

ANÁLISE DAS APREENSÕES DE MADEIRAS NATIVAS EM MINAS GERAIS UTILIZANDO MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS

Pablo Henrique Custódio Silva¹, Amélia Guimarães Carvalho¹, Antônio José Vinha Zanuncio¹, Milton Serpa de Meira Junior¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Monte Carmelo, Minas Gerais (pablo.custodio@ufu.br; ameliagcarvalho@ufu.br; ajvzanuncio@ufu.br; miltonmeira@ufu.br)

RESUMO: As florestas brasileiras fornecem bens e serviços essenciais nas dimensões social, econômica e ambiental. O desmatamento ilegal ameaça esses benefícios, gerando impactos negativos para a sociedade e o ecossistema. Assim, este estudo teve como objetivo analisar a dinâmica das apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais, identificando padrões sazonais e tendências ao longo dos anos. Buscou-se verificar se a sazonalidade influencia a variação das apreensões, com foco nos períodos secos. A pesquisa abrangeu todo o estado de Minas Gerais e utilizou 22.908 registros de apreensões de madeira nativa no período de 2019 a 2023. Após o tratamento da base de dados, foram elaborados gráficos para analisar variações temporais (seca e chuva). Utilizou-se o teste de Friedman para identificar sazonalidade, e o modelo Autoregressivo Integrado de Médias Móveis com Sazonalidade (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average – SARIMA) para projeções futuras. Foram identificadas variações temporais nas apreensões, com picos entre julho e setembro. A análise das apreensões de madeira nativa em Minas Gerais evidenciou a influência da sazonalidade, com maior incidência nos períodos de seca. Esses resultados contribuem para orientar ações estratégicas de fiscalização e combate à exploração ilegal dos recursos florestais no estado.

Palavras-chave: desmatamento; sazonalidade; tendência.

1 INTRODUÇÃO

As florestas brasileiras desempenham importantes funções sociais, econômicas e ambientais, por meio da oferta de uma variedade de bens e serviços. Assim, o desmatamento ilegal representa uma ameaça significativa, capaz de gerar impactos negativos tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente (MMA, 2025). Nesse contexto, torna-se imprescindível uma fiscalização ambiental eficaz dos recursos florestais em Minas Gerais, visando à proteção das espécies e à conservação da biodiversidade, uma vez que, apesar da existência de legislação específica, a prática de crimes ambientais ainda persiste.

O presente estudo busca prever os períodos do ano com maior incidência de apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais, a fim de verificar se a sazonalidade influencia na variação de apreensões. Parte-se da hipótese de que, entre abril e setembro, as apreensões tendem a aumentar devido à maior exploração ilegal em períodos secos, quando o acesso às áreas florestais é facilitado.

Desta forma, é fundamental compreender tanto o potencial de uso sustentável das espécies nativas quanto os padrões de sua exploração ilegal ao longo do tempo. A análise das tendências e sazonalidades nas apreensões de madeiras pode evidenciar dinâmicas socioambientais relevantes, contribuindo para o equilíbrio entre a utilização racional dos recursos florestais e o controle efetivo das práticas predatórias.

Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica das apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais, considerando a sazonalidade e as tendências observadas ao longo dos anos, com a finalidade de subsidiar e fortalecer ações de fiscalização ambiental voltadas à repressão dos crimes relacionados aos recursos madeireiros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange todo o estado de Minas Gerais, e os dados utilizados foram provenientes de registros de apreensão de madeiras nativas obtidos junto à Superintendência de Fiscalização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD). Mediante solicitação formal, foram disponibilizadas informações referentes ao período de 1º de janeiro de 2019 a 31 de dezembro de 2023, totalizando 22.908 registros validados. A base de dados foi tratada para exclusão de registros duplicados, inconsistentes ou fora da categoria estabelecida. Os dados utilizados se basearam em locais das infrações (delimitados por coordenadas) e período das ocorrências. Após análise dos dados, foram gerados gráficos e análises estatísticas, a fim de comparar a incidência das apreensões nos períodos (seca ou chuva) no corrente espaço de tempo do estudo.

