

FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DE IRATI

Forest Fragmentation on the National Forest of Irati Bufferzone – Brazil

Etienne Winagraski, Karina Henkel Proceke de Deus, Vânia Rossetto Marcelino e Paulo Costa de Oliveira Filho

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brasil

Resumo

A Floresta Nacional de Irati é a área protegida com a maior superfície de Floresta Ombrófila Mista (1.585,45 ha) no estado do Paraná. Se somadas às outras formas de vegetação nativa associadas a este ecossistema, como várzeas e capoeiras, é a maior área protegida no Brasil (2.215,25 ha). O objetivo do presente estudo foi realizar a análise espacial da fragmentação florestal em um raio de 7 km dessa Unidade de Conservação, em uma abordagem da ecologia de paisagem, através da análise de imagem do satélite SPOT do ano de 2006, com resolução de 5 m. A análise possibilitou a identificação de 47 fragmentos florestais, 67 corredores ecológicos e 189 trampolins ecológicos. De acordo com as métricas de paisagem calculadas (utilizando os softwares Spring e Excel), a área estudada apresentou fragmentação menor do que o padrão de fragmentação da Floresta Ombrófila Mista do Sul e Sudeste do País.

Palavras-chave: *Ecologia da paisagem. Floresta Ombrófila Mista. Sensoriamento remoto*

Abstract

The National Forest of Irati is the Protected Area with the bigger surface of Ombrophyllous Mixed Forest (1.585,45 ha) in state of Paraná. If added to other forms of native vegetation associated with this ecosystem, as wetlands and brushwoods, is the largest protected area in Brazil (2.215,25 ha). The objective was the spatialization of the bufferzone (7 km) around Irati National Forest, in an approach to landscape ecology, through the analysis of the 2006 SPOT satellite image, 5 m resolution. In obtaining the metrics we used softwares Spring and Excel. The analysis result the identification of 47 forest fragments, 67 forest corridors and 189 stepping-stones. After the landscape indices calculated, we concluded that the area studied is less fragmented than the Araucaria Forest fragmentation pattern in South and Southeast of the country.

Keywords: *Landscape ecology. Ombrophyllous Mixed Forest. Remote sensing*

1 Introdução

Florestas nativas são continuamente transformadas em mosaicos compostos por manchas do habitat original circundadas por áreas antropizadas (ROCHA et al., 2006; TABARELLI et al., 2012). A redução da biodiversidade como consequência da fragmentação (DE COSTER et al., 2015) ocorre por dois processos: em curto prazo, a perda de espécies é imediata após o evento, como o desmatamento; o outro, em médio e longo prazo, através do isolamento (PAGLIA et al., 2006). Ocorre então um aumento na proporção de áreas de borda; a área central de um fragmento, aquela não afetada pelo efeito de borda, pode ser a única adequada para certas espécies (*op. cit.*). Assim, paisagens muito fragmentadas e com florestas em fases iniciais de regeneração não são capazes de satisfazer toda a demanda humana por serviços ecossistêmicos (FERRAZ et al., 2014; DE COSTER et al., 2015).

As áreas de Floresta Ombrófila Mista (FOM) no Paraná encontram-se em situação crítica de conservação: os remanescentes de forma geral se apresentam bastante fragmentados; as florestas primárias provavelmente não existem mais, o que seria o máximo de biodiversidade foi perdido; restaram 0,8% de florestas em estágio avançado de sucessão (CASTELLA; BRITZ, 2004). Uma das regiões que concentram a maior quantidade de florestas contínuas é a centro-sul (*op. cit.*), onde se desenvolveu o atual estudo.

A Floresta Nacional (FLONA) de Irati contém a maior área (1.585,45 ha) de FOM legalmente protegida no Paraná (MAZZA, 2006), e é a segunda maior área protegida deste ecossistema no Brasil (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2013). Somada às outras formas de vegetação nativa associadas a este ecossistema, como várzeas e capoeiras, chega-se a 2.215,25 ha na FLONA de Irati, a maior área contínua contendo FOM protegida no Brasil. Pode-se considerar a FLONA como parte de um mosaico de UCs, pois ao sul há duas unidades contínuas a ela, a Estação Ecológica de Fernandes Pinheiro e a Floresta Municipal de Irati; e ao norte estende-se, em direção à região de Ponta Grossa, outras três unidades contínuas: a Reserva Biológica das Araucárias, o Parque Nacional dos Campos Gerais e o Refúgio de Vida Silvestre do Rio Tibagi.

Medidas sugeridas por Zaú (1998) para a manutenção das condições ecológicas da paisagem são o manejo preservacionista correto dos fragmentos, bem como de seus contornos, e a manutenção/criação de corredores ecológicos para ampliação do fluxo gênico. Segundo o autor, é fundamental o incentivo a projetos que visem avaliar, urgentemente, parâmetros ecológicos necessários à condução de formas mais racionais de uso do solo e ao almejado desenvolvimento sustentável.

Um dos caminhos para a realização de estudos visando embasar a conservação biológica é a ecologia de paisagens, ciência que permite a integração da heterogeneidade espacial e do conceito de escala na análise ecológica, tornando trabalhos ainda mais aplicados para a resolução de problemas ambientais (METZGER, 2001).

A importância dos Sistemas de Georreferenciamento em conservação provém da necessidade de entendermos como a localização no espaço dos diferentes elementos (manchas de habitat e não-habitat) que compõem o ambiente e suas interações, interferem na riqueza e diversidade da fauna e da flora (UEZU, 2006). A distribuição das manchas de habitat na matriz, seus tamanhos, formas e graus de isolamento determinam a riqueza de espécies que as mesmas possam manter. Além do isolamento dos fragmentos, determinando o quanto possam estar conectados, também a permeabilidade da matriz (dependendo dos elementos que a constitui, na forma de diferentes usos do solo) determina a intensidade do fluxo gênico das espécies especialistas florestais.

