

Simulação econômica de Monte Carlo aplicada à análise de risco florestal

Economic simulation Monte Carlo applied to forest risk analysis

Romano TIMOFEICZYK Junior [1](#); Daniel de Alencastro BOUCHARDET [2](#); William Tomaz FOLMANN [3](#); Vitor Afonso HOEFLICH [4](#); Maria Laura Quevedo FERNANDEZ [5](#)

Recibido: 26/12/16 • Aprobado: 29/01/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Material e métodos](#)
 - [3. Resultados e discussão](#)
 - [4. Conclusão](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

O estudo teve como objetivo determinar o risco para um investimento em plantios de Pinus taeda Lineu utilizando dados de uma empresa florestal localizada no Estado do Rio Grande do Sul. O regime de manejo do plantio possui três desbastes e corte raso aos 24 anos. Foram gerados dois cenários para o planejamento do projeto florestal. As variáveis utilizadas foram os custos, a produção e a receita líquida pela venda da madeira em pé. A análise de risco foi feita com o método de Monte Carlo utilizando o algoritmo Mersenne Twister para geração aleatória dos números. O Valor Presente Líquido indicou a viabilidade econômica do projeto com uma taxa de juros real anual de 9%. Foram simulados 5.000 fluxos de caixa entre os dois cenários. O risco de inviabilidade é de 15,10%, e o intervalo para o retorno do investimento mais provável (probabilidade de 40,26%) é R\$ 250,00/ha e R\$ 750,00/ha.

Palavras-chave: Mersenne Twister; gerador aleatório numérico; análise de investimentos; valor presente líquido.

ABSTRACT:

This study aims to evaluate the risk of an investment in a Pinus taeda Lineu fores based on data of a forest company in Rio Grande do Sul state. The forest management consist in three thinning and a clear cut on 24th year. Two scenarios were considered for the forest planning. The variables considered were costs, production and net receipt of stumpage sales. The Monte Carlo method with the Mersenne Twister algorithm for random generation of numbers was applied for the risk analysis. The Net Present Value indicated the economic viability of the project considering an annual interest rate of 9% in real terms. 5,000 cash flows were generated considering both scenarios. The risk of unviability for the project is 15.10%, and the most likely Net Present Value (40.26% of probability) is between R\$ 250.00/ha and R\$ 750.00/ha.

Keywords: Mersenne Twister; random number generator; investment analysis; net present value.

1. Introdução

A região Sul do Brasil possui 88% dos 1,6 milhões de hectares plantados com Pinus no país e o

Estado Rio Grande do Sul possui 12% (Ibá, 2015). As condições edafoclimáticas e o mercado de consumo dos diversos tipos de produtos finais são as principais características responsáveis pela expansão dessa cultura na região (Floriano, 2008). Apesar da tradição do cultivo de pinus na região Sul, a implantação de florestas deve ser analisada por diversas óticas de viabilidade. Dentre essas, a viabilidade financeira é solucionada com a formação dos centros de custos: o investidor deve decidir qual a fonte de capital que será utilizada, se própria, de terceiros ou parcerias de distintas classes. Por outro lado, a viabilidade econômica apresenta maior complexidade devido à existência de incertezas e riscos do projeto, por exemplo, produtividade real diferente da produtividade estimada, variação do preço de mercado, aumento dos custos ou alterações no cenário macroeconômico.

Para determinar a viabilidade econômica de projetos florestais, diversos trabalhos utilizaram métodos com premissas determinísticas. A utilização de tais métodos pressupõe que todos os dados são perfeitamente conhecidos (Silva et al., 2005; Silva & Fontes, 2005). Na prática, entretanto, há incertezas sobre os dados de entrada no fluxo de caixa. A análise de risco do investimento é uma ferramenta importante para analisar a viabilidade econômica, sendo que o risco está associado à probabilidade de o investidor não obter o retorno esperado (Carmona, 2009).