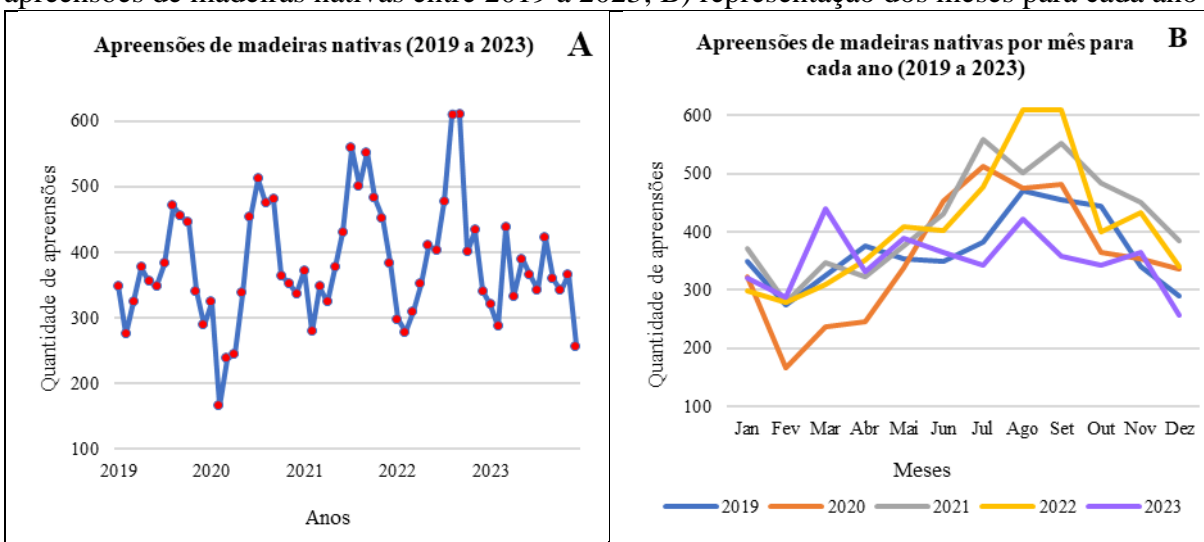
Dornelas e Guimarães (2023) realizaram uma análise temporal sobre resíduos sólidos em Uberlândia, MG. Seguindo a mesma abordagem metodológica, o presente estudo analisou a sazonalidade das apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais, empregando o teste de Friedman com nível de significância de 5%, para verificar se existem variações estatisticamente significativas nas apreensões ao longo dos meses do ano. De forma complementar, utilizou-se o teste de Scott-Knott para agrupar anos e meses com características semelhantes. Ambos testes foram realizados utilizando o software estatístico R.

Confirmada a presença de sazonalidade, aplicaram-se modelos de séries temporais com componentes sazonais ajustados (SARIMA), visando projetar a tendência das apreensões para o ano de 2024. A previsão obtida foi, então, confrontada com os dados reais registrados no mesmo ano, possibilitando a avaliação da acurácia do modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre janeiro de 2019 e dezembro de 2023, as apreensões mensais de madeira nativa em Minas Gerais (Figura 1) revelaram um comportamento sazonal marcado e flutuações significativas, como demonstrado nas análises gráficas e estatísticas. A sazonalidade é evidente entre os meses de julho e setembro, período que concentra picos recorrentes de apreensões. Os anos de 2020 (4.286 apreensões) e 2023 (4.222 apreensões), apresentaram totais significativamente mais baixos, possivelmente refletindo mudanças no esforço fiscalizatório ou em fatores externos, como em fevereiro de 2020, marcado pelo surto a nível mundial do coronavírus (OPAS, 2023).

Figura 1 - Apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais. A) série temporal geral das apreensões de madeiras nativas entre 2019 a 2023; B) representação dos meses para cada ano



Nota: os dados analisados foram de 1º de janeiro de 2019 a 31 de dezembro de 2023.

Fonte: elaborado pelo próprio autor utilizando o software R.

O teste de Friedman indicou diferenças estatisticamente significativa entre os meses da série temporal, com valor de $p = 0,00000567$. Como esse valor é muito inferior ao nível de significância adotado de 0,05, conclui-se que há variações mensais relevantes na série. Isso

reforça a influência direta da sazonalidade sobre a ocorrência de apreensões de madeiras nativas ao longo do ano.

Já o teste de Scott-Knott (Tabela 1) permitiu agrupar os dados por média de apreensão, destacando 2021 e 2022 como os anos com maiores registros (Grupo a), e 2019, 2020 e 2023 como os de menores intensidades (Grupo b). Em Minas Gerais, a estação seca ocorre entre os meses abril e setembro, enquanto a chuvosa ocorre entre outubro e março (INMET, 2017). No recorte mensal, julho a setembro concentraram os maiores volumes (Grupo a) das apreensões, alinhando-se ao período de seca no estado quando as condições favorecem o transporte e o corte ilegal de madeira. Outubro, por ser um mês de transição para o período chuvoso, houve uma redução nas atividades ilegais relacionadas as apreensões de madeiras nativas, quando comparadas aos meses anteriores e de maiores incidências (julho a setembro). A maioria dos meses chuvosos (janeiro, fevereiro, março e dezembro), apresentaram as médias próximas (Grupo c), provavelmente devido às dificuldades logísticas e de acesso em regiões de floresta.