Banks-Leite et al. (2011), após estudos com elementos da paisagem e suas relações, utilizando técnicas de geoprocessamento para cálculo das métricas de paisagem, sugerem que cientistas e técnicos estabeleçam com mais rapidez e menor custo quais são as áreas em uma paisagem que possuem alto valor de conservação e devem ser preservadas, e aquelas que necessitam incrementar seu valor através da restauração e manejo visando aumentar a conectividade e reduzir os efeitos de borda.

Levando em conta o contexto acima, o presente trabalho tem como objetivos: analisar espacialmente a fragmentação florestal do entorno da Floresta Nacional de Irati, gerando mapas com a paisagem analisada e classificando seus elementos; descrever o estado de conservação da área estudada, com base em métricas de paisagem que indiquem a proporção de habitats sofrendo efeitos de borda e os graus de isolamento e conectividade dos fragmentos florestais.

2 Material e método

2.1. Área de estudo

A microrregião colonial de Irati, localizada no centro-sul do Estado do Paraná, abriga a FLONA de Irati (Figura 1), uma UC de Uso Sustentável com fragmentos da FOM em estágio avançado de sucessão (MAZZA et al., 2004).

A FLONA (25°21'S, 50°35'O, 3.495 ha) está localizada a 5 km da cidade de Irati, inserida nos municípios de Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro; o clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb-temperado (MAZZA et al., 2005).

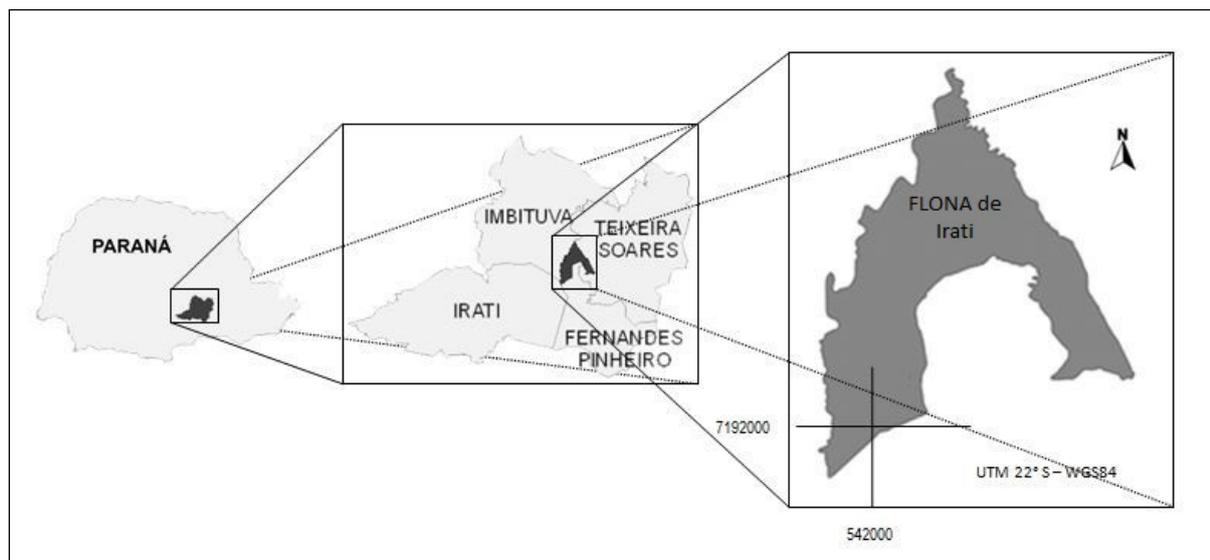


Figura 1 – Localização da Floresta Nacional de Irati. Organizado pelos autores.

2.2. Análise de dados

O estudo foi realizado a partir de imagem do satélite francês Satellite Pour l'Observation de La Terre (SPOT), uma ortomagem orbital fusionada, tomada a uma altitude de 882 km, com resolução espacial de 5 metros, obtida no ano de 2006 e cedida pelo Serviço Autônomo Paraná Cidade.

De acordo com a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000, Zona de Amortecimento (Zona Tampão ou *Bufferzone*) é definida como “o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”. Estas áreas normalmente são definidas através de um *bufferzone* de 10 km, mas devido à grande proximidade da FLONA de Irati com áreas urbanas, ela foi proposta neste trabalho com um raio de 7 km, baseando-se na proposta de Gracia-Neto (2010).

A imagem foi classificada por meio de interpretação visual e vetorizada nas seguintes unidades ou elementos de paisagem: fragmentos florestais, corredores ecológicos, trampolins ecológicos (pontos de ligação), reflorestamentos homogêneos, áreas urbanizadas e áreas com agropecuária (ou com solo exposto). As áreas nativas foram definidas por um tamanho mínimo para fragmentos (maiores que 5 ha, baseado em Kurasz et al., 2008) e trampolins ecológicos (menores que 5 ha) e pelo formato alongado para corredores ecológicos. Convencionou-se utilizar as denominações “corredor ecológico” (*corridor*) e “trampolim ecológico” (*stepping-stone*) para melhor entendimento quanto à possível função ecológica desses elementos da paisagem; tais podem ser considerados elementos de conectividade estrutural da paisagem, mas seriam necessários estudos que provassem sua conectividade funcional, ou seja, a passagem de fauna pelos mesmos para fragmentos maiores e/ou adequados à persistência das populações.

Foram também identificadas áreas de reflorestamento homogêneo (definidos a partir da textura) e áreas urbanas (definidos a partir da coloração e textura). Demais áreas foram consideradas áreas com agropecuária e/ou solo exposto. A indicação de áreas mais antropizadas (com agropecuária, reflorestamentos homogêneos e urbanizadas) serviu de base para discussões quanto à importância da vizinhança na conservação dos fragmentos.

A imagem do satélite SPOT (de 2006) foi comparada a outras da Internet, pelo programa Google Earth (de 2009) resolução de 1,65m/pixel, a fim de obter atualizações.

A elaboração dos mapas temáticos e a análise da paisagem, com o processamento das métricas de paisagem, foi realizada no *software* Spring v.5.1.2. e na planilha de cálculos do Excel (pacote Microsoft Office 2007).