Uma opção para determinar o risco de um projeto e auxiliar o processo de decisão é o método de Monte Carlo (MC), uma ferramenta de simulação que pode ser aplicada em processos que utilizem fatores aleatórios. Apesar de Simioni & Hoeflich (2006) terem mostrado que a aplicabilidade dessa ferramenta para análise de risco de plantios do gênero *Eucalyptus sp.*, a utilização dessa ferramenta para análise de risco em plantios florestais ainda não foi totalmente esgotada, sendo pouco utilizada para plantios do gênero *Pinus sp.* O método de MC consiste em gerar aleatoriamente N observações de sucessivas amostras para compor uma distribuição de probabilidade a um determinado parâmetro do projeto (Fernandes, 2005). O método de MC pode ser combinado com parâmetros de viabilidade da engenharia econômica, como o valor presente líquido, para auxiliar a tomada de decisão (Balbinot, 2011). O gerador de números aleatórios Mersenne Twister, desenvolvido por Makoto Matsumoto e Takuji Nishimura em 1997, é um dos algoritmos existentes para geração de valores aleatórios e seu projeto foi baseado em falhas de outros geradores existentes (Matsumoto & Nishimura, 1998).

A hipótese considerada neste trabalho é que os empreendimentos florestais apresentam risco econômico que pode inviabilizar a implantação e possui como objetivo determinar o risco para um investimento em plantios de *Pinus taeda* Lineu na região Sudeste do Rio Grande do Sul.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O Estado do Rio Grande do Sul é dividido em sete mesorregiões geográficas que são subdivididas em 35 microrregiões, delimitadas e descritas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004). A área de estudo está inserida na mesorregião Sudeste Rio-grandense, composta por quatro microrregiões, sendo uma delas a microrregião Litoral Lagunar, que abrange quatro municípios (Chuí, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar e São José do Norte). A microrregião Litoral Lagunar possui área total de 9.378,128 km². As condições climáticas da mesorregião são recomendadas para o cultivo de Pinus (Higa et al., 2008).

2.2. Caracterização do projeto florestal

O projeto avaliado é um povoamento uniforme de *Pinus taeda* L. adensado, com espaçamento 2,0 metros x 2,0 metros (2.500 árvores por hectare). O índice de sobrevivência adotado foi de 95%.

O horizonte de planejamento é de 24 anos com três desbastes e um corte raso, conforme o

regime de manejo florestal. Esse regime de manejo tem como objetivo a produção de madeira para serraria (diâmetro acima de 18 cm) e obter receitas extras com venda de madeira mais fina para processos industriais (diâmetro entre 8 e 18 cm). A descrição do manejo encontra-se a seguir:

- 1º desbaste (12º ano): a terceira linha de plantio é retirada por um desbaste sistemático seguido de um desbaste seletivo. O número final de árvores deve ser próximo de 1.600 árvores/ha;
- 2º desbaste (16º ano): caracterizado por somente desbaste seletivo com peso de 45% sob o remanescente da intervenção anterior, mantendo um número aproximado de 900 árvores/ha;
- 3º desbaste: realizado no 20º ano, com peso de 45% sob o remanescente do segundo desbaste, o qual visa manter ao redor de 500 árvores/ha;
- Corte raso: no 24º ano com remoção total de árvores.

2.3. Produção e sortimentos

A empresa responsável pelo projeto utiliza técnicas de prognose para estimar a produção florestal por hectare. A Tabela 1 apresenta as informações repassadas sobre a produção de cada sortimento em cada intervenção. Os valores são correspondentes ao cenário livre de incertezas sobre as condições para a produção.

Tabela 1. Produção de madeira por hectare.
Table 1. Wood production per hectare.

Intervenção silvicultural	Idade (anos)	Número de árvores por hectare remanescentes	Peso do desbaste	Produção (m ³ /ha) por sortimento	
				Processo industrial ¹	Serraria ²
Plantio	0	2470	-	-	-
1º desbaste	12	1572	63,64%	37,2	18,8
2º desbaste	16	887	43,57%	40,4	72,2
3º desbaste	20	499	43,74%	23,9	84,2
Corte raso	24	-	100,00%	22,0	178,5

¹ Processo industrial: diâmetro < 18 cm; ² Serraria: diâmetro > 18 cm.

2.4. Formação do Fluxo de Caixa

Utilizou-se o modelo de fluxo de caixa descontado, que considera a variação dos valores monetários ao longo do tempo (Silva et al., 2005). O fluxo de caixa foi construído em duas etapas. A primeira contém os investimentos/reinvestimentos, capital de giro, custos fixos e custos variáveis. Os componentes dessa etapa são denominados de saídas de caixa e representam todas as despesas e custos da empresa no decorrer da sua vida útil. A segunda etapa contém as receitas da empresa no decorrer do período considerado.