Tabela 1 – Valores médios dos quantitativos das Apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais.

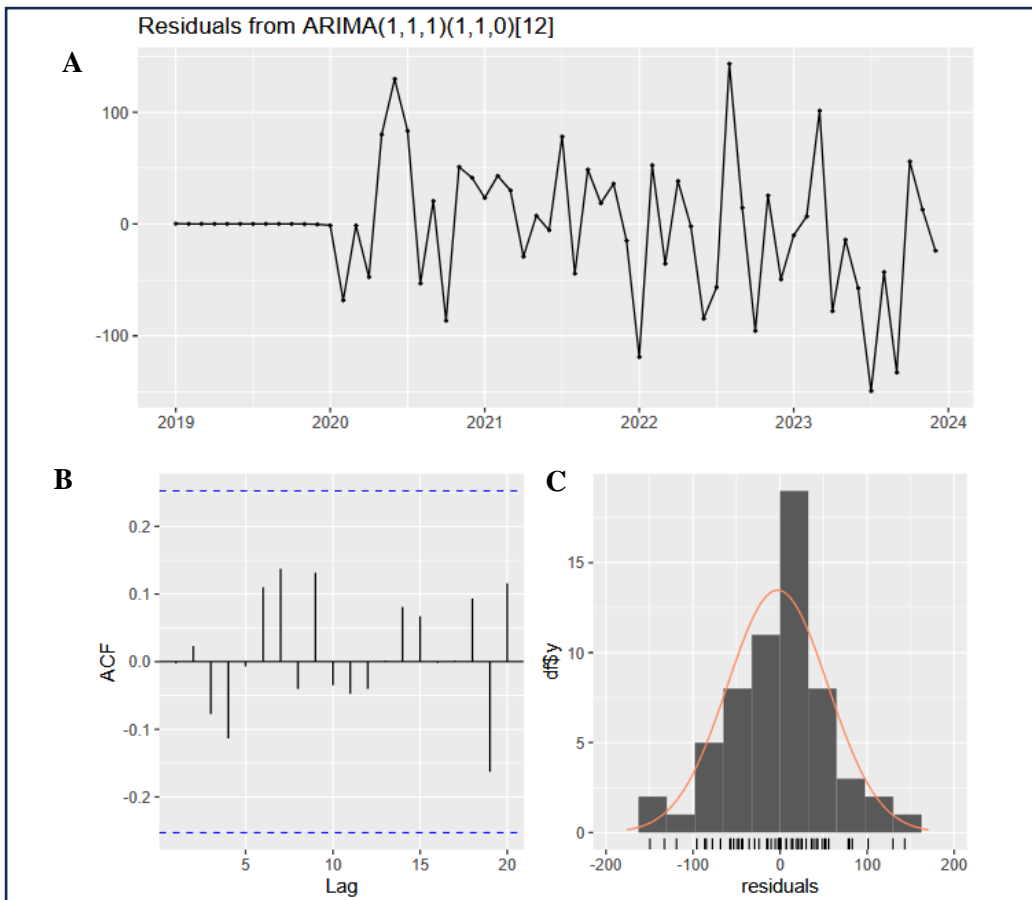
Anos	Média	Mês	Média
2019	367.83 b	Janeiro	332,60 c
2020	357.17 b	Fevereiro	257,00 c
2021	421.83 a	Março	332,00 c
2022	410.33 a	Abril	326,00 c
2023	351.83 b	Mai	374,00 c
		Junho	400,20 b
		Julho	455,00 a
		Agosto	495,80 a
		Setembro	491,40 a
		Outubro	406,80 b
		Novembro	389,20 b
		Dezembro	321,60 c

Nota: Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com significância de 5%.

Fonte: elaborado pelo próprio autor utilizando o software R para análise dos dados.

