

Desempenho e potencial econômico para o eucalipto em sistemas silvipastoris em Bagé-RS

**OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**



**OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sul
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
45**

Desempenho e potencial econômico para o
eucalipto em sistemas silvipastoris em Bagé-RS

*Helio Tonini
Marco Antonio Karam Lucas
Rodolfo Cesar Forgiarini Perske*

Embrapa Pecuária Sul
Bagé, RS
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sul
BR 153, Km 632,9 Caixa postal 242
96401-970, Bagé, RS
Fone: 55 (53) 3240-4650
Fax: 55 (53) 3240-4651
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Fernando Flores Cardoso

Secretária-Executiva
Márcia Cristina Teixeira da Silveira

Membros
Elisa Köhler Osmari, Gustavo Martins da Silva, Fabiane Pinto Lamego, Graciela Olivella Oliveira, Jorge Luiz Sant'Anna dos Santos, Lisiane Brisolara, Robert Domingues, Sérgio de Oliveira Juchem

Suplentes
Henry Gomes de Carvalho, Marcos Jun Iti Yokoo

Supervisão editorial
Lisiane Brisolara

Revisão de texto
Felipe Rosa

Normalização bibliográfica
Graciela Olivella Oliveira

Tratamento das ilustrações
Daniela Garcia Collares

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Daniela Garcia Collares

Foto Capa
Hélio Tonini

1ª edição
Publicação digitalizada (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sul

Tonini, Helio

Desempenho e potencial econômico para o eucalipto em sistemas silvipastoris em Bagé-RS / Helio Tonini, Marco Antonio Karam Lucas, Rodolfo Cesar Forgiarini Perske. -- Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2020.

PDF (43 p.).— (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Pecuária Sul, ISSN 1983-0467 ; 45)

1. Agrossilvicultura. 2. Consorciação de cultura. 3. Silvicultura. 4. Floresta. I. Lucas, Marco Antonio Karam. II. Perske, Rodolfo Cesar Forgiarini. III. Título. IV. Série.

CDD 634.9

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	5
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	21
Considerações Finais.....	40
Agradecimentos.....	40
Referências	41

Desempenho e potencial econômico para o eucalipto em sistemas silvipastoris em Bagé-RS

Hélio Tonini¹

Marco Antônio Karam Lucas²

Rodolfo Cesar Forgiarini Perske³

Resumo – O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de materiais genéticos de eucalipto plantados em diferentes arranjos, quantificar o estoque de multiprodutos florestais e avaliar a viabilidade financeira destes plantios em sistemas silvipastoris na região de Bagé (RS). Os dados foram coletados entre junho de 2018 e agosto de 2019 em 15 Unidades de Referência Tecnológicas implantadas em propriedades de pecuária familiar e no campo experimental da Embrapa em 2013 e 2014. Foram coletados dados de crescimento (diâmetro à altura do peito, altura, volume total e por sortimentos), mortalidade, forma e qualidade do tronco, fitossanidade, danos por animais e ventos e verificada a viabilidade econômica dos plantios com base em um estudo de mercado. Concluiu-se que a introdução do componente florestal em sistemas pastoris praticados na região pode contribuir para o incremento da renda na propriedade rural, tanto pela comercialização do produto florestal como pelo seu uso na propriedade. O investimento em arborizar o campo nativo com eucalipto tem grande potencial para gerar excedentes financeiros em idades bem inferiores à de rotação econômica comumente empregada para o gênero na região.

Termos para Indexação: Sistemas de integração, Pampa, crescimento, produção, viabilidade econômica.

¹ Engenheiro-florestal, Doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS

² Engenheira-agrônomo, Mestre em Fisiologia Vegetal, Analista da Embrapa Pecuária Sul. Bagé- RS

³ Engenheiro Florestal, Extensionista rural da Emater/Ascar RS,

Performance of eucalyptus in silvopastoral systems in the Campanha region of Rio Grande do Sul

Abstract – The work was carried out with the objective of evaluating the performance of different eucalyptus genetic materials planted in different arrangements, quantifying the stock of forest products and evaluating the financial viability of these plantations in silvopastoral systems in the region of Bagé (RS). Data were collected between June 2018 and August 2019 at 15 Technological Reference Units implanted in livestock properties and in Embrapa's experimental field in 2013 and 2014 in Bagé (RS). Growth data (diameter at breast height, height, total volume and assortments), mortality, trunk form and quality, plant health, damage by animals and winds were analyzed and the economic viability of the plantations was verified based on a market study. It was concluded that the introduction of the forestry component in livestock systems can contribute to the increase the farm income, both by the forest product commercialization and by its use on the farm. The investment in afforesting the native field with eucalyptus has great potential to generate financial surpluses at ages well below the economic rotation commonly used for the genus in the region.

Index terms: Integration systems, Pampa biome, growth, Yield, economic viability

Introdução

Inserido em uma estratégia global para a redução de emissões de gases de efeito estufa, o Brasil passou a estimular a adoção de sistemas de produção agropecuários de baixo carbono, destacando-se o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNC), aprovado em 2016, e o Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que previu a restauração de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e o incremento em 5 milhões de hectares de áreas em sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF (Reis et al., 2016).

Em dez anos, a área ocupada pelos sistemas de ILPF no Brasil aumentou em dez milhões de hectares, ocupando, atualmente, 5,5% da área total sob uso agropecuário com 11,5 milhões de hectares (ILPF..., 2016). Os sistemas de integração que utilizam árvores (silvipastoris, agrosilvícolas e agrosilvipastoris) somam 17% da área sob ILPF (ILPF..., 2016), o que corresponde a aproximadamente 2 milhões de hectares, número muito significativo, já que a área plantada com florestas no Brasil é de 7,83 milhões de hectares (Indústria Brasileira de Árvores, 2019).

No Rio Grande do Sul, a área com sistemas de ILPF representa 21% da área cultivada (ILPF..., 2016), e o sistema de integração lavoura pecuária (ILP) é o predominantemente adotado. Para a integração da pecuária com a floresta (IPF) se estima um potencial de adoção de 10% da área de campo nativo remanescente que se encontra sob algum estágio de degradação pela erosão e/ou pela invasão do capim-annoni, totalizando cerca de 800 mil hectares (Fontaneli et al., 2019).

O bioma Pampa ocupa uma área de aproximadamente 176.496 km², correspondendo a 62,2% da área territorial do estado do Rio Grande do Sul e 2,07% do território brasileiro (Brasil, 2020), sendo os campos originalmente a paisagem predominante, que tem na pecuária extensiva sobre as pastagens nativas a sua principal atividade econômica, concentrando, aproximadamente, 70% do rebanho de corte gaúcho (Boldrini et al., 2010; Barcellos et al., 2015).

No entanto, a baixa produtividade e rentabilidade da pecuária tradicional praticada na região tem sido determinante na conversão dos campos em outras atividades econômicas como as lavouras e a silvicultura (Ribaski et al., 2012), resultando na descaracterização da paisagem, sendo que, atualmente, os campos ocupam 35,73% da área no bioma (Trindade et al., 2018).

Neste contexto, o emprego de sistemas silvipastoris, que preconizam a associação de árvores com a atividade pecuária, pode ser uma alternativa de

uso integrado da terra e na diversificação da matriz produtiva da propriedade, agregando valor ao sistema de produção já praticado no estabelecimento rural, através da exploração de madeira, evitando, indiretamente, a desvalorização da atividade pecuária e sua conversão em outras atividades produtivas (Ribaski et al., 2012).

O eucalipto é a espécie florestal de uso tradicional na região. Está associado à paisagem rural na forma de grandes plantios florestais em monocultivos e estabelecidos a partir de incentivos financeiros estabelecidos a partir de 2000 e pequenos maciços, chamados de capões, implantados como quebra ventos, como abrigo para o gado para promover o bem-estar animal e para o fornecimento de lenha, mourões de cerca e construções rurais nas propriedades, normalmente, sem fins comerciais (Associação Gaúcha de Empresas Florestais, 2016). E, em ambos os casos, estão dissociados do processo produtivo da pecuária na propriedade.

