

## Análises qualitativas de uma plantadora tripla automatizada

Matheus Fontes Souza <sup>1</sup>; José Mauro Santana da Silva <sup>2</sup>; Saulo Philipe Sebastião Guerra <sup>3</sup>; Guilherme Oguri <sup>4</sup>; Alex Passos do Santos <sup>5</sup>; Bruno dos Santos Francisco <sup>6</sup>; Felipe Bueno Dutra <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba (SP), Brasil.  
matheusfs@estudante.ufscar.br

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Dr. Professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba (SP), Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, Dr. Professor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP), Brasil.

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, Dr. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, IPEF, Piracicaba (SP), Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, Dr. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba (SP), Brasil.

<sup>6</sup> Biólogo, Ms. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba (SP), Brasil.

### Resumo

Devido à alta demanda por produtos florestais certificados, as empresas florestais estão em processo de expansão ou visam se expandir nos próximos anos. Diante do potencial de incorporação de maquinários para o incremento no rendimento de plantios florestais e desenvolvimento de uma silvicultura de precisão, a tecnologia da plantadora tripla automatizada foi desenvolvida para o plantio mecanizado de mudas florestais. O presente estudo, realizado no município de Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, teve como objetivo avaliar a performance da plantadora tripla automatizada em área de implantação florestal, por meio das análises de qualidade das mudas, sua fixação, qualidade do plantio e assertividade dos espaçamentos.

**Palavras-chave:** Mecanização Florestal; Qualidade do plantio; Silvicultura.

### Introdução

O setor de florestas plantadas produz um impacto significativo na economia brasileira. Em 2020, a produção florestal no Brasil atingiu o valor de R\$ 23,6 bilhões, 17,9% maior em relação ao ano de 2019. A área total de florestas plantadas no Brasil apresenta cerca 9,6 milhões de hectares, dos quais, 7,4 milhões são destinados ao plantio de eucalipto, representando 77% de toda área de produção florestal do país (PEVS, 2020).

É perceptível o crescimento da participação do setor florestal no mercado brasileiro devido à alta demanda mundial por produtos florestais certificados. Por esse e outros motivos há uma constante implementação de programas de desenvolvimento florestal no país (FERREIRA et al, 2008). As empresas florestais estão em processo de expansão, aderindo às novas tecnologias e conscientizando-se sobre o papel fundamental da inovação, em função especialmente do ganho de competitividade proveniente de sua aderência ao mercado de maneira diferenciada (COUTO & ARRUDA, 2013). Para isso, buscam, através da aquisição de novas tecnologias, soluções para o aumento da qualidade e eficiência do desenvolvimento de produtos alinhados à bioeconomia, as quais resultam em benefícios para toda cadeia produtiva florestal (SOLER, 2019; IBÁ, 2020; GUERRA, 2021).

A mecanização do setor de florestas plantadas contribui para mudanças na forma como a atividade de plantio pode ser exercida. A necessidade de mudanças ergonômicas é necessária na atualidade, tendo em vista a existência na literatura de avaliações que comprovam os potenciais danos causados aos trabalhadores pelo plantio manual. A saúde pode ser afetada mediante a adoção de posturas inadequadas (VOSNIAK, 2011), ao emprego de um esforço físico além da capacidade cardiovascular, além da existência de risco de lesões nas articulações ao longo das diversas fases do processo (SOUZA, 2007). No entanto, apesar da necessidade iminente de substituições do trabalho manual pelo mecanizado no setor florestal, 84% das áreas de empresas brasileiras ainda apresentam atividades de plantio manual, sendo assim, apenas 16% faz o uso da mecanização ou semimecanizado (KOTOVICZ, 2016 apud SOLER, 2020).