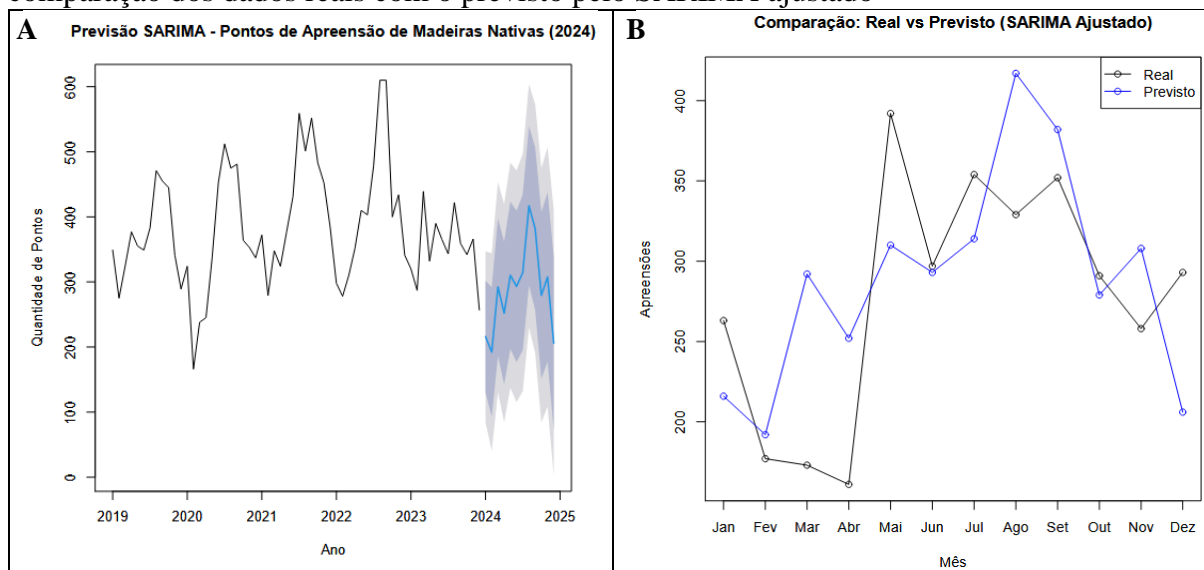
A modelagem da série pelo modelo SARIMA(1,1,1)(1,1,0)[12] (Figura 2) mostrou-se adequada para descrever e prever o comportamento das apreensões. Observa-se resíduos aleatórios com distribuição tendendo à normal (Figura 2 - C) e as autocorrelações dos resíduos do modelo dentro do intervalo de confiança de 95% (Figura 2 - B), o que identifica autocorrelações estatisticamente iguais a zero. O modelo apresentou um erro percentual absoluto médio (MAPE) de 11,05% e um erro absoluto médio (MAE) de 40,8 unidades, caracterizando-se como de boa precisão (Lewis, 1982).

Figura 2-Análise dos resíduos do modelo SARIMA (1,1,1) (1,1,0) ajustado à série temporal de apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais



Nota: análise dos resíduos, autocorrelação e distribuição residual.
 Fonte: elaborado pelo próprio autor utilizando o software R.

Figura 3 - Modelo de séries temporais. A) previsão SARIMA ajustado para o ano de 2024 e B) comparação dos dados reais com o previsto pelo SARIMA ajustado



Nota: A) modelo de séries temporais com a análise dos dados dos anos de 2019 a 2023 com a predição para o ano de 2024 mostrando uma tendência nas apreensões, e já o B) apresentando a comparação entre os dados mensais nos correntes anos mostrando a sazonalidade das apreensões.

Fonte: elaborado pelo próprio autor utilizando o software R

A comparação entre os valores reais e as projeções do modelo SARIMA ajustado (Figura 3) para as apreensões de madeiras nativas em Minas Gerais em 2024 demonstrou boa capacidade do modelo em captar o padrão sazonal geral, com os maiores picos no período seco (julho a setembro) e queda nos meses iniciais e finais do ano. Contudo, divergências mais acentuadas em meses como março, abril e agosto sugerem a ocorrência de eventos atípicos, como operações especiais de fiscalização, denúncias ou variações climáticas, além das limitações inerentes ao modelo, que não considera variáveis externas. Ainda assim, o desempenho do modelo é considerado satisfatório, mesmo sem o uso de variáveis explicativas adicionais.

4 CONCLUSÕES

A análise das apreensões de madeira nativa em Minas Gerais, no período de 2019 a 2023, evidenciou a influência da sazonalidade, com maior incidência de infrações durante os períodos de seca no território mineiro. O modelo SARIMA ajustado mostrou-se adequado, mas poderia apresentar um desempenho mais satisfatório com uma série anual mais extensa. Esses resultados oferecem subsídios importantes para o planejamento de ações estratégicas de fiscalização ambiental e para o fortalecimento do combate à exploração ilegal dos recursos florestais.

REFERÊNCIAS

DORNELAS, J. M.; GUIMARÃES, E. C. Resíduos Sólidos Urbanos em Uberlândia-MG: Análise Temporal. **Revista Geosul, Florianópolis**, v. 38, n. 85, p. 109-131, 2023.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Nota técnica: 004/17 Estação Chuvosa em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Nota_tecnica_CEDEC_04_17.pdf. Acesso em: 19 de maio 2025.

LEWIS, C. D. **Industrial and business forecasting methods**. Borough Green, Sevenoaks, Kent: Butterworth, 1982. 144 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Florestas**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/florestas.html>. Acesso em 20 de agosto de 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. OPAS. **Histórico da emergência internacional COVID-19**. [S.l.]: 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/historico-da-emergencia-internacional-covid-19>. Acesso em: 22 jul. 2025.