



ELABORAÇÃO DE ÍNDICES DE FLORESTA CILIAR PARA FINS DE ANÁLISE DE PAISAGEM E ANÁLISE AMBIENTAL

Fritzsons, Elenice*

Mantovani, Luiz Eduardo**

*Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111; CP 319; CEP 83411 - 000; Colombo, Paraná. Fone: (041) 55 3675 - 5711. elenice@cnpf.embrapa.br

INTRODUÇÃO

As florestas ciliares ou florestas ripárias são formações vegetais de porte arbóreo que ocorrem ao lado dos rios. São ambientes únicos devido à sua posição na paisagem, constituindo ecótonos entre zonas aquáticas e terrestres. Esta vegetação é essencial para proteção das águas dos rios, lagos e nascentes, pela retenção de material particulado, filtragem e decomposição de nutrientes provenientes das encostas adjacentes, além da preservação das planícies inundáveis.

No presente trabalho, foram desenvolvidos e aplicados índices relacionados às florestas ciliares na Bacia do Alto Capivari, região cárstica curitibana. A base teórica para o desenvolvimento dos mesmos se remete à ecologia de paisagem, a exemplo dos estudos de Forman e Godron (1986) e Forman (1995). Esses estudos se baseiam em estudar a paisagem por meio de mosaicos compostos basicamente por três componentes: **fragmentos**, que são elementos dispersos da paisagem, **matriz**, que é o elemento dominante na paisagem e os **corredores**, que são elos de conectividade, como por exemplo, as florestas ciliares. Ainda envolvem observações sobre a estrutura, a função e a mudança destes mosaicos ao longo do tempo. Utilizam-se para a comparação, operações com logaritmos e análises estatísticas.

Neste estudo, as florestas ciliares foram avaliadas no contexto de bacias hidrográficas, pois por constituírem sistemas com o predomínio de uma única saída, as bacias hidrográficas tornam possível a realização de uma série de experimentos. Isto é justificado por Odum (1983), que considera a bacia hidrográfica como uma unidade de ecossistema. Assim, os campos, as florestas, as cidades, interligadas por um sistema de rios, ou ainda uma rede subterrânea, interagem como uma unidade prática. Essas unidades, também são adequadas para avaliação de impactos que podem gerar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e qualidade da água, uma vez que estas variáveis estão relacionadas ao uso do solo (Valente e Castro, 1981). Entretanto conflitos de uso e ocupação destas áreas de preservação permanente (APPs) são comuns, a exemplo das constatações feitas pelos trabalhos de Fagundes

e Gastal Junior (2008).

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é o de estabelecer parâmetros para análise de paisagens e como objetivo específico desenvolver índices que possam ser utilizados nos estudos de paisagem, para que as mesmas possam ser comparadas, tanto de forma espacial quanto de forma temporal. Com a aplicação destes índices há possibilidade de transformar os parâmetros de análise, muitas vezes subjetivos, em parâmetros objetivos, possibilitando diagnosticar, dentro de um mesmo ecossistema, as áreas mais degradadas, as mais preservadas, as que necessitam de maior proteção ou recomposição florestal.

Estes índices poderiam assumir relevância também em estudos faunísticos e florísticos, quando se trabalha no contexto da hipótese de áreas mínimas, de corredores biológicos e se estabelece um embasamento científico no âmbito da análise de paisagem, a exemplo dos trabalhos de Forman e Godron (1986); Forman (1995); Metzger (1995).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo se desenvolveu na bacia hidrográfica do Alto Capivari, ao norte da região urbana de Curitiba e que pertence à bacia do Ribeira do Iguape (conjunto do Atlântico Leste). O clima é o Cfb (classificação de Köppen), com pluviometria média de 1400 mm e evapotranspiração em torno de 800 mm, não apresentando, em média, estação seca (Maack, 1986).

A bacia apresenta uma área de 126 km² e nela predominam pequenas unidades de agricultura familiar. Em termos de vegetação, predominam sistemas secundários de ocupação e fragmentos florestais. A atividade mineradora se faz presente através da extração de calcário que vem se expandindo nos últimos anos e constitui uma importante

atividade econômica do município. Quanto à vegetação ciliar, nos estudos efetuados por DALCON (2001) em área vizinha e semelhante foi constatado que a mesma, além de descaracterizada é, em muitos locais, inexistente.

A bacia hidrográfica do Alto Capivari, após ser delimitada e quantificada em termos de área, foi subdividida em duas bacias principais: a do Bacaetava e a do Capivari, correspondente aos dois maiores rios, sendo o Bacaetava um afluente do Capivari. Estas por sua vez foram novamente subdivididas em cinco bacias, totalizando dez sub - bacias de tamanhos variáveis. Assim, na bacia do Capivari foram delimitadas as seguintes sub - bacias: Nascentes do Capivari, Água Comprida do Capivari, Arroio Antinhas, Médio Capivari, Várzea do Capivari. Na bacia do Bacaetava foram delimitadas as bacias: Alto Bacaetava, Médio Bacaetava, Campestre, Água Comprida do Bacaetava, Baixo Bacaetava. A visualização da demarcação destas bacias pode ser encontrada em Fritzsos (2004).

Toda a extensão da rede de drenagem observada na carta planialtimétrica em escala 1: 20.000, foi localizada e demarcada. Para observação da floresta ciliar, foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas de 1980 (Projeto Paraná; Quadrícula SG 22 - X - D - I; escala aproximada 1:25.000 / AEROSUL, faixas utilizadas: 51145 a 51148; 54723 a 54730; 511195 a 511198; 51125 a 51132), e de 1996 (1a DL; escala 1:60.000; faixas utilizadas: 04 - 168,169,170,171; 03 - 117,118,119,120; abril de 1996, em formato digital).

Para 1980, a floresta ciliar foi demarcada com o auxílio de estereoscopia, mapeando - se as margens florestadas com larguras maiores de 20 metros (aproximadamente 1 mm nas fotografias aéreas), ao longo dos canais de drenagem e dos rios, transferindo - se a interpretação resultante para a carta da rede de drenagem de escala 1:20.000. Para 1996, devido à pequena escala das fotografias - aéreas (1:60.000), o método utilizado foi diferente, uma vez que seria impossível uma precisão de 20 metros nesta escala. Assim, os mesmos canais de drenagem, já delimitados na carta de rede de drenagem, foram localizados nas fotografias aéreas sob auxílio de estereoscopia e demarcados. Posteriormente, de posse destas mesmas fotografias em formato digital, ampliadas em grau máximo, a rede de drenagem previamente demarcada, foi localizada. Assim, orientando - se pelo uso da terra e feições da drenagem nas fotografias, foram delimitados os trechos de floresta ciliar, de aproximadamente 20 metros de largura na carta de hidrografia e drenagem.

É necessário observar que a delimitação das formações florestais ciliares, apesar de extremamente trabalhosa, somente foi possível através de fotografias aéreas, uma vez que o tratamento de imagens de satélite não poderia oferecer a precisão exigida neste trabalho.

Assim, a extensão de floresta ciliar foi dimensionada em quilômetros para as duas épocas em todas as bacias e sub - bacias, bem como foram totalizados os números de fragmentos florestais ciliares. Com estes dados, foram elaborados e aplicados dois índices: o de densidade de floresta ciliar e o de comprimento médio dos fragmentos florestais de floresta ciliar. O índice de densidade de floresta ciliar (Dfc) foi obtido da seguinte forma:

$$DFC = (CFC / CD) / 2$$

Assim, dividiu - se o comprimento total de floresta ciliar (Cfc), em quilômetros e totalizados para ambas as margens, pelo comprimento total dos canais de drenagem também em quilômetros (cd), sendo o resultado dividido por dois, uma vez que cada trecho deveria estar protegido por florestas nos dois lados das margens.

Neste índice, quanto maior o valor da razão, mais protegidos estarão os canais de drenagem, sendo 1 (um) o valor ideal, onde todos os canais estariam cobertos por florestas ciliares.

Foram também obtidas as quantidades, em números, dos fragmentos de florestas ciliares e, além disto, foi elaborado e aplicado um índice denominado de “comprimento médio dos fragmentos florestais” (CMF). Este índice foi obtido dividindo - se a extensão (comprimento) de floresta ciliar (Cfc), em quilômetros, pelo número de fragmentos florestais (Nff) de floresta ciliar, como mostra a equação abaixo. Estes dois índices totalizados para todas as sub - bacias.

$$CMF = Cfc / Nff$$

A obtenção do índice “comprimento médio de fragmentos florestais” é importante pelo fato de poder evidenciar uma tendência na bacia, quando analisado de forma temporal e associado ao índice anterior. Assim, no contexto de uma análise temporal, isto é, obtido em determinado intervalo de tempo, para um mesmo valor de DCF, um valor mais alto do CMF poderia indicar uma tendência a se reduzirem fragmentos florestais de menor comprimento e aumentarem os de maior comprimento, podendo assim indicar um processo de cicatrização e retomada da floresta ciliar ao longo da rede de drenagem, unindo fragmentos antes separados.