2.5. Centro de Custos

O centro de custo global do projeto foi estruturado em períodos anuais e convertido para a

unidade Real por hectare (R\$/ha). O custo administrativo corresponde a 5% do custo total. Os custos foram classificados em três grandes grupos conforme as atividades que o compõem. O primeiro grupo é composto pelos custos iniciais para implantar o projeto. O segundo, pelos tratamentos iniciais (1º ao 3º ano) e possui menor intensidade de atividades que o grupo anterior. Por último, estão os custos com manutenção e informações globais do projeto (Tabela 2). Comparado aos outros dois grupos, neste estágio há uma acentuada redução de dispêndio, pois a floresta já está estabelecida, com exceção dos anos em que há venda da madeira, por conta do custo com estradas. Uma vez que a madeira é vendida em pé, não há custos com colheita, baldeio e transporte.

Tabela 2. Custos de manutenção e informações globais do projeto.
Table 2. Maintenance costs and global informations of the project.

Atividade	Custos (R\$/ha)
Controle de pragas	270,00
Custos extras	92,36
Estradas	54,73
Manutenção	75,00
Mudas	812,50
Planejamento	0,70
Plantio	225,00
Preparo de Solo	502,00
Replantio	37,50
Transporte (implantação)	65,00
Transporte (manutenção)	50,00

2.6. Formação das receitas

As receitas de cada período foram calculadas com o volume estimado de cada sortimento e o preço médio regional da madeira em pé. Os preços utilizados foram coletados em um boletim de preços de madeira da região elaborado por uma empresa de consultoria florestal (base abril de 2015). Os preços para os sortimentos são:

- Processo: R\$ 35,24/m³;
- Serraria: R\$ 96,20/m³.

Como esses são valores médios dos preços praticados na região, há desvios na estimativa e pode haver efeitos de sazonalidade. Portanto, foi feita uma análise de sensibilidade com variação dos valores do preço.

2.7. Impostos

Foram considerados cinco impostos: Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para o financiamento da Seguridade Social (COFINS), Funrural, Fundo Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL), e Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ). Todos os impostos incidem sobre a receita bruta, pois a declaração da empresa é feita com lucro presumido. As alíquotas consideradas foram PIS (0,65%), COFINS (3,0%), Funrural (2,85%), CSLL (1,08%) e IRPJ (15% sobre uma base de 8% da receita bruta). Foi considerado o adicional de IRPJ quando a base de cálculo deste imposto passou de R\$ 240.000,00. Nesta situação, há incidência de 10% sobre o valor excedente de R\$ 240.000,00 da base do imposto.

2.8. Taxa de juros

A taxa utilizada deve considerar a remuneração do capital investido e acompanhar a taxa de risco estimada para o setor florestal (Berger et al., 2002; Simioni & Hoeflich, 2006). Foi utilizada uma taxa de juros real de 9% ao ano para descontar o fluxo de caixa.

2.9. Indicador de Viabilidade Econômica

Foi utilizado o Valor Presente Líquido (VPL) que determina o valor presente de pagamento futuros. Para tal, o valor dos fluxos financeiros futuros é descontado a uma taxa de juros apropriada até o ano zero do investimento (Araújo et al., 2011). A taxa pré-determinada deve estar associada ao risco (Minardi, 2000) e valores positivos indicam que o projeto é viável (Silva & Fontes, 2005). O VPL é expresso pela seguinte fórmula (Silva et al., 2005):

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

Em que:

R_j = Receitas no período j ;

C_j = Custos no período j ;

i = taxa de juros;

j = período em que a receita e/ou custo ocorre ($j= 0... n$); e

n = número de períodos do horizonte de planejamento.

2.10. Análise de risco

Para a análise de risco foi utilizado o método de Monte Carlo (MC), que utiliza simulações para realizar projeções probabilísticas. Foi utilizado o *software* Excel® com a adição de um complemento para realizar a distribuição aleatória Mersenne Twister (Saito & Matsumoto, 2006).

Para aplicar o método de MC é necessário estabelecer um intervalo de valores para a geração aleatória de números. A partir do fluxo de caixa formulado com os dados disponibilizados pela empresa (cenário esperado), foram gerados dois cenários para o fluxo de caixa: pessimista e otimista. O delineamento desses dois cenários foi feito a partir da análise das atividades de cada período utilizando as premissas descritas a seguir:

Pessimista: há elevação dos custos analisados de maneira individual (exceto pela representatividade do custo administrativo, que foi mantido constante em 5% dos custos totais), redução de 15%, tanto em volume produzido por cada intervenção como no preço de venda da madeira em pé;

Otimista: os custos são os mesmos do cenário esperado, já na formação das receitas será considerado um incremento de 10%, tanto em volume produzido em cada intervenção, assim como no preço de venda da madeira em pé.