Neste aspecto, ao se propor a explorar as potencialidades da silvicultura e seus benefícios econômicos e ambientais, coexistindo com os campos nativos e a pecuária sem sobreposição ou substituição, o sistema silvipastoril com eucalipto pode ser considerado como inovador na região, já que possui inúmeras aplicações dentro da propriedade rural, podendo ser utilizado para produção de lenha, palanques, mourões, postes, madeira roliça e serrada para construções rurais, para o autoconsumo ou comercialização.

Além do uso da madeira, a sombra produzida pelas árvores é de melhor qualidade do que a propiciada por estruturas de sombra artificiais, já que emitem, refletem ou transmitem menor energia por unidade de área (Garret et al., 2004). Também são capazes de modular o microclima (Primavesi et al., 2007) e contribuem para minimizar os impactos do clima sobre os animais e destes sobre o clima, sequestrando e armazenando gases de efeito estufa, mitigando as emissões na pecuária.

As árvores formam uma barreira física que filtra a luz do sol e diminui a radiação solar direta incidente e no processo de transpiração contribuem para reduzir a temperatura do ar e elevar a umidade relativa sob sua copa (Primavesi et al., 2007). São responsáveis por absorver 50% da água da chuva, reduzindo o escoamento superficial, que possibilita a erosão, ajudando na infiltração da água no solo que acaba sendo disponibilizada para as nascentes (Farias et al., 2011).

No entanto, apesar das vantagens potenciais, a utilização deste sistema de produção ainda é muito baixa na região. As barreiras para a adoção desta tecnologia nas propriedades rurais são culturais e econômicas, uma vez que estes sistemas exigem maior investimento inicial de capital e mão-de-obra com retorno no médio a longo prazo. Outro entrave envolve o desconhecimento a respeito do mercado de produtos florestais e a dificuldade na avaliação quantitativa e qualitativa da madeira produzida (Dias Filho; Ferreira, 2008; Campanha et al., 2018).

Como a adoção deste sistema de produção envolve imobilização de recursos por um longo prazo, deve-se planejá-lo de forma que seja possível, ao longo do tempo, a produção de produtos florestais variados, e para isto, é necessário o conhecimento prévio das especificações e exigências do mercado.

Neste contexto, com o objetivo de proporcionar uma experiência aos produtores na implantação e condução de sistemas silvipastoris e auferir os resultados econômicos da atividade com vistas a alavancar a adoção do sistema na região, a partir de 2013, a Embrapa Pecuária Sul, em parceria com instituições como a Emater, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Prefeitura Municipal de Bagé, Instituto Federal Sul Rio-Grandense e Secretaria Estadual de Meio Ambiente, estabeleceu áreas experimentais e Unidades de Referência Tecnológica em Bagé (RS). E o acompanhamento destas áreas resultou neste trabalho que foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de diferentes materiais genéticos de eucalipto plantados em diferentes arranjos, quantificar o estoque de multiprodutos da madeira e avaliar a viabilidade financeira destes plantios.

A publicação contribui com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2.3 (ODS 2) e 15.2 (ODS 15) contidos na agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas. Estes objetivos visam “dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores, inclusive por meio de acesso seguro e igual à terra, outros recursos produtivos e insumos, conhecimento, serviços financeiros, mercados e oportunidades de agregação de valor e de emprego não agrícola” e “promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento globalmente”.

Material e Métodos

Caracterização edafoclimática

O município de Bagé (RS) localiza-se na região da Campanha, no sudoeste do estado (Figura 1). A região cobre uma área de 40.000 km² e ocupa quase toda a linha de fronteira com o Uruguai e parte da fronteira com a Argentina, abrangendo 19 municípios e inclui grande diversidade de material geológico, relevo e solos (Brasil, 1973).

Na região de Bagé, o relevo apresenta topografia variando de plana a ondulada em regiões com altitude de 80 a 100 m e fortemente ondulada com a presença de cerros e formações rochosas em altitudes que variam de 220 a 550 m (Macedo, 1984).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo (Cfa) subtropical com chuvas regularmente distribuídas durante o ano com normais anuais entre 1350 mm a 1650 mm e mensais de 90 a 170 mm (Machado, 1950).

Na área de ILP, após a colheita da soja, aguardava-se o estabelecimento do azevém e, assim que possível, os animais entravam na área permanecendo até meados de outubro, quando eram retirados novamente para permitir a produção de sementes pelo azevém e a dessecação da área para a semeadura da soja.

As amostras de solo para o estudo do banco de sementes foram coletadas em duas épocas no ano de 2017: outono (maio) e primavera (setembro), nos sistemas descritos (Figura 1). Foram coletados solo em 50 pontos georreferenciados, em três profundidades (0–5, 5–10 e 10–20 cm) para as três áreas. No final, procedeu-se a homogeneização de 5 subamostras, totalizando 10 amostras por área, para cada época de coleta, em cada profundidade. As subamostras foram coletadas com trado tipo caneca adaptado, com 5 cm de diâmetro. O trado era penetrado no solo no ponto amostral até a profundidade de 20 cm e ao ser retirado, ia-se separando as diferentes profundidades.

O estudo foi conduzido em faixas, com amostragens sistemáticas (conforme Figura 1 com representações dos pontos de coleta) de três unidades experimentais com históricos de manejo distintos, em três profundidades distintas.

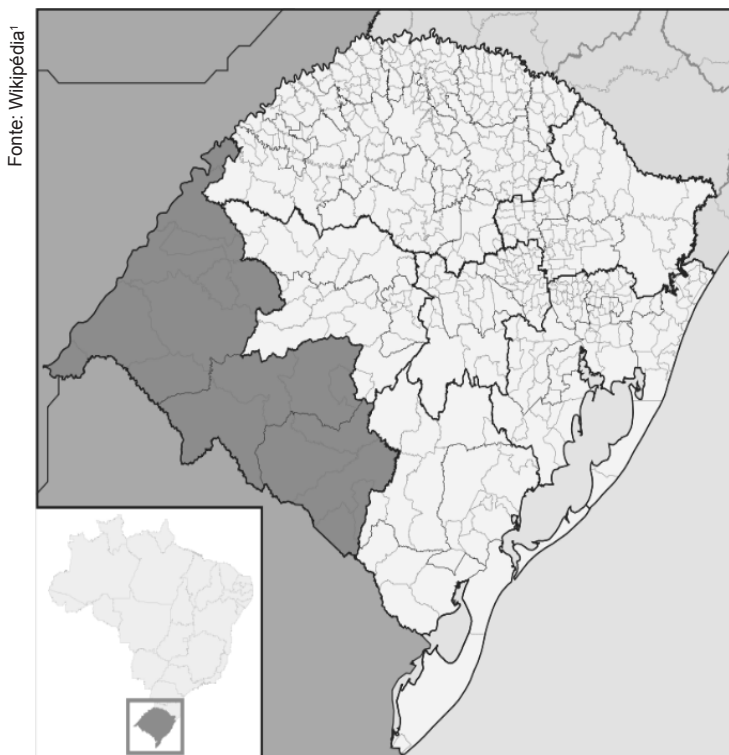


Figura 1. Localização da região da campanha e do município de Bagé no Rio Grande do Sul.

² Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregi%C3%B5es_e_microrregi%C3%B5es_do_Rio_Grande_do_Sul#/media/Ficheiro:RioGrandedoSul_Meso_SudoesteRioGrandense.svg

Coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados entre junho de 2018 e agosto de 2019 em 15 Unidades de Referência Tecnológicas (URTs) implantadas no projeto silvipastoril da região da Campanha em Bagé (RS). As unidades de referência tecnológicas (URTs) foram implantadas em quinze propriedades de pecuária familiar com área de três hectares e uma no campo experimental da Embrapa com 11 hectares.