Assim, a resposta para solucionar os desafios impostos pela atividade de plantio manual pode estar na tecnologia. Um exemplo de expansão tecnológica atual é a plantadora tripla automatizada, desenvolvida para o plantio mecanizado de mudas florestais. A tecnologia utilizada visa reduzir o trabalho manual e o custo de produção, com visualização do status do trabalho e com as informações do plantio gravadas através do georreferenciamento das mudas e linhas de plantio (SOLER, 2020). Com a premissa do aumento de produtividade e redução de custos, tecnologias relacionadas podem representar uma nova etapa para o plantio florestal.

Deste modo, o objetivo do atual trabalho foi avaliar a performance da plantadora tripla automatizada em área de implantação florestal, por meio das análises de qualidade das mudas, sua fixação, qualidade do plantio e assertividade dos espaçamentos.

## Metodologia

A área experimental pertence a Suzano S.A, Fazenda Cassununga, situada a 23 km do município de Ribas do Rio Pardo - MS, a uma altitude média de 389 metros. A classificação do clima é tropical (Aw) de acordo com a Köppen e Geiger, com temperatura média de 24,3°C e pluviosidade anual média de 1.226 mm (ClimateData, 2022). O espaçamento adotado no plantio mecanizado foi de 3,30m x 2,70m, totalizando 1.123 mudas por hectare.

A plantadora tripla automatizada (Figura 1) tem como máquina base o trator de esteiras Komatsu D61EM versão Planter composto por um conjunto de três cabeçotes da Bracke Planter P11.a com capacidade de armazenamento de 196 mudas divididos em quatro refis com 49 “portamudas” cada, totalizando 588 mudas. Os cabeçotes estão acoplados em uma plataforma frontal no trator, sendo o central fixo e os laterais móveis para correção do alinhamento do plantio quando necessária, deste modo, o equipamento realiza a abertura da cova, o posicionamento da muda e a irrigação pré programada.

A plantadora tripla automatizada contém piloto automático com sistema de geoposicionamento via Real Time Extended (RTX) com precisão de até 5 cm, automatizado para deslocamento e realização do ciclo do plantio (SOLER, 2020). É necessário a presença de ao menos um auxiliar atrás da máquina, incumbido da substituição de mudas e reparo de eventuais falhas do plantio, além de auxiliar o operador no reabastecimento dos cabeçotes.

Na realização do experimento utilizou-se somente mudas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, clones AEC 144. Foram definidos parâmetros que podem impactar no plantio mecanizado. As avaliações da qualidade das mudas foram realizadas em 10 diferentes lotes, sendo escolhidas 3 mudas de 10 caixas, aleatoriamente, totalizando 30 mudas por avaliação, as mudas foram então classificadas em conforme ou não conforme.

As análises qualitativas do plantio correspondem a medições de parâmetros relacionados às práticas silviculturais. Consistiu-se em avaliar 3 mudas em 10 linhas de plantio de diferentes passadas da plantadora, foram realizadas 10 repetições, totalizando 300 mudas avaliadas.

Concomitantemente às análises de qualidade do plantio, foi aferido com o uso de uma fita métrica o espaçamento entre mudas, considerando três mudas na mesma linha de plantio. Os dados analisados foram expressos em gráficos de caixa, proporcionando a visualização do desvio padrão, mediana e máximo e mínimos valores obtidos.

A quantificação da necessidade de replantio consistiu em avaliar se as mudas foram plantadas em conformidade. Foram realizadas 10 repetições, totalizando a verificação de 2322 mudas nas três linhas de alcance da plantadora.

## Resultados

A partir dos dados coletados em campo, elaboraram-se os resultados das análises qualitativas e quantitativas em Diagramas de Pareto (Figura 1), classificando em ordem decrescente os parâmetros avaliados. Deste modo, pode-se observar quais parâmetros mais interferiram na qualidade das mudas e do plantio, bem como, fundamentar ações para melhoria dos mesmos.

Nas análises qualitativas, foram observadas 86 mudas consideradas não conforme, equivalente a 28,6% de mudas avaliadas.

Com os resultados obtidos graficamente, pode-se aferir que o parâmetro de maior impacto, 73% das mudas não conforme, foi a tortuosidade. As mudas enquadradas nesse parâmetro apresentam tortuosidade acentuada que podem ocasionar entupimento dos cabeçotes provocando falhas no plantio como a não fixação das mudas e paradas mecânicas a fim de efetuar a limpeza dos mesmos, as paradas mecânicas por sua vez resultam na perda de produtividade.

Na Figura 2, nota-se que mais da metade das falhas encontradas no plantio são decorrentes dos parâmetros coletado aterrado e descentralizada, essas falhas elevam a mortalidade do plantio e conseqüentemente, a necessidade de replantio e o custo operacional.

Sereghetti (2016), constatou no plantio automatizado quase o dobro de mudas não conformes com parâmetro coletado aterrado, quando comparado ao plantio manual. Os valores de mudas com coletado aterrado são decorrentes também da experiência e habilidade do operador no contato máquina-solo, podendo ser realizada a regulação da distância dos cabeçotes em relação ao solo para estabilização do plantio (SEREGHETTI, 2016; SOLER, 2020). Laine e Saarinen (2014), na avaliação do plantio mecanizado com cabeçote Bracke Planter P11.a, apresentou o valor de 15,4% para mudas não conformes, sendo os principais parâmetros observados: substrato exposto, mudas quebradas e descentralizadas, ou seja, fora da linha do preparo de solo. Em consideração às mudas descentralizadas, as possíveis falhas são a falta de paralelismo das linhas de plantio em decorrência do preparo de solos, e perdas de sinal GNSS, não realizando o alinhamento dos cabeçotes com as linhas georreferenciadas.

Figura 1: Análise qualitativa de mudas baseada nos parâmetros observados na recepção das mudas em campo.

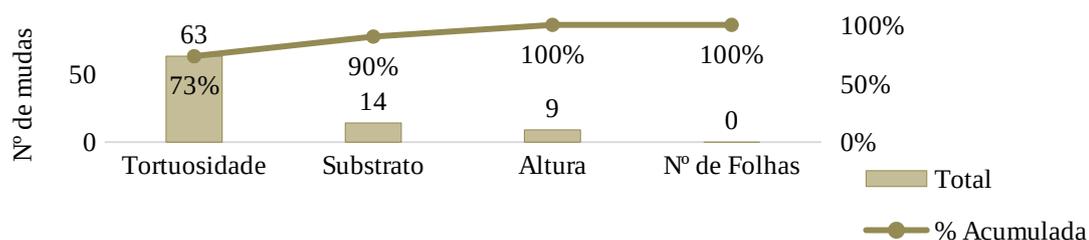
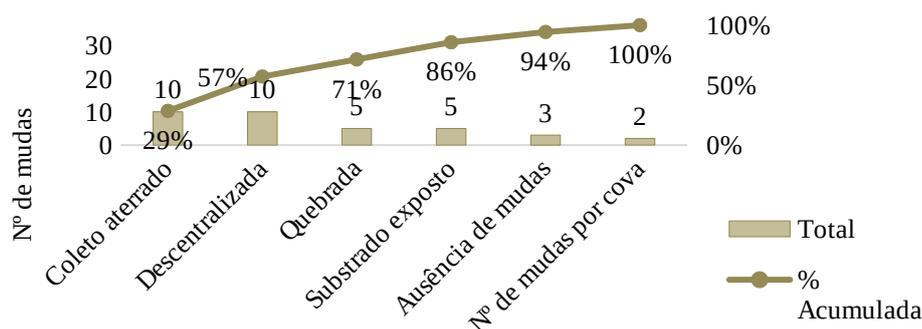


Figura 2: Análise qualitativa do plantio em ordem decrescente dos parâmetros observados logo após a realização do plantio.



