Frederico Westphalen/RS

Empresa: Particular

Matrícula:

CPF:

Registro Nº: 2012-009/13

Área (ha):

Amostra: 1 - Azevem

Profundidade (cm): 0-20

Data Recebimento: 4/4/2012

Data Expedição: 12/4/2012

Argila %	pH	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	M. O. %
34,0	5,8	5,9	2,9	82,5	3,6

Al cmolc/L	Ca cmolc/L	Mg cmolc/L
0,0	8,7	2,8

(Unidades: mg/L = ppm (peso / volume); cmolc/L = me/100 ml; CTC a pH 7,0)

CTC cmolc/L	H + Al cmolc/L	% Sat. da CTC	
		Bases	Al
15,6	3,9	75,0	0,0

Relações		
Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
3,1	41,2	13,3

*Três Blocos Junco
SAP'S Fogueira*

Consulte um Engenheiro Agrônomo para obter as recomendações de adubação, calagem e conservação do solo.

Frederico Westphalen - RS, 12 de abril de 2012.

Técnico do Laboratório

André Pellegrini

Engº Agrônomo CREA RS. 128.288

Responsável Laboratório de Análise de Solo, Plantas e outros Materiais