O arranjo escolhido foi o plantio de árvores em linhas simples espaçadas em 8 m, 16 m e 24 m entre si, com dois metros entre plantas na linha, correspondendo ao número inicial de árvores plantadas por hectare de 625, 312 e 208, respectivamente (Figura 2). Detalhes técnicos da implantação e o manejo dos sistemas podem ser consultados em Lucas et al. (2015 p. 10-21).

Foram utilizados três materiais de eucalipto, sendo um seminal (*Eucalyptus dunnii*) e dois clonais de *E. grandis* (clones 1071 e EC 06). As 15 URTs avaliadas (Tabela 1) totalizaram 54,5 hectares de plantio, sendo 16,5 hectares de *E. dunnii* e 41 hectares de *E. grandis*, sendo 27 hectares com o clone 1071 e 14 hectares com o EC06.

Tabela 1. Caracterização das áreas de coleta dos dados em relação ao material genético, espaçamento e data de implantação.

URT	Nome da propriedade	Espécie/material genético	Data de plantação	Arranjo (espaçamento) metros	Número de árvores (ha)
1	Combate	<i>Eucalyptus dunnii</i>	04/2013	8 x 2 16 x 2	625 312
2	Nossa Senhora auxiliadora	<i>Eucalyptus dunnii</i>	04/2013	8 x 2 16 x 2	625 312
3	São Francisco	<i>Eucalyptus dunnii</i>	04/2013	8 x 2 16 x 2	625 312
4	Nossa Senhora auxiliadora II	<i>Eucalyptus dunnii</i>	04/2013	8 x 2 16 x 2	625 312
5	Angaturã	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	16 x 2 24 x 2	625 312
6	São Sebastião da Boa Vista	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	16 x 2 24 x 2	625 312
7	Pedras Brancas	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	16 x 2 24 x 2	625 312
8	Santa Leocília	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	16 x 2 24 x 2	625 312
9	Vivenda das Seis Figueiras	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	16 x 2 24 x 2	625 312
10	Pessegueiro	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	8 x 2 16 x 2	625 312
11	Magnólia	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	16 x 2 24 x 2	625 312
12	Rincão do Tibirigui	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2013	8 x 2 16 x 2	625 312
13	Embrapa*	<i>Eucalyptus grandis</i>	10/2014	24 x 2	625 312
14	Fazenda Santa Benigna	<i>Eucalyptus dunnii</i>	10/2014	8 x 2 16 x 2	625 312
15	Santa Madalena	<i>Eucalyptus dunnii</i>	10/2014	24 x 2	625 312

*área de 11 hectares e as demais possuem 3 hectares

Fotos: Hélio Tonini



Figura 2. Unidades de referência tecnológica em integração Pecuária Floresta implantadas a partir de 2013 no município de Bagé (RS). Integração campo nativo com *Eucalyptus dunnii* em renques simples espaçados em 8 m x 2 m (A) e 16 m x 2 m (B) aos 58 meses; integração campo nativo com *Eucalyptus grandis* e ovinos em renques simples espaçados em 16 m x 2 m aos 58 meses (C); integração campo nativo e *E. dunnii* em renques simples e espaçamento de 24 x 2 m, aos 60 meses.

Para a medição das árvores, em cada arranjo de plantio selecionou-se um a cada cinco renques de forma aleatória medindo-se, aproximadamente, 20% das árvores em cada local, totalizando 4018 árvores medidas. Os renques selecionados foram numerados e marcados no campo de forma a permitir a localização e remedição das árvores no futuro (Figura 3).

Em cada renque selecionado, todas as árvores foram medidas, tomando-se o diâmetro à altura do peito (DAP) com fita diamétrica (cm), a altura total com hipsômetro eletrônico (m) e definida a posição sociológica conforme Kraft em árvores pré-dominantes (árvores com copas muito fortes desenvolvidas); dominantes (árvores com copas bem desenvolvidas); codominantes (árvores com copas relativamente pequenas pouco desenvolvidas), dominadas (árvores com copas subdesenvolvidas) e oprimidas (árvores sem condição de sobrevivência).

Também foram tomados dados qualitativos, como a presença de tortuosidades e bifurcações no fuste, bem como seu estado fitossanitário com a presença de podridão, cancrios e danos por animais e ventos.

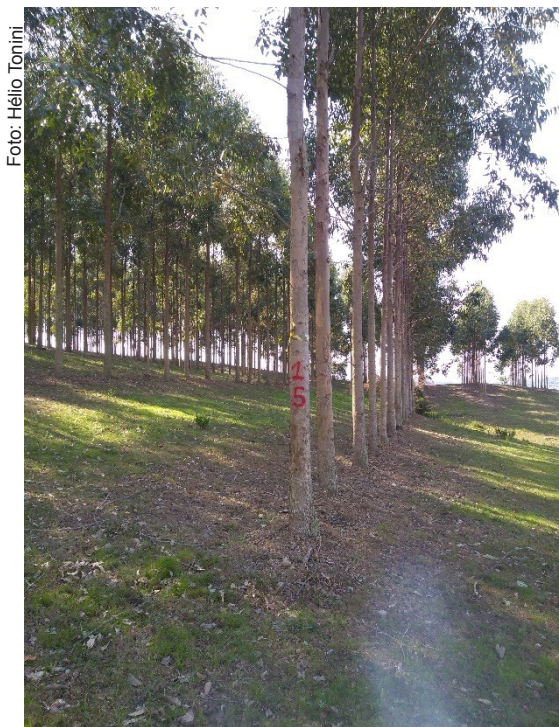


Figura 3. Renque marcado e numerado de forma a permitir a localização para a reme-dição das árvores em inventário florestal contínuo.

A mortalidade (%) foi obtida com a realização de um censo percorrendo toda a área. A obtenção do volume total e comercial foi realizada mediante a cubagem rigorosa com as árvores em pé, utilizando-se o equipamento Criterium RD 1000. As árvores amostras para a cubagem foram selecionadas em função da classe de diâmetro em 11 URTs definidas como representativas da espécie e do arranjo de plantio. Em cada URT, a população foi dividida em dez classes diamétricas, sendo cubadas duas árvores por classe totalizando 220 árvores.

Para as estimativas das alturas e do volume das árvores não medidas foram selecionados os modelos de Stofells (1953) $\ln h = b_{o+i, b_1 \ln d_i}$ e o de variável combinada de Spurr $\log v = b_{o+i, b_1 \log(d^2 h)_i}$, sendo ajustados para cada local (URT) e arranjo de plantio. Posteriormente foram definidas equações gerais por material genético e espaçamento para estimar o volume em áreas que não tiveram as árvores cubadas.

Os sortimentos florestais foram obtidos mediante pesquisa de mercado nas serrarias localizadas na região (Tabela 2) e as suas estimativas mediante o ajuste de uma função de afilamento (3), no caso, o polinômio de quinto grau, que permitiu estimar o volume dos sortimentos florestais (4).

$$\frac{d_i}{DAP} = b_o + b_1 \frac{h_i}{h} + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 \quad (3)$$

$$V = \frac{\pi}{40000} \int_{h_1}^{h_2} \left(b_o + b_1 \frac{h_i}{h} + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 \right)^2 dh \quad (4)$$

Em que: di= diâmetro na posição i (cm); DAP= diâmetro tomado a 1,30 m do solo (cm); hi = altura na posição i (m); h= altura total; bj = parâmetros do modelo.

O fuste aproveitável foi otimizado para toras com o maior comprimento e de maior valor comercial e o restante classificado nas classes inferiores, de menor comprimento. A parte do fuste com diâmetro inferior a 11,0 cm até o limite de 5 cm foi considerada como volume para lenha em toretes de 1 metro. A partir de então foram obtidos os volumes e contabilizados o número de peças mediante a construção de uma planilha eletrônica.

Uma vez que a madeira para lenha é comercializada empilhada em metros estéreos (st), utilizou-se um fator de empilhamento de 1,41, indicado por Barros et al.2018, página 118) para *E. grandis* em toretes curtos.

Tabela 2. Tipo e valor dos produtos florestais praticados na região de Bagé (RS).