Após definir a variação dos dados para cada período, foram gerados 5.000 fluxos de caixa utilizando a aleatoriedade Mersenne Twister. Este número de valores gerados já foi utilizado em diversas áreas, como em Lazo et al. (2007), Barbosa (2010) e Barioni et al. (2007). Com o resultado dos fluxos de caixa foram determinados o VPL de cada simulação. Estes foram ordenados e separados em classes de valor para calcular a probabilidade de cada bloco.

3. Resultados e discussão

O intervalo de cada custo utilizado para formular os fluxos de caixa após a simulação de Monte Carlo está listado na Tabela 3. A variação de cada operação foi feita de acordo com a sensibilidade às características físicas do local de implantação e acesso aos fatores. O custo fixo corresponde a 5% do custo total em todos cenários.

Tabela 3. Valores dos custos determinados para cada cenário.

Table 3. Costs for each scenario.

Operação	Cenário		
	Otimista	Esperado	Pessimista
	Custo (R\$/ha)		
Combate a pragas	270,00	270,00	330,00
Custos extras	92,36	92,36	120,07
Estradas	54,73	54,73	60,00
Manutenção	75,00	75,00	100,00
Mudas	812,50	812,50	1.137,50
Planejamento	0,70	0,70	1,00
Plantio	225,00	225,00	270,00
Preparo de Solo	502,00	502,00	620,40
Replantio	37,50	37,50	45,00
Transporte (implantação)	65,00	65,00	85,00
Transporte (manutenção)	50,00	50,00	65,50
	Produção sortimento processo industrial (m ³ /ha)		
1° Desbaste	40,92	37,20	31,62
2° Desbaste	44,44	40,40	34,34
3° Desbaste	26,29	23,90	20,32

Corte Raso	24,20	22,00	18,70
Produção sortimento serraria (m³/ha)			
1° Desbaste	20,68	18,80	15,98
2° Desbaste	79,42	72,20	61,37
3° Desbaste	92,62	84,20	71,57
Corte Raso	196,35	178,50	151,73
Preço da madeira em pé (R\$/m³)			
Processo industrial	38,76	35,24	29,95
Serraria	105,82	96,20	81,77

Obs. Os custos de transporte repetem porque ocorrem de maneira distinta entre a implantação e a manutenção do projeto florestal.

Comparado ao método determinístico, a simulação de Monte Carlo possui a vantagem de estimar a probabilidade de ocorrência dos valores do parâmetro de viabilidade – o VPL neste estudo – apresentada na Figura 1. Mesmo se fosse calculado o VPL para diferentes cenários ou realizada uma análise de sensibilidade, estimativas pontuais são de pouca utilidade devido ao cenário de incerteza que o investimento está inserido (Simioni & Hoeflich, 2006). Ainda, Coelho Júnior et al. (2008) afirmam que as tomadas de decisão baseadas no método de MC possuem 50% a mais de chance de estarem corretas quando comparadas àquelas baseadas em métodos tradicionais determinísticos.

