ARTIGO ORIGINAL

Restauração de uma mata ciliar: análise da produtividade efetiva das operações sob condições de incertezas

Restoration of a riparian forest: analysis of the effective productivity of operations under conditions of uncertainty

Jean Fernando Silva Gil¹ , Magali Ribeiro da Silva¹ , Danilo Simões²

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP, Brasil

²Universidade Estadual Paulista – UNESP, Itapeva, SP, Brasil

Como citar: Gil, J. F. S., Silva, M. R., & Simões, D. (2021). Restauração de uma mata ciliar: análise da produtividade efetiva das operações sob condições de incertezas. *Scientia Forestalis*, 49(132), e3710. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n132.12>

Resumo

As incertezas associadas às operações dos modelos de restauração florestal podem compreender os aspectos edafoclimáticos, qualidade e espécies das mudas, nível de tecnologia dos equipamentos e da qualificação dos trabalhadores, precedentes dos tempos das operações e, conseqüentemente, das produtividades efetivas. Assim, o objetivo foi verificar se a adoção de mudas produzidas em diferentes recipientes pode interferir na produtividade efetiva das operações de restauração florestal. Realizou-se o estudo de tempos das operações de implantação e manutenção de três projetos de investimento em restauração florestal ativa, que diferiam em função de mudas produzidas em sacos de polietileno, tubetes de polietileno e *Ellepot*®. Os valores dos tempos dos elementos de trabalho mensurados para as operações de implantação e manutenções, foram denominados como estimativas de entrada dos modelos matemáticos, após os ajustes das distribuições de probabilidades aos conjuntos de dados amostrais contínuos. Por meio da simulação pelo método de Monte Carlo, foram estimados intervalos de valores para os elementos de trabalho e para as produtividades efetivas das operações. Os resultados demonstraram que as mudas produzidas em diferentes recipientes influenciaram nas produtividades efetivas das operações de restauração florestal ativa, sendo que a maior produtividade efetiva da operação de plantio ocorreu no projeto de investimento com mudas produzidas em *Ellepot*®. Na manutenção pós-plantio, a maior produtividade efetiva ocorreu no projeto com mudas produzidas em sacos de polietileno.

Palavras-chave: Distribuição de probabilidade; Estudo de tempos; Monte Carlo; Projeto de investimento florestal.

Abstract

The uncertainties related to the operations of models for forest restoration can include edaphic-climatic conditions, seedling species and quality, technology levels of equipment and qualification of workers, precedents of operation times, and, consequently: of effective productivity. Thus, this study aimed at ascertaining whether the adoption of seedlings produced in different containers can affect the effective productivity of forest restoration operations. A study of the times of implementation and maintenance operations of three investment projects involving active forest restoration was performed; and these differed according to the containers used to produce native forest seedlings produced in polyethylene bags, polyethylene tubes and degradable *Ellepot*®. The values of the times of work elements measured for the implementation and maintenance operations were named as input estimates of mathematical models, after adjustment of probability distributions to continuous sample data sets. Through the Monte

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código do financiamento 001.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: danilo.simo@unesp.br

Recebido: 4 maio 2021.

Aceito: 27 agosto 2021.

Editor: Mauro Valdir Schumacher.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Carlo method simulation, value ranges were estimated for work elements and for the effective productivity of operations. The results showed that seedlings produced in different containers influenced the effective productivity of active restoration operations; and of these the highest effective productivity of planting operation occurred in the project with seedlings produced in *Ellepot*®. In post-planting maintenance, the highest effective productivity occurred in the project with seedlings produced in polyethylene bags.

Keywords: Probability distribution; Time study; Monte Carlo method; Forest investment project.

INTRODUÇÃO

A restauração florestal é a ciência que estuda, acompanha e promove o desenvolvimento ecológico de ecossistemas degradados. Deste modo, considera-se a relação do homem com a natureza, bem como a importância da sustentabilidade, nível de biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas (Engel & Parrotta, 2003; Clewell & Aronson, 2007).

No Brasil, existem normas objetivas que apoiam a restauração de matas ciliares, ademais, especificamente para a Mata Atlântica brasileira, a restauração por meio do plantio de mudas tem aumentado nas últimas décadas. No entanto, o desafio está em encontrar técnicas adequadas para a recuperação de matas ciliares em larga escala (Durigan & Silveira, 1999; Suganuma & Durigan, 2014; Meli & Brancalion, 2017).

