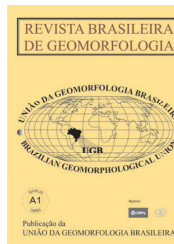


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 4 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1211>



CONECTIVIDADE DA PAISAGEM NA BACIA DO RIO SANA (RJ): RELAÇÃO ENTRE ÁREAS DE CAPTAÇÃO EFETIVA E TIPOS DE BLOQUEIOS

LANDSCAPE CONNECTIVITY OF SANA CATCHMENT (RJ): RELATIONSHIP BETWEEN EFFECTIVE CATCHMENT AREA AND LANDFORM IMPEDIMENTS TYPES

Nathalia Silva Duarte

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. CEP 21.941-916. Brasil
Email: nati.duarte.ge@gmail.com*

Mônica dos Santos Marçal

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. CEP 21.941-916. Brasil
Email: monicamarcal@ufrj.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
18/03/2017
Aceito (Accepted):
17/06/2017

Palavras-chave:

Conectividade da Paisagem;
Bloqueios; Área de Captação Efetiva.

Keywords:

Landscape Connectivity;
Landform Impediments;
Effective Catchment Area.

Resumo:

A transferência de água e sedimentos em um sistema fluvial é influenciada, dentre outros aspectos, por bloqueios que interrompem o transporte desses materiais e diminuem a conectividade da paisagem em bacias hidrográficas. O estudo identifica a natureza desses bloqueios e sua influência na área de captação efetiva e conectividade da Bacia do rio Sana, afluente do rio Macaé, localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro. A metodologia estabelece a declividade das encostas como principal fator controlador do processo, determina especificações para o mapeamento dos bloqueios e da área de captação efetiva, e, ainda, indica parâmetros para classificação do grau de conectividade de bacias hidrográficas. Foram identificados seis tipos de bloqueios, classificados como Zona Tampão (impedem a conectividade encosta-canal) ou Barreiras (interferem no fluxo de água e sedimentos entre tributários e canal principal), incorporados separadamente à modelagem da área de captação efetiva, devido às suas particularidades na influência do aporte de sedimento e água ao sistema fluvial. Neste contexto, a Bacia do rio Sana apresentou-se conectada quando considerados os bloqueios do tipo Zona Tampão e desconectada, quando adicionados os bloqueios do tipo Barreiras. Considerando os resultados alcançados, pode-se dizer que a utilização da abordagem de conectividade na escala de análise de bacia hidrográfica demonstrou-se adequada, pois contempla os processos naturais e antrópicos na evolução da paisagem.

Abstract:

Water and sediments transfer in a river system is influenced, among other aspects, by impediments that interrupt the transport of these materials and decrease the connectivity of the landscape in catchment. The study identifies the impediments nature and their influence on the effective catchment area and connectivity of the Sana Catchment, tributary of the Macaé River, located in the northern region of the state of Rio de Janeiro. The methodology set slope of hillslope as the main controlling factor of the process, establishes specifications for mapping impediments and effective catchment area, and indicates parameters for classification of the connectivity degree of catchment. Six types of impediments were identified, classified as buffer (disrupt the connectivity of the slope-channel) or barriers (interfering the water and sediments flow between tributaries - trunk stream), and then separately incorporated into the modeling of the effective catchment area, due to its peculiarities on the influence of the sediment and water contribution to the fluvial system. In this context, the Sana River Basin was considered connected when the Buffers were considered and disconnected, when Barriers were added to the model. Considering the results achieved, it can be said that the use of the connectivity approach in the catchment analysis scale was adequate, since it contemplates the natural and anthropic processes in the evolution of the landscape.

1. Introdução

Nos últimos anos, as análises geomorfológicas em bacias hidrográficas estão passando por uma transformação metodológica importante, em resposta aos problemas ambientais contemporâneos, sobretudo, em função do impacto humano nos rios. As alterações nos rios e nas encostas através das intervenções de engenharia visando a expansão urbana e agrícola, as relações entre mudanças no uso do solo com erosão, assoreamento e inundações de canais e, ainda, as relações das mudanças climáticas com magnitude e frequência de processos são questões complexas que demandam novas abordagens conceituais e metodológicas.

As respostas do sistema fluvial aos diferentes tipos de intervenções (sejam de caráter natural e/ou antrópico) variam bastante e refletem as condições da paisagem de transferirem e/ou absorverem, no tempo e espaço, matéria e energia entre diferentes compartimentos do seu sistema fluvial (HOOKE, 2003). A perspectiva da abordagem da conectividade da paisagem trata da ligação física entre os ambientes, considerando-se uma paisagem conectada aquela que os efeitos das intervenções são frequentemente propagados através dela (HARVEY, 2002; HOOKE, 2003; BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

Nas análises em bacias hidrográficas esta abordagem vem sendo utilizada para descrever a transferência de sedimento e água dentro ou entre compartimentos da paisagem. Ou seja, apresenta informações relacionadas à variabilidade temporal e espacial da conectividade da paisagem e compreensão do destino do sedimento erodido e do balanço sedimentar no sistema fluvial (HARVEY, 2002; HOOKE, 2003; BRIERLEY & FRYIRS, 2005;

BRIERLEY *et al.*, 2006; BRACKEN & CROKE, 2007; FRYRS *et al.*, 2007a & 2007b; CROKE *et al.*, 2013; FRYIRS, 2013).

No entanto, a forma de transferência do fluxo de sedimento e água não está apenas relacionado aos fatores controladores de energia e a disponibilidade de sedimentos no contexto da bacia hidrográfica (FRYRS *et al.*, 2007a; FRYIRS, 2013). Mas, como enfatizam os autores, com os tipos de impedimentos e bloqueios existentes, que interrompem o transporte de sedimentos. Entende-se por impedimentos ou bloqueios as feições geomorfológicas naturais e/ou antropogênicas (BRIERLEY, *et al.*, 2006; FRYRS, *et al.* 2007b).

Nesse sentido, os autores destacam a necessidade de identificar os bloqueios que impedem ou diminuem a conectividade da paisagem em bacias hidrográficas e distinguem três tipos de bloqueios: *zonas tampão (buffer)*, *barreiras (barriers)* e *zonas de coberturas (blankets)*. As *zonas tampão* são formas que impedem a entrada de sedimentos na rede de canais e perturbam a conectividade lateral. As *barreiras* estão presentes no interior da rede de canais e influenciam a conectividade longitudinal. Já as *zonas de coberturas* rompem as ligações verticais, podem ocorrer ao longo do canal e sua planície de inundação.

No entanto, ressalta-se aqui duas questões importantes que precisam ser consideradas para a compreensão da conectividade. A primeira é definir onde os bloqueios ocorrem e qual a magnitude do *input* de chuva necessária para rompê-los, aumentar a área de captação efetiva da bacia de drenagem e conseqüentemente sua conectividade (FRYRS *et al.*, 2007a; FRYRS, 2013). Entende-se como área de captação efetiva a área ou porção de uma

bacia que tem o potencial de contribuir diretamente, ou transportar ao longo da rede de canais, água e sedimentos sob dada condição de fluxo para um ponto comum, refletindo o grau de conectividade da bacia (FRYRS *et al.*, 2007a). A segunda, deve-se levar em consideração que a conectividade lateral (encosta) e longitudinal (canal) sempre dependerá de uma escala temporal de análise. Ou seja, os bloqueios (naturais) em ambientes de encostas remontam ao Pleistoceno/Holoceno, já os que ocorrem ao longo da rede de canais dependem da frequência e

magnitude das enchentes atuais. Em ambos os casos, deve-se considerar análises e técnicas que estabeleçam o tempo e gênese de formação desses bloqueios.

A pesquisa foi desenvolvida na Bacia do rio Sana (123 km²), importante afluente pela margem esquerda do rio Macaé, localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro. O rio Sana nasce no município de Macaé numa altitude de 1.310 metros e percorre 22,4 quilômetros até desaguar no rio Macaé, no seu alto-médio curso numa altitude de aproximadamente 180 metros (Figura 1).

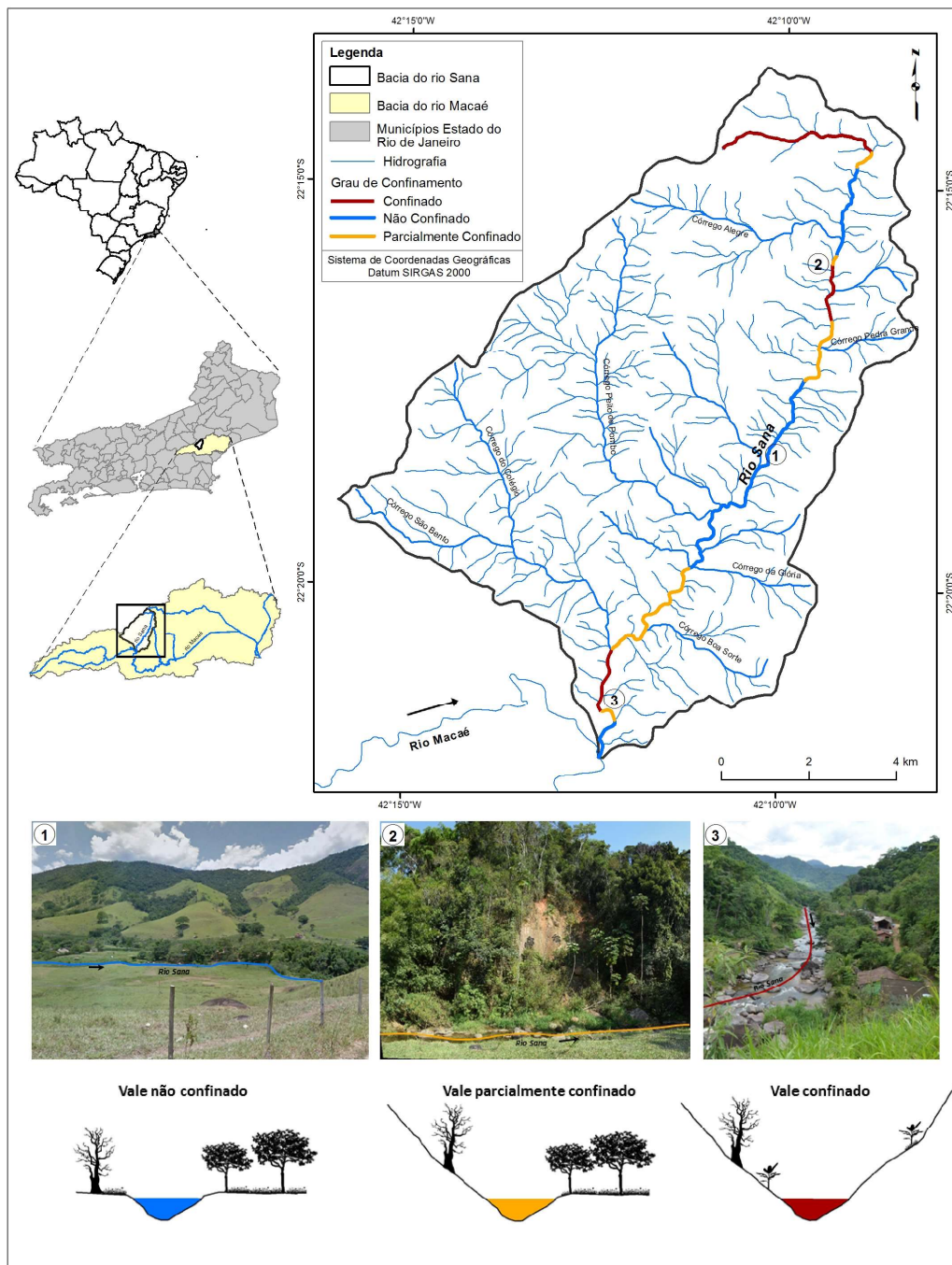


Figura 1 - Localização da bacia do rio Sana e das tipologias de confinamento do vale do rio Sana.

Esta bacia destaca-se pelo predomínio de florestas, ocupando mais de 6 mil hectares (cerca de 64%) (ACAMEP, 2011), onde os fragmentos florestais encontram-se por vezes desconectados por extensas áreas de gramíneas, geralmente associada à agricultura ou pecuária. No entanto, a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Sana em 2001, unidade de conservação de uso sustentável (SNUC, 2000) com limites semelhantes à Bacia do rio Sana, demonstra a preocupação com a preservação da Mata Atlântica e dos mananciais e, ainda, a intenção de desenvolver a atividade turística de forma adequada. A demanda de água na bacia destina-se, em grande parte, para o consumo humano e irrigação. Nos últimos anos a escassez de água vem se agravando devido, principalmente, aos períodos de estiagens e ao aumento da demanda hídrica provocada pelo grande número de visitantes nos períodos de férias.

Tais intervenções na paisagem geram problemas hídricos e levantam questionamentos importantes a serem considerados no processo de gestão desse recurso: de que forma a história de intervenção antrópica vem exercendo influência na transferência de água e sedimentos (longitudinal e lateral) no sistema fluvial? Como os tipos de bloqueios existentes se configuram? Quanto conectada está a paisagem ao sistema fluvial?

Nesse sentido, este artigo apresenta uma tentativa inicial de abordar estas questões na Bacia do rio Sana através da identificação espacial e da natureza dos tipos de bloqueios, destacando suas influências na área de captação efetiva.

A pesquisa visa contribuir na compreensão das relações de conectividade dos ambientes fluviais nas bacias hidrográficas da região norte do estado do Rio de Janeiro a partir da dinâmica dos processos atuantes, considerando as diferentes escalas espaciais e temporais. Além de contribuir para o planejamento ambiental e dos recursos hídricos, dentro da perspectiva do balanço sedimentar e do assoreamento dos canais.

1.1 Contexto Geológico-Geomorfológico da Área de Estudo

A Bacia do rio Sana, localizada entre as coordenadas 22°13'30.78"S e 22°22'7.50"S, 42° 8'13.67"O e 42°15'57.32"O, na vertente sul da Serra do Mar, apresenta dois compartimentos geológicos bem distintos relacionados ao Pré-cambriano (TUPINAMBÁ, 2009; ALMEIDA, 2012). No setor mais a oeste da

bacia predominam granada-biotita (sillimanita) gnaisés com ocorrência generalizada de bolsões e veios de leucossomas graníticos derivados de fusão parcial *in situ*, pertencentes à Unidade São Fidélis do Complexo Paraíba do Sul. No setor mais a leste ocorre o Granito Sana, cujos afloramentos estão associados às maiores declividades no relevo, constituído por rochas leucocrática cinza clara de granulação fina a média. Os Depósitos Colúvio-Aluviais são caracterizados por sedimentos quaternários inconsolidados, constituídos por cascalhos, areias argilosas e argilas arenosas, transportados das encostas por processos de fluxos gravitacionais e aluviais, e depositados nos fundos de vales (TUPINAMBÁ, 2009; ALMEIDA, 2012).

A compartimentação geomorfológica da bacia é condicionada pela estruturação geológica da região e definida em Escarpas Serranas (acima de 400 metros), Morfologias de Transição (200 a 400 metros), Colinas e Morros (20 a 200 metros) e Planícies Fluviais (até 20 metros). Há o predomínio das unidades Morfologias de Transição (15,05%) e Escarpas Serranas (81,60%) (SILVA, 2002).

2. Materiais e Métodos

A identificação dos **bloqueios**, da **área de captação efetiva** e do **grau de conectividade** na Bacia do rio Sana seguiu as orientações metodológicas de Brierley *et al.* (2006) e Fryirs *et al.* (2007a & 2007b), cuja modelagem em SIG considera a declividade das encostas como principal fator controlador do aporte de sedimentos das encostas para os canais.

Para tanto, inicialmente foi elaborada a caracterização geomorfológica do vale do rio Sana e das sub-bacias, tratadas na pesquisa como entidades individualizadas a fim de inferir sobre a contribuição destas áreas na dinâmica do sistema fluvial do rio Sana, utilizando a base cartográfica do IBGE na escala 1:50.000.

A caracterização do vale do rio Sana de acordo com o grau de confinamento (Figura 1) seguiu uma das etapas da metodologia dos estilos fluviais (River Styles®) desenvolvida por Brierley & Fryirs (2005) e auxiliou a identificação das planícies de inundação e terraços, definidas como formas de bloqueio do tipo zona tampão (*Buffers*) na pesquisa.

Os parâmetros morfométricos utilizados na caracterização geomorfológica das sub-bacias foram:

área, amplitude altimétrica, comprimento total dos canais, densidade de drenagem e hierarquia fluvial (STRAHLER, 1950).

Para identificar os bloqueios laterais (zonas tampão) foram mapeadas as formas agradacionais com declividades menores ou iguais a 10°. As feições resultantes foram refinadas, excluindo as áreas planas de topo de morro e as áreas com pequenas dimensões (< 100m²) e, em seguida, através de análise topológica, definida através da relação espacial existente entre outras feições mapeadas, os bloqueios foram classificados. Neste processo foram utilizados os *softwares* ArcGIS, ArcScene e Google Earth, e, quando possível, validados *in loco*. A estrada Sana-Frade foi mapeada em campo e apenas os trechos a pelo menos 100 metros de distância do rio Sana foram considerados como bloqueios laterais. Os bloqueios longitudinais foram identificados a partir do mapeamento prévio de todas as confluências dos tributários com o rio Sana seguido de trabalho de campo.

A área de captação efetiva foi delimitada utilizando a extensão ArcHydro Tools 2.0 do Centro de Investigação em Recursos Hídricos da Universidade do Texas, a partir da aplicação das funcionalidades *flow direction*, *flow accumulation*, *stream definition* e *stream segmentation*, *catchment grid delineation* e *catchment polygon processing* sob o Modelo Digital de Elevação (MDE) no formato Raster, originário da base cartográfica do IBGE 1:50.000, eliminando as áreas dos bloqueios. Na etapa *stream definition* optou-se por utilizar o limiar de 0,5km².

O grau de conectividade está relacionado diretamente com a extensão da área de captação efetiva das sub-bacias. A metodologia foi adaptada de Fryirs *et al.* (2007a), cujo grau de conectividade foi estabelecido a partir do percentual da área da bacia conectada, ou seja, percentual da área de captação efetiva, cujas classes de conectividade estabelecidas foram: 0 – 30% como altamente desconectada, 30 - 50 % como desconectada, 50 – 70% como conectada e 70 – 100% como altamente conectada.

3. Resultados e Discussão

A abordagem da conectividade da paisagem na perspectiva da área de captação efetiva (FRYIRS *et al.*, 2007a), sugere análise por sub-bacias, o que per-

mite estabelecer um comparativo entre as mesmas no que se refere a capacidade de transferência de água e sedimento para o rio principal. Desta forma, o sistema de drenagem do rio Sana foi dividido em quatro áreas, sendo três destas compreendidas pelas principais sub-bacias dos Córregos da Alegria, do Peito do Pombo e do Colégio e uma quarta referente ao Vale do rio Sana, que inclui a cabeceira e a área do vale do rio Sana, e as sub-bacias de primeira, segunda e terceira ordem (Figura 2).

A Tabela 1 apresenta os parâmetros morfométricos analisados nas sub-bacias. Destaca-se a sub-bacia do Córrego do Colégio (1.780m), localizada próxima à confluência dos rios Sana e Macaé, com altitudes que variam entre 200 e 1.980 metros, o que reflete o relevo escarpado com alto potencial erosivo. A densidade de drenagem é elevada em todas as sub-bacias. No entanto, observa-se que apesar da sub-bacia do Córrego da Alegria estar localizada mais próxima ao alto curso do rio Sana, a mesma apresenta os valores mais baixos de densidade de drenagem e amplitude altimétrica em relação às demais sub-bacias.

As tipologias de vale, segundo o grau de confinamento, encontradas ao longo do rio Sana foram: 1) **vale não confinado** (9,5 km / 42%), com presença de planícies de inundação contínuas de dimensões máxima próximas a 500 m, segmentos de canais meandrantes, com fluxos mais lentos e presença de barras; 2) **vale parcialmente confinado**, (6 km / 26,3%) com presença de planície de inundação em apenas uma das margens, havendo alta conectividade com a encosta adjacente na margem onde não há planície de inundação e 3) **vale confinado** (7,2 km / 31,6%), com ausência de planície de inundação, alto controle estrutural e conectividade com as encostas em ambas as margens (vide Figura 1).

3.1. As diferentes formas de bloqueios na paisagem

Algumas formas de relevo, aqui definidas como bloqueios, exercem influência na transferência de sedimento e água por escoamento superficial entre compartimentos da paisagem e, conseqüentemente, o aporte destes na rede de canais. Sendo assim, podem atuar como estoques de sedimento temporário, rompidos sob uma dada condição de energia.

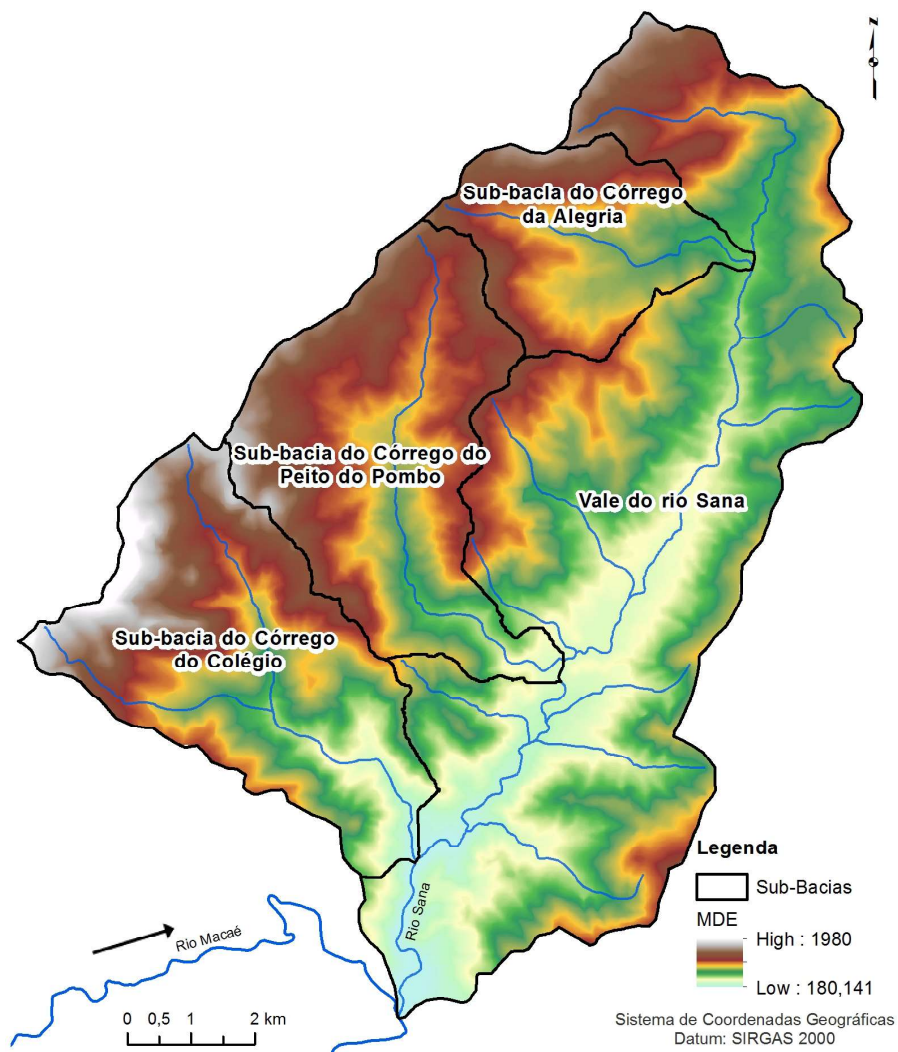


Figura 2 - Sub-bacias do sistema de drenagem do rio Sana e Modelo Digital de Elevação.

Tabela 1: Parâmetros morfométricos das sub-bacias.

Parâmetros morfométricos	Vale do rio Sana	Sub-bacia do C. do Colégio	Sub-bacia do C. do Peito do Pombo	Sub-bacia do C. da Alegria
Área de drenagem (km ²)	62,97	25,03	23,23	11,54
Amplitude altimétrica (m)	1.362	1.780	1.240	903
Comprimento total dos canais (km)	168,43	66,77	70,26	23,79
Densidade de drenagem (km/km ²)	2,67	2,67	3,02	2,06
Hierarquia Fluvial	5 ^a	4 ^a	5 ^a	4 ^a

Os tipos de bloqueios entre compartimentos da paisagem encontrados na Bacia do rio Sana foram: zonas tampão, que impedem a conectividade encosta-canal, e barreiras, que interferem o fluxo de

água e sedimentos entre tributários e canal principal, influenciando a conectividade do ponto de vista das sub-bacias. O Quadro 1 apresenta uma breve definição dos bloqueios e a Figura 3 a localização dos mesmos.

Quadro 1: Descrição das tipologias de bloqueios identificados na Bacia do rio Sana.

Zonas Tampão (<i>Buffers</i>)	
Tipo de Bloqueio	Definição
Depósito de encosta	Terreno com declividade suave que se encontra entre a encosta escarpada e planície de inundação.
Planície de inundação e terraços	Superfície plana adjacente ao canal principal em um vale não confinado ou parcialmente confinado.
Tributário preenchido	Sistema tributário preso atrás de um terraço, planície de inundação, outro tributário preenchido ou controle estrutural.
Cabeceira de drenagem entulhada	Superfície côncava com declividade suave, sem canal bem definido, restrito por controle estrutural.
Estrada	Superfície caracterizada por morfologia antropogênica situada em encosta ou planície de inundação.
Barreiras (<i>Barriers</i>)	
Tipo de Bloqueio	Definição
Confluência tributário/canal principal alterada	Intervenção antrópica na morfologia da confluência de um tributário com canal principal.

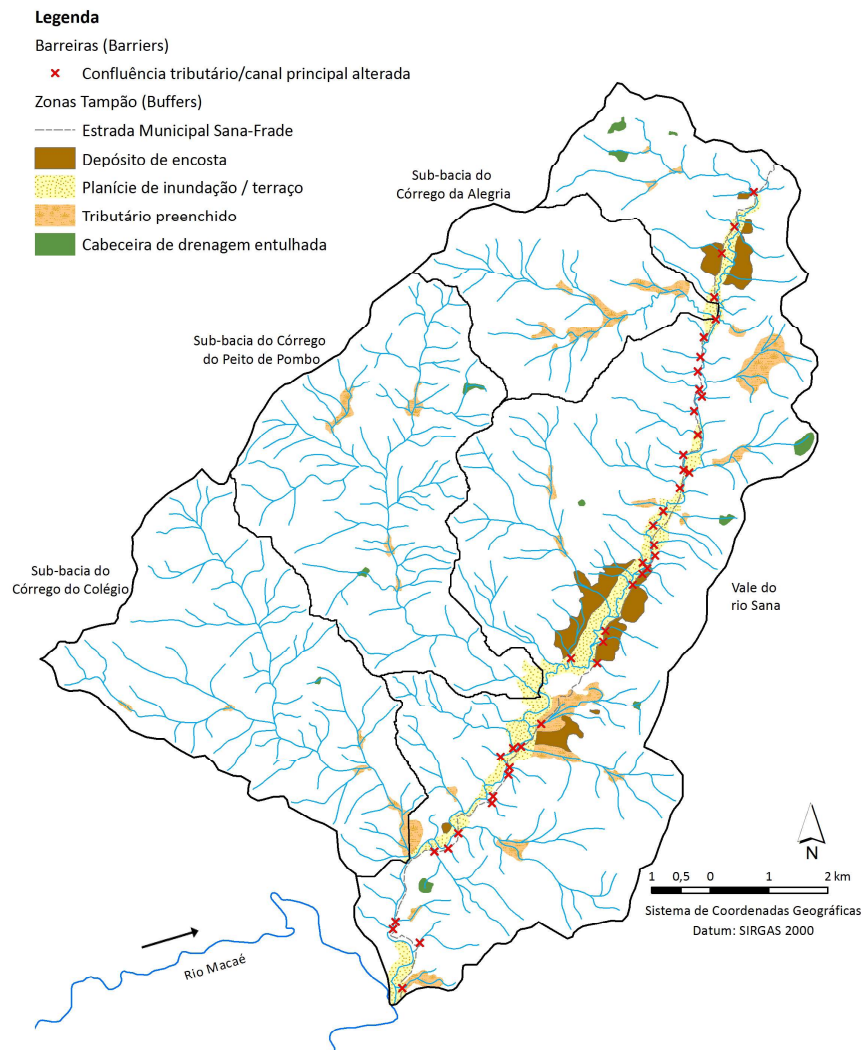


Figura 3 - Distribuição dos tipos de bloqueios localizados na Bacia do rio Sana (RJ).

Os bloqueios do tipo zona tampão definidos como Depósitos de Encostas encontram-se predominantemente nos alargamentos dos vales não confinados adjacentes às Planícies de Inundação e Terraços, os quais, de forma semelhante, estão presentes em grande parte do vale do rio Sana, onde concentram-se as áreas urbanas, incluído o vilarejo do Sana.

Já os bloqueios definidos como Terraços Fluviais foram agrupados às Planícies de Inundação pela impossibilidade de diferenciá-los através de técnicas de geoprocessamento com a escala da base cartográfica utilizada.

Os bloqueios definidos como Tributários Preenchidos e Cabeceiras de Drenagem Entulhadas foram identificados nos sistemas tributários, concentrando-se no alto curso da bacia do rio Sana, e se diferenciam principalmente pela característica do canal fluvial. Os Tributários Preenchidos são constituídos por córregos bem definidos e perenes, já nas Cabeceiras de Drenagem Entulhadas a rede de drenagem não é bem definida, com presença de córregos intermitentes, podendo ser caracterizadas também como anfiteatro suspenso.

A estrada Sana-Frade não dispõe de asfaltamento em grande parte do seu traçado e possui morfologia plana decorrente de obras de engenharia, tais como corte de talude, aterro ou terraplanagem. Sua característica morfológica somada ao fato da proximidade ao rio Sana durante boa parte do seu percurso, cerca de 23 quilômetros do seu traçado entre os distritos do Sana e do Frade, aproximadamente 14 quilômetros seguem paralelamente ao rio Sana, o que permitiu enquadrá-la como bloqueio do tipo zona tampão, quando próxima ao rio Sana. Desta forma, o bloqueio definido como estrada Sana-Frade interrompe a transferência de sedimento e água das encostas para o rio Sana, durante eventos de baixa magnitude pluviométrica. Por outro lado, sua superfície de terra impermeabilizada e compactada somada aos processos erosivos impulsionados pelo corte do talude e a ausência ou a ineficiência de um sistema de drenagem aceleram o escoamento superficial e o carreamento de sedimentos para o canal principal em eventos de chuva de maior intensidade.

De forma geral, pode-se dizer que a área dos bloqueios do tipo zonas tampão correspondem a aproximadamente 9 km², cerca de 7% da bacia do rio Sana; com predomínio, em relação a extensão, das planícies de inundação e terraços fluviais e dos tributários preenchidos, ambos com cerca de 3 km². Os bloqueios do tipo cabeceira de drenagem entulhada ocupam menores áreas, com uma

extensão total de apenas 0,4 km².

Apesar da pesquisa inicialmente concentrar especial atenção nas tipologias dos bloqueios laterais (zona tampão), a situação dos bloqueios longitudinais (barreiras), identificados nas confluências entre tributários e rio Sana, apresentou-se alarmante. As obras de engenharia que modificam estas confluências, tais como, canalização (impermeabilização do leito), manilhamento e instalação de ponte, restringem o fluxo de água e sedimentos e criam ambientes de sedimentação a montante das intervenções, principalmente quando não há manutenção para desobstrução das mesmas.

O rio Sana possui sessenta e oito tributários, dentre estes, vinte e cinco (cerca de 37%) deságuam livres de impedimentos, seguindo seu fluxo natural, e os outros quarenta e três (cerca de 63%) apresentam sua confluência obstruída por algum tipo de interferência antrópica, a maioria relacionada com a presença da Estrada Sana-Frade.

Em relação às confluências das principais sub-bacias com o Rio Sana, apenas o Córrego da Alegria encontra-se bloqueado pela presença de ponte da estrada Sana-Frade, as demais confluências estão livres de impedimentos (Figura 4).

3.2. Influência dos bloqueios nas áreas de captação efetiva e conectividade da paisagem

A modelagem da área de captação efetiva (ACE) ao considerar elementos da paisagem tais como os bloqueios na definição da conectividade de uma bacia hidrográfica, adiciona a variável espacial na abordagem, o que possibilita compreender de forma mais detalhada a eficiência da transferência de sedimento ao longo da mesma (FRYIRS *et al.*, 2007b).

Tendo em vista as particularidades das zonas tampão e das barreiras na influência do aporte de sedimento e água no sistema fluvial, escala de tempo e efeitos sob o fluxo de sedimento e água diferenciados, optou-se por representá-las separadamente (Figura 5 e Figura 6). Isto porque as zonas tampão interrompem a transferência de sedimentos e água, pelo escoamento superficial, das encostas para a rede de drenagem no caso de eventos de chuva de baixa intensidade. Segundo Reed (1979) eventos chuvosos com total pluviométrico de 10 mm já são capazes de iniciar erosão laminar, o que permite inferir como chuvas de baixa intensidade os eventos com acumulado menor que 10 mm. Já as barreiras diminuem a capacidade do fluxo de transferir sedimento ao longo da rede de drenagem.

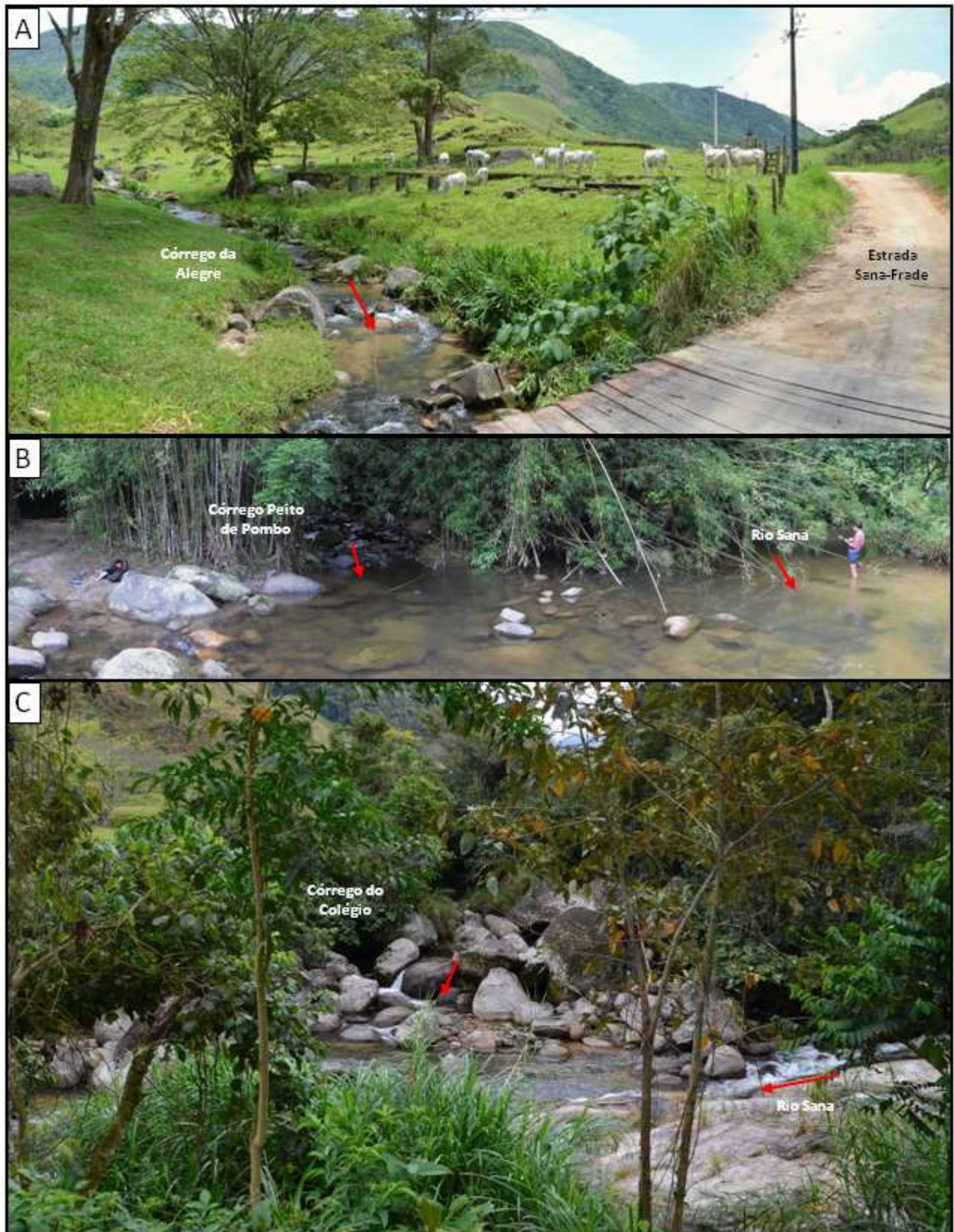


Figura 4 – Confluências das principais sub-bacias. As setas indicam a direção do fluxo de córregos ou rios. A) Córrego da Alegria, bloqueio por ponte da estrada Sana-Frade, B) Córrego Peito de Pombo e C) Córrego do Colégio, confluências livres de impedimentos.

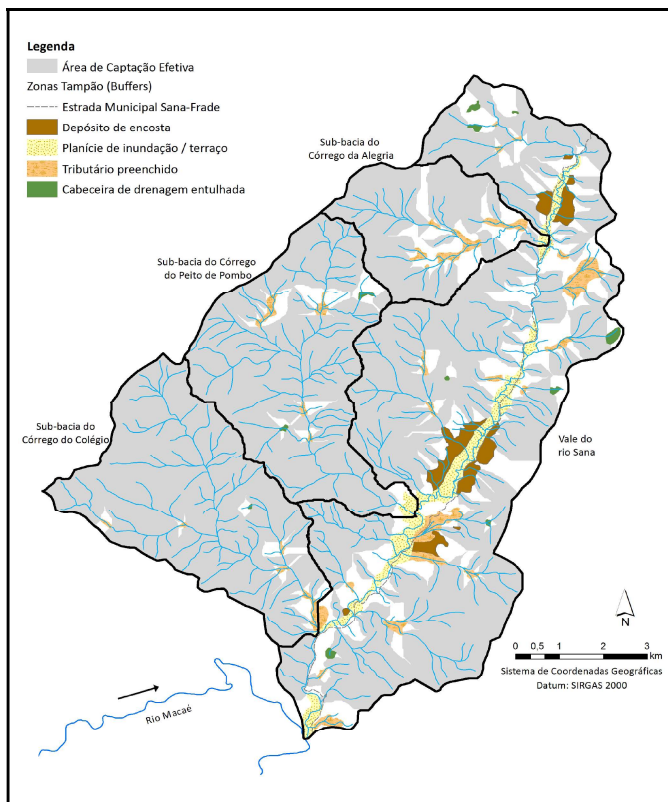


Figura 5 - Área de Captação Efetiva considerando as Zonas Tampão.

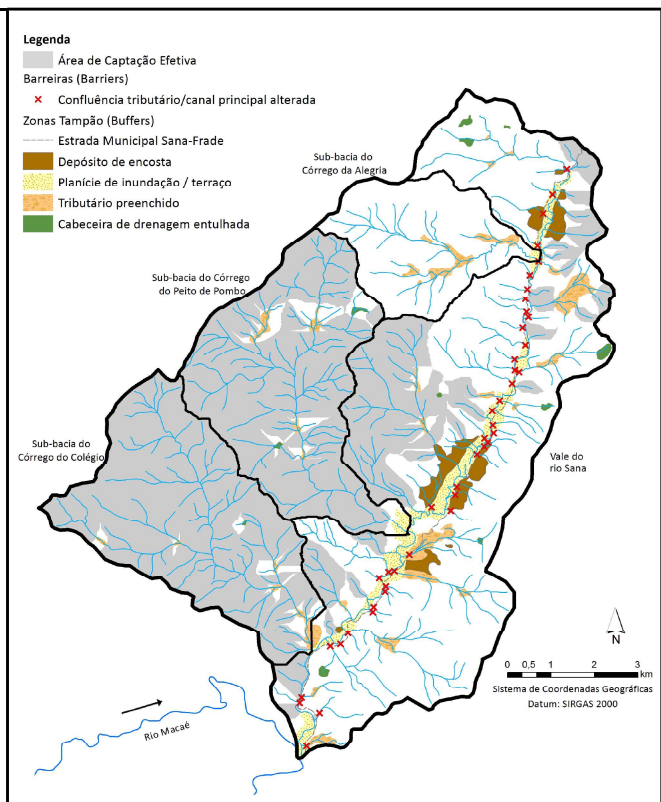


Figura 6 - Área de Captação Efetiva considerando as Zonas Tampão e Barreiras.

A Tabela 2 mostra que, ao considerar apenas os bloqueios tipo zona tampão, o percentual das áreas de captação efetiva das sub-bacias são todos superiores a 50%, o que reflete o elevado grau de conectividade destas áreas. Ao passo que, quando adicionadas as barreiras, bloqueios longitudinais, as sub-bacias do Córrego da Alegria torna-se completamente desco-

nectada (0% de ACE) e do Vale do rio Sana diminui a área de captação efetiva consideravelmente (cerca de 62% para 20%), passando de conectada para altamente desconectada. Nas sub-bacias dos córregos do Peito do Pombo e do Colégio os valores não mudam, pois as confluências com o rio Sana encontram-se livres de barreiras.

Tabela 2: Área de Captação Efetiva e Grau de Conectividade das sub-bacias.

Área de Captação Efetiva (ACE)		Vale do rio Sana	Sub-bacia do C. do Colégio	Sub-bacia do C. do Peito do Pombo	Sub-bacia do C. da Alegria
Área de drenagem	m ²	62.970.000	25.030.000	23.230.000	11.540.000
ACE Considerando as Zonas Tampão	m ²	38.953.537	19.642.626	18.475.360	7.744.563
	%	61,86%	78,48%	79,53%	67,11%
Grau de Conectividade com Zonas Tampão		Conectada	Altamente conectada	Altamente conectada	Conectada
ACE Considerando as Zonas Tampão e Barreiras	m ²	12.830.851	19.642.626	18.475.360	0
	%	20,38%	78,48%	79,53%	0,00%
Grau de Conectividade com Zonas Tampão e Barreiras		Altamente desconectada	Altamente conectada	Altamente conectada	Altamente desconectada

A característica de alto curso da bacia do rio Sana, com relevo declivoso e alta densidade de drenagem, revela o bom grau de conectividade da bacia quando considerados apenas os bloqueios tipo zona tampão (cerca de 69% de ACE). Por outro lado, o grande número de confluências obstruídas por obras de engenharia, justifica a redução do grau de conectividade quando as barreiras são incluídas na modelagem, o que restringe a área de captação efetiva para 42% e enquadra a bacia como desconectada (Tabela 2)

4. Conclusões

A identificação e caracterização dos bloqueios e da área de captação efetiva a partir do modelo conceitual de avaliação da conectividade da paisagem na Bacia do rio Sana permitiu compreender a influência dos bloqueios no controle da transferência de sedimento e água entre compartimentos da bacia hidrográfica e classificar as sub-bacias segundo o grau de conectividade. Vale destacar, que o grau de conectividade não indica, de forma linear, impactos negativos ou positivos em uma bacia hidrográfica, mas mostra que as particularidades da paisagem determinam condições de conectividade dentro do sistema fluvial, o que permite uma maior compreensão das condições naturais do processo de evolução da paisagem, e sobre o desencadeamento, ou não, de problemas ambientais.

Diferente da abordagem do balanço sedimentar, tradicionalmente utilizada para quantificar o aporte sedimentar no exutório de uma bacia hidrográfica, a metodologia da conectividade da paisagem aparece como uma alternativa capaz de incorporar diversos elementos espaciais que influenciam a dinâmica sedimentar a partir da utilização do Sistema de Informação Geográfica. Há, ainda, a possibilidade de incluir uma interpretação histórica do uso e cobertura da terra ou, até mesmo, dos ciclos pretéritos de dissecação e agradação do relevo se adicionadas técnicas de estratigrafia e/ou datação.

Os resultados mostram que os bloqueios tipo barreiras interferem na transferência de água e sedimentos de toda área de uma sub-bacia para o canal principal, o que resulta numa maior diminuição da área de captação efetiva e da conectividade da bacia do rio Sana se comparada com a influência dos bloqueios do tipo zona tampão, que interrompe esse processo em áreas menores de uma encosta. Sendo assim, pode-se inferir que, as barreiras, como intervenções antrópicas nas

confluências, exercem maior influência na transferência de sedimentos no sistema fluvial, gerando assoreamento no trecho do canal a montante do bloqueio. Tal fato aponta para a necessidade de se dar maior atenção às intervenções nos corpos hídricos, tendo em vista o problema de escassez hídrica que a região vem passando nos últimos anos e, ainda, a importância do sistema fluvial na atividade turística do distrito.

5. Referências Bibliográficas

- ACAMEP (2011). **Diagnóstico socioambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. Publicação ACAMEP, Projeto Macaé Rio Sustentável, 328 p.
- ALMEIDA, J.C.H. **Geologia e recursos minerais da folha Macaé SF.24-Y-A-I, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil – PGB**. Belo Horizonte, CPRM/ UERJ, 106 p. Mapa Geológico, escala 1:100.000 (série Geologia do Brasil), versão digital em CD-ROM, textos e mapas. ISBN 978-85-7499-104-7. 2012.
- BRACKEN, L. J. & CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. **Hydrological Processes**, v. 21, n. 13, p. 1749-1763, 2007. DOI: 10.1002/hyp.6313
- BRIERLEY, G. J. & FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. First ed. Malden: Blackwell Publications, Oxford, 2005. 398p.
- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. A.; JAIN, V. Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. **Area**, v. 38 (2), p. 65-174, 2006. DOI: 10.1111/j.1475-4762.2006.00671.x
- CROKE, J.; FRYIRS, K. A.; THOMPSON, C. Channel-floodplain connectivity during an extreme flood event: implications for sediment erosion, deposition and delivery. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.38, p. 1444-1456, 2013. DOI: 10.1002/esp.3430
- FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J.; PRESTON, N. J.; SPENCER, J. Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upper Hunter catchment, New South Wales, Australia. **Geomorphology**, v.84, p. 297-316, 2007a. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.01.044
- FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J.; PRESTON, N. J.; KASAI, M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. **Catena**, v.70, p. 49-67, 2007b. DOI: 10.1016/j.catena.2006.07.007

FRYIRS, K. A. (Dis)Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at sediment delivery problem. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.38, p. 30-46, 2013. DOI: 10.1002/esp.3242

HARVEY, A. M. Effective timescales of coupling within fluvial systems. **Geomorphology**, v. 44, p. 175–201, 2002. DOI: 10.1016/S0169-555X(01)00174-X

HOOKE, J. Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology. **Geomorphology**, v.56, p. 79-94, 2003. DOI: 10.1016/S0169-555X(03)00047-3

REED, A. H. Accelerated erosion of arable soils in the United Kingdom by rainfall and run-off. **Outlook on Agriculture**, v. 10, Issue 1, p. 41- 48, 1979. DOI: 10.1177/003072707901000107

SILVA, T. M. **A Estruturação Geomorfológica do Planalto**

Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002. 265 p.

Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. (2000) Lei nº9.985 de 18 de junho de 2000. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em 13 de jan. 2016.

STRAHLER, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis. **American Journal of Science**, v. 248, p. 800-814, 1950. DOI: 10.2475/ajs.248.11.800

TUPINAMBÁ, M. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, Estado do Rio de Janeiro Escala 1:100.000**. CPRM, Belo Horizonte, CD-ROM, p. 71-80. ISBN: 978-85-7499-107-8, 2009.