

Produção, Carbono e Rentabilidade Econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Silvopastoris no Sul do Brasil

Edilson Batista de Oliveira⁽¹⁾, Jorge Ribaski⁽¹⁾, Éderson Augusto Zanetti⁽¹⁾ e Joel Ferreira Penteado Junior⁽¹⁾

⁽¹⁾Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo-PR. E-mail: edilson@cnpf.embrapa.br; ribaski@cnpf.embrapa.br; eder.zanetti@cnpf.embrapa.br; joel@cnpf.embrapa.br

Resumo - O presente trabalho teve por objetivos estimar a produção de madeira, o estoque de carbono e a rentabilidade econômica, incluindo a venda de créditos de carbono de plantações de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em consórcio com pastagens. Foram utilizados dois experimentos com cada espécie, todos instalados em Alegrete, RS, em áreas de pastagem natural. Os experimentos possuíam três tratamentos, dois deles constituídos por sistemas silvipastoris implantados em fileiras triplas de árvores, com ambas as espécies no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m, sendo o primeiro com um corredor de 14 m, entre as fileiras triplas, destinado ao pastejo dos animais, e o outro com um corredor de 34 m. O terceiro tratamento possuía o cultivo isolado das duas espécies florestais, com espaçamento de 3,0 m x 3,0 m. Foram simulados desbastes e corte final aos 21 anos de idade para todos os tratamentos. As árvores propiciaram retorno econômico em todos os sistemas testados, com rentabilidade a partir do desbaste aos 7 anos de idade. A venda de créditos de carbono torna o componente florestal ainda mais atrativo devido, principalmente, à receita auferida desde o início do projeto.

Termos para Indexação: Árvores, pastagens, produção madeireira, créditos de carbono, manejo.

Production, Carbon and Economical Profitability of *Pinus elliottii* and *Eucalyptus grandis* in Silvopastoris System in South Brazil

Abstract - This work objective was to estimate wood production, CO₂ stocks and economical profitability, including carbon credits sale from pasture associated eucalyptus and pine plantations. For each species, two experimental plots were used, all installed at natural pasture land in Alegrete, Rio Grande do Sul State. Experimental plots were submitted to three treatments: two of them with silvipasture systems at triple tree lines, with both species at 3.0 m x 1.5 m intervals, the first of which with a 14 m corridor (between triple lines) for animal feeding and, the second with a 34 m corridor; the third treatment consisted of isolated cultivation of both tree species, with 3.0 x 3.0 m intervals. Thinning and 21 years final cutting were simulated for all treatments. Trees showed positive economical returns at all tested systems, with profitability after the 7 years thinning operation. Carbon credits sales can turn the forest component attractiveness up, especially when the income generated is considered since the project start.

Index terms: Trees, pastures, wood production, carbon credits, management.

Introdução

A introdução do componente florestal em pastagens, por meio dos sistemas silvipastoris, pode resultar em vários benefícios para os demais componentes do sistema como melhorias no clima, solo, microorganismos, plantas forrageiras e animais, e representa uma importante estratégia de desenvolvimento, tanto para diversificação e acréscimos de renda para os produtores rurais, como para conservação ambiental.

O microclima existente debaixo da copa das árvores beneficia os animais domésticos, mantendo-os

confortáveis à sombra, ao contrário da exposição à insolação direta ou às baixas temperaturas do inverno (MONTROYA VILCAHUAMAN; BAGGIO, 1992). Esse é um aspecto importante, pois melhora o índice de conforto térmico para o animal, consequentemente, produz reflexos positivos sobre a sua produtividade e reprodução. Além disso, a presença do componente arbóreo em sistemas silvipastoris contribui para reduzir os danos provocados por geadas na pastagem (PORFÍRIO-DA-SILVA, 1994; CARVALHO, 1998).

Nos sistemas silvipastoris, as árvores também têm o potencial de melhorar os solos por diversos processos.

Em síntese, elas podem influenciar positivamente na quantidade e disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das pastagens consorciadas, principalmente pela possibilidade de recuperar nutrientes das camadas mais profundas do solo e reduzir as perdas por lixiviação e erosão (RIBASKI; MONTOYA VILCAHUAMAN, 2000).

A utilização de espécies florestais de rápido crescimento, como as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, em sistemas silvipastoris, apresenta vantagens de ordem econômica, social e ecológica em relação aos sistemas de produção tradicionais. Dessa forma, o pecuarista, além de garantir condições ambientais mais propícias para suas pastagens e criações, garante também um suprimento de madeira, para uso próprio ou comércio, sem que para isso tenha que abandonar sua vocação para a pecuária (RIBASKI; MONTOYA VILCAHUAMAN, 2000; RIBASKI et al., 2005).