Tipo	Diâmetro na ponta fina (cm)	Comprimento (m)	Unidade de comercialização	Preço pago pela madeira em pé (R\$)	Valor do produto no comércio (R\$)
Tora	35	5,5	m ³	54	180
Pé direito	24 a 26	4,0	peça	30	150
Pé direito	27 a 30	4,0	peça	40	200
Palanque	16 a 18	2,5	peça	6,0	30,0
Palanque	16 a 18	2,8	peça	6,8	34,0
Palanque	19 a 21	2,5	peça	8,4	42,0
Palanque	19 a 31	2,8	peça	9,4	47,0
Mourão	11 a 12	2,2	peça	3,3	16,3
Mourão	13 a 15	2,2	peça	4,0	20,0
Mourão	16 a 18	2,2	peça	5,2	26,0
Lenha	5	1,0	st	10,0	40,0

A estimativa do número de indivíduos em cada classe diamétrica por material genético e espaçamento foi obtido pelo ajuste do modelo de distribuição de frequência de Weibull com três parâmetros pelo método dos percentis.

$$f(x) = \frac{Y}{\beta} \left(\frac{x - \alpha}{\beta} \right)^{Y-1} \exp - \left(\frac{x - \alpha}{\beta} \right)^Y, \text{ para } x > \alpha, Y > 0$$

Em que: x : centro de classe de diâmetro; α : parâmetro de locação; β : parâmetro de escala; Y : parâmetro de forma.

Para a avaliação dos modelos selecionados foram utilizados os critérios de ajuste do Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2_{aj}), Erro Padrão de Estimativa em Porcentagem, que foi recalculado no caso de equação logarítmica, e a análise de distribuição dos resíduos.

Custos de implantação e manutenção dos sistemas silvipastoris

Os custos de implantação e manutenção do componente florestal nos sistemas silvipastoris por espaçamento por hectare nos dois primeiros anos são apresentados na Tabela 3, em que o ano zero se refere ao ano da implantação e 1 ao período pós implantação. Detalhes técnicos sobre as operações podem ser obtidos em Lucas et al. (2015, p. 10-21)

Tabela 3. Custo de implantação e manutenção por hectare do componente florestal em sistemas silvipastoris na região de Bagé (RS) em diferentes espaçamentos.

Atividade	Ano	Custo (R\$)	Unidade de comercialização	Preço pago pela madeira em pé (R\$)
Controle de formigas	0	161,64	161,64	161,64
Preparo do solo	0	426,0	331,3	236,7
Plantio e replantio das mudas*	0	974,2	422,55	545,2
Adubação de base	0	197,01	110,645	75,39
Capina química	0	342,57	267,86	193,15
Adubação de cobertura	0	193,02	130,21	90,6
Capina química	1	342,57	267,86	193,15
Controle de formigas	1	75,0	75,0	75,0
Adubação de cobertura	1	193,02	130,21	90,6
Controle de formigas	1	37,5	37,5	37,5
Total		2.905,03	1.897,27	1.661,40

*custo das mudas mais a operação de plantio

Para verificar a viabilidade econômica do plantio com eucalipto nos sistemas silvipastoris, utilizou-se o método do Valor Presente Líquido (VPL) e do Valor Anual Equivalente (VAE) para uma taxa de juros de 7% ao ano, conforme previsto no Plano Agricultura de Baixo Carbono e um período de duração de 5 ou 6 anos, equivalente a idade dos plantios no momento do levantamento.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - i \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j} i$$

$$VAE = \frac{VPL * i}{[1 - (1+i)^{-n}]}$$

Em que: R_j = receitas no final do ano ou do período de tempo j considerado; C_j = custos no final do ano ou do período de tempo j considerado; n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo; i = taxa anual de juros, expressa na forma unitária.

O custo da terra não foi considerado, uma vez que os produtores já possuíam a terra e o objetivo não é a conversão da pecuária em plantios florestais, mas sim, a introdução de árvores nas pastagens naturais.

Resultados e Discussão

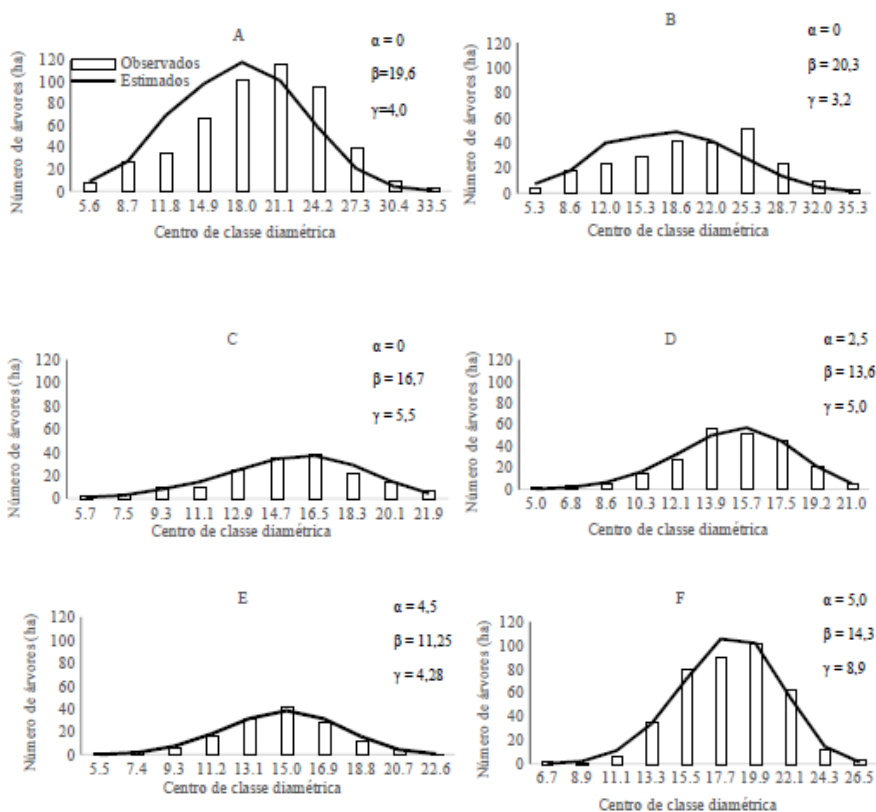
As equações gerais utilizadas para as estimativas e suas estatísticas de ajuste são apresentadas na Tabela 4. O aumento do espaçamento entre renques promoveu o achatamento da curva de distribuição de frequência com, proporcionalmente, um maior número de árvores localizadas nas maiores classes de diâmetro (Figura 4), o que, provavelmente, ocorreu devido às melhores condições de crescimento e à menor competição entre árvores por luz nas entrelinhas das árvores. A maior distância entre as linhas promove a redução do número de árvores vizinhas e pode beneficiar o crescimento pelo maior acesso aos fatores que regulam o crescimento como luz, água e nutrientes do solo (Ranieri et al., 2013).

Tabela 4. Equações utilizadas para estimar a altura total (m), o volume total (m³) e o afilamento do fuste por material genético, espaçamento e idade.