Metzger (2006) conceituou alguns dos índices de estrutura da paisagem (também chamados de parâmetros ou métricas de paisagem). Seguem abaixo os conceitos que, inicialmente formulados para classificações digitais, foram adaptados ao atual estudo, para a classificação visual e vetorizada de todos os parâmetros de disposição de habitats:

Isolamento ao fragmento mais próximo (ISPF): representa a distância mais curta do fragmento estudado ao seu vizinho mais próximo.

Isolamento ao fragmento-fonte mais próximo (ISGF): a distância de um fragmento estudado ao fragmento-fonte mais próximo. O fragmento-fonte considerado é a FLONA de Irati somada às demais manchas de habitat contínuas a ela (Figura 2).

Isolamento médio a todos os fragmentos do entorno (ISTf): reflete o isolamento médio dos fragmentos em função da proximidade da área fonte.

Densidade de estruturas de conexão (CON): reflete a proporção de áreas de conexão, e é dado pela seguinte fórmula: $CON = CO/A$. Onde, CON: área dos corredores somada à dos trampolins ecológicos; A: área da paisagem.

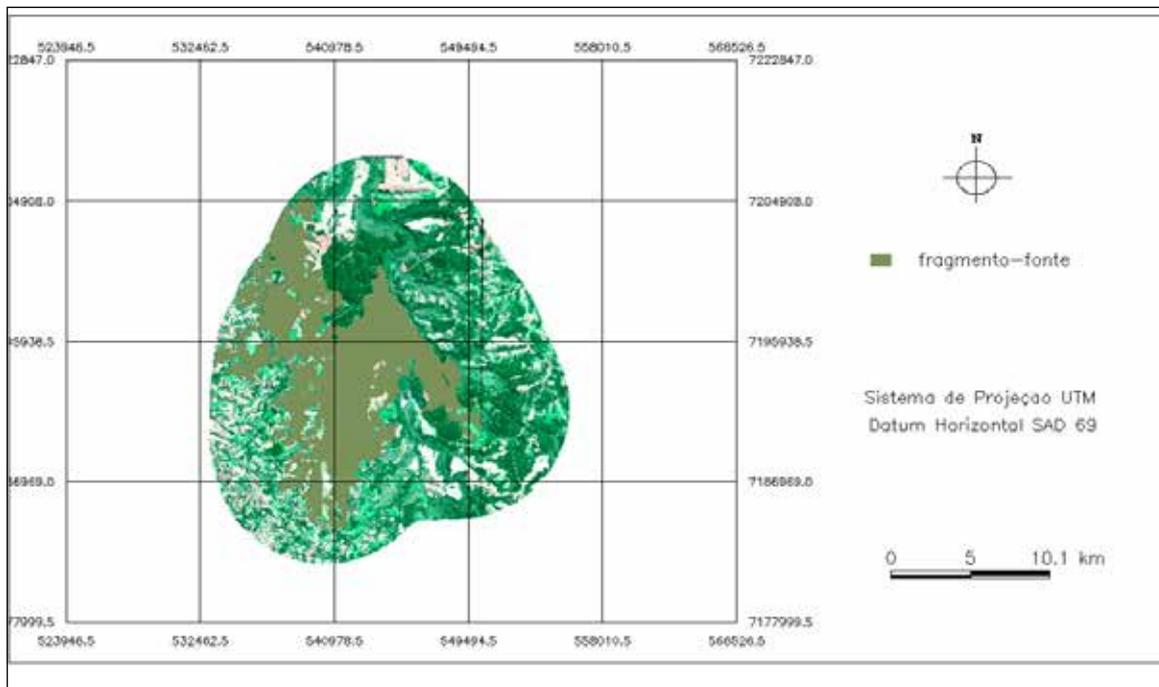


Figura 2 – Zona de Amortecimento proposta com o fragmento-fonte (FLONA de Irati e manchas de habitat contínuas a ela, todos em cinza). A zona foi gerada com a ferramenta Buffer do programa Spring estabelecendo raios de 7 km a partir da FLONA.

Utilizou-se também a métrica proposta por Viana e Pinheiro (1998): proporção de borda ou fator de forma. É um índice da forma dos fragmentos e reflete a proporção do perímetro de um fragmento, corredor ecológico ou trampolim ecológico em relação à sua respectiva área (KURASZ et al., 2008). É dado pela Equação 1.

$$FF = \sqrt{\frac{Af}{Ac}}$$

(1)

Onde:

Af: Área da mancha da unidade estudada.

Ac: Área de uma circunferência com mesmo perímetro da mancha.

Kurasz et al. (2008) utilizaram outras métricas, replicadas agora no atual estudo:

Porcentagem da paisagem coberta por fragmentos, corredores e trampolins ecológicos: é o percentual de cobertura por vegetação nativa encontrada na paisagem;

Densidade de fragmentos: é o número médio de fragmentos por unidade de área.

Área média em hectares dos fragmentos, corredores e trampolins ecológicos.

Desvio Padrão: reflete a variação absoluta. Dependerá do tamanho da área e expressará, em média, a variação dos valores observados em relação à sua média.

Área interior ou núcleo total de fragmentos, trampolins e corredores ecológicos: é a área do fragmento e dos corredores ecológicos descontando a borda (neste caso estabelecida em 50 m, baseado nos trabalhos de Kurasz et al., 2008 e Borges et al., 2004).

Porcentagem da paisagem coberta pela área interior nuclear dos fragmentos: é a área interna do fragmento após eliminada a borda, em relação à área total de paisagem.

Número de fragmentos, trampolins e corredores ecológicos com área interior: são aqueles que, descontando a borda (50 m), ainda possuem área nuclear.

Densidade dos fragmentos e corredores considerando sua área interior: é o número médio de fragmentos e corredores por unidade de área (hectare), após retirada a borda.