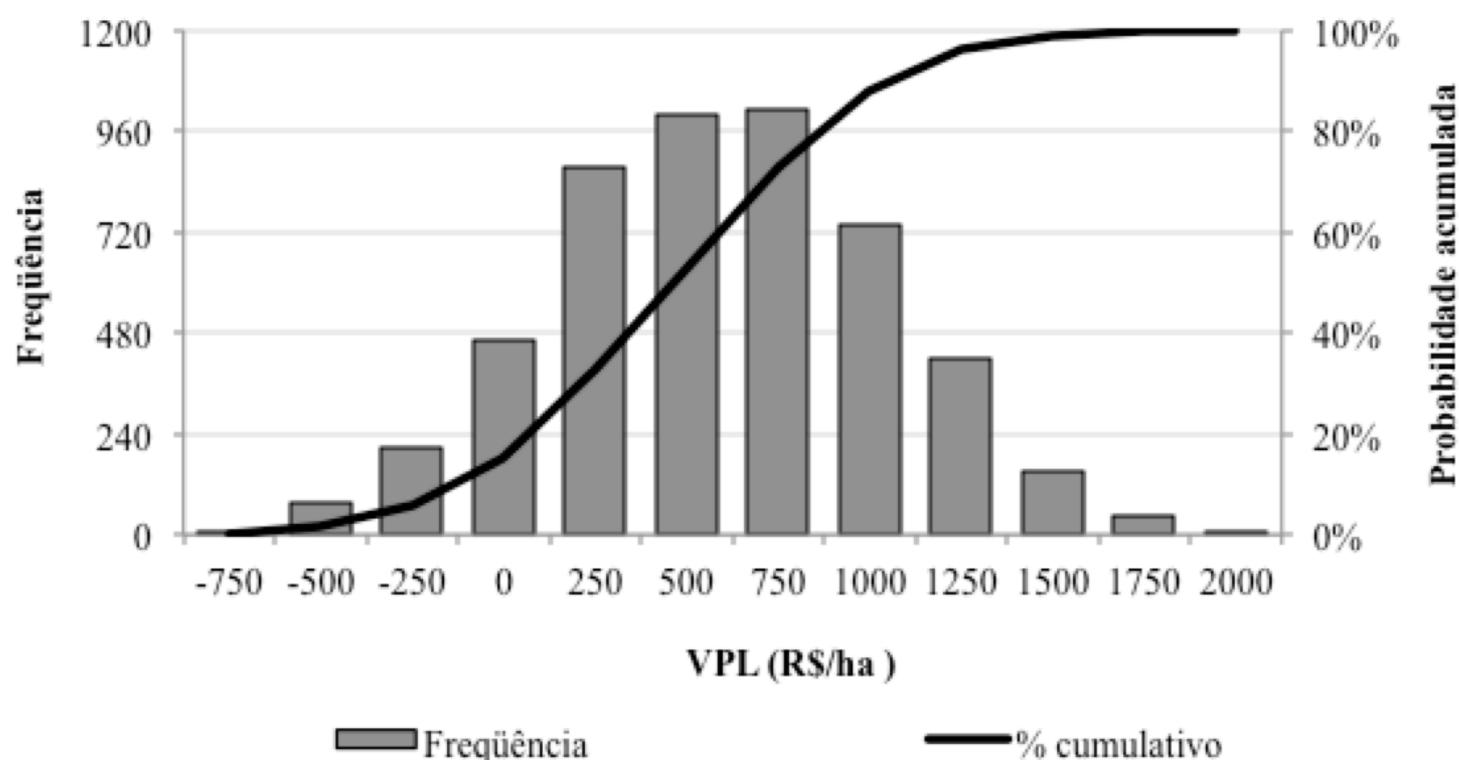


Figura 1. Histograma de frequência e probabilidade acumulada dos valores de VPL.
Figure 1. Frequency histogram and cumulative probability of NPV.

Os valores de VPL foram classificados e agrupados em classes com amplitude de R\$ 250,00/ha.

A simulação mostra que a probabilidade de inviabilidade do projeto, *i.e.*, ocorrência de valores negativos de VPL, é de 15,10% e corresponde a quatro classes de intervalo (partindo de -R\$ 750,00/ha até a -R\$ 0,01). Já a probabilidade de ocorrer retorno superior a R\$ 1.000,00/ha – cinco classes superiores de intervalo – é de 12,34%. As classes restantes, partindo de R\$ 0,00 até R\$ 1.000,00/ha, possuem frequência relativa de 72,56%. As classes intermediárias, de R\$ 250,00/ha a R\$ 500,00/ha e R\$ 500,00/ha a R\$ 750,00/ha apresentam a mesma frequência relativa próximas, sendo respectivamente 20,00% e 20,26%. Portanto, os valores gerados pela simulação de MC indicam que o valor de VPL com maior probabilidade de ocorrer está entre R\$ 250,00 e R\$ 750,00 (40,26%).

O valor do VPL para o cenário otimista é R\$ 2.332,82 e para o pessimista, R\$ - 1.390,76. Ambos os cenários estão fora do intervalo gerado pela simulação: o valor máximo de VPL gerado pelo método de MC foi R\$ 1.926,62 e o mínimo, R\$ -953,87. Tal resultado é esperado porque a simulação é feita a partir do intervalo determinado para esses dois cenários. Ou seja, o fluxo de caixa otimista utiliza todos os valores mais altos de receita e o fluxo de caixa pessimista todos os valores mais baixos possíveis de receita e mais altos de custo. Apesar do intervalo de MC não contemplar tais valores, é importante ressaltar que a análise de risco permite determinar a probabilidade dos retornos. O valor do VPL calculado pelo método determinístico do fluxo de caixa esperado é R\$ 1.095,29/ha, valor este alocado acima do intervalo de maior probabilidade de ocorrência apontado pela simulação desenvolvida. A frequência relativa de ocorrer o VPL calculado pelo método determinístico é 8,34% (classe R\$ 1.000,00/ha a R\$ 1.250,00/ha).

