

## Prognose por classe diamétrica em uma Floresta Estacional Decidual em Jataí, GO

Daiane Ferreira Silva do Carmo<sup>1</sup>; Edmilson Santos Cruz<sup>2</sup>; Thelma Shirlen Soares<sup>3</sup>; Marcelus Moreira Pinheiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Florestal, Graduação, Jataí, GO, daiane.fsc@outlook.com

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Doutorado, Docente na Universidade Federal de Jataí, Jataí, GO, edmilson\_santos\_cruz@ufj.edu.br

<sup>3</sup> Engenheira Florestal, Doutorado, Docente na Universidade Federal de Jataí, Jataí, GO, thelmasoares@ufj.edu.br

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, Graduação, Jataí, GO, marcelusengflorestal@gmail.com

### Resumo

Este estudo objetivou avaliar o crescimento e realizar a prognose em um fragmento de Floresta Estacional Decidual de Jataí, GO, por meio do Inventário Florestal Contínuo com medições anuais dos indivíduos arbóreos com CAP  $\geq 15,7$  cm no período de 2015 a 2018. Com base no período de crescimento 2015-2016, foram realizadas prognoses para 2017 e 2018, submetendo-as ao Teste Qui-quadrado. O incremento diamétrico foi de  $0,22 \pm 0,28$  cm, com taxas de mortalidade e ingresso de 5,54% e 1,32%, respectivamente. Foram detectadas altas probabilidades das árvores permanecerem nas classes diamétricas. Quanto ao número de indivíduos prognosticado e observado, não houve diferença significativa para 2017, porém houve diferença significativa para 2018.

Palavras-chave: Incremento diamétrico, Modelos de crescimento e produção, Cadeia de Markov.

### Introdução

O estudo das florestas inequidistantes possibilita o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, assim como a viabilização da exploração de seus produtos, bens e serviços de forma planejada e racional, garantindo o fluxo contínuo dos recursos delas oriundos (AUSTREGÉSILO et al., 2004). E os modelos de crescimento e produção são instrumentos poderosos que auxiliam no planejamento florestal, contribuem para a obtenção da prognose da distribuição diamétrica das árvores que compõem a floresta, possibilitando a regulação do ciclo de corte para a floresta ou para determinada espécie, a avaliação da viabilidade econômica de se praticar ou não o manejo florestal, além de auxiliar na elaboração de critérios técnicos para tomadas de decisão sobre as árvores que podem ser exploradas (VASCONCELOS et al., 2009; DALLA LANA et al., 2015).

Os modelos de distribuição diamétrica são os mais empregados para prognosticar a estrutura da floresta e permitem descrever as alterações desta estrutura baseando-se em funções probabilísticas de distribuição, dos quais Cadeia de Markov ou Matriz de Transição tem sido a mais utilizada para florestas nativas, com boa acuracidade dos resultados (STEPKA et al., 2010; EBLING et al., 2012; DALLA LANA et al., 2015; COLPINI et al., 2017).

Com relação às florestas estacionais do Brasil Central, ainda são poucas informações disponíveis, embora seja evidente que elas estão sendo rapidamente transformadas pelo uso antrópico, convertidas em paisagens agrícolas, especialmente as pastagens, o que as tornam mais fragmentadas e interferem no manejo florestal (NASCIMENTO et al., 2004). Poucos são os estudos designados às florestas estacionais, formação florestal que concentra variedade de espécies, muitas de uso múltiplo, que vêm sendo ou poderão ser utilizadas na geração de renda e bem-estar para a sociedade (PEREIRA et al., 2011).

Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e a acuracidade das prognoses realizadas pelo método Cadeia de Markov em um fragmento de Floresta Estacional Decidual em Jataí, GO.

### Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no município de Jataí, GO, em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, região na qual o clima é do tipo Aw, tropical com estação seca no inverno, conforme a classificação de Köppen (CARDOSO et al., 2014) e o solo é classificado como Neossolo Litólico, com ocorrência de muitos cascalhos, textura argilosa com fase rochosa, relevo ondulado e fortemente ondulado (EMBRAPA, 2006).