De acordo com o relatório “Mudança Climática 2007”, divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura global deve aumentar entre 1,8 °C e 4 °C até o final deste século (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007). No caso específico do Rio Grande do Sul, o aumento esperado pode chegar aos 4° C, e o aumento das temperaturas podem levar a danos irreparáveis na fauna e na flora existentes nas duas grandes rotas de migração do Estado (Pampa Gaúcho e Lagoa dos Patos), (BRASIL..., 2007). Por enquanto, tem sido demonstrado explicitamente que a necessidade de medidas adaptativas varia com a resolução espacial e com os impactos locais (MARENGO, 2007), o que significa dizer que para cada condição específica do sítio e do uso da terra local podem ser consideradas medidas específicas visando à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas na região afetada.

Neste sentido, é importante que o Estado do Rio Grande do Sul amplie suas ações de redução de emissões de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.

Pagamentos pelo sequestro de carbono encorajam os proprietários rurais a adotar sistemas com práticas menos intensivas, já que seus retornos financeiros são aumentados (CACHO; WISE, 2005). Esta é uma vantagem dos sistemas silvipastoris, com árvores destinadas à produção de um sortimento variado de produtos madeireiros (lenha, serraria e laminação), sobre as plantações puras de espécies dos gêneros *Eucalyptus* ou *Pinus* para produção de papel e celulose.

Os projetos de Florestamento e Reflorestamento, tanto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto, como aqueles comercializados através dos mercados voluntários, como o da Chicago Climate Exchange (CCX) e das iniciativas de neutralização de carbono, tem ganhado força e destaque para a geração de créditos para o setor rural. As principais barreiras para estes projetos são técnicas, tornando-se fundamental o fornecimento de bases técnicas para que os sistemas silvipastoris possam ter seu estoque de carbono calculado com orientação em princípios adequados.

O presente trabalho tem por objetivos estimar a produção de madeira, o estoque de carbono e a rentabilidade econômica, incluindo a venda de créditos de carbono, dos componentes florestais em um experimento envolvendo plantações de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em consórcio com pastagens, no Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

Foram utilizados dois experimentos com a espécie de *Pinus elliottii* Hill ex Maiden e dois com *Eucalyptus grandis* Engelm., todos com quatro anos de idade e instalados em Alegrete, RS, em áreas de pastagem natural. Os experimentos possuíam três tratamentos, dois deles constituídos por sistemas silvipastoris implantados em fileiras triplas, com ambas as espécies no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m. Em um deles, deixou-se um corredor de 14 m, entre as fileiras triplas, destinado ao pastejo dos animais, e no outro, um corredor com 34 m. As densidades foram de 1.000 e 500 árvores por hectare, respectivamente. O outro tratamento era de cultivo isolado, das duas espécies florestais, com espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, correspondendo a 1.111 árvores por hectare.

As produções madeireiras das duas espécies foram projetadas para corte final aos 21 anos, com simulação de desbastes conforme a Tabela 1.

As prognoses de crescimento e produção e de carbono sequestrado foram obtidas pelos softwares SisPinus (OLIVEIRA et al., 1998) e SisEucalipto (OLIVEIRA et al., 2000) e a análise econômica foi realizada pelo sistema Ecopif (PENTEADO JÚNIOR, 2008).

As medições das árvores dos experimentos aos 4 anos de idade e os percentuais de área ocupada por cada tratamento estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1. Número de árvores de *P. elliottii* e *E. grandis* por hectare, no plantio e após desbastes.

Plantio	<i>Pinus elliottii</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>			
	Desbaste 1 4 anos	Desbaste 2 12 anos	21 anos	Desbaste 1 4 anos	Desbaste 2 7 anos	Desbaste 3 12 anos	21 anos
500	250		C.F.	250	150		C.F.
1.000	500	300	C.F.	500	200		C.F.
1.111		500	C.F.		500	300	C.F.

C.F.: Colheita final

Tabela 2. Alturas médias, diâmetros à altura do peito (DAP) médios e números de árvores por hectare de *P. elliottii* e *E. grandis*, aos 4 anos de idade, para os tratamentos 500, 1.000 e 1.111 árv./ha.

500 árv./ha	<i>Pinus elliottii</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>		
	Experimento na Estância Sá Brito	Experimento na Secret. da Agricultura	Média	Experimento na Estância Sá Brito	Experimento na Secret. da Agricultura	Média
Altura média (m)	4,8	4,8	4,8	14,3	17,0	15,6
DAP médio (cm)	8,6	8,5	8,5	11,5	12,2	11,8
Número de árv./ha	442	477	459	349	404	376
1.000 árv./ha						
Altura média (m)	5,5	5,2	5,3	15,8	16,9	16,3
DAP médio (cm)	9,5	9,0	9,2	10,9	10,6	10,7
Número de árv./ha	954	972	963	769	872	820
1.111 árv./ha						
Altura média (m)	5,6	4,8	5,2	14,4	17,0	15,7
DAP médio (cm)	10,4	8,1	9,2	12,8		12,8
Número de árv./ha	1046	948	997	819		819

Tabela 3. Percentuais de área ocupada por cada tratamento.

Árvores/ha	<i>Pinus elliottii</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>		
	500	1.000	1.111	500	1.000	1.111
Área ocupada em %	22,5	45	100	22,5	45	100

A apropriação dos custos foi determinada individualmente, baseada nas atividades. Este método foi escolhido, por avaliar com precisão as ações desenvolvidas na atividade e identificar as despesas necessárias para a sua realização.