RESULTADOS

Considerando que o maior valor para o índice “densidade de floresta ciliar” é de 1, ou seja, 1 quilômetro de floresta ciliar, em ambas as margens, para cada quilômetro de drenagem, nota - se a forte degradação da floresta ciliar já em 1980. Neste ano, a maior densidade de florestas encontrava - se na sub - bacia “Nascentes do Capivari” (0,40), apesar de estar mais de 100% aquém do ideal. O menor valor encontrava - se na sub - bacia “Antinha” (0,16). Em 1996, o maior valor da densidade de floresta ciliar encontrava - se na sub - bacia “Água Comprida”, do Capivari (0,44), sendo o menor valor na sub - bacia de Água Comprida do Bacaetava (0,15), área onde houve o desenvolvimento áreas reflorestadas. Análises do uso e ocupação das terras próximas às florestas ciliares, por meio das fotos áreas e dos históricos de ocupação, bem como visitas a campo, poderão detalhar o motivo das alterações encontradas.

Quanto ao “comprimento médio de fragmentos de floresta ciliar”, em 1980 os maiores valores foram encontrados nas “Nascentes do Capivari” e “Médio Capivari”, em torno de uma média de 740 metros por fragmento e o menor valor em Água Comprida, do Bacaetava, com uma média de 400 metros por fragmento. Em 1996, este valor se manteve na sub - bacia de Água Comprida (no Bacaetava), e o maior valor de CMF foi encontrado na sub - bacia do Campestre, também no Bacaetava, com uma média linear de 1,16 km por fragmento.

Na sub - bacia de Água Comprida (do Capivari) ocorreu o maior acréscimo em termos de floresta ciliar, sendo que o maior desflorestamento ocorreu nas nascentes do Bacaetava, sub - bacia de Água Comprida. Quanto à alteração no comprimento médio dos fragmentos florestais ciliares, na sub - bacia do Campestre houve um aumento superior a 100%, enquanto na sub - bacia de Antinha (do Capivari) uma redução superior a 20%.

A sub - bacia de Água Comprida do Bacaetava apresentou em 1996, a menor densidade de floresta ciliar associada ao menor comprimento médio de fragmento florestal de toda a bacia do Alto Capivari. Comparando os dados de 1980 com os de 1996 verifica - se que na mesma houve uma diminuição na densidade de floresta ciliar e a manutenção do comprimento médio dos fragmentos florestais ciliares. A inexistência da floresta ciliar ao longo do rio principal foi confirmada nas visitas de campo, onde se observam glebas cultivadas chegando até a beira dos rios.

Já na sub - bacia do Campestre, área que conjuga solos mais pobres, menos cultivados, em relevos menos propícios e derivados de filitos mais impermeáveis, houve um acréscimo na densidade de floresta ciliar e um forte aumento, superior a 100%, no comprimento médio de fragmentos florestais ciliares.

Este acréscimo seria compatível com um cenário de abandono do cultivo de muitos setores, sobre solos que oferecem menores rendimentos, sem substituição de uso pastorel. Assim, a reconstituição espontânea da cobertura vegetal pôde se processar mais facilmente, sendo ainda mais intensa quando na presença de “bancos” ou reservas de sementes e onde os primeiros estágios de recuperação fiquem protegidos de fogos rasteiros, justamente duas condições presentes no ambiente da floresta ciliar ao longo dos rios.

Assim, observou - se que as duas sub - bacias, tanto a do Bacaetava quanto a do Capivari, estão igualmente desflorestadas no que se refere à floresta ciliar, e, no conjunto, pode - se concluir que para a bacia do Alto Capivari, o desflorestamento é bastante expressivo. Entretanto este desflorestamento vem de longa data, pois Klein & Hatschback (1962), desde 1952 constataram que a estrutura da vegetação já se encontrava bastante alterada.

Entretanto, analisando a densidade de floresta ciliar em 1996, comparado a 1980, para toda a bacia, verifica - se que houve uma expansão desta tipologia florestal. A porcentagem de alteração na densidade de floresta ciliar foi substancial para a sub - bacia do Capivari (19,3%), e praticamente nula para a sub - bacia do Bacaetava. Entretanto, analisando os dados médios das duas bacias, verifica - se que a expansão foi maior que 10% neste intervalo de tempo de 16 anos, ou seja, de 1980 a 1996, e que esforços maiores deverão ser tomados na recomposição das florestas ciliares na bacia do Bacaetava.

Quanto ao comprimento médio dos fragmentos florestais ciliares, verifica - se que eles aumentaram, em média, para as duas bacias, em aproximadamente 30%, revelando que em vários locais, as áreas pertinentes à floresta ciliar foram deixadas para expansão desta tipologia. Apesar de surpreendente, a expansão das florestas ciliares já foi verificada para a região metropolitana. Jacobs (2002) observou a expansão desta tipologia florestal na bacia do Alto Iguaçu

de 10,78%, em 1984, para 17,18%, em 1999, ou seja, um aumento percentual 6,4% em 15 anos.

Possivelmente, esses acréscimos observados se devam à ação de órgãos públicos, tais como antigo Instituto de Terras, Cartografia e Florestas do Estado do Paraná - ITC, Instituto Ambiental do Paraná-IAP, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER e mesmo da Polícia Florestal, pelo trabalho de fiscalização e conscientização dos proprietários rurais, quanto à necessidade de preservação desta tipologia florestal. Entrevistas realizadas com alguns moradores ribeirinhos vieram reforçar esta hipótese.

Uma observação a ser feita é que, no método de avaliação utilizado, todas as formações arbóreas ao lado dos rios e canais de drenagem foram consideradas como sendo floresta ciliar, o que inclui os reflorestamentos de bracinga, cujo corte para lenha se dá em média a cada 7 anos.

Assim, o que pode parecer uma derrubada de floresta ciliar pode - se tratar de um corte de reflorestamento. Esse problema, no entanto, deve ter uma importância relativamente limitada em termos de proteção aos recursos hídricos pois a densidade de biomassa de bracingais e florestas ciliares de porte equivalente deve ser bastante similar, bem como sua proteção ao solo tanto em relação a chuva incidente, quanto ao escoamento superficial. Além disso, o sistema radicial da bracinga parece oferecer razoável proteção de diques marginais e demais margens de rio em face da erosão fluvial.

CONCLUSÃO

A densidade média de floresta ciliar estimada para a bacia do Alto Capivari foi de 0,29, quando o ideal seria de 1. Entretanto, de 1980 para 1996 houve um acréscimo na densidade média das florestas ciliares, em torno de 10% e no comprimento médio de fragmentos florestais ciliares em 30%. Esses dados confirmam as observações sobre a expansão das florestas ciliares para a região metropolitana.

A divisão da bacia em sub - bacias possibilitou uma avaliação mais detalhada da área, facilitando comparações entre as mesmas.

A utilização de fotografias aéreas em formato digital constitui um importante recurso para trabalhar com fotografias aéreas de escala reduzida.

A associação entre estes índices referentes às florestas ciliares e os morfométricos, tais como densidade de drenagem e escoamento médio superficial, exemplo do trabalho de Fritzsos (2003), e mesmo com o uso e ocupação das terras, poderia fornecer elementos importantes na elaboração de uma concepção da proteção dos recursos hídricos nas bacias, bem como focalizar bacias mais sujeitas à degradação, onde as águas dos rios estariam vulneráveis.

REFERÊNCIAS

Fagundes e Gastal Junior. Diagnóstico ambiental e delimitação de Áreas de Preservação Permanente em um assentamento rural. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 181 - 190, abr./jun. 2008.

- Forman, T.T. R. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Great Britain: Cambridge University Press, 1995.
- Forman, T.T.R.; Godron, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- Fritzsons, E. **Avaliação temporal da qualidade de água como diagnóstico do uso e ocupação das terras na bacia do Alto Capivari, região cárstica curitibana-Pr.** 2003. 190 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.
- Fritzsons, Elenice; Mantovani, Luiz Eduardo; Rizzi, Nivaldo Eduardo. Aplicação de índices de paisagem às florestas ciliares na bacia do Alto Capivari - Região Cárstica Curitibana. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 3 - 11, 2004.
- Jacobs, A. G. **Dinâmica de uso e ocupação dos mananciais na região metropolitana de Curitiba-Pr.** 2002. 259 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.
- Klein, R.; Hatschback, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica de parte dos Municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo (Pr). **Boletim da UFPR**. Instituto de Geologia, Curitiba, n. 3, 93 p., 1962.
- Lima, W de P. Função hidrológica da mata ciliar in: Barbosa, Luiz Mauro (coord.). In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR. Campinas. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 25 - 42.
- Maack, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2ed. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981.
- Malanson, G. **Riparian landscapes**. New York: Cambridge University Press 1993.
- Mattos, C. DE O. **Contribuição ao planejamento e gestão da Área de Proteção Ambiental de Souza e Joaquim Egídio, Campinas, SP**. 1996. Dissertação (Mestrado)-Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- Metzger, J. P. **Structure du paysage et diversité des peuplements ligneux fragmentes du rio Jacaré - Pepira (Sud - Est du Brésil)**. 1995. 273p. Tese (Doutorado em Ecologia de Paisagem) - Université Paul Sabatier. Toulouse (FRA), 1995.
- Mueller, C. C. Gestão das matas ciliares. In: Lopes, I. V.; Bastos Filho, G. S. ; BILLER, D.; BALE; M. **Gestão Ambiental no Brasil, experiência e sucesso**. 3ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 2000. pp. 185 - 214.
- Nagasaka, A Nakamura, F. The influences of land - use changes on hydrology and riparian environment in a northern Japanese landscape. **Landscape Ecology**, v.14. p. 543 - 556. 1999.
- Odum, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara S. A. 1983.
- Valente, O F.; Castro, P. S. A bacia hidrográfica e a produção de água. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 100, p. 53 - 56, 1983. Manejo de bacias hidrográficas.