

O SOTER-PA como ferramenta de apoio a gestão sustentável da vegetação remanescente em unidades de manejo florestal

The SOTER-PA as a tool to support the sustainable management of remaining vegetation in forest management units

El SOTER-PA como herramienta de apoyo a la gestión sostenible de la vegetación remanente en unidades de manejo forestal

Recebido: 21/05/2023 | Revisado: 05/06/2023 | Aceitado: 06/06/2023 | Publicado: 11/06/2023

Bianca Diniz da Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4208-7859>
Universidade Federal de Viçosa, Brasil
E-mail: bianca.diniz@ufv.br

Mariane Paulina Batalha Roque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5267-1007>
Universidade Federal de Viçosa, Brasil
E-mail: mariane.roque@ufv.br

Mayron César de Oliveira Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5935-846X>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: mayron.moreira@ufla.br

José Ambrósio Ferreira Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1173-4582>
Universidade Federal de Viçosa, Brasil
E-mail: ambrosio@ufv.br

Resumo

Este trabalho avalia a eficiência do sistema informatizado SOTER-PA no processo de organização territorial e a priorização de áreas para conservação em Unidades de Manejo Florestal, com base nas espécies, distribuição e importância. O SOTER-PA é um aplicativo construído em linguagem de programação Java baseado no algoritmo busca tabu minimalista, com o qual o usuário pode obter uma estrutura de planejamento territorial mais rentável economicamente, com melhor uso dos recursos naturais e garantia dos futuros ciclos de cortes. Como resultado, constatou-se que o uso do SOTER-PA apresenta limitações em processar áreas complexas e com muitas variáveis, exigindo maior tempo de processamento, além de equipamentos com capacidade de processamento superior ao que geralmente se encontra em condições reais de uso. Todavia, quando aplicado a áreas menores, mostrou-se uma alternativa eficiente para o planejamento florestal com garantia de manutenção da diversidade e a conservação da floresta, demonstrando ser uma boa ferramenta para o manejo florestal sustentável.

Palavras-chave: Manejo florestal sustentável; Planejamento territorial; Otimização combinatória.

Abstract

This study evaluates the efficiency of the computerized system SOTER-PA in the process of territorial organization and prioritization of areas for conservation in Forest Management Units, based on species, distribution, and importance. SOTER-PA is a Java-based application built on the minimalist tabu search algorithm, which allows users to obtain a more economically profitable territorial planning structure, with better utilization of natural resources and assurance of future logging cycles. As a result, it was found that the use of SOTER-PA has limitations in processing complex areas with multiple variables, requiring longer machine time and equipment with higher processing capacity than what is typically available in real-life conditions. However, when applied to smaller areas, it proved to be an efficient alternative for forest planning, ensuring the maintenance of diversity and forest conservation. It demonstrates to be a good tool for sustainable forest management.

Keywords: Sustainable forest management; Territorial planning; Combinatorial optimization.

Resumen

Este estudio evalúa la eficiencia del sistema informatizado SOTER-PA en el proceso de organización territorial y priorización de áreas para la conservación en Unidades de Manejo Forestal, basado en especies, distribución e importancia. SOTER-PA es una aplicación basada en Java construida sobre el algoritmo de búsqueda tabú minimalista, que permite a los usuarios obtener una estructura de planificación territorial más rentable económicamente, con un mejor uso de los recursos naturales y garantía de futuros ciclos de tala. Como resultado, se encontró que el uso de

SOTER-PA tiene limitaciones para procesar áreas complejas con múltiples variables, requiriendo más tiempo de máquina y equipos con mayor capacidad de procesamiento que los disponibles típicamente en condiciones reales. Sin embargo, cuando se aplica a áreas más pequeñas, demostró ser una alternativa eficiente para la planificación forestal, asegurando el mantenimiento de la diversidad y la conservación forestal. Se demuestra ser una buena herramienta para la gestión forestal sostenible.

Palabras clave: Gestión forestal sostenible; Planificación territorial; Optimización combinatoria.