Os dados coletados foram relativos à utilização de insumos ao longo de 21 anos, representados pelos coeficientes e as quantidades empregadas por hectare e por ano, contemplando parâmetros de gerenciamento dos custos, divididos em grupos, assim distribuídos:

a) Serviços: são discriminados os custos com mão-de-obra e mecanização. A unidade utilizada para mensurar a quantidade de mão-de-obra empregada em determinada atividade é hora-homem (h/H). A utilização

de máquinas é medida por horas-máquina (h/m), correspondendo ao número de horas necessárias para uma máquina realizar uma operação. Para a estimativa das horas/máquina, é utilizada a classificação tradicional onde são considerados os valores médios de salário do tratorista, consumo e preços médios de combustíveis e lubrificantes, e a depreciação média. Todos os valores são referentes a um trator de 75 CV com rodas de pneus;

b) Insumos: são contemplados os custos com fertilizantes e inseticidas necessários para a implantação e manutenção do povoamento.

Em cada grupo de custeio das atividades, foram utilizados direcionadores de recursos como: horas-homem, horas-máquina, litros, quilogramas e toneladas.

No fluxo de caixa, para as análises de investimentos, foram apropriados somente os custos que trazem benefícios incrementais à atividade.

Os preços da madeira utilizados para a análise foram os vigentes na região dos experimentos. Para *P. elliottii* foi Serraria: R\$ 85,00 e Energia: R\$ 45,00. Para *E. grandis* foi Serraria: R\$ 65,00 e Energia: R\$ 50,00.

Para as estimativas dos impactos econômicos, foram considerados os métodos: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Relação

Benefício/Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno (TIR), submetidos à taxa de desconto de 6 % a.a., índice utilizado em alternativas de investimentos de fácil acesso pelos produtores.

Resultados e Discussão

Os resultados das prognoses do crescimento e produção do *P. elliottii* e *E. grandis*, referentes aos tratamentos estudados, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Prognoses do crescimento e produção de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*, com 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, para os experimentos estudados em Alegrete, RS.

Tabela 4 a. *Pinus elliottii*, 500 árvores por hectare.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
4	5,1	459	8,5	4,8	2,6	5,0	1,2	1,2
Desbaste: 209 Árvores								
6	8,7	250	16,2	8,3	5,1	17,2	3,2	9,7
8	11,7	250	23,2	11,3	10,6	47,8	6,2	16,8
10	14,2	250	28,4	13,7	15,8	86,5	8,8	19,9
12	16,2	250	32,2	15,6	20,4	127,1	10,8	20,3
14	17,9	250	35,2	17,1	24,3	166,5	12,0	19,5
16	19,3	250	37,5	18,4	27,6	203,5	12,8	18,1
18	20,5	250	39,3	19,6	30,4	237,5	13,3	16,7
20	21,5	250	40,9	20,5	32,8	268,7	13,5	15,3
21	22,0	250	41,5	20,9	33,8	283,3	13,6	14,6

Colheitas	Altura média	Volume total	Serraria	Energia
4 anos	4,8	1,8	0,0	1,8
21 anos	20,9	283,3	266,7	16,6

Tabela 4 b. *Pinus elliottii*, 1.000 árvores por hectare.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
4	5,7	963	9,2	5,3	6,4	13,6	3,4	3,4
Desbaste: 463 Árvores								
6	9,8	500	15,7	9,3	9,7	35,9	6,9	18,2
8	13,1	500	20,9	12,5	17,2	85,5	11,4	26,4
10	15,8	500	24,6	15,0	23,7	142,5	14,8	28,9
12	18,0	500	27,3	17,1	29,2	199,8	17,1	28,4
Desbaste: 200 Árvores								
14	20,0	300	31,1	19,2	22,8	175,5	17,8	22,3
16	21,6	300	33,4	20,7	26,3	218,2	18,2	21,0
18	23,0	300	35,3	22,0	29,3	258,5	18,5	19,9
20	24,3	299	36,9	23,2	32,0	296,7	18,5	18,8
21	24,8	299	37,6	23,8	33,2	315,1	18,5	18,4

Continua

Colheitas	Altura média	Volume total	Serraria	Energia
4 anos	5,3	5,4	0,0	5,4
12 anos	16,6	68,3	51,1	17,1
21 anos	23,8	315,1	298,3	16,4

Tabela 4 c. *Pinus elliottii*, 1.111 árvores por hectare.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
4	5,7	997	9,2	5,3	6,6	14,0	3,5	3,5
6	9,9	997	15,0	9,3	17,7	65,6	10,9	30,4
8	13,2	997	19,1	12,4	28,6	142,1	17,8	40,0
10	15,9	995	21,9	15,0	37,6	224,9	22,5	41,4
12	18,2	991	24,0	17,0	44,7	304,6	25,4	39,1
Desbaste: 491 árvores								
14	20,3	500	26,9	19,3	28,4	218,7	24,9	26,4
16	22,0	499	28,7	20,7	32,3	267,6	24,9	24,0
18	23,4	498	30,2	22,0	35,5	313,1	24,6	22,3
20	24,7	496	31,4	23,2	38,4	355,6	24,3	20,9
21	25,3	495	31,9	23,7	39,6	375,9	24,1	20,3