Espécie/ idade	Esp.	Equação	Ajuste	
			R2aj	Syx%
		Inh=1,16841+0,540101*Ind	0,62	5,4
	8 x 2 m	logv=-4,06785+0,89707*logd ^{A2} h	0,98	6,41
		di/DAP=1,32768-5,41412(hi/ht) ^A +26,64755(hi/ht) ^{A2} - -68,3838(hi/ht) ^{A3} +79,27471(hi/ht) ^{A4} -33,931(hi/ht) ^{A5}	0,89	10,19
<i>E. dunnii</i>		Inh=1,14636+0,50834*Ind	0,60	6,01
58 e 63	16 x 2 m	logv=-4,03831+0,89194*logd ^{A2} h	0,98	6,40
meses		di/DAP=1,353749-4,89995(hi/ht) ^A +20,74479(hi/ht) ^{A2} - -48,9533(hi/ht) ^{A3} +53,07449(hi/ht) ^{A4} -21,4748(hi/ht) ^{A5}	0,89	11,69
		Inh=0,67899+0,68613*Ind	0,53	6,67
	24 x 2 m	logv=-4,00883+0,88283*logd ^{A2} h	0,97	4,95
		di/DAP=1,376646-5,68176(hi/ht) ^A +25,28329(hi/ht) ^{A2} - -59,8064(hi/ht) ^{A3} +65,76636(hi/ht) ^{A4} -27,0776(hi/ht) ^{A5}	0,91	9,40
		Inh=0,51114+0,74461*Ind	0,71	4,56
		logv=-4,0992+0,9092*logd ^{A2} h	0,98	14,25
<i>E. grandis</i>	16 x 2 m	di/DAP=1,442898-5,75735(hi/ht) ^A +25,65957(hi/ht) ^{A2} - -59,6919(hi/ht) ^{A3} +62,72723(hi/ht) ^{A4} -24,3684(hi/ht) ^{A5}	0,92	9,38
58		Inh=0,60167+0,67480*Ind	0,63	14,37
meses	24 x 2 m	logv=-3,8047+0,8219*logd ^{A2} h	0,98	4,51
		di/DAP=1,312043-4,97017(hi/ht) ^A +23,89476(hi/ht) ^{A2} - -61,5437(hi/ht) ^{A3} +71,75843(hi/ht) ^{A4} -30,9784(hi/ht) ^{A5}	0,94	7,57
		Inh=1,18841+0,5571865*Ind	0,42	12,71
		logv=-3,93886+0,86566*logd ^{A2} h	0,95	6,30

Tabela continua na página seguinte.

8 x 2 m	$di/DAP=1,21801-4,11445(hi/ht)^{\wedge} +19,20902(hi/ht)^{\wedge}2-50,1889(hi/ht)^{\wedge}3+61,31442(hi/ht)^{\wedge}4-28,2505(hi/ht)^{\wedge}5$	0,92	7,43
<i>E. grandis</i>		$lnh=0,46629+0,76819*lnh$	0,61
70	16 x 2 m	$logv=-4,06439+0,905045*logd^{\wedge}2 h$	0,98
meses		$di/DAP=1,22917-4,11444(hi/ht)^{\wedge} +19,24687(hi/ht)^{\wedge}2-49,17484(hi/ht)^{\wedge}3+56,77469(hi/ht)^{\wedge}4-23,98582(hi/ht)^{\wedge}5$	0,92
		$lnh=0,603051+0,723919*lnh$	13,59
	24 x 2m	$logv=-4,02945+0,89629*logd^{\wedge}2 h$	0,85
		$di/DAP=1,25545-1,38303(hi/ht)^{\wedge} -4,06135(hi/ht)^{\wedge}2+21,08779(hi/ht)^{\wedge}3-32,2912(hi/ht)^{\wedge}4+16,52311(hi/ht)^{\wedge}5$	0,90
			8,01



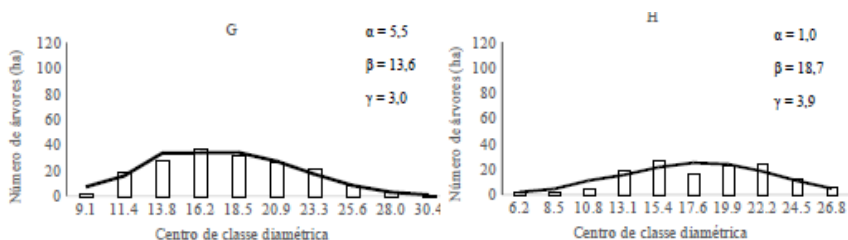


Figura 4. Distribuição de frequência observada e ajustada pela distribuição de Weibull para *E. dunnii* nos espaçamentos de 8 x 2 m (A), 16 x 2 m (B) e 24 x 2 m (C) aos 58 e 63 meses, *E. grandis* no espaçamento de 16 x 2 m (D) e 24 x 2 m (E) aos 58 meses e nos espaçamentos 8 x 2 m (F); 16 x 2 m (G) e 24 x 2 m (H) aos 70 meses.

A partir dos resultados obtidos no inventário florestal por URT (Tabela 5) e seus valores médios por local, material genético, idade e espaçamento (Tabela 6), observou-se que a mortalidade variou entre 7,5 a 66,8%, com média de 32,1% para *E. grandis* e 19,6% para *E. dunnii*.

As maiores mortalidades (49,8%) ocorreram em áreas com a presença de solos com elevada retenção de água plantadas com *E. grandis* (Figuras 5 A, B e C) e também por ataque de formigas nas fases iniciais e a entrada precoce de animais, que além da mortalidade, também ocasionaram quebras e deformações no fuste.

Fatores climáticos como a ocorrência de geadas e estiagens prolongadas associados a presença de solos rasos que são comuns na região (Wrege et al., 2009) podem também ter contribuído para a mortalidade observada (Figura 5 D).

Fotos: Hélio Tomini



Figura 5. Unidades de Referência Tecnológica com alta mortalidade em solos com elevada retenção de água (A, B e C) e solos rasos em relevo ondulado com presença de afloramentos rochosos (D)

Salienta-se que, de forma geral, os solos da região são de pouca profundidade e na maior parte dos campos limpos, próprios para a criação de gado, os subsolos impermeáveis estão bem perto da superfície, a menos de 30 cm (Medaglia, 1973).

Além das condições edafoclimáticas, a densidade adotada no plantio das árvores também influencia o seu desenvolvimento, resultando em diferenças no crescimento em diâmetro e volume. Portanto, a recomendação da densidade de plantio que o produtor deverá adotar em sua propriedade deve levar em conta o produto final que se deseja obter, seus objetivos de produção com maior ou menor foco na produção florestal e o seu nível tecnológico.

Tabela 5. Resultados do inventário florestal por local, idade, material genético e arranjo de plantio.

URT	Espécie	Idade (meses)	Arranjo	Número de árvores (ha)	Mortalidade (%)	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m ³ ha ⁻¹)
01	<i>Eucalyptus dunnii</i>	63	8x2	551	11,8	19,6	17,4	115,30
			16x2	268	14,0	20,4	14,6	63,93
02	<i>Eucalyptus dunnii</i>	63	8x2	547	12,5	17,0	14,8	100,55
			16x2	229	26,7	18,4	14,7	41,84
03	<i>Eucalyptus dunnii</i>	63	8x2	443	29,1	18,0	16,0	90,90
			16x2	229	26,5	20,0	14,1	52,45
04	<i>Eucalyptus dunnii</i>	63	8x2	552	11,7	17,1	14,9	98,73
			16x2	261	16,5	21,4	14,9	54,26
05	<i>Eucalyptus grandis</i>	58	16x2	235	21,6	16,6	14,2	34,45
			24x2	371	24,9	15,7	11,7	17,01
06	<i>Eucalyptus grandis</i>	58	16x2	249	20,1	14,3	11,4	24,11
			24x2	158	24,2	14,3	10,5	15,40
07	<i>Eucalyptus grandis</i>	58	16x2	173	44,7	13,1	10,9	14,48
			24x2	122	41,4	12,3	9,2	7,85
08	<i>Eucalyptus grandis</i>	58	16x2	271	13,0	15,1	12,9	31,09
			24x2	148	28,8	14,9	12,3	16,04
09	<i>Eucalyptus grandis</i>	70	16x2	117	62,6	22,0	15,9	36,72
			24x2	69	66,8	21,9	16,1	21,91
10	<i>Eucalyptus grandis</i>	70	16x2	203	34,9	21,1	21,2	80,69
			24x2	174	16,3	20,7	17,2	52,56

Tabela 5 continua na outra página

URT	Espécie	Idade (meses)	Arranjo	Número de árvores (ha)	Mortalidade (%)	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m ³ ha ⁻¹)
11	<i>Eucalyptus grandis</i>	70	8x2	527	15,7	17,5	17,6	106,94
			16x2	237	24,0	15,3	12,9	31,33
12	<i>Eucalyptus grandis</i>	70	16x2	203	34,9	21,1	21,2	80,69
			24x2	174	16,3	20,7	17,2	52,56
13	<i>Eucalyptus grandis</i>	70	8x2	267	57,4	17,7	16,6	67,17
			16x2	137	55,9	19,3	14,1	25,26
14	<i>Eucalyptus grandis</i>	56	24x2	156	7,5	15,3	13,9	28,7
15	<i>Eucalyptus dunnii</i>	58	8x2	431	31,1	14,7	12,0	102,15
			16x2	252	19,4	18,5	14,6	33,04

*custo das mudas mais a operação de plantio

Tabela 6. Resultados do inventário florestal por local, idade, material genético e arranjo de plantio.