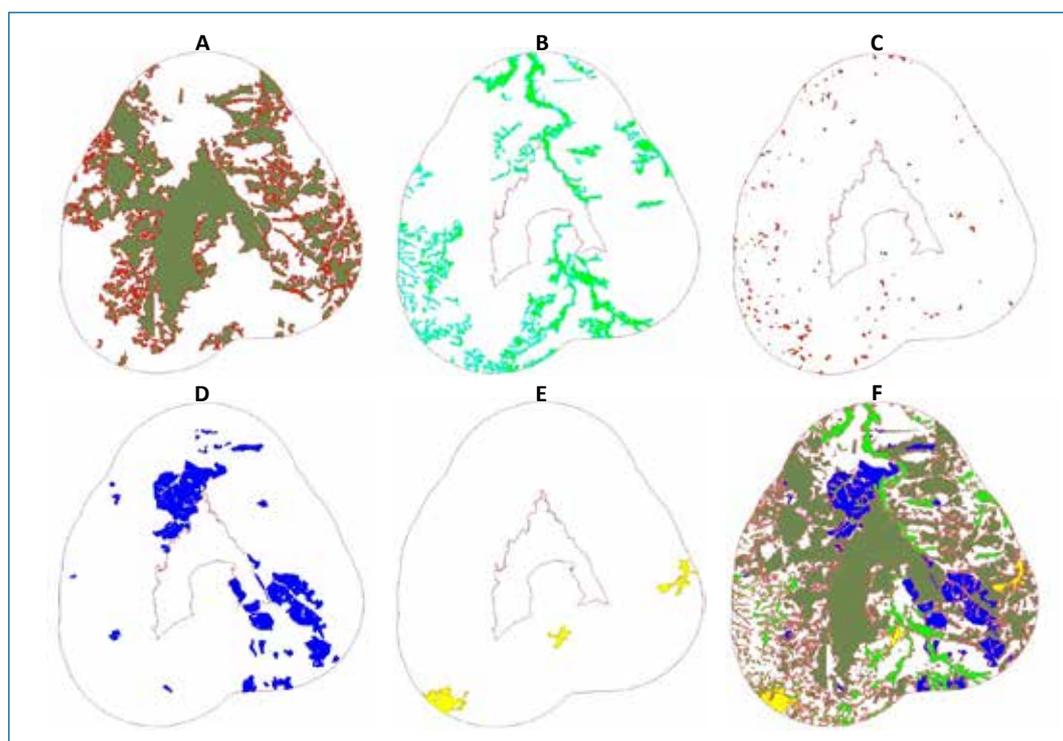
Além desses, foram calculados também: perímetro e área totais e por categoria dos fragmentos, corredores, trampolins, áreas urbanas e reflorestamentos.

3 Resultados e discussão

A área total coberta por floresta nativa (fragmentos florestais, corredores ou trampolins ecológicos) foi de 47,71% da imagem, podendo-se visualizar esses elementos nas representações temáticas da Figura 3. O restante foi representado por áreas de reflorestamentos, áreas urbanas e atividade agropecuária (incluindo solo exposto), sendo o último item mais representativo, com 43,47 % da área, em branco na Figura 3.

Foram identificados (ver Tabela 1): 47 fragmentos florestais (16.625,59 ha, 37,87% da área total); 67 corredores florestais (4.062,11 ha, 9,25% da área total); 189 trampolins (258,56 ha, 0,59% da área total); 50 unidades de reflorestamentos (3.305,94 ha, 7,53% da área total) e três unidades de áreas urbanas (564,62 ha, 1,29% da área total). O restante, 19.079,84 ha (43,47% da área total), foi representado por atividades agropecuárias.

A área total contabilizada possui 43.896,66 ha. Ao calcular o desvio padrão (Tabela 1) a fim de caracterizar a dispersão dos dados entre as unidades estudadas foram obtidos 1.561,87 ha, 157,19 ha, 1,35 ha, 141,14 ha e 107,51 ha para fragmentos, corredores, trampolins, reflorestamentos e áreas urbanas respectivamente. O desvio padrão das classes estudadas é elevado, com exceção dos trampolins. Esta diferença encontrada no desvio padrão das unidades estudadas é devido à existência de determinadas unidades com manchas em diversos tamanhos. Sendo assim, os diversos fragmentos, corredores, áreas urbanas e reflorestamentos homogêneos possuem áreas amorfas (grandes e pequenas), com suas respectivas distribuições ao longo da área de estudos bastante variável, enquanto que trampolins ecológicos, apesar de também possuírem distribuição heterogênea ao longo da área de estudos, possuem tamanhos pequenos e parecidos, menores que 5 ha.



Legenda:

■ Fragmentos Florestais	■ Corredores Ecológicos	■ Trampolins Ecológicos
■ Reflorestamentos	■ Áreas urbanas	

Figura 3 – A: Zona de Amortecimento proposta com os fragmentos florestais. B: corredores ecológicos. C: trampolins ecológicos. D: reflorestamentos. E: áreas urbanas. F: todas as unidades (em branco: áreas com atividades agropecuárias).

Dalla-Nora e Santos (2011), em estudo semelhante, analisando a dinâmica ambiental da zona de amortecimento de duas UCs do estado de São Paulo, utilizaram imagens satelitárias com resolução espacial de 30 m, seis vezes menor que a resolução usada no atual trabalho, dificultando a detecção e a medição do perímetro de fragmentos muito pequenos (menores do que 1 ha). Neste caso, a área pode parecer mais fragmentada se forem considerados apenas fragmentos maiores. No atual estudo, optou-se por detectar também os possíveis trampolins ecológicos, o que daria uma noção mais exata do grau de fragmentação e conectividade da paisagem. Ainda assim, fica claro que a região do interior de São Paulo, analisada pelos autores acima, é mais fragmentada que a região de Irati.

