

## Modelo algébrico para o corte sustentável de eucaliptos

Igor Hiroshi Maciel Matsumoto<sup>1</sup>

UNESP - Bauru, SP

Pietra Strazzeri Kodama<sup>2</sup>

UNESP - Bauru, SP

Vanessa Avansini Botta Pirani<sup>3</sup>

FCT/UNESP - Presidente Pudente, SP

O corte sustentável de árvores é uma prática madeireira ecologicamente correta, onde a condição inicial da floresta é mantida após o corte, não havendo assim o desmatamento. O Brasil apresenta a maior produtividade evidenciada mundialmente de eucaliptos para a produção de celulose [5] e segundo [2], o eucalipto atende uma indústria ampla e diversificada, podendo se estender também à produção de madeira e carvão, por exemplo. Pela relevância deste setor para a economia nacional, neste trabalho, adaptamos o modelo de corte florestal proposto em [1] para esta indústria. O modelo se desenvolve através de um sistema algébrico e leva em consideração a quantidade inicial de árvores na região, a taxa de crescimento das mudas e também, por ser uma prática comercial, o tipo de indústria e o retorno financeiro de cada leva de cortes.

O sistema construído é baseado em classes  $i$ , onde cada classe representa um tipo de corte e são separadas com base no diâmetro do tronco por intervalos  $[h_i, h_{i+1}]$ , com  $i = 1, \dots, n$ , onde  $[h_0, h_1]$  representa o intervalo não rentável dos eucaliptos, isto é, a fase em que a espessura do tronco ainda não possibilita o corte para a comercialização. O primeiro elemento do sistema proposto é o vetor  $x$  com entradas  $x_i$  com  $i = 1, \dots, n$  que representam as árvores que não sofreram corte em cada classe, isto é, a condição a que desejamos retornar após o corte é sempre igual ao vetor  $x$ . Tendo isto em mente, construímos uma matriz que representa o crescimento das árvores pelo fator de crescimento  $g_i, i = 1, \dots, n - 1$ , que representa a fração de árvores cuja espessura do tronco aumentou de uma classe para outra durante o período de crescimento. Para fins de simplificação, aplicaremos o modelo para um cenário onde as árvores apenas aumentam uma única classe ou permanecem na mesma. A fração destas últimas será representada então pelo todo menos  $g_i$ , isto é,  $1 - g_i$ . Daí, conseguimos uma matriz  $G_{n \times n}$  dada por

$$G = \begin{pmatrix} 1 - g_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ g_1 & 1 - g_2 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 - g_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & g_{n-1} & 1 \end{pmatrix}.$$

Pela construção de  $G$  fica evidente que o vetor resultante do produto  $Gx$  representa o número de árvores em cada classe após o período de crescimento.

Pensando no que foi construído até agora, definimos um vetor  $y$  onde cada entrada  $y_i$ , com  $i = 1, \dots, n$ , quantifica o número de árvores cortadas em cada classe e, pelo modelo ecologicamente correto, representa também o número de mudas novas que devem ser plantadas. E, dando

<sup>1</sup>hiroshi.matsumoto@unesp.br

<sup>2</sup>ps.kodama@unesp.br

<sup>3</sup>vanessa.botta@unesp.br

continuidade aos elementos do sistema já construídos, definimos uma matriz  $R_{n \times n}$  como

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

de forma que  $Ry$  representará a matriz da reposição das árvores cortadas.

Agora, somos capazes de formular a equação de condição de corte sustentável que irá reger nosso problema:

$$Gx - y + Ry = x,$$

isto é, uma política de corte sustentável, é aquela em que após o corte, dado pelo vetor  $y$ , das árvores na floresta passado o período de crescimento, representadas no vetor  $Gx$ , a mesma quantidade de mudas é repostas seguindo a matriz de reposição  $Ry$  que permitirá o retorno da condição inicial da floresta dada pelo vetor  $x$ .

Como exemplo e seguindo os parâmetros estabelecidos em [4], podemos aplicar o modelo para uma produção diversificada de madeira da seguinte forma: o primeiro corte é realizado após um período de 5 a 8 anos, retirando aproximadamente 40% da classe com a espessura desejada e o restante das árvores nesta classe é deixado para crescer um pouco mais. Quando estas atingem cerca de 12 anos, a espessura do tronco já permite o corte para a cultura madeireira, mas pensando em uma prática comercial, é esperado um lucro maior dessa indústria após 15 ou 20 anos de crescimento. Lembrando que nosso modelo oferece uma renovação de mudas a cada leva de cortes, então a produção seria constante, assim como o lucro. A partir dessas e outras informações e com base no modelo já construído, também propomos um modelo que ofereça um rendimento ótimo para uma cultura florestal de eucaliptos. Esse modelo otimiza os lucros realizando o corte em apenas uma das classes, ao invés de promover uma cultura dinâmica de cortes para diferentes indústrias simultaneamente. Além disso, é possível utilizar este cenário de gerenciamento florestal para abordar a otimização [3] levando em conta a diversidade de tamanhos e formatos em cada tora de madeira através do método *cutting sawing* como estratégia de corte e o método *branch and bound* para otimizá-lo.

## Referências

- [1] Anton, H. e Rorres, C. *Álgebra linear com aplicações, 8a. edição*. Bookman, Porto Alegre, 2001.
- [2] Caterina, G. L. Curvas de crescimento de *Eucalyptus spp* em plantios de diferentes espaçamentos, Tese de Doutorado, Unesp, 2017.
- [3] Gálvez, J. L. A. P. *Abordagem do problema de Cutting Stock na indústria florestal*, UFRGS, 2014.
- [4] Penteadó, J. (org); Pichielli, K.; Soares, S. *Eucalipto*, 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 10 de Abr. 2021
- [5] Celulose brasileira: exportação em massa para o mundo. **Estadão**, Mato Grosso do Sul, 20 de set. de 2019. Disponível em: < [010211-2](https://summitagro.estadao.com.br/comercio-exterior/celulose-brasileira-exportacao-para-o-mundo/#:~:text=0%20Mato%20Grosso%20do%20Sul,milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20ao%20ano.> . Acesso em: 10 de abr. de 2021</li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)