Espécie	T	Np	Esp. (m)	N (ha)	M (%)	DAP (cm)	Altura (m)	Volume total (m ³ ha ⁻¹)
<i>E. dun- nii</i>		5	8x2	526±64	19,2±9,9	17,3±1,8	15,0±1,9	105,83±17,9
	58 a 63	5	16x2	247±18	20,6±5,8	19,7±1,3	14,5±0,3	53,13±11,9
		1	24x2	171	17,8	15,2	12,8	25,08
<i>E. gran- dis</i>	56 a 58	4	16x2	234±43	24,8±13,7	14,8±1,5	12,3±1,5	26,03±8,8
		5	24x2	149±17	25,4±12,1	14,5±1,2	11,5±1,8	17,01±7,5
		2	8x2	397±184	36,5±29,5	17,6±0,1	17,1±0,7	87,05±28,1
	70	4	16x2	180±51	42,3±16,3	19,4±2,6	16,4±3,2	46,13±22,6
		2	24x2	137±59	34,3±28,2	19,05±3,9	15,2±2,5	31,06±18,7

Em que: T = idade (meses); Np = Número de plantios avaliados; M = mortalidade

Observou-se menor variação da mortalidade para o *E. dunnii*. Para esta espécie, o incremento médio anual em diâmetro foi de $3,5 \pm 0,34$ cm, variando em função do local e do espaçamento. Para a altura, o incremento médio anual foi de $2,8 \pm 0,22$ m. Já a produção volumétrica diminuiu com o aumento do espaçamento entre as linhas com incremento médio anual de $20,5 \pm 3,4$ m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para o menor e $5,2$ m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para o maior espaçamento.

Para os clones de *E. grandis*, verificou-se maior variabilidade nos parâmetros avaliados, o que ocorreu devido ao plantio em algumas áreas que se mostraram impróprias, com alta mortalidade e reduzido crescimento.

Aos 58 meses, o incremento médio anual em diâmetro foi de $3,0 \pm 0,27$ cm, e em altura de $2,6 \pm 0,33$ m, para volume o IMA variou entre $5,38 \pm 1,82$ e $3,51 \pm 1,54$ m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para o menor (16 x 2 m) e o maior espaçamento (24 x 2 m), respectivamente.

Aos 70 meses observou-se incremento médio anual em diâmetro de $3,2 \pm 0,45$ cm e para a altura de $2,8 \pm 0,44$ m. O volume por hectare variou entre 85,05 a 31,06 m³ ha⁻¹ com IMA de $14,9 \pm 4,8$ e $5,3 \pm 3,2$ m³ ha⁻¹ ano⁻¹ no menor e maior espaçamento, respectivamente.

Portanto, de forma geral, observou-se que a produção volumétrica foi maior nos menores espaçamentos devido ao maior número de árvores plantadas e que as maiores produtividades foram observadas em plantios com *E. dunnii*, de menor mortalidade.

Os incrementos médios anuais obtidos em Bagé (RS) foram superiores aos obtidos em sistemas silvipastoris em Alegrete e Nova Esperança do Sul, implantados com *E. dunnii* e *E. grandis*, oriundos de sementes em arranjos com renques triplos com densidade inicial de 417 árvores ha⁻¹ no espaçamento (3 x 2) + 30 m e em renques simples com 500 árvores ha⁻¹ (10 m x 2 m) aos 84 e 120 meses de idade (Ribaski 2018; Weimann et al., 2017). Os valores obtidos foram de incremento médio anual em diâmetro de 2,7 e 2,8 cm, em altura de 2,5 m e 2,8 m e em volume de 10,35 m³ ha⁻¹ para *E. dunnii* e de 16,54 e 30,14 m³ ha⁻¹ para *E. grandis*.

Dados qualitativos

De forma geral, um alto percentual de árvores apresentou boa forma do fuste com percentuais médios de 84,9% e 88,8% para *E. dunnii* e *E. grandis*, respectivamente e, destas, 80,4% foram classificadas como dominantes e codominantes, indicando bom potencial dos plantios para a produção de toras para usos mais nobres, de maior valor comercial.

O percentual de árvores tortas e bifurcadas variou de 5,0 a 18,9%, com média de 14,6% para os plantios de *E. dunnii* e de 7,5% a 8,6%, média de 8,05% para os clones de *E. grandis* (Figura 6), demonstrando maior qualidade em relação a forma do tronco para materiais clonais.

Além do material genético, as bifurcações e tortuosidades também ocorreram pela quebra dos troncos e copas provocadas pela entrada dos animais antes do indicado pela equipe técnica do projeto em algumas propriedades (Figura 6 A). Já o percentual de árvores com troncos e copas quebradas pela ação do vento foi baixo com média de 1,5%, variando de 0 a 6,5%, e não teve relação direta com o espaçamento.

As árvores dominadas e suprimidas em média representaram 18% dos indivíduos (variando de 11,8 a 30,1%), com os maiores percentuais observados para *E. dunnii*, o que está relacionado à maior variabilidade individual, já que o material foi oriundo de sementes.

Não houve relação direta entre o espaçamento e o percentual de árvores suprimidas e dominadas, indicando que, provavelmente, nas idades avaliadas, a competição na linha de plantio (de mesmo espaçamento), associada às diferenças no vigor de crescimento entre os locais, está exercendo maior influência sobre a competição entre as árvores do que o espaçamento nas entrelinhas.

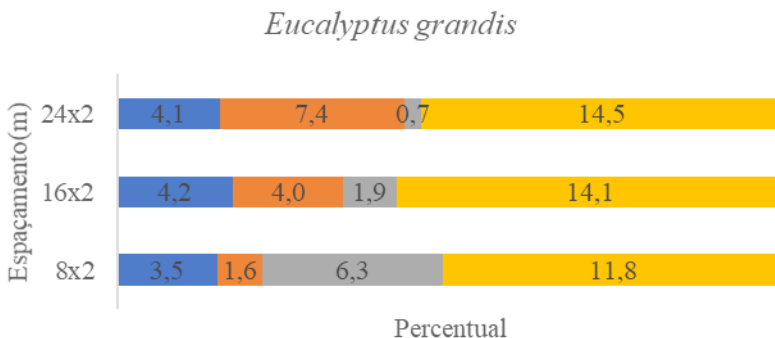
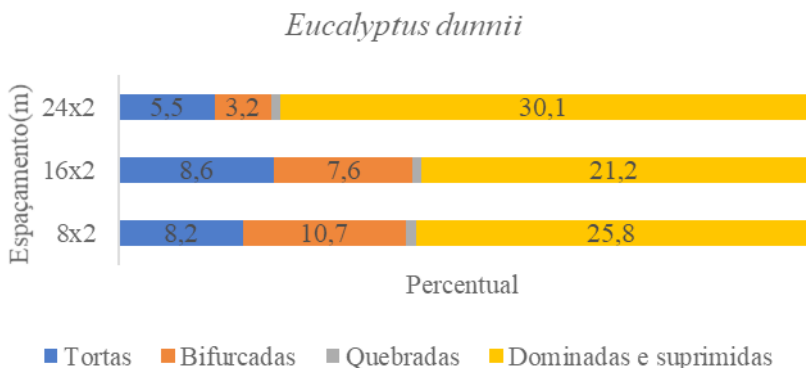


Figura 6. Qualidade do fuste e posição sociológica das árvores em função do material genético e espaçamento de plantio.