Os espaçamentos aferidos ao longo da análise qualitativa do plantio foram apresentados em um gráfico de caixa, observando-se os valores mínimos e máximos coletados, bem como a mediana e os quartis (Figura 3). O valor de desvio padrão calculado foi de 0,147, a mediana encontrada foi de 2,70 m, se afastando 0,005 m do valor médio, inscrito na figura. Os espaçamentos entre plantas devem ser precisos durante a realização do plantio, visando manter a densidade populacional estipulada, diminuindo a competição entre indivíduos (SEREGHETTI, 2016; SOLER, 2020). Soler (2016) analisando os espaçamentos entre mudas com o equipamento Brack P11.a, observou valores cerca de 10 % de variação para o recomendado. O mesmo autor, observou valores inferiores a 2 % de variação para o recomendado, em dois espaçamentos distintos com a plantadora tripla automatizada utilizando sistema de georreferenciamento via RTX (SOLER, 2020).

O sistema de georreferenciamento integrado a plantadora tripla automatizada assegura a assertividade do plantio e estabilidade da movimentação. Além das condições da área de plantio em relação ao relevo e resíduos, o sistema de georreferenciamento pode ter sido determinante para que a diferença do valor médio dos espaçamentos entre mudas fosse inferior à 1% para o recomendado. A alta precisão de plantio, o georreferenciamento das mudas e o registro do resultado do processo, podem ser úteis para futuras operações, possibilitando a silvicultura de precisão com redução de custo e aumento na qualidade do cultivo florestal, além de auxiliar em outras operações, como inventário e colheita florestal.

A partir das amostragens feitas para quantificação do plantio, obteve-se o total de mudas plantadas, classificando-as em fixa e não fixa. A porcentagem obtida de 91,6% de mudas fixas e 8,4% de não fixas são utilizadas como base para o cálculo do rendimento operacional da máquina e quantidade de mão-de-obra necessária para a realização manual do replantio. Nas avaliações de produtividade e qualidade do plantio mecanizado na Finlândia, os valores obtidos de mudas fixas com equipamento Bracke P11.a, foram de 82% e 75% para solos sem resíduos e com resíduos, respectivamente. Os valores encontrados no plantio manual nos dois cenários foram de 88% de mudas fixas (SAARINEN, 2007). Na quantificação do plantio, a porcentagem de mudas não fixas foi igual ou inferior ao encontrado na literatura (SAARINEN, 2007; SEREGHETTI, 2016; SOLER, 2020). Essa queda pode ser explicada devido às condições da área de plantio, por se tratar de uma área de implantação florestal com baixa quantidade de resíduo (Figura 4).

Os resultados extraídos no Figura 4, evidenciaram que o fator majoritário na não fixação foi a qualidade de mudas, endossado pelas análises qualitativas das mudas, onde as não conformidades são, principalmente, a tortuosidade ou a qualidade do substrato. Estes resultados corroboram com o estudo de Sereghetti (2016), onde sugere que o plantio mecanizado é muito sensível a qualidade e o padrão de muda utilizado, sendo importante que as mudas não tenham altura elevada, tortuosidade

acentuada e substrato desagregado, visto que as mudas não conformes podem entupir o sistema de saída do cabeçote de plantio, ocasionando paradas e falhas operacionais.

Figura 3. Análise dos espaçamentos entre mudas, indicando os valores dos quartis e o valor médio.

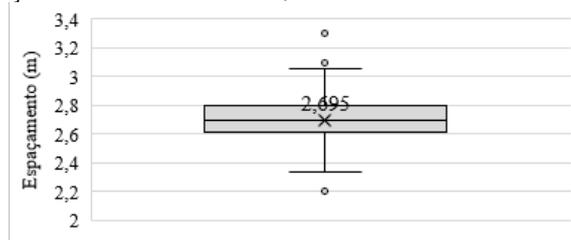
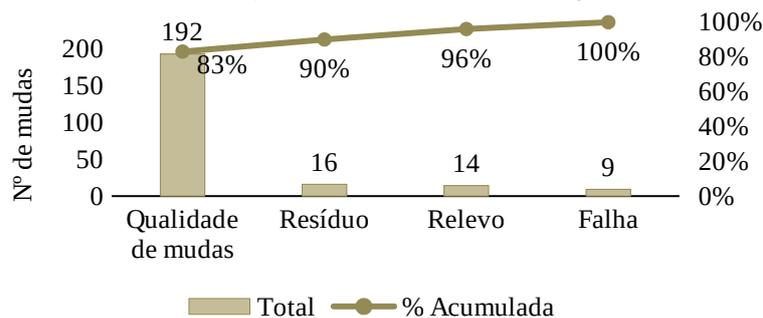