De acordo com a Amostragem Sistemática, foi instalado um Inventário Florestal Contínuo (IFC) com 17 parcelas de 400 m<sup>2</sup>, nas quais foram marcados, identificados, plaqueteados e medidos todos os indivíduos arbóreos com CAP (circunferência à altura do peito, medida a 1,3 m em relação

ao nível do solo) igual ou superior a 15,7 cm em quatro períodos de medição (2015, 2016, 2017 e 2018).

Considerando-se o período de crescimento 2015-2016, foi obtida a distribuição diamétrica utilizando-se amplitude de classe de 5 cm, os incrementos em diâmetro e as taxas de ingresso e mortalidade conforme metodologias utilizadas por Austregésilo et al. (2004), Vasconcelos et al. (2009), Figueiredo Filho et al. (2010), Dalla Lana et al. (2015) e Colpini et al. (2017).

A matriz de probabilidades de transição (migração, permanência, recrutamento e mortalidade dos indivíduos) foi obtida dividindo-se o número de indivíduos que permaneceu na classe diamétrica, mudou para uma ou duas classes posteriores, morreu ou ingressou nas classes pelo número de indivíduos total no estado inicial. E a projeção da estrutura da floresta (prognose) foi resultado do produto da matriz de probabilidades de transição pela matriz do número de indivíduos no período atual, somando-se este resultado à matriz do número de árvores ingressantes (AUSTREGÉSILO et al., 2004; STEPKA et al., 2010; DALLA LANA et al., 2015; COLPINI et al., 2017). Posteriormente, as prognoses geradas foram submetidas à avaliação da acuracidade das estimativas produzidas utilizando-se o Teste Qui-quadrado.

## Resultados e discussão

A distribuição diamétrica do período 2015-2016 resultou em nove classes de frequência para 2015 e, para 2016, 10 classes. Nos dois períodos, a curva de distribuição diamétrica revelou decréscimo dos indivíduos com o aumento do diâmetro e gerou a curva exponencial negativa (jota-invertido), padrão esperado para florestas inequianes. Foram observados 10 indivíduos ingressantes na primeira classe diamétrica, o que correspondeu a  $1,32\% \cdot \text{ano}^{-1}$  de taxa de ingresso, e 42 indivíduos mortos apenas nas quatro primeiras classes diamétricas, o que representou  $5,54\% \cdot \text{ano}^{-1}$  de taxa de mortalidade.

A maioria dos indivíduos e das espécies ocorrem nas menores classes e, dessa forma, grande parte dos processos dinâmicos da floresta acontecem de maneira mais intensa também nas menores classes, assim como os processos de mortalidade e de recrutamento, o que garante que as florestas tropicais apresentem um padrão de distribuição entre classes do tipo J-invertido (OLIVEIRA; FELFILI, 2008).

Ao avaliarem variações temporais na comunidade arbórea de uma Floresta Decidual sobre afloramentos calcários em Iaciara, GO, Carvalho e Felfili (2011) encontraram taxa de recrutamento superior a taxa de mortalidade, sendo  $4,43\% \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $2,77\% \cdot \text{ano}^{-1}$ , respectivamente, as quais foram consideradas elevadas e indicaram dinâmica da comunidade acelerada e, por se tratar de uma floresta preservada, é adequado afirmar que este padrão encontrado esteja associado a aspectos naturais.

Figueiredo Filho et al. (2010) e Cubas et al. (2016) também encontraram taxas de mortalidade ligeiramente superiores à taxa de ingresso e ressaltaram que tal fato não interfere no crescimento líquido da floresta. E conforme Stepka et al. (2010), o maior número de árvores mortas pode ser remetido a uma fase cíclica que a floresta esteja passando, ou devido a maior competição existentes entre as árvores distribuídas nas menores classes diamétricas, onde ocorrem as maiores taxas de mortalidade.