A restauração ativa por meio dos plantios de mudas florestais nativas é uma das técnicas comumente empregada em diversos projetos de restauração florestal (Souza & Engel, 2018). Logo, as mudas utilizadas para recuperar a cobertura vegetal podem ser produzidas em diferentes recipientes, como exemplo, saco de polietileno, tubete de polietileno e recipientes degradáveis.

Deste modo, os estudos que envolvem testes com recipientes para produção de mudas florestais nativas exploram o crescimento e desenvolvimento das plantas (Benamirouche et al., 2019; Smiderle et al., 2020), entretanto, demandam de informações sobre a influência dos recipientes utilizados na produção das mudas na produtividade efetiva das operações de campo.

Isto posto, na restauração florestal ativa, a produtividade efetiva das operações de implantação e manutenção pós-plantio pode ser considerada o principal recurso produtivo que infere sobre a aceitação ou a rejeição de projetos de investimento mutuamente excludentes. Este fato pode ser explicado conforme o entendimento de Almeida (2016), o qual salienta que esta produtividade pode influenciar no custo de produção de projetos de restauração florestal.

Ressalta-se que a produtividade efetiva das operações de implantação e manutenção de florestas nativas está sob condições de incerteza, pois depende do nível de qualificação da mão de obra, insumos utilizados, qualidade das mudas florestais, tipo de solo, declividade da área, vegetação inicial, condições climáticas e nível tecnológico empregado. Diante deste contexto, o objetivo foi analisar se mudas florestais nativas produzidas em diferentes recipientes, interferem na produtividade efetiva, sob condições de incertezas, das operações de implantações e manutenções da restauração florestal de uma mata ciliar.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi conduzido em uma área de mata ciliar de 1.176 m², localizada nas coordenadas geográficas 23° 05' de latitude Sul e 48° 34' de longitude Oeste, na região Centro-Oeste do estado de São Paulo, Brasil, com altitude média de 864 metros. Conforme São Paulo (2009) o tipo de vegetação presente na área experimental é a Floresta Estacional Semidecídua, inserida no Bioma Mata Atlântica.

A área experimental está localizada em região com clima Cfa - clima subtropical úmido com verão quente, com temperatura média do ar do mês mais quente superior a 22 °C. A

precipitação pluvial média anual é de 1.350 mm, sendo o verão a estação com precipitação média de 672 mm e o inverno com média de 112 mm (Alvares et al., 2013).

O tipo de solo predominante na área experimental, segundo Santos et al. (2018) é o Latossolo Vermelho distrófico-LVd e relevo com inclinação abaixo de 3%. Antes da intervenção florestal, a vegetação predominante era gramínea do gênero *Brachiaria* sp., além disso, no entorno da área de mata ciliar, estava estabelecido cultivo de cana-de-açúcar.

Descrição das operações silviculturais

Foram ponderados três projetos em restauração florestal que diferiram em função do plantio de mudas florestais, adquiridas de um viveiro florestal setorizado, produzidas em sacos de polietileno (1.178 cm³), tubetes de polietileno (290 cm³) e *Ellepot*® (160 cm³). As espécies florestais utilizadas foram, *Citharexylum myrianthum* Cham., *Eugenia brasiliensis* Lam., *Enterolobium contortisiliquum* Vell., *Heliocarpus popayanensis* Kunth., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Copaifera langsdorfii* Desf. e *Genipa americana* L.

A técnica empregada foi a restauração ativa, por meio do plantio de mudas florestais nativas da Mata Atlântica em espaçamento 3 m × 2 m. A altura média das mudas era de 21,3 cm, 43,5 cm e 19,6 cm, daquelas produzidas em *Ellepot*®, sacos de polietileno e tubetes de polietileno, respectivamente.

As operações silviculturais foram divididas em implantações e manutenções pós-plantio. As implantações contemplaram as roçadas pré-plantio semimecanizadas, coroamentos pré-plantios com enxadas manuais, coveamentos com cavadeiras manuais, adubações de base, irrigações, distribuição das mudas e os plantios. As manutenções pós-plantio consistiram em três roçadas semimecanizadas e três coroamentos com enxadas manuais.

Estudo da produtividade

Como previsão e planejamento da produtividade Homem-hora por hectare (Equação 1), estruturado no estudo de tempos, foi realizada a classificação dos elementos de trabalho e, a mensuração dos valores dos tempos destes elementos por meio de um cronômetro digital sexagesimal. Dessa forma, de acordo com Bilici et al. (2019) e Silva et al. (2020), foram considerados os elementos de trabalho que resultaram em produção.

$$PE = \frac{HA}{TPT} \quad (1)$$

Em que:

PE é a produtividade efetiva (Hh ha⁻¹);

HA é a área de trabalho (ha);

TPT é o tempo efetivo de trabalho (h).

Na Tabela 1 são demonstrados os elementos de trabalho que compuseram os ciclos de trabalhos das operações da implantação das mudas florestais nativas e manutenções pós-plantio.

Análise estocástica

Os valores dos tempos dos elementos de trabalho, considerados medidas diretas obtidas por meio da leitura de equipamentos como cronômetro sexagesimal, intrinsecamente, possuem incertezas associadas. Deste modo, foram ajustadas distribuições de probabilidades aos conjuntos de dados amostrais contínuos, considerados estimativas de entrada, caracterizados como *inputs* dos modelos matemáticos dos problemas em análises.

Tabela 1. Descrição dos elementos de trabalho efetivo das operações de implantação e manutenções das mudas florestais nativas

Operação	Elementos de trabalho	Descrição
Roçada pré-plantio de manutenção	Preparo pré-roçada	Colocar Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e ligar roçadora.
	Roçar	Corte do capim com roçadora costal.
	Remover capim	Remover capim enroscado na lâmina de corte da roçadora.
	Manutenção e abastecer	Parada para manutenção e abastecer a roçadora.
	Remover galhos	Remover galhos da unidade de trabalho.
Coroamento pré-plantio e de manutenção	Marcar	Marcar local do coroamento.
	Deslocar	Deslocamento do colaborador que estabelecia o local a ser coroado.
	Coroar	Capina manual de 0,5 m de raio ao redor da muda.
	Remover capim	Remover capim próximo do colo da muda.
Coveamento	Deslocar	Deslocamento do colaborador de uma coroa a outra.
	Covear	Abertura de covas no centro da coroa com a cavadeira manual.
Distribuir tutores	Deslocar	Deslocamento entre as covas e os feixes de tutores.
	Fixar tutor	Acomodar o tutor na cova.
	Pegar feixe	Pegar feixe de tutores para distribuir na unidade de trabalho.
Adubação de base e cobertura	Deslocar	Deslocamento dos colaboradores entre as covas.
	Adubar	Aplicação do adubo nas covas ou próximo do colo das mudas.
	Abastecer	Completar recipiente que armazena o adubo.
Irrigação	Abastecer	Completar os regadores com a solução de irrigação.
	Aplicar	Depositar a solução na cova.
	Deslocar entre covas	Deslocamento dos colaboradores entre as covas.
	Deslocar para abastecer	Deslocamento do colaborador para abastecer os regadores.
Distribuir mudas	Distribuir mudas	Acomodar mudas próximo da cova.
	Deslocar	Deslocamento do colaborador entre as covas.
Plantio	Devolver solo	Transferir o solo solto na cova.
	Aplicar água	Aplicação de água nas covas para facilitar plantio.
	Deslocar	Deslocamento do colaborador entre as covas.
	Perfurar o solo	Perfuração do centro da cova deixando apenas o espaço que comportava a muda.
	Remover fundo	Corte da base do saco de polietileno para remover raízes enoveladas.
	Plantar	Plantar a muda no local perfurado, fixando-a no solo.
	Recolher sacos e tubetes	Recolher sacos e tubetes de polietileno da unidade de trabalho após o plantio.

Como pressuposto, aplicou-se o teste *Kolmogorov-Smirnov* com nível de significância de 1% para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Aplicou-se o critério de informação *bayesiano* – BIC, descrito por Schwarz (1978), para a selecionar a melhor distribuição de probabilidade, ponderando o modelo com menor BIC.

Por conseguinte, executou-se a simulação pelo método de Monte Carlo, por meio do software @RISK Copyright© 2020 (Palisade Corporation, 2020), para a geração de 100.000 números pseudoaleatórios. Adotou-se o gerador de números *Mersenne Twister* descrito por Matsumoto & Nishimura (1998) e o mesmo parâmetro de entrada para modelos matemáticos, conforme Pereira et al. (2020).

Quanto ao parâmetro de saída, isto é, o *output*, foi ponderada a produtividade efetiva. Por fim, para determinar a força monotônica dos valores entre os parâmetros de entrada e saída Bassoli et al. (2021), foi utilizado o coeficiente de correlação de *Spearman* (ρ_s).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ajuste das distribuições de probabilidades dos elementos de trabalho

Nas operações de implantação foram ponderados 40 elementos de trabalho, dos quais 92,50% tiveram o melhor ajuste por meio da distribuição de probabilidade triangular (Tabela 1), a qual permite a predição dos valores mínimo, mais provável e máximo, consentido aos gestores de restauração um processo decisório com maior acurácia, devido a aproximação das probabilidades de ocorrência. De acordo com Campbell & Anderson (2019), essa distribuição é aplicada com frequência em análises de projetos, uma vez que pode ser modelada a partir da faixa de valores.

Nas operações de manutenção pós-plantio, somente os elementos de trabalho preparo inicial e deslocar, ocorridos na operação de roçada, o elemento de trabalho coroar, verificado durante o coroamento, tiveram o melhor ajuste dos dados por meio da distribuição de probabilidade triangular. De acordo com Iren & Abdullahi (2020), esta distribuição possui como parâmetros os valores mínimo e mais provável. Portanto, permite prospectar aos gestores de restauração o tempo mínimo e o tempo mais provável para estes elementos de trabalho.

Destarte, 89,66% dos elementos de trabalho tiveram o melhor ajuste na distribuição de probabilidade triangular. De acordo com Hodgett & Siraj (2019), esta distribuição pode ser empregada para subsidiar tomadas de decisões em projetos, pautada na opinião de especialistas. Desta forma, representa a realidade dos dados, fixando os limites superior e inferior, sem a obrigatoriedade de assumir simetria em torno da média.

Análise da correlação dos elementos de trabalho das operações

Na implantação, os elementos de trabalho roçar, abrir cova, deslocar, aplicar adubo, deslocar e devolver solo na cova das operações, roçada pré-plantio, coveamento, distribuir tutores, adubação de base, distribuir mudas e plantio, respectivamente, apresentaram valores de ρ_s superiores a -0,80 (Figura 1), o que, conforme Fitz-Gibbon & Morris (1987), indica correlação muito forte entre as variáveis.

Os elementos de trabalho coroar, fixar tutor, deslocar entre covas e distribuir mudas das operações, coroamento pré-plantio, distribuir tutores, irrigar e distribuir mudas, respectivamente, apresentaram valores de ρ_s entre -0,41 e -0,60, indicando, assim, correlação negativa moderada entre as variáveis.

Na manutenção pós-plantio (Figura 2), constatou-se valores de ρ_s superiores a -0,80 nos elementos de trabalho adubar, coroar, roçar, nas operações de adubação de cobertura, roçada pós-plantio e primeiro e segundo coroamento, exceto nas mudas produzidas em *Ellepot®*. Estes valores de correlação, de acordo com Hair et al. (2003), evidenciam correlação muito forte entre as variáveis.

Os valores de correlação de ρ_s entre -0,41 e -0,60 dos elementos de trabalho manutenção e abastecer da operação de roçada pós-plantio e deslocar das operações de adubação pós-plantio evidenciam correlação negativa moderada entre as variáveis. Apesar da interpretação da dependência estatística entre um *input* e um *output* ser de caráter dúbio, ressalta-se que quanto mais alto for o valor da correlação, maior será a influência deste *input* sobre o *output*.

Figura 1. Coeficiente de correlação de *Spearman* (ρ_s) dos elementos de trabalho das operações de implantação

Figura 2. Coeficiente de correlação de *Spearman* (ρ_s) dos elementos de trabalho das operações de manutenção pós-plantio

Análise estocástica da produtividade efetiva

Nas variáveis sob condições de incertezas das operações de implantação e manutenção foram ajustadas diferentes distribuições de probabilidades que, se especificadas corretamente, de acordo com Thomaz et al. (2020), melhoram a previsão dos resultados e, por conseguinte, a interpretação dos dados.

A maior produtividade efetiva da implantação foi observada no projeto que contempla mudas produzidas em *Ellepot*® ajustadas por meio da distribuição de probabilidade Lognormal (BIC=47.189,71). Conforme González-Val (2019), esta distribuição possui inclinação para a direita, com valores decrescentes após o valor mais provável. Assim, os parâmetros, média (1,581 Hh ha⁻¹) e desvio padrão (0,201 Hh ha⁻¹) podem ser empregados pelos gestores de restauração florestal para selecionar alternativas exequíveis.

Na manutenção pós-plantio (Figura 3), a maior produtividade efetiva ocorreu no projeto com mudas produzidas em sacos de polietileno, no qual o melhor ajuste dos dados ocorreu por meio da distribuição de probabilidade normal (BIC= 532.785,09), com média de 0,2347 Hh ha⁻¹ e desvio padrão de 0,0169 Hh ha⁻¹. Dixit & Tiwari (2020) enfatizam que essa distribuição expressa variáveis aleatórias de valor real quando as distribuições não são conhecidas.

Figura 3. Função densidade de probabilidade (FDP) da produtividade efetiva da implantação e manutenção dos projetos de investimento

Na implantação, as maiores produtividades efetivas ocorreram nas operações de adubação de base com 0,3869 hectare Hora-homem e distribuição de tutores, o que resultou em 0,4200 hectare Hora-homem. As variações nos tempos demandados para realizar estas operações impactaram diretamente na produtividade efetiva da implantação. No entanto, conforme Simões et al. (2018), a partir da ponderação das incertezas associadas aos projetos, torna-se possível a mensuração dos riscos, a adoção de medidas mitigadoras e, ainda, aumentar a produtividade efetiva das operações.

O tempo para realizar o plantio foi menor com as mudas produzidas em *Ellepot*®, com uma produtividade efetiva de 0,0703 Hh ha⁻¹, já as mudas produzidas em sacos de polietileno despenderam maior tempo para serem plantadas e a produtividade efetiva estimada foi de 0,0386 Hh ha⁻¹. A diferença pode ser justificada pelo menor número de elementos de trabalho para efetuar a operação das mudas produzidas em *Ellepot*®, fato que pode ser corroborado por Vijay & Prabha (2020), os quais salientam que a quantidade de elementos de trabalho influencia a produtividade da operação.

Na manutenção pós-plantio, observou-se um aumento da produtividade efetiva do primeiro para o segundo coroamento das mudas produzidas nos três recipientes que, conforme Dubeau et al. (2012), pode ser explicado devido ao menor volume de plantas daninhas presente na unidade de trabalho.

No segundo coroamento pós-plantio foi estimada a produtividade efetiva de 0,0530 hectare Hora-homem no projeto de investimento com mudas em *Ellepot*®, 0,0540 hectare Hora-homem no coroamento das mudas produzidas em sacos de polietileno e 0,0551 hectare Hora-homem das mudas em tubetes de polietileno.

As adubações de cobertura despenderam menor tempo para serem realizadas, o que resultou em 0,0809 hectare Hora-homem no projeto de investimento com mudas produzidas em *Ellepot*®, 0,0847 hectare Hora-homem quando utilizadas mudas em sacos de polietileno e 0,0749 hectare Hora-homem no projeto de investimento com mudas em tubetes de polietileno.

As adubações de base e adubações de cobertura resultaram nas maiores variabilidades de tempo demandado para realizar as operações (Figura 4). Desse modo, interferiram diretamente na movimentação dos percentis (Clauser et al., 2021) e podem impactar nas produtividades efetivas das implantações e manutenções pós-plantio.

Diante disto, faz-se necessária a qualificação da mão de obra, para que haja uma padronização dos tempos com vistas a reduzir as incertezas associadas às produtividades efetivas destas operações, tornando-as constantes e lineares. Deste modo, ao melhorar o processo e a previsão dos resultados, de acordo com Miyajima et al. (2017), Wang et al. (2020), é possível propor metas executáveis.

Figura 4. Valor modal da produtividade efetiva da implantação e manutenção em função da mudança percentual das operações

A consideração das incertezas associadas aos projetos de restauração florestal ativa, permite prognoses estatísticas, eliminando a subjetividade no planejamento de projetos de investimento florestal. Palma & Laurance (2015) e Chen et al. (2020) ressaltam a importância destas estimativas, as quais orientam com acurácia a implantação destes projetos.

CONCLUSÃO

As mudas florestais nativas produzidas em diferentes recipientes interferem na produtividade efetiva das operações de restauração florestal ativa.

A maior produtividade efetiva para a implantação de mudas florestais em projetos de restauração florestal ativa, sob condições de incertezas, é por meio das mudas produzidas em recipientes da marca *Ellepot*®.

A maior produtividade efetiva da manutenção pós-plantio ocorre por meio da utilização de mudas produzidas em sacos de polietileno, nas quais a altura das mudas facilita a visualização e, por conseguinte, a execução das operações.

Os ajustes das distribuições de probabilidades das produtividades efetivas das operações de implantação das mudas florestais nativas e manutenção pós-plantio de projetos de restauração florestal ativa permitem o dimensionamento dos recursos produtivos com maior acurácia.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida – código do financiamento 001 e ao Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Almeida, D. S. (2016). Modelos de recuperação ambiental. In D. S. Almeida (Ed.), *Recuperação ambiental da Mata Atlântica* (3. ed.). Ilhéus: Editus.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Bassoli, H. M., Batistela, G. C., Fenner, P. T., & Simões, D. (2021). Custo anual uniforme equivalente de máquinas de colheita de madeira: uma abordagem estocástica. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 40, e201902073. <http://dx.doi.org/10.4336/2020.pfb.40e201902073>.
- Benamirouche, S., Chouial, M., & Guechi, W. (2019). Seed weight and container capacity effects on emergence and early growth of the Mediterranean oak (*Quercus suber* L.) seedlings in nursery. *Ecologia Mediterranea*, 45(2), 89-98. <http://dx.doi.org/10.3406/ecmed.2019.2091>.
- Bilici, E., Akay, A. E., & Abbas, D. J. (2019). Assessing the effects of site factors on the productivity of a feller buncher: a time and motion analysis. *Journal of Forestry Research*, 30(4), 1471-1478. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-018-0696-4>.
- Campbell, R. M., & Anderson, N. M. (2019). Comprehensive comparative economic evaluation of woody biomass energy from silvicultural fuel treatments. *Journal of Environmental Management*, 250, 109422. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109422>.
- Chen, T., Pipattanasomporn, M., Rahman, I., Jing, Z., & Rahman, S. (2020). Matplan: a probability-based planning tool for cost-effective grid integration of renewable energy. *Renewable Energy*, 156, 1089-1099. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.145>.
- Clauser, N. M., Felissia, F. E., Area, M. C., & Vallejos, M. E. (2021). A framework for the design and analysis of integrated multi-product biorefineries from agricultural and forestry wastes. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 139, 110687. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2020.110687>.
- Clewell, A. F., & Aronson, J. (2007). *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Washington: Island Press.
- Dixit, V., & Tiwari, M. K. (2020). Project portfolio selection and scheduling optimization based on risk measure: a conditional value at risk approach. *Annals of Operations Research*, 285(1-2), 9-33. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-019-03214-1>.

- Dubeau, D., Lebel, L. G., Imbeau, D., & Auger, I. (2012). Impacts of vegetation abundance and terrain obstacles on brushcutter performance during regeneration release. *Northern Journal of Applied Forestry*, 29(4), 173-181. <http://dx.doi.org/10.5849/njaf.11-025>.
- Durigan, G., & Silveira, E. R. (1999). Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Forestalis*, 56, 135-144.
- Engel, V. L., & Parrotta, J. A. (2003). Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel & F. B. G. Mendes (Eds.), *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAF.
- Fitz-Gibbon, C. T., & Morris, L. L. (1987). Examining relationships between variables. In C. T. Fitz-Gibbon & L. L. Morris (Eds.), *How to analyze data*. California: SAGE Publications.
- González-Val, R. (2019). Lognormal city size distribution and distance. *Economics Letters*, 181, 7-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2019.04.026>.
- Hair, J. F., Bush, R. P., & Ortinau, D. J. (2003). Data analysis: testing for association. In J. F. Hair, R. P. Bush & D. J. Ortinau (Eds.), *Marketing research: within a changing information environment* (2nd ed.). New York: The McGraw-Hill Companies.
- Hodgett, R. E., & Siraj, S. (2019). Sure: A method for decision-making under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 115, 684-694. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2018.08.048>.
- Ieren, T. G., & Abdullahi, J. (2020). Properties and applications of a two-parameter inverse exponential distribution with a decreasing failure rate. *Pakistan Journal of Statistics*, 36(3), 193-206.
- Matsumoto, M., & Nishimura, T. (1998). Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 8(1), 3-30. <http://dx.doi.org/10.1145/272991.272995>.
- Meli, P., & Brancalion, P. H. S. (2017). Contrasting regulatory frameworks to govern riparian forest restoration in Mexico and Brazil: current status and needs for advances. *World Development Perspectives*, 5, 60-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wdp.2017.03.002>.
- Miyajima, R. H., Tonin, R. P., Fenner, P. T., & Simões, D. (2017). Análise quantitativa do risco técnico-econômico de um trator florestal skidder. *BIOFIX Scientific Journal*, 2, 6-11. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v2i0.56339>.
- Palisade Corporation. (2020). *@Risk. Versão 8.0*. Ithaca.
- Palma, A. C., & Laurance, S. G. W. (2015). A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, 18(4), 561-568. <http://dx.doi.org/10.1111/avsc.12173>.
- Pereira, G., Fenner, P. T., Batistela, G. C., & Simões, D. (2020). Análise técnica-econômica da derrubada de *Eucalyptus* sp. com *feller-buncher*: uma abordagem estocástica. *Scientia Forestalis*, 48(126), <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v48n126.14>.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (5. ed., 356 p.). Brasília: Embrapa.
- São Paulo. (2009). *Quantificação da vegetação natural remanescente para os municípios do estado de São Paulo, Legenda IBGE – RADAM – 2009*. Recuperado em 19 de maio de 2020, de https://smastr16.blob.core.windows.net/sifesp/2014/01/bacia_inve2010.pdf
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 6(2), 461-464. <http://dx.doi.org/10.1214/aos/1176344136>.
- Silva, E. F., Silva, G. F., Figueiredo, E. O., Mendonça, A. R., Santana, C. J. O., Fiedler, N. C., Silva, J. P. M., Aguiar, M. O., & Santos, J. S. (2020). Optimized forest planning: allocation of log storage yards in the Amazonian sustainable forest management area. *Forest Ecology and Management*, 472, 118231. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118231>.
- Simões, D., Miyajima, R. H., Tonin, R. P., Fenner, P. T., & Batistela, G. C. (2018). Incorporation of uncertainty in technical and economic analysis of a feller-buncher. *Floresta*, 48(3), 403-412. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i3.56404>.
- Smiderle, O. J., Montenegro, R. A., Souza, A. G., Chagas, E. A., & Dias, T. J. (2020). Container volume and controlled-release fertilizer influence the seedling quality of *Agonandra brasiliensis*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, e62134. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632020v50e62134>.
- Souza, D. C., & Engel, V. L. (2018). Direct seeding reduces costs, but it is not promising for restoring tropical seasonal forests. *Ecological Engineering*, 116, 35-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.019>.

- Suganuma, M. S., & Durigan, G. (2014). Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, 23(3), 1-14. Recuperado em 19 de maio de 2020, de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12168/supinfo>
- Thomaz, P. S., Mattos, V. L. D., Nakamura, L. R., Konrath, A. C., & Nunes, G. D. S. (2020). Modelos GARCH em ações financeiras: um estudo de caso. *Exacta*, 18(3), 626-648. <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.v18n3.10921>.
- Vijay, S., & Prabha, M. G. (2020). Work standardization and line balancing in a windmill gearbox manufacturing cell: a case study. *Materials Today: Proceedings*. No prelo. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.584>.
- Wang, Z., Liu, J., & Yu, S. (2020). Time-variant reliability prediction for dynamic systems using partial information. *Reliability Engineering & System Safety*, 195, 106756. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2019.106756>.

Contribuição dos autores: JFSG: investigação, escrita – primeira redação; MRS: conceituação, validação, análise formal; DS: supervisão, metodologia, escrita – revisão e edição.