Figura 4: Análise qualitativa dos fatores que ocasionaram a não fixação das mudas.



### Conclusões

A partir das análises de qualidade das mudas pode-se aferir que o principal parâmetro de não conformidade encontrado foi a tortuosidade, ocasionada pela tortuosidade das mudas. O plantio realizado pela plantadora tripla automatizada apresentou maior taxa de mudas com o coleto aterrado, seguida de mudas descentralizadas. A precisão encontrada na análise dos espaçamentos comprova a eficiência do sistema georreferenciado e sua aplicabilidade na cadeia florestal. A taxa de fixação das mudas com a plantadora tripla automatizada apresentou valor inferior ou igual ao relatado na literatura. Também se notou a influência da qualidade das mudas no plantio mecanizado, sendo o fator que promoveu maior porcentagem de mudas não fixas ao solo.

### Referências

- ABILIO, F. M.; FERREIRA, H. J. (2013) Desenvolvimento de equipamento conjugado de atividades da fase de implantação de Eucalyptus na Eucatex S/A Ind. Série Técnica IPEF v. 17, n. 38, p. 38-43.
- BATISTUZZO, G. Z. B.; HAKAMADA, R. E.; PICINATTO E. (2013) Desenvolvimento e desafios para a mecanização e automação das atividades silviculturais. Série Técnica IPEF v. 17, n. 38, p. 52-57.
- CLIMATE-DATA (2022) Clima Ribas do Rio Pardo: Temperatura, Tempo e Dados Climáticos.
- COUTO, F. S. ARRUDA, D. R. (2013) Panorama sobre a utilização de incentivos à inovação tecnológica. Série Técnica IPEF, v. 17, n. 38.
- FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. (2008) Formação de povoamentos florestais. Colombo: Embrapa Florestas.
- IBGE. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 12 janeiro de 2022.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (2020) Relatório Anual 2020.
- LAINE, T.; SAARINEN, V. M. (2014) Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices. Silva Fennica, v. 48, n. 3, 16 p.
- LUZ, G. B.; KUIAWINSKI D. L. (2006) Mecanização, Automação e Automação – Uma Revisão Conceitual e Crítica. XIII SIMPEP Bauru, SP, Brasil.
- SAARINEN, V. M. (2007) Productivity, quality of work and silvicultural result of mechanized planting. In Nordic nursery conference.
- SEREGHETTI, G. C. (2016) Qualidade do plantio manual e mecanizado para eucalipto e pinus. 2016. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SOLER, R. R. et al. (2019) Avaliação Econômica da Operação de Plantio Mecanizado de Eucalipto em Dois Diferentes Espaçamentos. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 462 - 470, outubro - dezembro, 2019.
- SOLER, R. R. et al. (2020) Desempenho Operacional E Econômico Do Ensaio De Uma Plantadora Tripla Automatizada De Mudas Florestais. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 462 - 470, outubro - dezembro, 2019.
- VOSNIAK, J. et al. (2011) Avaliação da postura de trabalhadores nas atividades de plantio e adubação em florestas plantadas. Revista Ceres, v. 58, n. 5, p. 584–592.
- SOUZA, A. et al. (2007) Avaliação ergonômica de uma operação de plantio florestal manual com enxadão. Simpósio Brasileiro sobre Ergonomia e Segurança no Trabalho Florestal e Agrícola, 2007.