O incremento periódico médio dos indivíduos sobreviventes foi de  $0,22 \pm 0,28 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$ , o que resultou em um coeficiente de variação de 124,61%, valor considerado alto devido a amplitude também muito alta existente entre os valores mínimos e máximos dos incrementos ( $-0,29 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$  de decremento e  $2,26 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$  de incremento).

Oliveira e Felfili (2008), em estudo de Mata de Galeria do Brasil Central durante 19 anos, em 151 parcelas permanentes, encontraram incremento periódico anual de  $0,22 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$ , com coeficientes de variação na faixa de 84% a 143%, explicando que tais valores tendem a ser típicos de florestas tropicais.

Outros estudos também corroboram essa tendência de alta amplitude do incremento diamétrico em florestas tropicais, especificamente na Floresta Ombrófila Mista, como os de Figueiredo Filho et al. (2010) e de Cubas et al. (2016), que encontraram coeficientes de variação de 54% a 85,3% e de 72,48% a 137,37%, respectivamente.

A matriz de probabilidades de transição entre classes diamétricas do período 2015-2016 revelou que a maioria dos indivíduos das primeiras classes diamétricas apresentaram probabilidades altas de permanecerem em suas respectivas classes, variando 87,59% a 94,44%. Já as probabilidades dos indivíduos mudarem para a próxima classe de diâmetro variaram de 2,89% a 7,41%.

Vasconcelos et al. (2009) e Ebling et al. (2012) também observaram, em estudos desenvolvidos em Floresta Ombrófila Mista, a probabilidade dos indivíduos permanecerem nas mesmas classes diamétricas, fato este ligado a amplitude temporal adotada nos estudos, sendo que menores amplitudes temporais implicam em maiores probabilidades dos indivíduos permanecerem nas classes, sendo o contrário observado para amplitudes temporais maiores.

Outros autores que realizaram estudos de prognose utilizando o método Cadeia de Markov em florestas tropicais, como Austregésilo et al. (2004), Stepka et al. (2010) e Colpini et al. (2017), e também encontraram altas probabilidades dos indivíduos permanecerem na mesma classe diamétrica.

A Tabela 1 apresenta os valores observados e prognosticados do número de árvores para os períodos 2017 e 2018, na qual constatou-se que o número total de indivíduos projetados diminuiu em relação ao número observado, com o número de indivíduos observados e projetados igual nas três últimas classes de diâmetro.

Tabela 1 - Valores observados e prognosticados do número de indivíduos por classe de diâmetro, para os anos de 2017 e de 2018, em um fragmento de Floresta Estacional Decidual em Jataí, GO.

Valor central da classe (cm)	Nº de indivíduos observado		Nº de indivíduos prognosticado	
	2017	2018	2017	2018
7,5	375	376	324,2	295,4
12,5	157	160	157,7	150,3
17,5	133	117	121,6	114,8
22,5	55	52	65,1	69,5
27,5	35	33	27,2	27,6
32,5	11	14	14,0	16,0
37,5	7	7	7,0	7,0
42,5	1	1	1,0	1,0
≥47,5	1	1	1,0	1,0
<b>Total</b>	<b>775</b>	<b>761</b>	<b>718,9</b>	<b>682,6</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

De acordo com o Teste Qui-quadrado ao nível de probabilidade de significância de 1%, não houve diferença significativa entre as frequências observadas e projetadas por classe diamétrica para o ano de 2017. Já a projeção para o ano de 2018 apresentou resultado significativo ao nível de probabilidade significância de 5%, mostrando que houve diferença significativa entre os valores observados e projetados para dois períodos de tempo.

Quanto as estimativas prognosticadas neste estudo, é importante salientar que a matriz de transição apresentou probabilidades altas dos indivíduos permanecerem na mesma classe diamétrica devido a amplitude de classe (5 cm) e o intervalo de medição (1 ano) terem sido curtos, associado ao ritmo de crescimento observado, além de também ter ocorrido nas três últimas classes diamétricas a probabilidade de 100% dos indivíduos permanecerem na classe, fatos que podem ter contribuído para tais resultados considerando-se as propriedades relevantes da Cadeia de Markov, como os estados absorventes, a transição estacionária e a propriedade markoviana.

Em estudo realizado em Floresta Ombrófila Mista com classes diamétricas de 5 cm, Ebling et al. (2012) mostraram que, ao utilizarem amplitude de classe de 10 cm, a distribuição de frequência foi reduzida, o que tornou os processos dinâmicos dentro das classes mais generalistas, reduzindo a possibilidade de estados absorventes devido à maior frequência dentro de cada classe.

Em outro estudo, realizado em Floresta Estacional secundária no bioma Cerrado, Ferreira (2016) testou duas amplitudes de classes (3 cm e 5 cm), no qual o intervalo de 3 cm gerou muitas classes diamétricas com grande quantidade de indivíduos, não apresentando nenhuma movimentação ou mortalidade e ocorrendo muitos estados absorventes. Já para a amplitude de 5 cm, por diminuir o número de classes e aumentar a quantidade de indivíduos, foi minimizada a ocorrência dos estados absorventes.

Além dos estados absorventes, Scolforo (2006) menciona a transição estacionária, a qual considera que o incremento periódico em diâmetro das árvores terá o comportamento, no futuro, idêntico ao obtido por ocasião das avaliações realizadas nas parcelas permanentes, e a propriedade markoviana, segundo a qual a projeção da estrutura da floresta depende somente do estado atual, não sofrendo efeito de qualquer característica passada da floresta.

## Conclusões

O incremento periódico médio do fragmento de Floresta Estacional Decidua estudado foi de  $0,22 \pm 0,28 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$ , com taxas de ingresso e mortalidade de 1,32% e 5,54%, respectivamente.

Em 2017, não houve diferença significativa entre os valores observados e prognosticados pela Cadeia de Markov, enquanto que, para 2018, houve diferença significativa entre os valores observados e prognosticados.

## Referências Bibliográficas

- AUSTREGÉSILO, S. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SOUZA, A. L.; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, E. S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 227-232, 2004.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de öppen-geiger para o estado de goiás e o distrito federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.
- CARVALHO, F. A.; FELFILI, J. M. Variações temporais na comunidade arbórea de uma floresta decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central: composição, estrutura e diversidade florística. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 203-214, 2011.
- COLPINI, C.; SILVA, V. M.; SOARES, T. S. Prognose da estrutura diamétrica e da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 147-150, 2017.
- CUBAS, R.; WATZLAWICK, L. F.; FIGUEIREDO FILHO, A. Incremento, ingresso, mortalidade em um remanescente de floresta ombrófila mista em Três Barras - SC. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 889-900, 2016.
- DALLA LANA, M. D.; PÉLLICO NETTO, S.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; EBLING A. A. Prognose da estrutura diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 71-78, 2015.
- EBLING, A. A.; WATZLAWICK, L. F.; RODRIGUES, A. L.; LONGHI, S. J.; LONGHI, R. V.; ABRÃO, S. F. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1020-1026, 2012.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 306 p. 2006.
- FERREIRA, F. G. **Floresta Estacional secundária: aspectos da dinâmica e manejo no bioma cerrado**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em floresta ombrófila mista. **Revista Floresta**, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.
- NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidua de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 659-669, 2004.
- OLIVEIRA, A. P.; FELFILI, J. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos (1985-2004). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 4, p. 597-610, 2008.
- PEREIRA, B. A. S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F. A. Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 446-455, 2011.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 393 p. 2006.
- STEPKA, T. F.; DIAS N. A.; FIGUEIREDO FILHO A.; MACHADO S.A.; SAWCZUK A. R. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 327-335, 2010.
- VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 71-80, 2009.