1. Introdução

A gestão das Unidades de Manejo Florestal (UMF) destinadas à exploração madeireira em florestas nativas deve ser planejada de maneira que a colheita não afete sua dinâmica e proporcione a garantia da regeneração pós-colheita. O manejo florestal sustentável permite que a floresta forneça benefícios quando ocorre o planejamento voltado ao aproveitamento de seus recursos, através dos conhecimentos acerca da dinâmica florestal, compreensão dos processos ecológicos e evolutivos (Gama et al., 2005; Oliveira et al., 2014).

As estratégias de planejamento da escolha das árvores destinadas a colheita e remanescentes são fundamentais para reduzir os impactos, assim como, auxiliar no processo de regeneração e garantia dos futuros ciclos de corte, que corresponde ao tempo que a floresta manejada leva para recompor o nível de estoque para as próximas colheitas (Lima et al., 2018). De acordo com o estudo de Santana et al. (2012) na região do Baixo Amazonas, a extração manejada de madeira nas áreas de concessão florestal apresentou retorno econômico superior à agricultura e pecuária extensiva. Ou seja, a boa gestão das florestas públicas na Amazônia pode ser uma alternativa econômica em relação as atividades que implicam em desmatamento integral das áreas.

Atualmente, as análises de cobertura vegetal e uso do solo são realizadas, principalmente, usando tecnologias de sensoriamento remoto, dados cartográficos e redes computacionais que auxiliam na tomada de decisão e monitoramento, fundamentado em características significativas aos objetivos propostos (Vale, 2021). De acordo com estudos sobre proteção ambiental, os SIGs (Sistemas de Informação Geográfica) e as redes neurais artificiais, são fundamentais para obter informações e utilizá-las com finalidade de produzir respostas que satisfaçam às necessidades do planejamento ambiental (Guedes, 2016), sendo de alta importância ao setor florestal.

O SOTER-PA (Sistema de Organização Territorial da Reforma Agrária e Planejamento Ambiental) é produto das discussões sobre os progressos e tendências das pesquisas para a resolução de problemas de parcelamento territoriais no âmbito político, econômico e ambiental, entre o grupo formado por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Universidade Federal de Lavras – UFLA e Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. O *software* testado inicialmente para o parcelamento de lotes em assentamentos da reforma agrária, utiliza o algoritmo busca tabu a partir de uma adaptação denominada busca tabu minimalista, possibilitando que o processo de planejamento territorial desempenhe sua função elementar de direcionar o melhor uso dos recursos naturais disponíveis. Esses métodos de solução vêm frequentemente sendo usados por pesquisadores em problemas com alta complexidade e difíceis de serem resolvidos computacionalmente com ferramentas mais usuais (Cormen et al., 2002).

Destaca-se que, para obter informações que auxiliem nessas análises a qualidade de dados sobre a estrutura e a composição florística são fundamentais e podem ser obtidas através dos inventários florestais que fornecem ferramentas essenciais para a verificação da potencialidade florestal e as estratégias para o manejo adequado (Francez et al., 2007). A exemplo disso, temos a Floresta Nacional do Tapajós (FLONA TAPAJÓS), uma Unidade de Conservação (UC) criada em 1974, onde parte da floresta passou a ser manejada sustentavelmente em 2005. Esse manejo é feito pelas comunidades tradicionais residentes na Flona que se organizaram em uma cooperativa denominada COOMFLONA (Cooperativa Mista da Floresta Nacional do Tapajós), que detém o direito de manejo da área para usos múltiplos (Espada et al., 2018; Almeida et al., 2021).

Considerando o princípio de que na colheita florestal deve ser retirado menos de áreas de baixo estoque e mais de áreas com alto estoque, causando menor impacto na floresta remanescente, é essencial que áreas prioritárias para preservação sejam delineadas para otimizar o planejamento do manejo sustentável (Souza et al., 2013). Diante disso, objetivou-se avaliar a eficiência do SOTER-PA no planejamento de áreas prioritárias para a preservação e destinadas a espécies remanescentes em uma Unidade de Produção Anual (UPA) na Floresta Nacional do Tapajós como subsídio à exploração florestal de impacto reduzido e sustentável.

2. Metodologia

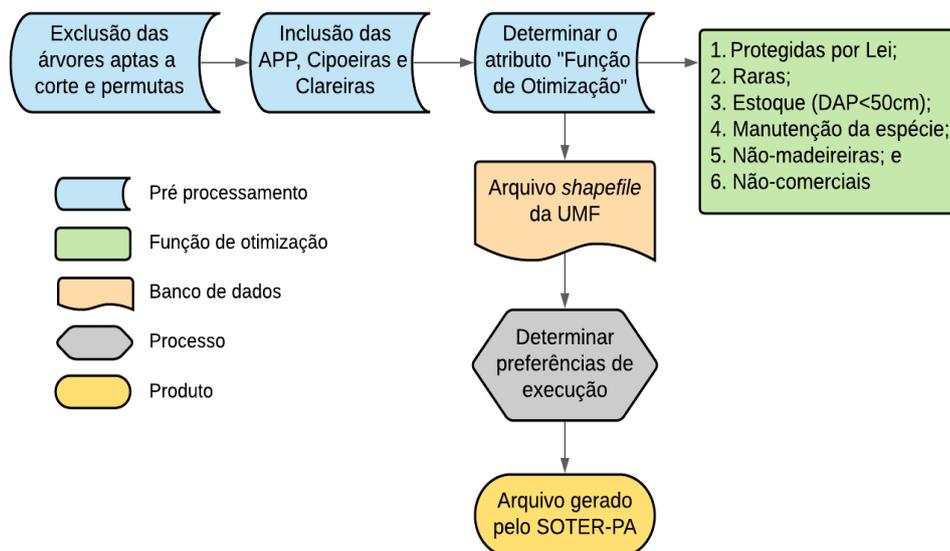
2.1 Base de dados utilizada

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos por meio do inventário florestal 100% de intensidade da UPA 01 comercialmente administrada pela COOMFLONA no ano de 2020, correspondente a uma área inventariada de 2.218 hectares. No total, foram inventariadas 28.369 árvores, correspondentes a 93 espécies distintas, totalizando um volume de 123.894 m³ de madeira, segundo as informações do Plano Operacional Anual da COOMFLONA. Todas as árvores foram registradas na ficha de campo do inventário, com as seguintes informações: diâmetro a altura do peito (DAP); estimativa de altura comercial, no qual o medidor se afasta da árvore, escolhendo um ponto de visualização da copa e base da mesma e realiza a estimativa de altura visualmente; classificação da qualidade do fuste (QF); e os indivíduos tiveram sua localização georreferenciada com auxílio do Sistema de Posicionamento Geográfico (GPS). A identificação das espécies foi realizada, a partir da observação das características morfofisiológicas em campo.

2.2 Análise de dados

A base metodológica para obter resultados passou por um processamento prévio do banco de dados do inventário florestal com auxílio do programa Microsoft Excel e QGIS 2.2.0 para posteriormente ser processado no sistema informatizado SOTER-PA para obtenção do produto, como descrito na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da base metodológica para o processamento no SOTER-PA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na etapa de processamento prévio para definição da área total da Unidade de Manejo Florestal a ser analisada e parcelada, foram excluídas as árvores destinadas ao corte, assim como as destinadas a permutas na exploração comercial e incluídas as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Após esse procedimento, o banco de dados original com 28.369 árvores resultou no total 12.130 árvores prioritárias para a preservação. Para definir a “Função de Otimização” que corresponde a variável de interesse utilizada pelo SOTER-PA para gerar o parcelamento, foram classificadas seis categorias de espécies florestais, seguindo um grau de importância de acordo com a literatura disponível, sendo elas: (i) protegidas por lei ou proibidas de corte; (ii) árvores raras; (iii) destinadas ao estoque ($DAP \leq 50\text{cm}$); (iv) destinadas a manutenção da espécie; (v) espécies florestais não madeireiras; e (vi) espécies não comerciais.

Os critérios adotados para definir as árvores remanescente possibilitam criar uma escala de importância das árvores que são prioritárias para permanecer na área e causar menos impactos no processo de manejo florestal madeireiro. Posteriormente, para que o SOTER-PA pudesse processar o parcelamento da Unidade de Produção Anual com a função de otimização definitiva, foram necessários definir: (i) Diretório do arquivo *shapefile* (.shp) do mapa georreferenciado da área a ser parcelada; (ii) Determinar as preferências de execução: precisão do algoritmo, quantidade de áreas desejadas para o parcelamento e tamanho mínimo (em hectares) e a variação das parcelas a serem geradas; e (iii) Configurar a função de otimização na tabela: identificadores e pesos de acordo com o atributo do *shapefile* (.shp). Por exemplo, caso algum identificador represente um rio, o peso dele ser explicitado.

É importante ressaltar que para obter o arquivo *shapefile* é necessário utilizar algum SIG para a conversão e organizar as informações necessárias para o processamento em sua tabela de atributos. Com as classes de importância definidas, posteriormente foi atribuída o peso de cada classe, distribuindo 100 pontos entre as classes associadas, correspondente ao percentual de importância de cada classe, visto que os pesos informados irão influenciar diretamente no resultado do processamento, pois definem a qualidade da área a ser parcelada, conforme apresentado na Tabela 1.

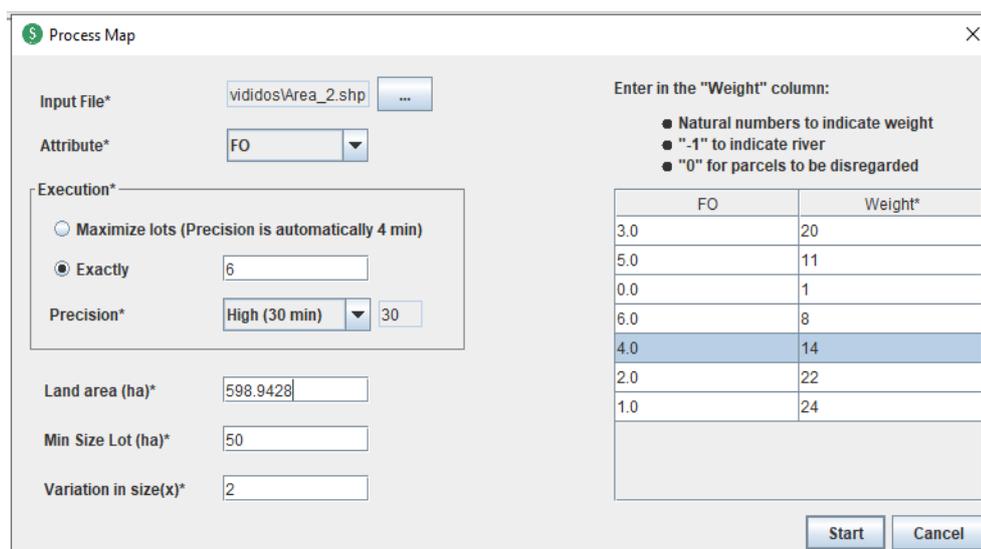
Tabela 1 - Classes e pesos da função de otimização para parcelamento da Unidade de Produção Anual 01.

Classes	Função de Otimização - FO	Peso
1	Protegidas por Lei	25
2	Consideradas raras	22
3	Destinadas ao estoque	20
4	Manutenção da espécie	14
5	Não madeireiras	11
6	Não comerciais	8
TOTAL		100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para funcionamento do SOTER-PA o parâmetro de entrada “*Input file*”, deve ser selecionado e, após a escolha do arquivo em *shapefile*, deve ser importado a coluna do atributo da função de otimização selecionada. Outros parâmetros de entrada para operacionalização do sistema são: número de parcelamentos que se pretende gerar, tempo de execução, área em hectares do arquivo, área mínima em hectares das parcelas que se deseja gerar e os pesos para cada atributo selecionado. O *software* é disponibilizado em uma interface simples e intuitiva, como pode ser observada na Figura 2, com os respectivos dados necessários para processamento.

Figura 2 - Interface gráfica do *software* SOTER-PA.



The screenshot shows the 'Process Map' window of the SOTER-PA software. It contains several input fields and a table. The 'Input File*' field is set to 'vididos\Area_2.shp'. The 'Attribute*' dropdown is set to 'FO'. The 'Execution*' section has 'Exactly' selected with a value of 6, and 'Precision*' is set to 'High (30 min)' with a value of 30. The 'Land area (ha)*' is 598.9428, 'Min Size Lot (ha)*' is 50, and 'Variation in size(x)*' is 2. On the right, there is a table with columns 'FO' and 'Weight*'. The table contains the following data:

FO	Weight*
3.0	20
5.0	11
0.0	1
6.0	8
4.0	14
2.0	22
1.0	24

Below the table are 'Start' and 'Cancel' buttons. Above the table, there are instructions: 'Enter in the "Weight" column:' followed by a list: '● Natural numbers to indicate weight', '● "-1" to indicate river', and '● "0" for parcels to be disregarded'.

Fonte: Programa SOTER-PA

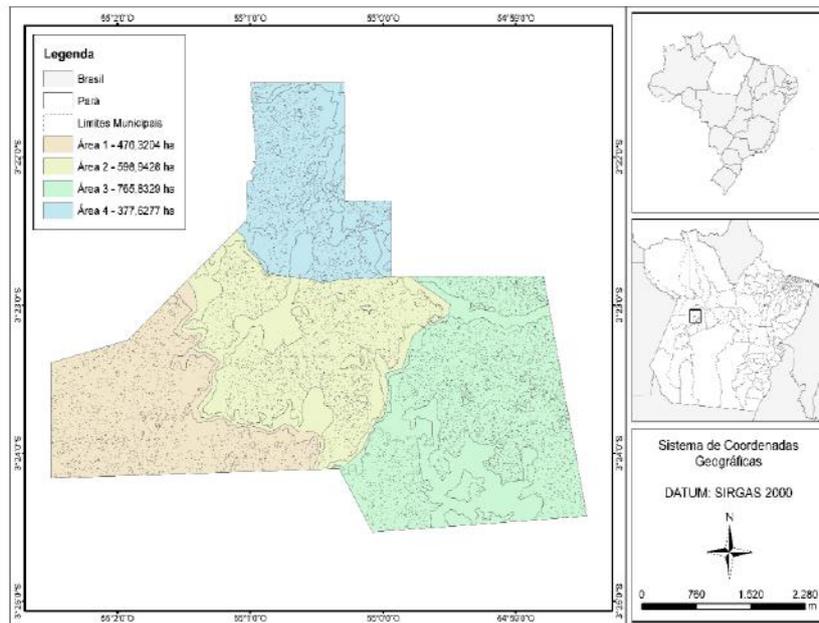
Após definidos todos os procedimentos necessários para a operacionalização e funcionamento, foram realizados testes até a obtenção de um resultado que atendesse aos objetivos da pesquisa. Ou seja, que nas parcelas geradas fosse observada uma uniformidade na distribuição e quantidade de árvores remanescentes levando em consideração o peso de importância atribuída às classes selecionadas. A versão do *software* utilizada nos testes para esse trabalho foi a versão SOTER-PA 3.4.

3. Resultados

Após os testes realizados, foi constatado que o SOTER-PA apresentou dificuldade em processar áreas extensas e computacionalmente complexas para análises de otimização em computadores convencionais, ou seja, em ambiente de trabalho real, como no campo e escritórios das áreas de manejo florestal, por exemplo a ferramenta utilizada nos testes dessa pesquisa foi um modelo da marca Dell Inspiron, Intel Core I5 8GB 256GB.

Seguindo as recomendações do *software* quanto à necessidade de obter uma granularidade de instância maior, optou-se por fragmentar a Unidade de Produção Anual 01 em 04 (quatro) áreas menores, sendo elas: Área 01 (476,32 ha), Área 02 (598,94 ha), Área 03 (765,83 ha) e Área 04 (377,62 ha), respectivamente, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Áreas fragmentadas para processamento no SOTER-PA na Unidade de Produção Anual 01, Florestal Nacional do Tapajós, Pará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram executados 64 testes em uma linha de comando com tempo 1.800 segundos em cada processamento, totalizando ao final 115.200 segundos de processamento. Apesar de não ser o resultado pretendido, em virtude da necessidade de fragmentação da área total, o *software* SOTER-PA realizou o processamento e obteve resultados satisfatórios, permitindo a visualização gráfica do parcelamento e as soluções geradas.

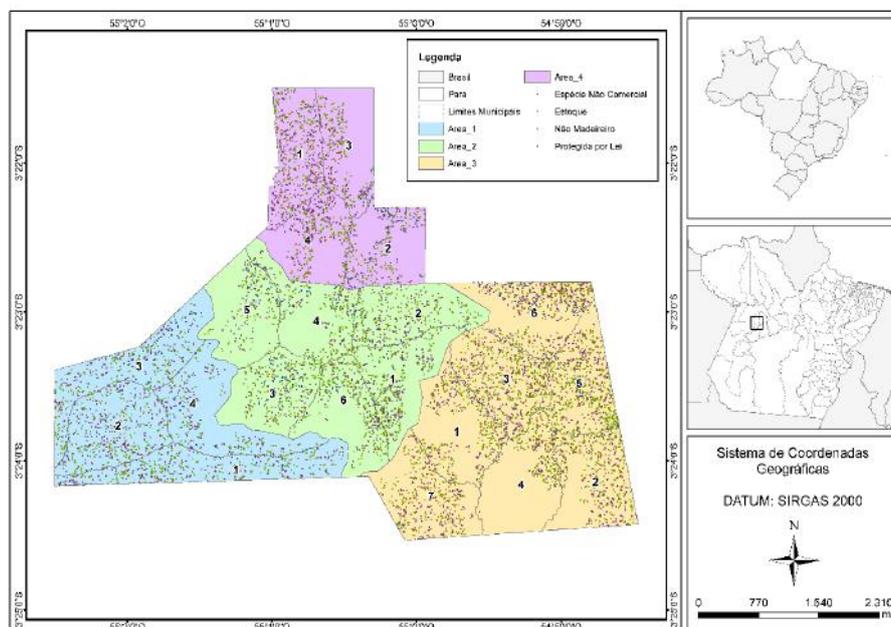
Os resultados são disponibilizados em arquivo *raster* (Figura 4) e vetor, além do arquivo texto com as informações correspondente as soluções encontradas. A partir do arquivo vetor, é possível gerar o mapa com a melhor solução encontrada com auxílio do QGIS 2.2.0. A Figura 5 ilustra a melhor solução encontrada para a UPA após ser subdividida em 04 áreas.

Figura 4 - Interface gráfica raster das Áreas (01, 02, 03 e 04) geradas pelo SOTER-PA da Unidade de Produção Anual 01, Florestal Nacional do Tapajós, Pará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5 - Áreas prioritárias para a preservação e destinadas a espécies remanescentes geradas pelo SOTER-PA na Unidade de Produção Anual 01, Florestal Nacional do Tapajós, Pará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para melhor visualização da distribuição das áreas de cada parcela geradas nas 04 subdivisões da Unidade de Manejo é apresentada, a seguir (Tabela 2), observa-se que as áreas não obtiveram variações significativas.

Tabela 2 - Área em hectares de cada parcela gerado pelo SOTER-PA, nas 04 divisões da Unidade de Manejo Florestal – UMF.

Parcela	Área 01	Área 02	Área 03	Área 04
1	116,74	99,64	112,82	91,40
2	118,23	99,37	110,26	94,87
3	118,52	97,47	105,57	96,30
4	122,83	100,90	115,07	95,10
5	-	102,18	102,63	-
6	-	99,35	107,70	-
7	-	-	111,88	-
Soma	476,33	598,94	654,08	377,68
Desvio	2,62	1,59	4,36	2,10

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Discussão

Como resultado foi constatado que o *software* funciona melhor em áreas menores e pouco fragmentadas do ponto de vista das classes de função de otimização, visto que, nesse trabalho o sistema apresentou dificuldade em iniciar o processamento, em decorrência do número de indivíduos, não sendo possível gerar as primeiras soluções. Resultados semelhantes também estiveram presentes em estudos realizados por Ferreira Neto (2011) e Moreira et al., (2011) que utilizaram o mesmo programa para outras finalidades de parcelamento ambiental.

As parcelas geradas com maior concentração de indivíduos com espécies protegidas e destinadas ao estoque com $DAP \leq 50$ cm concentraram-se na área 01, indicando a recomendação para ser destinada à preservação ambiental, visto que abriga indivíduos vulneráveis à extinção e espécies de regeneração. Uma alternativa para a destinação dessas áreas são o mercado de pagamento por serviços ambientais, como o crédito de carbono, visto que as florestas maduras, como as da Amazônia, apresentam estoque de carbono e podem gerar quantidades de crédito de carbono e ofertá-lo dentro dos mercados, sendo de interesse de empresas e instituições que visam compensar as suas emissões (Reisch, 2021; Romero et al., 2021).