Tabela 1 – Métricas das unidades de paisagem para o entorno da FLONA de Irati, Brasil

Métricas	Fragmento-Fonte	Fragmentos	Corredores	Trampolins	Reflorestamentos	Área Urbana	Agropecuária	Total
Quantidade	1	46	67	189	50	3	-	356
Perímetro total (m)	503.302,12	588.669,55	809.826,40	103733,48	264.268,05	53.020,93	-	2.322.860,52
Área total (ha)	10.722,82	5.902,77	4.062,11	258,56	3.305,94	564,62	19.079,84	43.896,66
Área total (%)	24,43	13,45	9,25	0,59	7,53	1,29	43,47	100
Área média (ha)	-	125,59	60,63	1,37	66,12	188,21	-	-
Desvio Padrão (ha)	-	1.561,87	157,19	1,35	141,14	107,51	-	-
Fator de Forma médio	0,073	0,4446	0,2961	0,7327	-	-	-	-
Densidade (ha)	0,0002	0,00105	0,00153	0,00431	0,00114	0,00007	-	-
Densidade (por 100 ha)	0,002	0,11	0,15	0,43	0,11	0,01	-	-

A densidade calculada para fragmentos, corredores, trampolins, reflorestamentos e áreas urbanas, expressa o número médio de elementos por unidade de área (BORGES et al., 2004). Assim, a unidade de paisagem que apresentou maior densidade na área de estudo foram os trampolins (ver Tabela 2), com densidade de 0,43/100 ha, seguido por corredores florestais (0,15/100 ha). Fragmentos florestais e reflorestamentos apresentaram densidades iguais (0,11/100 ha). A menor densidade encontrada foi de áreas urbanas, com 0,01/100 ha.

Ao dividir a imagem em áreas nativas e áreas antropizadas, a densidade do primeiro grupo é de 0,69/100 ha, enquanto que a densidade de áreas antropizadas é menor, 0,12/100 ha, representando um bom índice na quantidade de espaços com vegetação nativa.

Mazza (2006) estudou a microrregião colonial de Irati com imagens de satélite Landsat (de 1999) e Ikonos (de 2004), utilizando-se de uma área maior (310.307,97 ha); dividiu o uso do solo em sete classes: capoeira (41,9% da área total), floresta nativa (31,9%), várzea (9%), agricultura (8,4%), reflorestamento (2,1%), reflorestamento jovem (3,5%) e solo exposto (3,3%). Assim, identificou 5,6% de áreas de reflorestamentos, 82,8% de vegetação nativa; e 17,2% de áreas antropizadas; é muito provável que boa parte das capoeiras e matas nativas estejam sendo usadas para pastoreio (potreiros). No atual trabalho, 47,71% da área é ocupada por vegetação nativa (em variados estados de conservação, inclusive potreiros), ainda bem acima do percentual médio (20%) encontrado em municípios do Paraná que compõem a área de abrangência da FOM (PROJETO NACIONAL DE AÇÕES INTEGRADAS PÚBLICO-PRIVADAS PARA BIODIVERSIDADE, 2001).

Tabela 2 – Métricas de paisagem calculadas para o entorno da FLONA de Irati

Métricas/Índices	Resultado
Porcentagem da área coberta pelo fragmento-fonte	24,55%
Isolamento do fragmento-fonte ao fragmento mais próximo (ISGf) (km)	0,015
Isolamento do fragmento-fonte ao corredor mais próximo (ISGc) (km)	0,009
Isolamento do fragmento-fonte ao trampolim mais próximo (ISGt) (km)	0,011
Isolamento médio entre fragmentos mais próximos (km)	0,318
Isolamento médio entre corredores mais próximos (km)	0,205
Isolamento médio entre trampolins mais próximos (km)	0,325
Densidade de estruturas de conexão (CON) (ha)	0,094

Continuação...

Tabela 2 - Continuação

Métricas/Índices	Resultado
Densidade de área nativa/ha	0,007
Densidade de área nativa /100 ha	0,694
Densidade de área antropizada (reflorestamento, área urbana, outros)/ha	0,001
Densidade de área antropizada (reflorestamento, área urbana, outros) /100 ha	0,121

Trampolins (0,59% da área) juntamente com corredores (9,84% da área de estudos) em tese permitem que haja fluxo gênico entre os fragmentos, fornecendo maior porosidade para a matriz (OLIVEIRA et al., 1998). Apesar de facilitarem o fluxo gênico, não têm a mesma qualidade ambiental que fragmentos maiores (DALAZOANA, 2010). Pequenos fragmentos (trampolins) correm o risco de não se manterem na área devido à alta intensidade de interferências a que estarão sujeitos devido ao efeito de borda (BORGES et al., 2004). O menor fragmento encontrado possui 5,17 ha, o menor corredor possui 0,77 ha e o menor trampolim possui 0,026 ha; nesta última categoria nenhuma das manchas apresentou área nuclear; entre os corredores também é muito comum a inexistência de núcleo.

Almeida et al. (2011) realizaram ampla revisão bibliográfica sobre os efeitos da fragmentação florestal na diversidade biológica e possíveis estratégias para diminuir o problema. Discutiram a importância de se manter UCs e fragmentos menores em Zonas de Amortecimento devido às vantagens de cada um: um fragmento grande preserva maior número de espécies típicas de interior florestal; vários fragmentos pequenos oferecem maior probabilidade de permanência de espécies florestais após um evento catastrófico.

Já Cândido-Jr. (1993), discutindo a controvérsia quanto à melhor estratégia para definição de reservas, explica que dependendo do táxon considerado, vários fragmentos pequenos que resultem em maior heterogeneidade ambiental podem conter mais espécies que um grande. Este autor, Prist et al. (2012) e De Coster et al. (2015) enfatizam, no entanto, que as espécies especialistas florestais podem permanecer apenas em áreas nucleares, cujos tamanhos muito provavelmente só serão adequados em grandes fragmentos. Em pesquisas na Mata Atlântica com anfíbios (ALMEIDA-GOMES et al., 2016), radio-telemetria (HANSBAUER et al., 2010) e captura de aves (DE COSTER et al., 2015), foi comprovado que certas espécies são restritas a fragmentos, sendo incapazes de atravessar a matriz agrícola. Para certos anfíbios e aves típicas de sub-bosque e estritamente florestais, é recomendado que sejam protegidas grandes manchas, ao invés de muitos pequenos e médios fragmentos isolados ou mesmo conectados por trampolins ou corredores estreitos (HANSBAUER et al., 2008; DE COSTER et al., 2015; ALMEIDA-GOMES et al., 2016). Seja como for, o entorno da FLONA de Irati está fragmentado, com manchas de hábitat de diversos tamanhos, e a manutenção destes torna-se importante para táxons dependentes de florestas e que exercem funções ecossistêmicas importantes.

Em estudos sobre o efeito da fragmentação na extinção das espécies (METZGER, 1999) e nas funções ecossistêmicas (JESUS et al., 2012), o grau de isolamento e o tamanho dos fragmentos são os índices espaciais mais importantes. No atual estudo, o isolamento médio do fragmento-fonte em relação aos demais fragmentos foi de 2,09 km, enquanto que a distância mais próxima de um fragmento até o fragmento-fonte foi de cerca de 15 m. Já a menor distância encontrada entre dois fragmentos florestais foi de cerca de 9 m. Pode-se considerar que a distância média entre as manchas de hábitat é bastante pequena, provavelmente permitindo que a maioria dos vertebrados atravesse a matriz.

Kurasz et al. (2008) consideraram uma borda de 50 m para estudos em fragmentos florestais, corredores e trampolins ecológicos em FOM na Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador (SC). Ao adotar este mesmo valor de 50 m de borda no trabalho atual, todos os trampolins deixam de ter núcleo (Tabela 3). O efeito de borda poderia resultar numa paisagem com 43 fragmentos e 9 corredores com área nuclear, o que representa um alto índice de corredores com alguma área nuclear, já que corredores são por definição alongados e, em geral, são raros os que possuem áreas nucleares.

Tabela 3 – Dados sobre borda e área nuclear no entorno da FLONA de Irati

Dados	Fragmentos	Corredores	Trampolins	Total
Área nuclear total sem borda (ha)	11172,14	777,29	0	11949,43
Área nuclear média sem a borda (ha)	237,71	11,60	0	-
Área perdida após a retirada de borda (%)	32,8015421	80,86	100	-
Número de fragmentos com núcleo	43	9	0	52
Densidade considerando a área nuclear/ha	0,00098459	0,0002061	0	-
Densidade considerando a área nuclear/100 ha	0,098	0,021	0	-

A área total das unidades fragmento e fragmento-fonte é de 16.625,59 ha, e, ao considerar uma borda de 50 m, esta área estará sujeita a uma perda de 5.453,45 ha, ou seja, 32% da área. No caso dos corredores ecológicos, restariam apenas 777,28 ha distribuídos em nove unidades com núcleo, perdendo 80,86% da área. Esse resultado indica a necessidade de ações de manejo de manchas muito alongadas para mantê-las ao longo do tempo. É recomendável o enriquecimento florístico e o controle de lianas.

A interligação mais abrangente entre fragmentos florestais através de corredores e trampolins ecológicos é viável, já que a distância média entre fragmentos, corredores e trampolins ecológicos é pequena (318 m, 205 m e 325 m respectivamente).

Jesus et al. (2012), estudando chuva de sementes no Bioma Mata Atlântica, verificaram que em fragmentos pequenos e isolados predomina a chegada de sementes de espécies pioneiras, anemocóricas e epífitas; já em fragmentos maiores e mais agregados, há maior quantidade de sementes de espécies secundárias tardias, climácicas e zoocóricas. Tais resultados demonstram como a fragmentação pode ser deletéria para animais dispersores de propágulos.

De acordo com Viana e Pinheiro (1998), a vizinhança é um dos principais causadores do efeito de borda; fragmentos florestais circundados por pastagens ou culturas anuais têm efeito de borda mais intensificado em comparação aos circundados por florestas homogêneas; além disso, ocorre a diminuição do risco de incêndios, já que proprietários de reflorestamentos costumam adotar práticas de prevenção e combate a incêndios.

Parte dos reflorestamentos (representados por 7,53% da vegetação) são adjacentes a fragmentos e corredores. Kurasz et al. (2008) relatam que as plantações florestais que confrontam com fragmentos promovem a diminuição do fluxo de pessoas, incluindo de caçadores, já que reflorestamentos homogêneos servem como barreiras e obstáculos no acesso à mata nativa. É necessário o monitoramento e controle para que espécies exóticas do reflorestamento (como *Pinus* spp.) não invadam áreas de floresta nativa.

Também foram identificadas no entorno da FLONA áreas de solo exposto e de atividades agropecuárias (19.079,84 ha). As lavouras podem aumentar a presença antrópica em um fragmento, pois facilitam o acesso ao fragmento pela população que busca a caça e o extrativismo, além do aumento de trilhas decorrentes da presença humana e de animais domésticos e da deposição irregular de lixo (OLIVEIRA et al., 1998). Fragmentos que possuem como vizinhança atividades pecuaristas, sem cercas para contenção dos animais, ficam submetidos à perda de processos sucessionais e da regeneração da vegetação devido ao pastoreio, ao pisoteio e à quebra de mudas da regeneração (*op. cit.*).

Segundo Herrmann et al. (2005), o formato e o tamanho do fragmento influenciam em diversos processos ecológicos, como imigração da fauna, colonização da flora, além da dinâmica de certos animais. Para Viana e Pinheiro (1998), fragmentos com fator de forma maiores que 0,8 são considerados arredondados; com fator de forma entre 0,8 e 0,6 são considerados alongados ou irregulares; e os que apresentam fator menor que 0,6 são considerados muito alongados ou muito irregulares. No atual estudo, os trampolins apresentaram em média fator de 0,7327, sendo considerados, portanto, irregulares. Já os fragmentos e corredores foram considerados muito irregulares e muito alongados, com médias de 0,4446 e 0,2961 respectivamente. Isto representa a existência de uma elevada área exposta a perturbações externas, favorecendo o desenvolvimento de espécies de borda em detrimento das espécies tipicamente nucleares, causando mudanças estruturais e biológicas no tipo original de floresta (METZGER, 1999).

Assim como ocorreu na Zona de Amortecimento proposta para a FLONA de Irati, Kurasz et al. (2008) ao caracterizarem o entorno de 2 km da Reserva Florestal Embrapa/Epagri, observaram que menos de 50% representavam áreas de vegetação nativa; para tanto delimitaram como tamanho mínimo de fragmento 5 ha, e forma alongada para os corredores. Esses autores encontraram 15,56% dos fragmentos com forma alongada e 84,44% com forma bastante irregular, sendo ambas as formas mais sujeitas ao efeito de borda negativo, enquanto que no entorno da Floresta Nacional de Irati foi possível a classificação de 74,47 % dos fragmentos florestais como muito alongados ou muito irregulares, 21,28 % deles como alongados e somente 4,26 % de forma regular.

Com o atual estudo também foi possível identificar 98,51 % dos corredores sendo muito alongados e 1,49 % considerados alongados, o que mostra a necessidade de se buscar alternativas no manejo para o aumento desses corredores, como manter o mínimo de 30 m a 50 m para cada lado nos corpos d'água. Diferentemente dos corredores, os trampolins, apesar da pequena área, mostraram-se com melhores valores de fator de forma: 22,75 % são muito alongados, 38,62 % são alongados e 38,63 % são arredondados.

Viana e Pinheiro (1998) identificaram e classificaram fragmentos florestais na região de Piracicaba em 1989. Foi mostrada grande diferença de forma entre os fragmentos, sendo 13,1% arredondados (menos sujeitos ao efeito de borda), 51,9% alongados e 35 % muito alongados (mais sujeitos ao efeito de borda).

A conectividade pode ser entendida como a capacidade da paisagem de facilitar os fluxos biológicos, dependendo assim: da densidade de estruturas de conexão (como corredores e trampolins), da proximidade ou percolação das áreas de habitat e da permeabilidade da matriz (METZGER, 2006). Para Paese e Santos (2004), a conectividade média de todos os aglomerados na paisagem é a distância que um animal terá que percorrer antes de encontrar alguma barreira. Para Pires et al. (2004), 350 m é o máximo que a maioria das espécies estritamente florestais consegue se mover em locais abertos, podendo os fragmentos ficar parcialmente conectados. A restauração e/ou a manutenção da conectividade é benéfica, portanto, para a diversidade biológica.

A densidade de estruturas de conexão (corredores e trampolins ecológicos) em geral reflete a área e as distâncias entre as estruturas de conexão e os fragmentos (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007). No atual trabalho, a densidade de estruturas de conexão (0,09/hectare) é baixa considerando a área da paisagem (43.896,66 ha) e a área total dos fragmentos (16.625,59 ha). De acordo com Metzger (2006), quanto maior este valor, mais conectados estão os fragmentos. Em compensação, os fragmentos estão tão próximos uns dos outros que essa falta de estruturas de ligação não deve afetar em demasia o fluxo gênico na paisagem.

4 Conclusões

Ao considerar uma borda de 50 m, corredores e trampolins podem sofrer uma perda de 8,5% (fragmentos) até 100% (trampolins ecológicos) de área, ou seja, possível extinção dos trampolins, parte dos fragmentos e dos corredores devido a efeitos de borda – transformando-os em outra forma de vegetação, diferente da florestal.

Alguns índices apontam um grau relativamente elevado de fragmentação, como a baixa densidade de estruturas de conexão: corredores e trampolins (0,09/ha); a proximidade entre os fragmentos possivelmente compensa a baixa densidade de unidades de conexão.

No entanto, ao comparar-se a fragmentação no entorno da FLONA de Irati ao padrão de fragmentação do Sul e Sudeste do País, esta paisagem pode ser considerada “pouco” fragmentada, já que 47,71% da área observada é de FOM, índice alto em comparação ao valor médio de cobertura restante deste ecossistema, em diversos níveis de conservação, no Paraná (20%). Este aspecto adiciona mais valor e aumenta a prioridade de conservação dos remanescentes de vegetação nativa desta região.

Os resultados obtidos podem ser úteis para estratégias futuras de manejo e conservação. São recomendadas práticas de manejo para amenizar o efeito de borda nos fragmentos menores e mais alongados, como enriquecimento florístico e controle de lianas e exóticas agressivas.

Os resultados podem contribuir para a tomada de decisões a respeito do uso do solo nas zonas de amortecimento do mosaico de unidades de conservação em que a FLONA está inserida.

Para garantir maior proteção aos remanescentes é recomendável a promoção da fiscalização e da educação/conscientização ambiental da população residente nessa região.

Referências

- ALMEIDA FS, GOMES DS, QUEIROZ JM. Estratégias para a conservação da diversidade biológica em florestas fragmentadas. *Ambiência*. 2011;7(2):367-82.
- ALMEIDA-GOMES M, VIEIRA MV, ROCHA CFD, METZGER JP, DE COSTER G. Patch size matters for amphibians in tropical fragmented landscapes. *Biol. Conserv.* 2016;(195):89-96.
- BANKS-LEITE C, EWERS RM, KAPOV V, MARTENSEN AC, METZGER JP. Comparing species and measures of landscape structure as indicators of conservation importance. *Journal of Applied Ecology*. 2011;(48):706-14.
- BORGES LFR, SCOLFORO JR, OLIVEIRA AD, MELLO JM, ACERBI JÚNIOR FW, FREITAS GD. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cerne*. 2004;10(1):22-38.
- CÂNDIDO-JR. JF. The contribution of community ecology to choice and design of natural reserves. *Ciênc. Cult.* 1993;45(2):100-3.
- CASTELLA PR, BRITZ RM. A Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Brasília: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná; 2004.
- DALAZOANA K. Espacialização dos campos nativos na Escarpa Devoniana do Parque Nacional dos Campos Gerais, PR [dissertation]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa/UEPG; 2010. 145 p.
- DALLA-NORA EL, SANTOS JE. Dinâmica ambiental da zona de amortecimento de áreas naturais protegidas. *Ambiência*. 2011;7(2):279-93.
- DE COSTER G, BANKS-LEITE C, METZGER JP. Atlantic Forest Bird communities provide diferente but not fewer functions after habitat loss. 2015;(282):20142844.
- FERRAZ SFB, FERRAZ KMPMB, CASSIANO CC, BRANCALION P, LUZ D, TAMBOSI L, METZGER JP. How good are tropical forest patches for ecosystems services provisioning? *Landsc. Ecol.* 2014;(29):187-200.
- FORERO-MEDINA G, VIEIRA MV. Conectividade funcional e a importância da interação organismo paisagem. *Oecol. Bras.* 2007;11(4):493-502.

- GRACIA-NETO T. Critérios para a definição de perímetro e atividades para a Zona de Amortecimento da FLONA de Irati, PR [dissertation]. Irati: Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO; 2010. 110 p.
- HANSBAUER MM, STORCH I, KNAUER F, PILZ S, KÜCHENHOFF H, VÉGVÁRI Z, PIMENTEL RG, METZGER JP. Landscape perception by forest understory birds in the Atlantic Rainforest: black-and-white versus shades of grey. *Landsc. Ecol.* 2010;(25):407-17.
- HANSBAUER MM, STORCH I, LEU S, NIETO-HOLGUIN JP, PIMENTEL RG, KNAUER F, METZGER JPW. Movements of Neotropical understory passerines affected by anthropogenic forest edges in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Biol. Conserv.* 2008;(141):782-91.
- HERRMANN BC, RODRIGUES E, LIMA A. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. *Floresta.* 2005;35(1):13-22.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio) [Internet]. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (BR) [cited 2013 set 29]. Relatório Parametrizado – Unidade de Conservação: Floresta Nacional de Três Barras. Available from: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=134>.
- JESUS FM, PIVELLO VR, MEIRELLES ST, FRANCO GADC, METZGER JP. The importance of landscape structure for seed dispersal in rain forest fragments. *J. Veg. Sci.* 2012;(23):1126-36.
- KURASZ G, OLIVEIRA YMM, ROSOT NC, ROSOT MAD. Caracterização do entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador (SC) usando imagem Ikonos. *Floresta.* 2008;38(4):641–9.
- MAZZA CAS, MAZZA MCM, SANTOS JE. Análise ambiental da paisagem da microrregião colonial de Irati, PR. In: Santos JE, Cavalheiro F, Pires JSR, Oliveira CH, Pires AMZC, editors. *Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção.* 1 ed. v. 2. São Paulo: Rima; 2004. p. 409–424.
- MAZZA CAS, MAZZA MCM, SANTOS JE. Caracterização da paisagem e zoneamento ambiental conceitual da Floresta Nacional de Irati. VII Congresso de Ecologia do Brasil; 2005; Caxambu; MG; BR. São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil; 2005.
- MAZZA CAS. Caracterização ambiental da paisagem da Microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR [thesis]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos/UFSCar; 2006. 167 p.
- METZGER JP. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 1999;71(3-1):445-63.
- METZGER JP. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotrop.* 2001;1(1-2):1-9.
- METZGER JP. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: Cullen-Júnior L, Rudran R, Valladares-Padua C, editors. *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre.* 2 ed. Curitiba: Editora UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza; 2006. p. 423-453.
- OLIVEIRA LMT, SILVA E, BRITES RS, SOUZA AL. Utilização de um SIG para diagnóstico ambiental de fragmentos florestais, em nível de paisagem. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 1998; Santos; SP; BR; 1998.
- PAESE A, SANTOS JE. Ecologia da Paisagem: abordando a complexidade dos processos ecológicos. In: Santos JE, Cavalheiro F, Pires TSR, Oliveira CH, Pires AMZC, editors. *Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção.* São Paulo: Rima; 2004. p. 1-21.
- PAGLIA AP, FERNANDEZ FAZ, MARCO-JR. P. Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficientes? In: Rocha CFD, Bergallo HG, Sluys MV, Alves MAS, editors. *Biologia da Conservação: essências.* São Carlos: Rima; 2006. p. 281-316.

PIRES AMZCR, PIRES JSR, SANTOS JE. Avaliação da integridade ecológica em bacias hidrográficas. In: Santos JE, Cavalheiro F, Pires TSR, Oliveira CH, Pires AMZC, editors. Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção. São Paulo: Rima; 2004. p. 123-150.

PRIST PR, MICHALSKI F, METZGER JP. How deforestation pattern in the Amazon influences vertebrate richness and community composition. *Landsc. Ecol.* 2012;(27):799-812.

PROJETO NACIONAL DE AÇÕES INTEGRADAS PÚBLICO-PRIVADAS PARA BIODIVERSIDADE (PROBIO). Subprojeto conservação do bioma Floresta com Araucária: relatório final. Curitiba (PR-Brasil): PROBIO, 2001. 2 v.

ROCHA CFD, BERGALLO HG, SLUYS MV, ALVES MAS, JENKINS C. Corredores ecológicos e conservação da biodiversidade: um estudo de caso na Mata Atlântica. In: Rocha CFD, Bergallo HG, Sluys MV, Alves MAS, editors. *Biologia da Conservação: essências*. São Carlos: Rima; 2006. p. 317-342.

TABARELLI M, AGUIAR AV, RIBEIRO MC, METZGER JP. A conversão da Floresta Atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. *Interciencia.* 2012; 37(2):88-92.

UEZU A. Uso do sistema de informações geográficas em Biologia da Conservação. In: Cullen-Júnior L, Rudran R, Valladares-Padua C, editors. *Métodos de estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. 2ª ed. Curitiba: Editora UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza; 2006. p. 481-497.

VIANA VM, PINHEIRO LAFV. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF.* 1998;12(32):25-40.

ZAÚ AS. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. *Floresta Ambient.* 1998;5(1):160-70.

Etienne Winagraski

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brasil
Email: etienne.tica@gmail.com

Participação do autor: Realizado esse artigo pelo trabalho de conclusão de curso

Karina Henkel Proceke de Deus

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brasil
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Email: karinahenkel@gmail.com

Participação do autor: Realizado esse artigo pelo trabalho de iniciação científica

Vânia Rossetto Marcelino

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brasil
Email: vaniarossetto@gmail.com

Participação do autor: Orientadora no artigo

Paulo Costa de Oliveira Filho

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brasil
Email: paulocostafh@gmail.com

Participação do autor: Coorientador no artigo