Com o objetivo de eliminar indivíduos dominados e com má formação de fuste (Figuras 7A e 7B), melhorar a qualidade e aumentar o volume comercial do plantio, além de permitir maior entrada de luz no sistema, principalmente, no menor espaçamento (Figura 7 C) cujo sombreamento já não permite o bom crescimento das forrageiras, recomenda-se a realização de desbastes (Figura 7D).

Fotos: Hélio Tonini



Figura 7. A- Bifurcações e tortuosidades ocasionadas pela quebra dos troncos por bovinos; B-árvores dominadas a serem removidas nos desbastes C-Sistema silvipastoril com *Eucalyptus dunnii* em espaçamento de 8 m x 2 m aos 66 meses com sombreamento excessivo impedindo o bom desenvolvimento das forrageiras; D- Realização do primeiro desbaste em Unidade de Referência Tecnológica do projeto Silvipastoril na região da Campanha.

Quantificação do estoque e estimativa de valor comercial dos plantios

O estoque comercial obtido aos cinco e seis anos, do número de peças e o volume de madeira roliça permitiu simular o valor comercial obtido com a venda da madeira em pé (Tabela 2) por espécie, idade e espaçamento (Tabela 7). Foi estimada uma receita bruta variando entre R\$ 964,92 a R\$ 7.796,5 por hectare.

O maior valor comercial foi obtido nos menores espaçamentos (8 x 2 m) devido ao maior número de árvores e volume por hectare. Para este espaçamento foi estimado o valor comercial de R\$ 7.796,5 ha⁻¹ para *E. dunnii* com idade entre 58 e 63 meses e R\$ 5.623,53 ha⁻¹ para *E. grandis* aos 74 meses. O maior valor comercial para os plantios de *E. dunnii* deveu-se à menor mortalidade, com média de 19,2% nas cinco propriedades em que foi utilizado neste espaçamento. Já *E. grandis*, neste espaçamento, foi plantado em duas propriedades com mortalidade média de 36,5%.

No maior espaçamento (24 x 2 m), o valor comercial foi de R\$ 1.448,89 ha⁻¹ para *E. dunnii* aos 60 meses e de R\$ 964,92 ha⁻¹ e R\$ 2.104,77 ha⁻¹ para *E. grandis* aos 58 e 74 meses, respectivamente.

Tabela 7. Produção e valor comercial da madeira roliça em um hectare de eucalipto em sistema silvipastoril na região da Campanha em Bagé (RS).

Espécie/ idade		<i>Eucalyptus dunnii</i> (58-63 meses)					
Espaçamento		8 m x 2 m			16 m x 2 m		
Sortimentos	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)	
Pé direito	5	0,82	134,26	21	3,61	683,04	
<i>Palanque</i>	566	27,83	4.501,15	225	12,02	1.676,59	
Mourão	822	15,01	3.033,26	305	5,85	1.169,01	
Lenha	2829	9,12	127,81	1288	4,34	60,72	
Total		52,88	7.796,5		25,82	3.589,36	
Material genético		<i>Eucalyptus grandis</i> (58-63 meses)			<i>Eucalyptus grandis</i> -58 meses		
Espaçamento		24 m x 2 m			16 m x 2 m		
Sortimentos	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)	
<i>Pé direito</i>	0	0,00	0,00	0	0,000	0,00	
<i>Palanque</i>	53	2,54	350,28	87	3,52	572,05	
Mourão	284	5,31	1.050,10	356	5,63	1.319,91	
Lenha	1037	3,46	48,51	1317	3,71	51,88	
Total		11,31	1.448,89		12,85	1.943,84	
Material genético		<i>Eucalyptus grandis</i> (56-58 meses)			<i>Eucalyptus grandis</i> - 70 meses		
Espaçamento		24 m x 2 m			8 m x 2 m		

Tabela continua na página seguinte.

Sortimentos	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)
Pé direito	0	0	0,00	0	0	0,00
<i>Palanque</i>	21	1,02	145,24	263	13,63	2.016,49
Mourão	211	3,57	788,00	892	18,55	3.508,29
Lenha	733	2,26	31,68	2445	7,05	98,75
Total		6,85	964,92		39,26	5.623,53
Material genético		<i>Eucalyptus grandis</i> (70 meses)			<i>Eucalyptus grandis</i> - 70 meses	
Espaçamento		24 m x 2 m			16 m x 2 m	
Sortimentos	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)	Número de peças	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Valor comercial (R\$)
<i>Pé direito</i>	13	1,62	389,05	5	0,64	142,53
Palanque	149	7,05	1.091,93	117	5,74	861,23
Mourão	323	5,94	1.194,09	282	5,16	1.066,52
Lenha	1099	3,53	49,37	750	2,46	34,49
Total		18,14	2.724,44		14,00	2.104,77

Exceto para *E. grandis* em espaçamento 24 m x 2 m aos 58 meses de idade (Tabela 8), o VPL foi positivo, indicando a viabilidade financeira do plantio de eucalipto, que é capaz de remunerar o investimento inicial aos 5 e 6 anos de idade, na taxa de juros considerada, gerando um excedente financeiro, desde que a madeira seja comercializada em pé.

Este resultado corrobora com estudos de viabilidade financeira de plantios de eucalipto em sistemas silvipastoris realizados no bioma Pampa (Oliveira et al., 2008; Weimann et al., 2017) com valor positivo do VPL para *E. grandis* em sistema silvipastoril com densidades arbórea inicial de 500 árvores ha⁻¹, aos 4 anos de idade, empregando uma taxa de juros de 6% a.a, e com *E. grandis* em Nova Esperança do Sul (RS), concluindo que a implantação do componente florestal na propriedade rural em sistemas silvipastoris é economicamente viável para o produtor.

Neste estudo, a rentabilidade potencial obtida com o plantio de eucalipto variou entre R\$ 92,10 a R\$ 6.062,14 por hectare e R\$ 22,5 a R\$ 1.478,50 ha⁻¹ ano⁻¹, entre cinco e seis anos de idade. A maior rentabilidade foi obtida para o menor espaçamento com valores médios de R\$1.134,5 ha⁻¹ ano⁻¹ e a menor nos maiores com R\$ 79,75 ha⁻¹ ano⁻¹.

No entanto, deve-se ressaltar que apesar da maior rentabilidade, considerando-se apenas o componente florestal, o espaçamento de 8 x 2 m suprimiu o campo nativo, o que é indesejável, já que o sistema de produção deve, preferencialmente, evitar a supressão ou substituição de um componente pelo outro e ser capaz de permitir um aumento na renda do produtor sem gerar grandes impactos nos recursos forrageiros naturais ou cultivados, respeitando assim a vocação histórica e cultural dos produtores rurais da região que é a pecuária (Varella; Ribaski, 2008).

Não foi avaliada a rentabilidade do sistema silvipastoril, uma vez que não foram considerados os custos, investimentos e as receitas obtidas com a pecuária. A idade de avaliação considerada neste estudo também não expressou a rotação econômica para madeira, que vem a ser aquela que maximiza os retornos do investimento nas atividades do sistema, proporcionando lucro máximo ao produtor, que normalmente, ocorre em idades mais avançadas.

De forma geral, adota-se como parâmetro para florestas de eucalipto uma idade de corte final de sete anos para a produção de madeira para celulose e de 15 a 20 anos para serraria (Wrege et al., 2009), porém, esta idade varia em função dos objetivos do manejo da floresta, da taxa de crescimento, da espécie florestal, dos preços de mercado para os vários usos da madeira e dos custos de produção.

Sistemas de manejo com idade de rotação mais longa e a produção de multiprodutos florestais apresentam maior rentabilidade, justificada pela diversificação no uso da floresta e a agregação de valor ao produto florestal (Souza et al., 2007; Oliveira et al., 2008; Weimann et al., 2017).