As árvores destinadas ao estoque vão garantir os futuros ciclos de corte na área manejada, sendo a recomendação da legislação federal um ciclo de corte na Amazônia de 35 anos, visto que segundos estudos é o tempo que leva para as espécies remanescentes obter incremento em diâmetro para classes maiores. O maior número de árvores não comerciais foi na área 04, por serem espécies que o mercado não demanda é recomendado que sejam desenvolvidos estudos voltados a conhecer suas propriedades e características, pois podem futuramente obter demandas em decorrência da disponibilidade de indivíduos e das preferências do mercado por essas espécies, diminuindo a pressão sobre as espécies atualmente atrativas ao mercado.

Para as áreas parceladas localizadas em áreas prioritárias para conservação, recomenda-se o manejo visando Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) que têm mercado atrativo ao extrativismo vegetal. De acordo com a literatura consultada os PFNM oferecem oportunidade de desenvolvimento econômico com a preservação dos ecossistemas florestais, por exemplo, atualmente na Amazônia, a Castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl) é a principal espécie coletada com alto valor agregado (Martinot et al., 2017; Giatti et al., 2021). Produtos como a resina da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e o óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) são as principais matérias-primas para produção de fitoterápicos (Neto et al, 2020). As raízes de cipós e a resina de Breu (*Protium* Burm.f.) são importantes produtos manufatureiros para consumo e comercialização (Plowden, 2003).

Outrossim, as áreas prioritárias para a conservação são fundamentais para planejar as atividades pós-exploratórias referentes ao processo de acompanhamento da dinâmica de crescimento e monitoramento da viabilidade de novos ciclos de corte, pois de acordo com a distribuição das espécies é determinada a intensidade dessa atividade (Isaac Júnior et al., 2021).

Além disso, uma colheita planejada e executada com rigorosos critérios técnicos é fundamental para a Exploração de Impacto Reduzido (EIR), proporcionando também a redução nos custos de colheita madeireira. O uso do SOTER-PA também serve como base para atividades e estudos que visem a distribuição espacial das espécies remanescente destinadas a regeneração e os tratamentos silviculturais no período pós-exploratório.

5. Considerações Finais

O SOTER-PA, aqui analisado, pode ser atualizado ao longo do tempo e incorporado como ferramenta computacional confiável, simples e gratuita de apoio à tomada de decisões em planos de manejo florestal, possibilitando a melhor destinação das árvores remanescentes e áreas prioritárias para preservação. A eficácia dos resultados obtidos com o *software* depende da precisão da base cartográfica, ou seja, da qualidade dos dados levantados em campo, que são fundamentais para espacialização das espécies existentes da Unidade de Manejo Florestal.

O SOTER-PA apresentou dificuldade em processar áreas muito extensas e complexas do ponto de vista da função de otimização, ou seja, o programa funciona melhor em áreas menores e pouco fragmentadas do ponto de vista da mesma função, nesse caso específico, indivíduos prioritários para preservação e espécies remanescente. A análise em agrupamento com as classes selecionadas revelou-se um método eficaz, podendo servir como subsídio para o planejamento de ações de manejo sustentável, como na definição de áreas para conservação e seleção de árvores remanescentes.

Dessa forma, o SOTER-PA pode gerar um modelo de gestão de uso múltiplo com bases em características similares e apresenta uma nova possibilidade para o auxílio de tomada de decisões acerca da distribuição de tais recursos, em função dos seus usos no manejo florestal sustentável, principalmente, em florestas nativas que apresentam características heterogêneas em diferentes aspectos.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências financiadoras CNPq (bolsa 420348/2016-6), FAPEMIG (bolsa TEC-APQ-02694-16) e ao apoio da Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural (FUNDECC/UFLA).

Referências

- Almeida, B. R. S., de Oliveira Melo, L., da Silva Cruz, G., Nicoletti, M. F., & da Silva Ribeiro, R. B. (2021). Índices de Produtividade do Corte De Árvores em Uma Área de Manejo Florestal Comunitário na Amazônia Brasileira. *Advances in Forestry Science*, 8(1), 1271-1278.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2002). *Algoritmos: teoria e prática*. Editora Campus, 2, 296.
- Espada, A. L. V., Sobrinho, M. V., de Miranda Rocha, G., & de Albuquerque Vasconcellos, A. M. (2018). Manejo florestal comunitário em parceria na Amazônia brasileira: o caso da Flona do Tapajós. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 14(1).
- Neto, J. A. F., dos Santos Junior, E. C., Paleo, U. F., Barros, D. M., & de Oliveira Moreira, M. C. (2011). Optimal subdivision of land in agrarian reform projects: an analysis using genetic algorithms. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 38(2), 169-178.
- Francez, L. M. D. B., Carvalho, J. O. P. D., & Jardim, F. C. D. S. (2007). Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de terra firme na região de Paragominas, PA. *Acta Amazonica*, 37, 219-228.
- Gama, J. R. V., Bentes-Gama, M. D. M., & Scolforo, J. R. S. (2005). Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, 29, 719-729.
- Giatti, O. F., Mariosa, P. H., Alfaia, S. S., Silva, S. C. P. D., & Pereira, H. D. S. (2021). Potencial socioeconômico de produtos florestais não madeireiros na reserva de desenvolvimento sustentável do Uatumã, Amazonas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 59.

- Guedes, J. C. F. (2016). Estratégia de Zoneamento Ambiental Aplicada a Caracterização Ambiental de Bacias Hidrográficas do Semiárido Brasileiro: Estudo de Caso na Microbacia do Rio Barra Nova–RN/PB. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2, 1012-1024.
- Isaac Júnior, M. A., Barbosa, B. H. G., Gomide, L. R., Calegario, N., Figueiredo, E. O., Moras Filho, L. O., ... & Dantas, D. (2021). Reduced-impact logging by allocating log-decks using multi-objective evolutionary algorithm in Western Amazon. *Revista Árvore*, 45.
- Lima, B. A., de Almeida, B. R. S., de Sousa, E. A. B., da Silva Cruz, G., Melo, M. B., de Oliveira Melo, L., ... & dos Santos, M. F. (2018). Estrutura e dinâmica florestal sob efeito do manejo madeireiro na FLONA Tapajós. *Advances in Forestry Science*, 5(4), 437-443.
- Moreira, M. C. O., Ferreira Neto, J. A., Einloft, C. J., & Silva, N. T. C. (2011). O uso da Busca Tabu no ordenamento territorial em assentamentos rurais: reconfigurando o SOTER-PA (Sistema de Organização Territorial da Reforma Agrária e Planejamento Ambiental). In J. A. Ferreira Neto, C. J. Einloft, & R. L. Gonçalves (Eds.), *Desenvolvimento rural, sustentabilidade e ordenamento territorial* (p. 265-271). Visconde do Rio Branco: Suprema.
- Neto, O. Z. S., Batista, E. A. C., & de Almeida Meirelles, A. J. (2020). Potencial de oleaginosas nativas no desenvolvimento de cadeias produtivas da biodiversidade brasileira. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 54.
- Souza, A. L., & Soares, C. P. B. (2013). Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa: UFV.
- Plowden, C. (2003). Production ecology of copaíba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the eastern Brazilian Amazon. *Economic Botany*, 57(4), 491-501.
- Reisch, R. D. N. (2021). O potencial brasileiro para gerar créditos de carbono através da conservação florestal, reflorestamento e produção agrícola sustentável. *Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, 1(3).
- Romero, F. M. B., Jacovine, L. A. G., Torres, C. M. M. E., Ribeiro, S. C., de Moraes Junior, V. T. M., da Rocha, S. J. S. S., ... & Fearnside, P. M. (2021). Forest management with reduced-impact logging in Amazonia: estimated aboveground volume and carbon in commercial tree species in managed forest in Brazil's State of Acre. *Forests*, 12(4), 481.
- Santana, A. C. D., Santos, M. A. S. D., Santana, Á. L. D., & Yared, J. A. G. (2012). O valor econômico da extração manejada de madeira no Baixo Amazonas, Estado do Pará. *Revista Árvore*, 36, 527-536.
- Vale, C. C., & Silva, A. L. (2019). Classificação supervisionada dos maciços vegetais e cobertura do solo no aglomerado urbano de São Raimundo Das Mangabeiras–MA. *Acta Tecnológica*, 14(1), 93-101.