Colheitas	Altura média	Volume total	Serraria	Energia
12 anos	16,8	130,5	80,5	50,0
21 anos	23,7	375,9	339,8	36,1

Tabela 4 d. *Eucalyptus grandis*, 500 árvores por hectare.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
4	17,9	376	11,8	15,5	4,1	26,2	6,6	6,6
Desbaste: 126 árvores								
6	23,0	250	26,0	20,5	13,3	112,3	19,8	32,4
7	24,9	250	28,2	22,2	15,6	142,8	21,4	30,5
Desbaste: 100 árvores								
10	29,5	150	34,7	26,5	14,2	155,7	21,0	16,3
12	31,8	150	36,4	28,3	15,6	182,7	19,7	12,6
14	33,7	150	37,6	29,7	16,6	204,0	18,4	10,1
16	35,3	150	38,4	30,9	17,3	221,6	17,2	8,4
18	36,7	150	39,0	32,0	17,9	236,7	16,2	7,3
20	37,9	150	39,5	32,9	18,3	250,0	15,2	6,5
21	38,4	150	39,7	33,4	18,5	256,2	14,8	6,2

Colheitas	Altura média	Volume total	Serraria	Energia
4 anos	15,1	16,7	0,0	16,7
7 anos	21,3	47,5	40,4	6,7
21 anos	33,4	256,2	245,2	10,8

Continua

Tabela 4 e. *Eucalyptus grandis*, 1.000 árvores por hectare.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
4	18,8	820	10,7	16,3	7,4	49,7	12,4	12,4
Desbaste: 320 árvores								
5	21,7	500	18,8	19,7	13,8	112,7	25,5	77,7
6	24,1	499	21,0	21,9	17,2	155,9	28,4	43,2
7	26,2	499	22,7	23,6	20,1	196,6	30,2	40,7
Desbaste: 299 árvores								
8	28,0	200	26,1	27,9	10,7	123,0	30,0	31,2
10	30,9	200	29,3	30,9	13,4	171,9	29,1	23,2
12	33,3	200	31,3	31,1	15,4	198,2	26,5	14,2
13	34,4	200	32,1	31,6	16,2	211,9	25,5	13,7
15	36,2	200	33,4	32,7	17,5	236,1	23,7	11,6
17	37,8	200	34,3	33,6	18,5	256,6	22,1	9,9
19	39,1	200	35,0	34,5	19,3	274,7	20,8	8,8
21	40,3	200	35,6	35,3	19,9	291,3	19,6	8,2

Colheitas	Altura média	Volume total	Serraria	Energia
4 anos	16,0	12,7	0,0	12,7
7 anos	23,6	104,8	79,3	25,5
21 anos	35,3	291,3	278,3	13,0

Tabela 4 f. *Eucalyptus grandis*, 1.111 árvores por hectare.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
4	18,4	819	12,9	16,0	10,7	70,9	17,7	17,7
5	21,2	813	15,8	18,5	15,8	121,1	24,2	50,2
7	25,7	800	19,2	22,3	23,2	214,0	30,6	44,8
O povoamento foi desbastado pela remoção de 299 árvores								
9	29,0	500	24,2	26,1	23,0	248,1	34,7	33,0
11	31,6	499	25,9	28,2	26,2	306,4	33,7	27,9
12	32,7	498	26,5	29,1	27,6	332,0	33,0	25,7
O povoamento foi desbastado pela remoção de 198 árvores								
15	35,5	300	29,2	35,0	20,0	289,7	31,2	17,7
17	37,0	300	30,2	36,1	21,4	319,8	29,3	14,1
19	38,4	299	31,0	36,7	22,6	342,6	27,4	10,5
21	39,5	299	31,6	36,9	23,5	359,0	25,6	7,5

Colheitas	Altura média	Volume total	Serraria	Energia
7 anos	21,8	64,0	28,0	36,0
12 anos	27,7	114,8	94,8	20,0
21 anos	36,9	359,0	332,5	26,5

Todas as estimativas são baseadas nos fustes com casca.

Os Incrementos Médios Anuais (IMA's) máximos dos sistemas silvipastoris com *E. grandis* ocorrem aos 7 anos para os sistemas com 500 e 1.000 árvores por

hectare e são superiores aos incrementos do *P. elliottii* aos 21 e 18 anos (Tabela 5). Os povoamentos puros apresentam IMA's máximos aos 9 e 12 meses, para *E. grandis* e *P. elliottii*, respectivamente.

Tabela 5. Valores do Máximo Incremento Médio Anual (IMA em m³/ha), por idade, para *P. elliottii* e *E. grandis* nos experimentos estudados.