4. Conclusão

Apesar da tradição de cultivo de pinus na região sul do país, há risco econômico por conta da possibilidade de flutuações de valores nos custos e na receita. O método de Monte Carlo com o algoritmo Mersenne Twister é uma ferramenta capaz de avaliar o risco para o projeto em questão, apontando que o risco é iminente e deve ser considerado na adoção de um projeto florestal.

Referências

Araújo VA, Malinovski RA, Vasconcelos JS. Análise de viabilidade econômica de um processo de secagem de madeira para empresas madeireiras do sudoeste paulista. *Revista Ciência em Extensão* 2011; 7 (1): 51-70.

Balbinot VH. *Análise de viabilidade do método de Monte Carlo para avaliações de investimento em incorporações imobiliárias* [monografia]. Porto Alegre, RS: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.

Barbosa CM de O. *Simulação Monte Carlo aplicada à estimativa de risco de demanda dos contratos de concessões rodoviárias*. [dissertação]. Brasília, DF: Mestrado Profissional em Economia; 2010.

Barioni LG, Beltrame T, Quirino CR, Fernandes DR. Modelos determinista e estocástico em programas de transferência de embriões em bovinos. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal* 2007; 15 (3): 107 – 113.

Berger R, Timofeiczky Junior R, Lacowicz GP, Brasil AA. Análise econômica da industrialização primária da madeira na região amazônica. *Floresta e Ambiente* 2002; 9 (1): 9 - 17.

Carmona CUM. *Finanças Corporativas e Mercados*. 1ª ed. São Paulo: Atlas; 2009.

Coelho Júnior LM, Rezende JLP, Oliveira AD, Coimbra LAB, Souza AN. Análise de Investimento de um Sistema Agroflorestal sob Situação de Risco. *Cerne* 2008; 14 (4): 368 - 378.

Fernandes CAB de A. *Gerenciamento de riscos em projeto: Como usar o Microsoft Excel para realizar simulação de Monte Carlo*. [citado 2015 dez. 2]. Disponível em: <http://www.bbbrothers.com.br/files/pdfs/artigos/simul_monte_carlo.pdf>.

Floriano EP. *Subsídios para o planejamento da produção de Pinus elliottii Engelm. na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul*. [Tese]. Santa Maria, RS: Setor de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria; 2008.

Higa RCV, Wrege MS, Radin B, Braga H, Caviglione J H, Bognola I et al. Zoneamento climático: Pinus taeda no Sul do Brasil. *Embrapa Florestas* 2008; 75.

IBGE. *Mapeamento das unidades territoriais*. [citado 2016 mai. 19]. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/cartografia/mapeamento das unidades territoriais](http://www.ibge.gov.br/cartografia/mapeamento_das_unidades_territoriais)>.

Lazo JGL, Vellasco MMBR, Pacheco MAC, Dias MAG. Real options value by Monte Carlo Simulation and Fuzzy Numbers. *International Journal of Business* 2007; 12; 181 - 190.

Matsumoto M, Nishimura T. *Mersenne Twister: A623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator*. 1998 [citado 2015 dez. 13]. Disponível em: <<http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/ARTICLES/mt.pdf>>.

Minardi AMAF. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. *Revista de Administração de Empresas* 2000; 40 (2); 74 - 79.

Saito M, Matsumoto M. SIMD – Oriented Fast Mersenne Twister: a 128-bit pseudorandom number generator. In: Pierre L’Keller A, Heinrich S, Niederreite H. *Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo methods 2006*.

Silva M L da, Jacovine LAG, Valverde SR. *Economia Florestal*. 2ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2005.

Silva ML da, Fontes AA. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET). *Revista Árvore* 2005; 29 (6); 931 - 936.

Simioni FJ, Hoeflich VA. *Avaliação de risco em investimentos florestais*. PFB [Internet]. 2006 [citado 2015 jun. 10]. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/215/166>>.

-
1. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Economia Rural e Extensão, Curitiba, Paraná, Brasil - romano@ufpr.br
 2. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil - dbouchardet@gmail.com
 3. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil - wfolmann@gmail.com
 4. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Economia Rural e Extensão, Curitiba, Paraná, Brasil - hoeflich@ufpr.br
 5. Universidad Nacional de Asunción, Departamento de Ingeniería Forestal, San Lorenzo, Paraguai – lauraqbp@gmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 28) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados