



26 anos de monitoramento hidrológico de uma microbacia sob manejo florestal – uma revisão do passado e prospecção do futuro

Túlio Barroso Queiroz¹
Aline Aparecida Fransozi¹
Joedson dos Santos Silva¹
Leonardo Sarno Oliveira²
Silvio Frosini de Barros Ferraz¹

¹Bracell BSC (tulio_queiroz@bracell.com, joedson_silva@bracell.com, leonardo.oliveira2@bracell.com),
²PROMAB (aline.fransozi@ipef.br, silvio.ferraz@usp.br)

RESUMO: *O monitoramento hidrológico da microbacia é motivado principalmente pela crescente preocupação com os recursos hídricos, notório efeito das mudanças climáticas e sua relação direta com o manejo florestal. A microbacia Farje, administrada pela Bracell e pelo Programa de Monitoramento e Modelagem em Microbacias Hidrográficas (PROMAB), completou recentemente 26 anos e é a unidade de monitoramento mais antiga do programa. O objetivo deste estudo é analisar a disponibilidade hídrica natural e o regime de vazões históricas da microbacia desde sua implantação. Povoamentos de eucalipto em fases semelhantes do crescimento (entre 3 e 5 anos de idade) contaram com precipitações anuais entre 813mm a 1341mm. O período de maior precipitação está entre os meses de abril e agosto (> 100mm). Os demais meses do ano (setembro a fevereiro) contam com menor precipitação (<60mm). A estação chuvosa é acompanhada por temperaturas amenas, logo limitar a execução dos plantios neste período consistiu em uma importante estratégia de manejo para minimizar o estresse hídrico nas mudas. Logo, o monitoramento do clima é fundamental para antecipar possíveis eventos extremos, como secas prolongadas ou chuvas intensivas, que possam prejudicar as atividades de manejo florestal como operações de preparo de solo, fertilização e controle do mato competição.*

Palavras-chave: água; recursos hídricos; sazonalidade da precipitação

Introdução

Entender as interações entre a vegetação e os sistemas climáticos é indispensável para prever os impactos das mudanças climáticas em ecossistemas terrestres e avaliar a adaptação e vulnerabilidade de espécies vegetais (Hayashi et al., 2017). Alterações climáticas continuarão a afetar os diferentes biomas florestais, entretanto com padrão desigual (Ding et al., 2016).

As variações induzidas pelas alterações climáticas e manejo florestal apresentam significativo efeito sobre a disponibilidade hídrica (Ferraz et al., 2019). Em ecossistemas florestais, a intensidade dos efeitos depende das espécies (Serichol-Escobar et al., 2016), taxa de crescimento (Queiroz et al., 2020), idade (Binkley, 2017), localização geográfica (Albaugh et al., 2016), densidade e sanidade das árvores. Com base neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a sazonalidade da precipitação e o balanço hídrico anual da microbacia experimental “Farje” em um período de monitoramento correspondente a 26 anos.



Material e métodos

Área experimental

A microbacia do ribeirão Farje situa-se na cabeceira de um dos braços formadores do riacho Quiricó Grande, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Sauípe, entre os paralelos 12°04' e 12°05' de latitude Sul, e 38°15' e 38°16' de longitude Oeste (<https://www.youtube.com/watch?v=cF5VlqPkJYU&t=160s>). A microbacia localiza-se no município de Araçás-BA, próximo ao município de Alagoinhas-BA. A área total da microbacia é de 118,98 ha, com 83,79 ha (71%) ocupados por eucalipto, 28,71 ha (24%) com áreas de conservação e 6,48 ha (5%) ocupados por estradas (Figura 1).

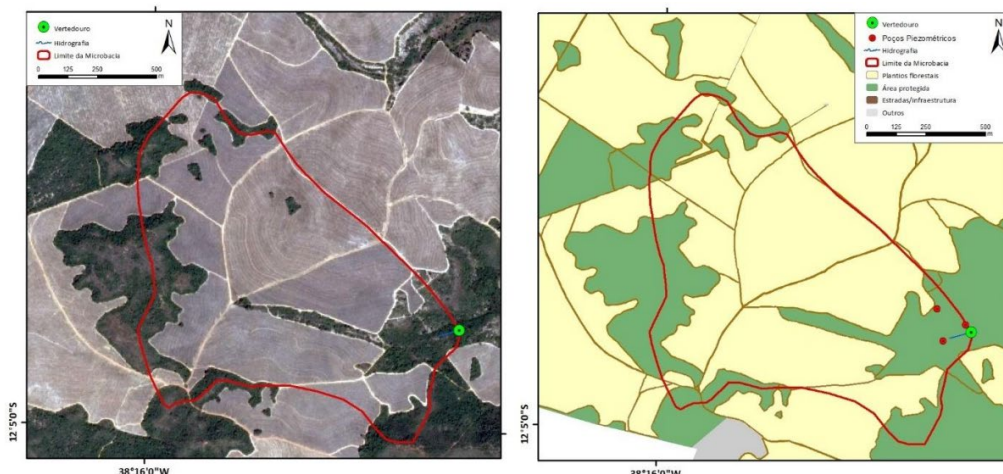


Figura 1 - Imagem aérea (à esquerda) e distribuição do uso do solo (à direita) na área da microbacia experimental do município de Araçás - BA.

O monitoramento hidrológico teve início em 1996, encontra-se no quarto ciclo florestal (após uma talhadia e duas reformas). O espaçamento de plantio é 3,5 m x 2,6 m. A estação linimétrica é constituída de um vertedor composto (um triangular para vazões mínimas e outro retangular para vazões médias e máximas), um sensor de pressão acoplado a um *datalogger* e um pluviômetro automático. Neste estudo foram utilizadas séries temporais a partir de dados coletados *in situ* a fim de verificar e analisar tendências a partir de intervalos regulares ou coletados em intervalos específicos. Por meio do software estatístico R (R CORE TEAM, 2022), foi utilizado o pacote hydroTSM para análise estatística exploratória dos dados em escala diária mensal e anual. Em seguida, foi aplicado o método Auto Regressive Integrated Moving Average – ARIMA com objetivo de capturar um conjunto de diferentes estruturas temporais padrão nos dados de precipitação da chuva para 2 anos subsequentes aos dados monitorados.

Resultados e discussão

Na Figura 2F é possível observar que a precipitação média anual histórica (1996 – 2022) foi



1.200 mm. A maior precipitação ocorre entre os meses de abril e agosto (>100 mm) entres os meses de setembro e fevereiro), Figura 2D. A microbacia Farje, conforme a classificação climática de Köppen é do tipo Af (tropical úmido), com ocorrência também do tipo Am (tropical sub-úmido) e As (tropical com verão seco).

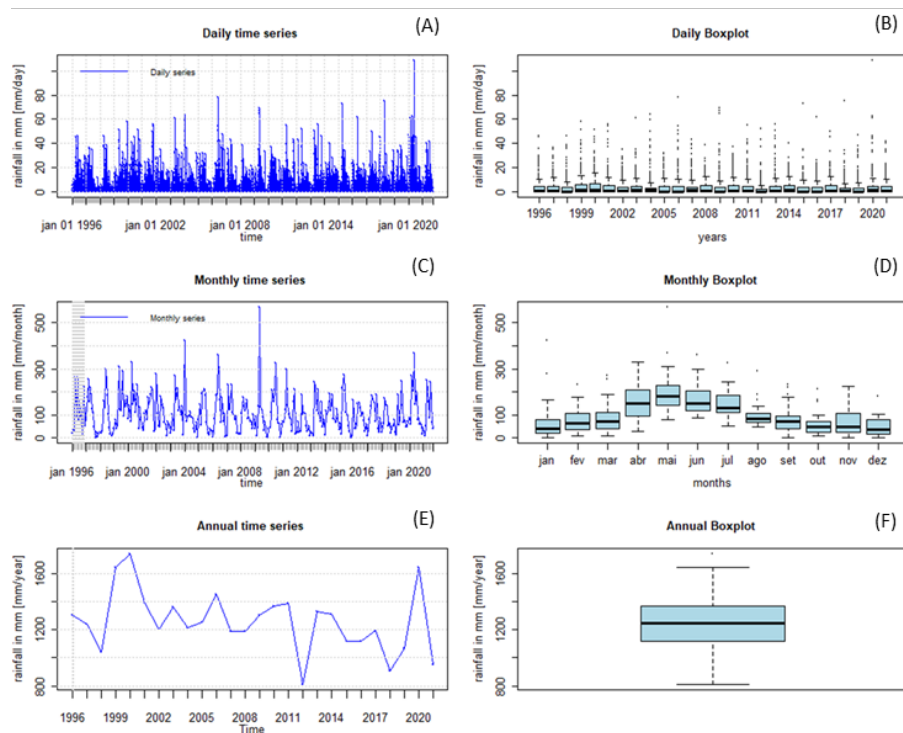


Figura 2 - Estatística descritiva da precipitação em (mm), obtidos na Microbacia do rio Farje localizada no município de Araçás na Bahia, Brasil

Os anos 2000 e 2020 contaram com maior disponibilidade hídrica. Anos mais úmidos podem ter efeitos positivos e negativos no ambiente, nas comunidades e ecossistemas de uma região (Figura 2E). Um dos efeitos imediatos é o aumento da disponibilidade hídrica, reposição do lençol freático e consequentemente maior suporte às atividades agrícolas, e melhoria da qualidade da água pelo efeito de diluição. Entretanto, anos úmidos podem também contribuir para erosão do solo e poluição da água, principalmente se o escoamento nas áreas cultivadas não for administrado adequadamente. Já os anos 2012 e 2018 foram marcados pela baixa precipitação. Neste cenário um dos efeitos imediatos é a redução da oferta de água, o que pode levar a condição de seca e afetar a agricultura, a vida selvagem e o consumo humano. Situações como essa influenciam diretamente a disponibilidade de água, pode afetar também a geração de energia elétrica, transporte baseado em água e incêndios florestais.

Considerando os anos hídricos (com mais de 80% dos dados de vazão), em fases semelhantes do crescimento da floresta (3º, 4º e 5º ano de implantação) e com precipitações (variando de 813mm



a 1341mm) observa-se que anos com maior precipitação, os índices de deflúvio e fluxo base aumentam, enquanto índices de instabilidade como flashiness (rapidez com que a vazão de um riacho responde aos eventos de precipitação) reduzem, indicando maior regulação em anos chuvosos.

Tabela 1 – Balanço hídrico anual da microbacia experimental Farje. Precipitação anual (P), Deflúvio anual (Q) e Evapotranspiração anual (ET), Escoamento Base Anual (BFI) e Índice Flashiness.

Ciclos	Ano Hídrico	Idade da floresta	P (mm)	Q (mm)	ET (mm)	*ET (%)	BFI (%)	Flashiness
1º	2001/2002	4	1260	31	1229	98	71	0,15
1º	2000/2001	3	1341	32	1309	98	64	0,21
2º	2010/2011	4	1299	29	1270	98	64	0,18
3º	2016/2017	3	813	8	804	99	62	0,23
3º	2018/2019	5	817	4	813	99	58	0,26
3º	2017/2018	4	1039	12	1027	99	51	0,34

Os resultados das projeções ARIMA destacaram possíveis mudanças em padrões climáticos em regiões com plantios florestais. Em geral, o ajuste histórico flutua com as subtendências subjacentes (com altos e baixos), permitindo visualizar que as previsões pontuais de curto prazo (2 anos) foram substancialmente influenciadas por observações recentes de redução e pela tendência histórica seguido dos intervalos de confiança para diferentes períodos de retorno e simulação (Figura 3).

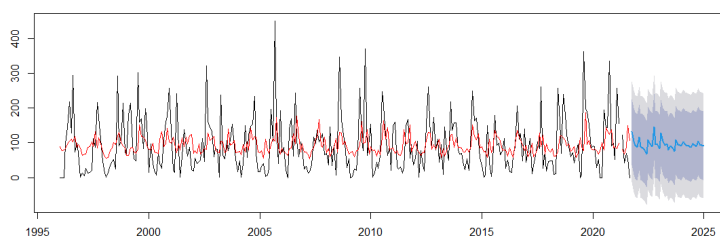


Figura 3 - As projeções ARIMA de 2 anos (começando em 2022) para precipitação média mensal na microbacia experimental Farje.

Projeções futuras de precipitação podem ter várias interações com o manejo de florestas plantadas, afetando aspectos como o crescimento das árvores, a hidrologia local, a disponibilidade de água e a ecologia florestal. O monitoramento de microbacias com floresta plantada é uma importante ferramenta para separar os efeitos climáticos dos efeitos do manejo florestal.

Conclusões

O monitoramento hidrológico da micobacia Farje, revelou que a evapotranspiração alcança 98% ou mais da precipitação. Isso ocorreu devido a elevada temperatura, baixa umidade do ar e baixa



capacidade de retenção de água do solo. Neste caso, a maior parte da água da chuva evapora imediatamente ou é absorvida pelas plantas antes de atingir o solo. Condições como essas podem tornar o manejo da água um desafio nessas regiões, requerendo estratégias específicas, como: revisão do período e espaçamento de plantio, práticas de irrigação, constante atualização do balanço hídrico e zoneamento climático e adoção de múltiplos manejos (alto fuste e talhadia). Longos períodos de monitoramento hidrológico possibilitam entender as interações do passado e projetar tendências para o futuro. Acompanhamentos em alta frequência ajudam a identificar e resolver problemas antes que se tornem maiores, garantindo a saúde dos ecossistemas a longo prazo, que são essenciais para proteger os recursos naturais e manter um futuro sustentável para as próximas gerações.

Referências bibliográficas

- BINKLEY, D.; CAMPOE, O.C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R.L.; CEGATTA, I.; STAPE, J.L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. *For. Ecol. Manage.* v.405, p.271-283, 2017.
- DING, H.; CHIABAI, A.; SILVESTRI, S.; NUNES, P.A.L.D. Valuing climate change impacts on European forest ecosystems. *Ecosystem Service*, v. 18, p. 141-153, 2016.
- FERRAZ, S.F. DE B., RODRIGUES, C.B., GARCIA, L.G., ALVARES, C.A., LIMA, W. DE P., 2019. Effects of *Eucalyptus* plantations on streamflow in Brazil: Moving beyond the water use debate. *For. Ecol. Manage.* 453, 117571.
- HAYASHI, R., ET al. Vegetation and Endemic Tree Response to Orbital-Scale Climate Changes in the Japanese Archipelago during the Last Glacial-Interglacial Cycle Based on Pollen Records from Lake Biwa, Western Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 241, n. June, p. 85-97, 2017.
- QUEIROZ, T.B.; CAMPOE, O.C.; MONTES, C.R.; ALVARES, C.A.; ZAPATA, M. GUERRINI, I. (2020). Temperature thresholds for *Eucalyptus* genotypes growth across tropical and subtropical ranges in South America. *For. Ecol. Manage.* v. 472 (1-2):118248.
- SERICHOL-ESCOBAR, C.; PÉREZ, B. V.; CARREIRA, J. A. Assessing differences in water- and light-use efficiency in two related fir species under contrasting light conditions: gas exchange instantaneous rates vs. integrated C fixation and water loss. *Environmental and Experimental Botany*, v. 122, p. 49-59, 2016.