Plantio (árv./ha)	<i>P. elliottii</i>		<i>E. grandis</i>	
	IMA	Idade (anos)	IMA	Idade (anos)
500	13,6	21	21,4	7
1.000	18,5	18	30,2	7
1.111	25,4	12	34,7	9

Analisando-se os valores do volume por hectare e por árvore (m³), carbono e CO₂Eq (t/ha) aos 21 anos, para as duas espécies estudadas (Tabela 6), verifica-se que a proporção de carbono em relação ao volume de madeira do *E. grandis* é superior à do *P. elliottii*, principalmente devido à maior densidade básica da madeira do primeiro.

Tabela 6. Volume por hectare e por árvore (m³), carbono e CO₂Eq (t/ha) aos 21 anos, para *P. elliottii* e *E. grandis*, nos experimentos estudados.

Plantio (árv./ha)	<i>P. elliottii</i>				<i>E. grandis</i>			
	Volume m ³ /ha	Volume m ³ /árvore	Carbono t/ha	CO ₂ Eq t/ha	Volume m ³ /ha	Volume m ³ /árvore	Carbono t/ha	CO ₂ Eq t/ha
500	283,3	1,13	63,1	231,6	256,2	1,71	71,5	262,4
1.000	315,1	1,05	70,6	259,1	291,3	1,46	80,2	294,3
1.111	375,9	0,76	84,1	308,7	359,0	1,20	98,8	362,6

Primavesi et al. (2004), em experimento conduzido em Jaguariá, SP, estudando a emissão de gás metano para duas raças de vacas e novilhas em pastagens com e sem adubo, determinaram valores potenciais de 66 a 72 kg/ano para novilhas de Mestiça Leiteira Brasileira e pastagem não adubadas, e 121 até 147 kg/ano para vacas holandesas preto e branco em lactação, em pastagens adubadas (note-se que 1 kg de metano tem o mesmo efeito que emitir 23 kg de CO₂).

Mesmo tratando-se de uma região diferente daquela estudada por Primavesi et al. (2004), tomando-se por base os maiores valores apresentados por estes autores, conforme os resultados apresentados na Tabela 7, verifica-se que as árvores têm potencial para sequestrar o carbono emitido pelo rebanho, já que a lotação nos sistemas estudados é de, no máximo, 0,5 cabeça por hectare e o tratamento que menos sequestra CO₂ (*P. elliottii* com 500 árvores por hectare) compensa a emissão de carbono de 3,58 vacas ou 7,36 novilhas.

Tabela 7. Total de Carbono (t/ha/ano de CO₂ e CH₄) nos tratamentos testados.

Plantio (árv./ha)	<i>P. elliottii</i>				<i>E. grandis</i>			
	CO ₂ t/ha/ano	CH ₄ t/ha/ano	Equiv. Vacas	Equiv. Novilhas	CO ₂ t/ha/ano	CH ₄ t/ha/ano	Equiv. Vacas	Equiv. Novilhas
500	11,0	0,53	3,58	7,36	12,5	0,60	4,05	8,33
1.000	12,3	0,59	4,00	8,19	14,0	0,67	4,54	9,30
1.111	14,7	0,70	4,76	9,72	17,3	0,82	5,59	11,39

Em uma síntese dos resultados encontrados (Tabela 8), verifica-se que o percentual de gastos com insumos na implantação dos povoamentos são os mais significativos, representando em todas as situações, mais de 50 % dos custos. Os dispêndios com mudas são os que mais se destacam. Os valores são determinados pelo espaçamento adotado e, assim, os custos de

implantação são maiores nos povoamentos com número maior de mudas plantadas.

Quanto ao item “serviços” (Tabela 8), as atividades mecanizadas com aração, gradagem e sulcamento representam mais de 30 % dos custos, e quanto à mão-de-obra, as atividades de coroamento, roçada e plantio são as mais representativas.

Tabela 8. Percentagem de participação das atividades e valor dos custos em povoamentos de *E. grandis* e *P. elliottii*, com 500, 1.000 e 1.111 plantas/ha em áreas de pastagem nativa no Município de Alegrete, RS.

Custos e percentual de participação	<i>Eucalyptus grandis</i>			<i>Pinus elliottii</i>		
	500 árv./ha	1.000 árv./ha	1.111 árv./ha	500 árv./ha	1.000 árv./ha	1.111 árv./ha
Custo Implantação (1° e 2° ano) R\$/ha	485,98	629,12	655,98	379,98	538,23	565,07
Participação Insumos (%)	53,29	54,05	55,71	36,34	48,12	50,58
Participação Mão-de-obra (%)	14,30	12,57	12,24	17,64	19,37	18,45
Participação Mecanização (%)	32,41	33,38	32,06	46,02	32,02	30,97
Custo Total (21 anos) R\$/ha	1.463,78	2.072,87	2.082,19	943,39	1.407,53	1.510,63
Participação Insumos (%)	34,84	28,60	29,58	14,63	18,40	18,92
Participação Mão-de-obra (%)	28,10	31,72	31,76	26,01	31,87	30,11
Participação Mecanização (%)	37,06	39,68	38,66	59,36	49,73	50,97

Na Tabela 9 são apresentados os valores brutos referentes às receitas da produção por hectare, contendo valores totais recebidos pela venda de madeira em toras destinadas à serraria e para energia. Os preços são

referentes à madeira em pé, ou seja, os compradores são responsáveis pelo corte e transporte das toras para o beneficiamento.

Tabela 9. Receita bruta (R\$) de quatro desbastes em povoamentos de *E. grandis* e *P. elliottii*, com 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, em áreas de pastagem no Município de Alegrete, RS.

Plantio (árv./ha)	<i>Eucalyptus grandis</i>				<i>Pinus elliottii</i>			
	Receita (R\$)				Receita (R\$)			
	4° ano	7° ano	12° ano	21° ano	4° ano	7° ano	12° ano	21° ano
500	835,00	3.802,50		16.478,00	225,00			13.412,50
1.000	635,00	8.143,00		18.739,50	170,44		5.108,50	26.075,55
1.111		4.360,00	7.162,00	22.937,50			9.092,00	30.507,50

Na Tabela 10 é apresentado o VPL, submetido à taxa de desconto de 6 % a.a. para os dados coletados no quarto ano e para as prognoses fornecidas pelos softwares Sispinus e Siseucalipto nos desbastes e no corte final. Verifica-se que o número de plantas por hectare e o sortimento da madeira comercializada influenciam na viabilidade da atividade para as duas espécies estudadas.

No povoamento de *E. grandis*, na densidade de 1.000 árv./ha, e no plantio de *P. elliottii*, nas opções de 500 e 1.000 árv./ha, no quarto ano, os valores são negativos. Nas outras idades, tanto para *E. grandis* quanto para *P. elliottii*, em todas as densidades de plantio, o investimento já apresenta retorno econômico positivo, refletindo melhores rendimentos proporcionalmente ao aumento de volume de madeira.

Tabela 10. Valor Presente Líquido (VPL) em (R\$) para povoamentos de *E. grandis* e *P. elliottii*, com 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, em áreas de pastagem nativa no Município de Alegrete, RS.

Plantio (árv./ha)	<i>Eucalyptus grandis</i>				<i>Pinus elliottii</i>			
	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos
500	135,65	2.582,58	-	7.239,06	-339,85	-	-	3.543,15
1.000	-168,86	5.067,87	-	10.336,43	-369,41	-	2.052,88	9.634,59
1.111	-	2.097,88	5.461,94	12.036,00	-	-	3.870,37	12.728,05

Analisando o VPLA (Tabela 11), verifica-se que a densidade inicial do plantio e o sortimento de madeira influenciam na rentabilidade. O método do VPLA permite comparar culturas ou projetos de horizontes diferentes. Assim, é possível comparar os valores obtidos neste trabalho, e demonstrados na Tabela 10, com os trabalhos de Dossa e Rodigheri (2000), que obtiveram valores para o VPLA, na cultura do milho, de R\$ 298,86; para a cultura de feijão, de R\$ 202,55 e na cultura da ervamate, de R\$ 760,94. Observa-se a superioridade dos

rendimentos da cultura do *E. grandis* em relação a estas outras culturas a partir dos 7 anos nas densidades de 1.000 e 1.111 árv./ha, e do *P. elliottii* no 12º ano, nas densidades de 500 e 1.111 plantas/ha, e no 21º ano nas três densidades adotadas.

Os valores, a partir do sétimo ano, são positivos para todas as densidades de plantio e para as duas espécies. Isso indica que a atividade, em ambos os casos, seria viável economicamente a partir desta idade.

Tabela 11. Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) em (R\$) para povoamentos de *E. grandis* e *P. elliottii*, com 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, em áreas de pastagem no Município de Alegrete, RS.

Plantio (árv./ha)	<i>Eucalyptus grandis</i>				<i>Pinus elliottii</i>			
	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos
500	39,15	462,63	-	615,35	-98,08	-	-	301,18
1.000	-48,73	907,83	-	878,67	-106,61	-	244,86	818,98
1.111	-	375,80	651,48	1.023,11	-	-	461,65	1.081,94

Analisando a Tabela 12, os valores da taxa interna de retorno (TIR) são negativos no quarto ano, nas densidades de 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, para o povoamento de *P. elliottii* e na densidade de 1.000 plantas/ha no povoamento de *E. grandis*. Para todas as outras situações, com as duas espécies analisadas, os

valores são positivos. Os retornos obtidos no povoamento de *E. grandis* foram superiores aos obtidos com o *P. elliottii*. Os resultados da TIR aumentam de acordo com o tempo ou anos de vida do povoamento e conseqüentemente com o volume de madeira produzido.

Tabela 12. Taxa Interna de Retorno (TIR) em (R\$) para povoamentos de *E. grandis* e *P. elliottii*, com 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, em áreas de pastagem no Município de Alegrete, RS.

TIR	<i>Eucalyptus grandis</i>				<i>Pinus elliottii</i>			
	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos
500 árv./ha	16,22	55,90	-	55,63	-63,95	-	-	19,71
1.000 árv./ha	-5,56	59,85	-	59,69	-33,10	-	24,50	29,19
1.111 árv./ha	-	36,06	41,79	42,35	-	-	28,73	31,72

O estudo do benefício/custo (B/C) demonstra que, tanto para *P. elliottii* quanto para o *E. grandis*, os investimentos seriam viáveis economicamente a partir

do sétimo ano nas três densidades estudadas (Tabela 13). No quarto ano seriam viáveis apenas na densidade de 500 árv./ha no povoamento de *E. grandis*.

Tabela 13. Índice Benefício/Custo (B/C) para povoamentos de *E. grandis* e *P. elliottii*, com 500, 1.000 e 1.111 árv./ha, em áreas de pastagem no Município de Alegrete, RS.

B/C	<i>Eucalyptus grandis</i>				<i>Pinus elliottii</i>			
	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos	4 anos	7 anos	12 anos	21 anos
500 árv./ha	1,26	5,25	-	10,07	0,18	-	-	25,60
1.000 árv./ha	0,75	6,96	-	10,44	0,38	-	6,69	29,99
1.111 árv./ha	-	3,62	6,48	11,29	-	-	12,48	35,51

Após as análises dos estudos realizados, ressalta-se que um dos principais objetivos do trabalho foi o de determinar, entre as alternativas de produção, qual teria retornos mais compensatórios e se os recursos despendidos poderiam propiciar retornos compatíveis com a alternativa do mercado financeiro. Os valores brutos de renda estão apresentados na Tabela 14.

Embora haja uma relação entre os métodos abordados na análise, eles utilizam conceitos distintos. Entretanto, os resultados obtidos não diferiram, indicando que os plantios com *E. grandis* e/ou *P. elliottii* apresentaram retornos positivos do capital dada à tecnologia e os preços utilizados.

Tabela 14. Valores brutos da renda (R\$) e do volume de CO₂Eq aos 21 anos, para *P. elliottii* e *E. grandis*, nos experimentos estudados.

Plantio	<i>Pinus elliottii</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>		
	CO ₂ Eq t/ha	Valor crédito (R\$) CO ₂ Ciclo 21 anos	Valor crédito (R\$) CO ₂ /ha/ano	CO ₂ Eq t/ha	Valor crédito (R\$) CO ₂ Ciclo 21 anos	Valor crédito (R\$) CO ₂ /ha/ano
500	231,6	3.659,28	174,25	262,4	4.145,92	197,42
1.000	259,1	4.093,78	194,94	294,3	4.491,94	213,90
1.111	308,7	4.877,46	232,26	362,6	5.729,08	272,81

A Tabela 15 apresenta o Valor Presente Líquido (VPL) em reais, considerando que a floresta teria apenas a alternativa econômica de créditos de carbono, levando-se em consideração o preço de US\$ 10,00 por tonelada

de carbono estocado e cotação de US\$ 1,00 no dia 24/07/08 de R\$ 1,58. Os resultados demonstram que a atividade seria economicamente viável em todas as alternativas consideradas pelo estudo.

Tabela 15. Valor Presente Líquido (VPL) em reais dos créditos de CO₂Eq, para *P. elliottii* e *E. grandis*, nos experimentos estudados em Alegrete, RS.

	<i>Pinus elliottii</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>		
	VPL (R\$) madeira + crédito CO ₂			VPL (R\$) madeira + crédito CO ₂		
	500 árv./ha	1.000 árv./ha	1.111 árv./ha	500 árv./ha	1.000 árv./ha	1.111 árv./ha
4 anos	199,79	113,60	247,48	158,33	69,35	306,58
7 anos	568,72	526,34	580,36	494,38	343,40	721,16
12 anos	1.056,88	953,74	1.112,32	974,04	869,23	1.290,19
21 anos	1.583,53	1.518,85	1.897,41	1.524,15	1.421,63	2.039,23

A análise da Tabela 16, onde são valorados os retornos econômicos provenientes com créditos de carbono e com a madeira comercializada para serraria e energia, demonstra que as alternativas estudadas são consideradas viáveis economicamente, pois possuem VPLs positivos. Na medida em que aumenta a idade

dos povoamentos, os valores do VPL aumentam, ou seja, proporcionam o maior retorno econômico. Isso se deve ao maior volume de madeira além do maior retorno econômico resultante do valor agregado, proporcionado pela diversificação da produção com a venda de créditos de carbono.

Tabela 16. Valor Presente Líquido (VPL) em reais, considerando os valores com a renda auferida com os créditos CO₂Eq, e com a madeira de *P. elliottii* e *E. grandis*, nos experimentos estudados em Alegrete, RS.

	<i>Pinus elliottii</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>		
	VPL (R\$) madeira + crédito CO ₂			VPL (R\$) madeira + crédito CO ₂		
	500 árv./ha	1.000 árv./ha	1.111 árv./ha	500 árv./ha	1.000 árv./ha	1.111 árv./ha
4 anos	263,95	306,08	247,48	819,73	572,33	306,58
7 anos	568,72	526,34	580,36	3.684,66	6.261,94	3.620,81
12 anos	1.056,88	3.687,22	5.817,60	974,04	869,23	7.749,14
21 anos	5.593,05	11.927,88	15.460,38	9.561,52	12.852,76	15.245,36

Os custos são maiores na fase de implantação dos povoamentos, e são proporcionais aos espaçamentos adotados, como é característica da atividade florestal. Assim, os custos são maiores nos povoamentos com número maior de mudas plantadas.

As produções florestais, nas densidades de 500, 1.000 e 1.111 ár./ha, nas condições apresentadas neste estudo, são economicamente viáveis a partir do sétimo ano, em todos os métodos de avaliação utilizados.

Considerando a estrutura de custos, a produção e as receitas adotadas neste trabalho, a venda de créditos de

carbono torna o componente florestal ainda mais atrativo economicamente, devido, principalmente, à receita auferida desde o início do projeto, a qual reflete positivamente nos critérios de avaliação econômica.

Os créditos podem se constituir em mais uma alternativa econômica de incentivo a novos plantios florestais e, conseqüentemente, em mais uma opção de renda nos estabelecimentos rurais, segundo os critérios avaliados neste trabalho.

Conclusões

As árvores propiciam retorno econômico em todos os sistemas testados, com rentabilidade a partir do desbaste aos 7 anos de idade da floresta.

A venda de créditos de carbono torna o componente florestal ainda mais atrativo economicamente, devido, principalmente, à receita auferida desde o início do projeto.

A indicação de um dos sistemas a produtores dependerá de estudos que ainda estão sendo realizados sobre os efeitos das árvores na pastagem e no gado.

Referências

- BRASIL precisa de planejamento ambiental. **Envolverde**: Revista Digital de Meio Ambiente e Desenvolvimento, 7 fev. 2007. Disponível em: <<http://envolverde.ig.com.br/materia.php?cod=27636&edt=>>>. Acesso em: 19 set. 2008.
- CACHO, O.; WISE, R. A bioeconomic analysis of carbon sequestration in farm forestry: a simulation study of *Gliricidia sepium*. **Agroforestry Systems**, v. 64, n. 3, p. 237-250, 2005. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17006494>>. Acesso em: 19 set. 2008.
- CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 64).
- DOSSA, D.; RODIGHIERI, H. R. **A tomada de decisão do produtor num sistema agroflorestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 37p. (Embrapa Florestas. Documentos, 42).
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Adopted by Session at IPCC Plenary XXVII. 52 pags. Valencia, Espanha. Novembro, 2007.
- MARENGO, J. A. **Impactos e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil. Apresentação Institucional**. 28 p. 2007. Disponível em: <http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/MArengo_site_ClimateChange_FCLIMA.pdf>. Acesso em: 19 set. 2008.
- MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J.; BAGGIO, A. J. Estudo econômico da introdução de mudas altas para sombreamento de pastagens. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2. Curitiba. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPFLoresta, v.2, p.171-91, 1992.
- OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Sistema de simulação e análise econômica de regimes de manejo de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n.1, p. 99-111, 1998.
- OLIVEIRA, E. B.; BERNETT, L. G.; GRAÇA, L. R.; MACHADO, S.A. Sis-eucalipto - simulador para o manejo de *Eucalyptus grandis*. In: FOREST 2000, 2000, Porto Seguro. Forest 2000 - Anais. 2000. p.369-371.
- PENTEADO JÚNIOR, J. Avaliações econômicas e ambientais da implantação da produção integrada de pêssegos nos Municípios de Araucária e Lapa, PR: um estudo de caso. 120f. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril (Grevílea + Pastagem): uma proposição para aumento da produção do arenito caiua. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1. Porto Velho. **Anais ...** Colombo: EMBRAPA-CNPFL, 1994. p. 291-297. (EMBRAPA-CNPFL. Documentos, 27).
- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. dos S.; LIMA, M. A. de ; BERCHIELLI, T. T.; BARBOSA, P. F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 277-283, 2004.
- RIBASKI, J. **Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris*) na região semi-árida brasileira**. Curitiba, 2000, 165p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RIBASKI, J.; MATTEI, V. L.; COELHO, R. W.; VARGAS, A. F. C.; RIBASKI, S. A. G. **Sistemas silvipastoris como estratégia de desenvolvimento sustentável para regiões com solos suscetíveis à erosão**: um estudo de caso na Mesorregião da Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Curitiba, PR: EMBRAPA-CNPFL, 2005. 5p. (EMBRAPA-CNPFL. Comunicado Técnico 150).
- RIBASKI, J.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J. Sistemas silvipastoris desenvolvidos na região Sul do Brasil: a experiência da Embrapa Florestas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. **Simpósio...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite: FAO, 2000. 1 CD-ROM.

Recebido em 24 de setembro de 2008 e aprovado em 19 de dezembro de 2008