Em estudos de viabilidade econômica para sistemas silvipastoris com *E. grandis* no Bioma Pampa (Ribaski, 2007; Oliveira et al., 2008; Weimann et al., 2017) adotaram uma idade de rotação de 7 a 9 anos para a produção de celulose e 14, 15 e 21 anos para a produção de madeira serrada, com a realização de um ou dois desbastes em idades intermediárias.

Tabela 8. Valor presente líquido (VPL) e valor anual equivalente (VAE) para o plantio de Eucalipto em função do material genético, idade e espaçamento.

Material genético	Idade (anos)	Espaçamento	VPL (R\$ ha ⁻¹)	VAE (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
<i>Eucalyptus dunnii</i>	5	8 m x 2 m	6.062,14	1.478,50
<i>Eucalyptus dunnii</i>	5	16 m x 2 m	2.211,94	539,50
<i>Eucalyptus dunnii</i>	5	24 m x 2 m	92,10	22,50
<i>Eucalyptus grandis</i>	5	16 m x 2 m	566,42	138,10
<i>Eucalyptus grandis</i>	5	24 m x 2 m	-391,87	-95,60
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	8 m x 2 m	3.767,80	790,50
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	16 m x 2 m	1.250,60	262,40
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	24 m x 2 m	653,00	137,00

Porém, a decisão sobre o momento de colher a madeira irá depender do planejamento do produtor em termos de necessidade de recursos financeiros e oportunidades de mercado, enfatizando que árvores de maior porte e com maior idade atingem maiores dimensões e podem ser destinadas para produtos mais nobres, de maior valor agregado.

Conclusões

A introdução do componente florestal em sistemas pastoris tradicionais praticados na região de Bagé pode contribuir para o incremento da renda na propriedade rural, tanto pela comercialização do produto florestal como pelo seu uso na propriedade.

Considerando-se apenas os benefícios econômicos resultantes da comercialização da madeira, o investimento em arborizar o campo nativo com eucalipto tem grande potencial para gerar excedentes financeiros em idades bem inferiores à de rotação econômica comumente empregada para o gênero na região.

Apesar de apresentar a maior rentabilidade, o espaçamento de 8 x 2 metros não é recomendado se o objetivo for manter a atividade de pecuária na área, uma vez que o excesso de sombreamento suprimiu as forrageiras nativas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Associação Rede ILPF e ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

Referências

- ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS. **A indústria de base florestal do Rio Grande do Sul**: ano base 2015. Porto Alegre: Ageflor, 2016. 96 p.
- BARCELLOS, J. O. J.; PEREIRA, G. R.; VARELLA, A. C.; DIAS, E. A.; LAMPERT, V. do N.; CARDOSO, F. F.; MÉRCIO, T. Z.; MENEGASSI, S. R. O.; LEÃES, A. P. S. Observatório da bovinocultura de corte: uma agenda analítica para para a pecuária do Sul. In: JORNADA [DO] NÚCLEO DE ESTUDOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E CADEIA PRODUTIVA, 10.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 2., 2015, Porto Alegre. **Fronteiras do conhecimento frente a um ambiente de transição na pecuária de corte**: anais. Porto Alegre: UFRGS, 2015. p. 225-243.
- BARROS, M. V.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SANTINI, E. J. Fator de cubicação para toretes de *Eucalyptus grandis* e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 109-119, jan./mar. 2008.
- BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa**: diversidade florística e fisionômica. Porto Alegre: Pallotti, 2010. 64 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (MA-DNPA-DPP. Boletim técnico, 30).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pampa**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/pampa>. Acesso em: 15 maio 2020.
- CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. C.; CONTIJO NETO, M. M. **Crescimento e rendimento de peças de madeira de eucalipto de um sistema de integração pecuária-floresta implantado na região do cerrado mineiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 176).
- DIAS FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. **Barreiras à adoção de sistemas silvipastoris no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 22 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 347).
- FARIAS, A.; PEDROSO FILHO, J. I.; BIALI, L. J. **Manual técnico do silvicultor**. Santa Cruz do Sul: Afubra, 2011. 64 p.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; ANTUNES, J. M.; SILVA, J. L. S.; VARELLA, A. C.; POSSEBOM, T.; BUSATTA, B. P. Sistemas ILPF e transferência de tecnologia nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 281-313.
- GARRETT, H.; KERLEY, M.; LADYMAN, K.; WALTER, W. D.; GODSEY, L. D.; VAN SAMBEEK, J. W.; BRAUER, H. E. Hardwood silvopasture management in North America. **Agroforestry Systems**, v. 61-62, n. 1-3, p. 21-33, May 2004.
- ILPF em números. [Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2016]. 12 p.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

- LUCAS, M. A. K.; PERSKE, R. C. F.; SOUZA, R. H. V.; PIMENTEL, D. C. C. **Sistema silvipastoril na Região da Campanha do Rio Grande do Sul**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 23 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 142).
- MACEDO, W. **Levanteamento de reconhecimento dos solos do município de Bagé RS**. Bagé, EMBRAPA-UEPAE de Bagé, 1984. 69 p. (EMBRAPA-UEPAE de Bagé. Documentos, 1).
- MACHADO, F. P. **Contribuição ao estudo do clima no Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91 p.
- MEDAGLIA, M. E. Estudo de solos no município de Bagé. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 16, p. 45-50, 1973.
- OLIVEIRA, E. B.; RIBASKI, J.; ZANETTI, E. A.; PENTEADO JUNIOR, J. F. Produção, carbono e rentabilidade econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 57, p. 45-56, jul./dez. 2008.
- PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 70).
- RANIERI, P. R.; REIS, G. R.; REIS, M. G. F.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C. N.; LOPES, H. N.; SOUZA, F. C. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry systems**, v. 87, n. 6, p. 1295-1307, Dec. 2013.
- REIS, J. C.; RODRIGUES, R.; CONCEIÇÃO, M. C. G.; MARTINS, C. M. S. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: uma estratégia de agricultura sustentável baseada nos conceitos da Green Economy Initiative. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 1, p. 58-73, jan./abr. 2016.
- RIBASKI, S. A. G. **Sistemas silvipastoris como apoio ao desenvolvimento rural para a região sudeste do Rio Grande do Sul**. 2007. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, S. A. G. Potencialidad de los sistemas silvopastoriles para la producción animal sostenible em Brasil. In: CONGRESO COLOMBIANO, 2.; SEMINARIO INTERNACIONAL DE SILVOPASTOREO, 1., 2012, Medellín. **Reforestacion con ganaderia, propuesta innovadora y sostenible**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2012. 1 CD-ROM.
- RIBASKI, J. Desempenho de espécies de *Eucalyptus* para uso em sistemas de integração pecuária floresta no bioma pampa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201801638, p. 1-9, 2018.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM. 2008. 566 p.
- SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; MELLO, J. M. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, v. 13, n. 1, p. 96-106, jan./mar. 2007.
- TRINDADE, J. P.; ROCHA, D. S.; VOLK, L. B. S. **Uso da terra no Rio Grande do Sul: ano de 2017**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 18 p.
- VARELLA, A. C.; RIBASKI, J. **Recomendações para sistemas de integração floresta pecuária no extremo sul do Brasil**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008. 4 p. (Embrapa Pecuária Sul. Circular técnica, 35).

WEIMANN, C.; FARIAS, J. A.; DEPONTI, G. Viabilidade econômica do componente arbóreo de sistema agrossilvipastoril comparado ao plantio de florestal na pequena propriedade rural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 429-436, out./dez. 2017.

WREGE, M.S.; HIGA, R.C.V.; STEINMETZ, S.; HERTER, F.G.; REISSER JUNIOR, C.; RADIM, B.; MATZENAUER, R. **Critérios para o zoneamento agroclimático do eucalipto**. In: Zoneamento agroclimático do Eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região Corede Sul-RS. editado por Carlos Alberto Flores; José Maria Filippini Alba e Marcos Silveira Wrege, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009, p.47-50.

Embrapa

Pecuária Sul

CGPE

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL