

Avaliação das áreas de produção e de possíveis rotas de fluxos de detritos como geoindicadores de (des)conectividades de bacias urbanas

Regina Paula Benedetto de Carvalho
Doutoranda em Geografia, PPGeo – UERJ

Antônio Soares da Silva
Prof. Doutor do Instituto de Geografia – UERJ

Resumo

A identificação de áreas de produção de detritos e de suas rotas pode contribuir com a avaliação da sensibilidade da conectividade entre as encostas e a rede de drenagem. Tendo em vista tais premissas, o trabalho teve como objetivo identificar possíveis zonas de (des)conectividade nas encostas de duas bacias urbanas localizadas no município do Rio de Janeiro: bacia do rio Grande e bacia do rio Anil. Os resultados mostraram que a bacia do rio Grande possui mais áreas de sensibilidade da conectividade do que a bacia do rio Anil, sendo que esta última possui maior potencial para garantia das atuais condições de conectividade. Além disso foi constatado que, especialmente por se tratar de bacias urbanas, o fator uso da terra é determinante no condicionamento e recondicionamento do sistema ambiental, podendo alterar, de forma intensa e num curto espaço de tempo, a suscetibilidade a produção de detritos e, portanto, o padrão de (des)conectividade das áreas.

Palavras-chave: áreas de produção, conectividade, bacias urbanas

Abstract:

The identification of debris production areas and their routes can contribute to the assessment of the sensitivity and connectivity between the slope and the drainage network. In view of these premises, the objective of this study was to identify possible areas of (dis)connectivity in the slopes of two urban watersheds located in Rio de Janeiro municipality: Rio Grande watershed and Anil watershed. The results show that the Rio Grande watershed has more areas of connectivity sensitivity than the Anil watershed, which has greater potential to guarantee the current conditions of connectivity. In addition, it was verified that, especially because they are urban basins, the factor land use is determinant at conditioning and reconditioning the environmental system, being able to change, in an intense way and in a short time, the susceptibility to the production of debris and, (dis)connectivity of the areas.

Key-Words: Production areas, connectivity, urban watershed.

reginapaulabenedetto@gmail.com
asoares.uerj@gmail.com

Introdução

Cada vez mais estudos científicos têm comprovado o impacto das atividades humanas nos sistemas ambientais, ora acelerando ora retardando a ocorrência de processos geomorfológicos (BERNETT & CHORLEY, 1978; GREGORY, 1985; CHRISTOFOLETTI, 1999). Esses processos podem implicar no aumento da sensibilidade do ambiente a eventos erosivos e hidrológicos, muitas vezes atrelados ao avanço do estágio de degradação do ambiente (LIMA, 2010).

Tais estudos têm adotado uma abordagem sistêmica, relacionando fenômenos naturais aos sociais na interpretação de morfologias e mudanças recentes observadas nas características físicas do ambiente (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Em bacias urbanas a influência das atividades humanas na indução e/ou recondicionamento da dinâmica e morfologia do sistema é ainda mais evidente. Por exemplo, as encostas urbanas são sistemas altamente sensíveis à ação antrópica pois congregam numa mesma área mudanças frequentes e sucessivas, tais como o desmatamento seguido de modificações nos terrenos (aterros, corte nos depósitos de tálus), intensificação da ocupação e impermeabilização dos solos, produzindo, num curto espaço de tempo, grande aporte de detritos e água para a rede fluvial (GUERRA, 2011).

Nesse contexto, pesquisas recentes da área de geomorfologia vêm desenvolvendo trabalhos aplicados para melhor compreender a integração entre as zonas de maior produção de águas e detritos, rotas preferenciais de escoamento (zonas de transferência) e áreas de deposição de material (AGUIAR, 2009; SOUZA, 2013). Estes trabalhos dão suporte a metodologia sistêmica e dentre eles, recentemente, tem se destacado o conceito de conectividade.

Conectividade é a capacidade de transferência de matéria e energia entre dois compartimentos de um sistema, que se dá através do ajuste entre processos e formas que dele decorrem (CHORLEY & KENNEDY, 1971; HARVEY, 2001; SOUZA, 2013).

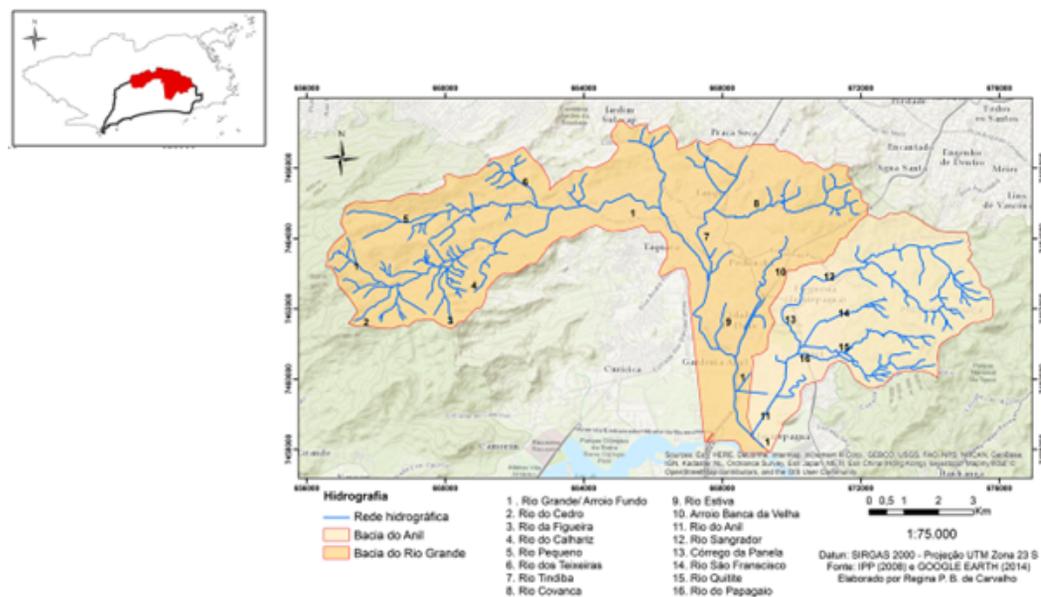
A avaliação dos ajustes e mudanças na conectividade pode ser identificada a partir de padrões de (des)conectividades entre e nos subcompartimentos de uma bacia hidrográfica que caracterizam a influência dos mecanismos de ligação em três dimensões da paisagem, de acordo com a escala de observação: (a) mecanismos verticais, que vão ocorrer de superfície para subsuperfície; (b) mecanismos de ligação lateral/transversal, entre as encostas e canais (vale); e (c) mecanismos longitudinais, que ocorrem de montante a jusante de um canal e entre os canais (HARVEY, 2002; BRIERLEY et al., 2006; FRYIRS, 2013).

Segundo Fryirs (2013), a sensibilidade da conectividade pode ser avaliada sobre a perspectiva da identificação das áreas de produção e rotas preferenciais de conexão com o canal de drenagem principal, na medida em que as encostas contribuem com fluxos de água e materiais para os sopés das encostas e para zonas de convergência de fluxos. Nestas áreas, a água e outros materiais podem se depositar ou serem arrastados para a rede de drenagem em função da capacidade do escoamento superficial. (DIKAU, 1990; MARQUES, 1990; HARVEY, 2002, COELHO NETTO, 2007; FRYIRS et al., 2009; PAULA, 2010; CHRISTOFOLETTI, 2011; GUERRA, 2011; RIBEIRO et al., 2011).

As áreas de produção são áreas de (des)conectividades na medida em que são capazes de bloquear ou modificar o fluxo de detritos e água nas encostas e na subsuperfície, e entre as encostas e vales fluviais, causando o aumento da sensibilidade da conectividade e de instabilidades nos sistemas. De acordo com a literatura, áreas de maior sensibilidade da conectividade são constituídas por mecanismos de ligação (lateral, vertical ou longitudinal) com menor resiliência aos efeitos causados por eventos extremos ou por mudanças ambientais em relação a outros locais de um sistema ambiental (LIMA, 2010; FRYIR, 2013).

Nas áreas de produção o aumento da sensibilidade da conectividade pode ser caracterizado por padrões de (des)conectividade, onde são identificadas estruturas e comportamentos do modelado capazes de bloquear ou dificultar os mecanismos de ligação vertical nas encostas, responsáveis pela capacidade de transporte de fluxos e materiais entre a superfície e subsuperfície. Estas áreas de (des)conectividades serão mais ou menos sensíveis a produção de água e materiais em função dos fatores geológicos, geomorfológicos (declividade e tipo de vertente), pedológicos e uso da terra. E ainda, de acordo com estudos de Harvey (2002), Brierley et al. (2006) e Fryirs (2013), considera-se que tais áreas podem ter maior ou menor potencial de conectividade lateral em função de sua proximidade e rotas preferenciais até o canal de drenagem.

Assim, para melhor estudar a sensibilidade da conectividade nas dimensões verticais e laterais (em termos potenciais) nas bacias urbanas, o trabalho teve como objetivo identificar áreas suscetíveis à produção de detritos (desconexões) nas encostas das bacias do rio Grande e Anil (município do Rio de Janeiro), e a proximidade de suas possíveis rotas com os canais de drenagem.



Mapa 1 – Localização das bacias do rio Grande e Anil na Baixada de Jacarepaguá e município do Rio de Janeiro: Identificação dos principais canais de drenagem das bacias

Metodologia

A avaliação das áreas de produção e rotas preferenciais dos detritos nas bacias do rio Grande e Anil foi realizada utilizando geoprocessamento, o qual proporcionou a análise de ortofotos de imagens de alta resolução e o cruzamento de diferentes bases de dados.

Assim, para identificação das áreas de produção foi feita a observação das ortofotos de 2013, com resolução de 10 cm (IPP, 2013), fixando uma escala de análise em 1:2.000. O alto nível de detalhamento das ortofotos permitiu que fossem criados pontos indicativos da geração e transporte de detritos causados pelos diferentes tipos de exposição dos solos, tais como extração mineral, exploração de saibreiras, cortes de taludes, construção de estradas, marcas de ravinas e solo exposto com afloramento do regolito.

As áreas de produção são áreas de solo exposto que podem ter sofrido processos erosivos, movimentos de massa ou mudanças no uso e cobertura da terra por atividades antrópicas (extração mineral, desmatamento, abertura de vias, etc). Podem ser observadas através da identificação de morfologias que apontem a ocorrência ou a suscetibilidade a produção de água e sedimentos, tais como: cicatrizes de erosão (ravinas, voçorocas), solos exposto e rocha exposta (estas por serem áreas potenciais a produção de água).

Para cada ponto foi criada uma margem de influência de cinco metros, e para estas áreas foi realizada a sobreposição de camadas de dados e cruzamentos. Estas camadas se referem a variáveis geomorfológicas de declividade e geometria de encostas, e também da erodibilidade dos tipos de solos, com o objetivo de reconhecer, dentre áreas identificadas com algum tipo de solo exposto, as situações mais propícias à produção de detritos pelo conjunto de condicionantes físicos locais.

A erodibilidade dos solos do município do Rio de Janeiro foi identificada pela Embrapa (2004), que os classificou por meio de suas características intrínsecas como matéria orgânica, estrutura, granulometria e gradiente textural.

Para efeito do presente estudo a erodibilidade dos solos trazem como informação a suscetibilidade de cada tipo de solo em produzir materiais.

Dessa forma, os critérios supracitados nos parágrafos anteriores nortearam a ponderação de notas para as variáveis de declividade, geometria das encostas e erodibilidade dos solos existentes nos pontos de produção identificados nas bacias do rio Grande e Anil. Após a ponderação das notas de cada componente, foi realizado o cruzamento dos mapas tomando como base o método multicritério que, segundo Xavier-da-Silva (2001) e estudos recentemente publicados de Carvalho e Costa (2015), consideram o peso das variáveis igualmente importantes para identificação do potencial de ocorrência de um dado processo.

A ponderação de notas para os mapas de declividade, geometria das encostas e pedologia foi elaborada tendo por base a consulta aos especialistas (método Delphi) e em pesquisas bibliográficas nos trabalhos de: Guerra e Cunha (2007); Paula (2010); Guerra (2011); Silva (2011; 2012); Guerra, Silva e Botelho (2012) e Ribeiro (2013). A divisão das classes ficou da seguinte forma:

- Muito baixa – notas 1 e 2
- Baixa – notas 3 e 4
- Moderada – notas 5 e 6
- Alta – notas 7 e 8
- Muito alta – notas 9 e 10

Importante ressaltar que a ponderação de notas não considerou valores nulos de suscetibilidade a produção de detritos uma vez que a identificação das áreas pela observação de solo exposto deixa evidente nas ortofotos que existe alguma produção.

O resultado do cruzamento das notas das três variáveis apontou as áreas mais e menos suscetíveis à produção de detritos, indicando as condições relativas da conectividade na dimensão vertical das áreas de produção.

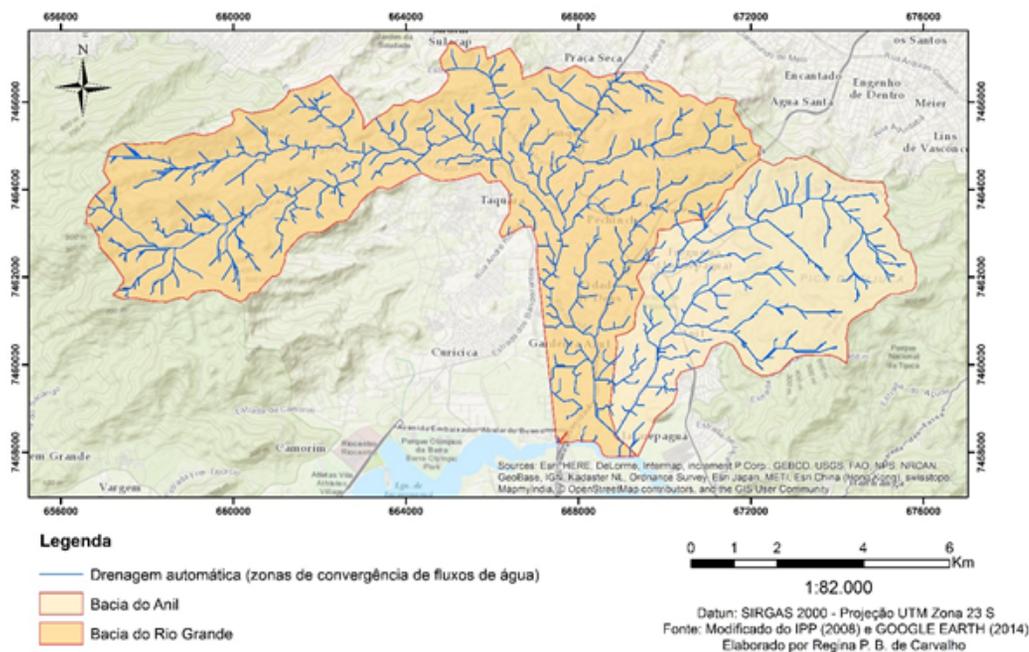
As áreas identificadas como potencialmente produtoras de água e sedimentos foram relacionadas às zonas de fluxo acumulado nas bacias. Para isso foi gerada uma drenagem automática com o máximo de feições de zonas com tendência ao acúmulo de fluxos, de acordo o trabalho de Sobrinho, Oliveira, Rodrigues e Ayres (2010). Nesse momento a pesquisa utilizou as ferramentas Spatial Analyst Tools/ Hydrology do programa ArcGis 10.1, as quais geram dados raster de fluxo acumulado e direcionamento de fluxos para gerar, posteriormente, um arquivo vetorial de drenagem. Nesse processo, a fórmula que condiciona a quantidade de linhas de fluxos depende do valor que é dado para a quantidade de células que serão processadas nos arquivos raster, sabendo que quanto menor for o valor, maior será a quantidade de feições de drenagem SOBRINHO, OLIVEIRA, RODRIGUES & AYRES, 2010). Assim, após testar alguns valores de células processadas (1, 5, 10, 25, 50, 100 e 200), para a metodologia proposta por esta pesquisa o melhor resultado foi obtido pelo valor vinte e cinco (25) na fórmula, o que gerou uma rede de drenagem propositalmente “mais poluída”. Essa escolha se deve pelo dado gerado atender a dois critérios importantes para essa etapa: (a) proximidade de linhas de fluxo com as áreas de produção, auxiliando na etapa posterior de condução/estabelecimento das rotas até a rede de drenagem principal, e (b) similaridade da drenagem automática com o dado do IPP (2008a), sobre a rede de drenagem restituída da cidade do Rio de Janeiro, viabilizando o cruzamento e uso de ambos os arquivos.

Após essa etapa foi utilizado o dado gerado de drenagem automática para traçar os caminhos prováveis até alcançar a drenagem principal. E assim foi possível identificar as rotas preferenciais do escoamento superficial e dos sedimentos arrastados durante esse processo. O cálculo da proximidade das áreas de produção com a drenagem principal foi realizado também no programa ArcGis 10.1, utilizando as ferramentas e Analysis tools/ Proximity, a qual gerou uma tabela com valores de distância em metros.

Por meio da geração da drenagem automática pôde-se observar que todas as áreas de fluxo acumulado, desde os canais de zero e primeira ordem até os de drenagem mais desenvolvida, são possíveis rotas a serem seguidas pelos fluxos de água e detritos oriundos das encostas.

Drenagem automática* das bacias do rio Grande e rio Anil, Baixada de Jacarepaguá (Rio de Janeiro)

*Zonas de acúmulo de fluxos de água geradas a partir do MDTHC, incluindo canais de zero ordem e hidrografia perene.



Mapa 2 - Drenagem automática.

Como resultado das análises foi gerada uma tabela com os valores de proximidade dos pontos de suscetibilidade a produção de detritos e zonas de fluxo acumulado, e um mapa com a localização dessas áreas e suas rotas potenciais até o encontro com a drenagem perene.

Após as análises laboratoriais, foram realizadas visitas de campo no intuito de validar os resultados identificados sobre as características das áreas de produção que pudessem apontar mudanças na sensibilidade dos mecanismos de ligação (desconectividades). Os trabalhos de campo foram realizados nos dias 12/12/2015, 10/03/2016, 31/03/2016 e 08/04/2016. A escolha das áreas visitadas ocorreu principalmente em função das condições de acesso e segurança.

Resultados

Para as análises, foram identificadas as áreas de produção de detritos e suas relações com a declividade, morfologia das encostas, tipos de solo e proximidade com a rede de drenagem. A partir desta, gerou-se uma nova tabela com a síntese dos resultados:

Tabela 1 - Relação de proximidade das áreas suscetíveis a produção de sedimentos com a rede de drenagem das bacias do rio Grande e Anil.

Classe de suscetibilidade a produção de sedimentos	Número de pontos	Média da proximidade (m)	Desvio Padrão (m)
Muito baixa	3	14,6	4,56
Baixa	9	47,8	48,50
Moderada	11	61,3	47,02
Alta	11	65,4	58,96
Muito alta	2	26,8	21,50

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram identificadas 36 áreas de suscetibilidade a produção de detritos nas bacias do rio Grande e rio Anil, sendo que na primeira se concentram 33 pontos e na segunda apenas 3. Na bacia do rio Grande, o rio Tindiba, junto ao canal da Covanca (seu afluente) é a que congrega a maior quantidade de áreas de produção (14 áreas distintas). Seguido a ela, o rio Pequeno recebe o aporte de detritos de 6 áreas de produção, enquanto o rio Grande recebe de 5 áreas que se dirigem diretamente a este canal de drenagem. As demais áreas de produção desta bacia se distribuem entre os seus demais afluentes (8 áreas).

Já na bacia do rio Anil, foram identificadas apenas três áreas de suscetibilidade a produção de detritos: 2 que se localizam mais próximas aos canais do Quitite (alta e muito alta suscetibilidade a produção) e 1 próxima ao canal do rio Sangrador (baixa suscetibilidade).

As águas e materiais produzidos nas encostas das bacias do rio Grande e Anil apontam as relações entre as dimensões da conectividade dos sistemas ao assumirem rotas preferenciais específicas. Estas ocorrem em função da proximidade das áreas de produção com as zonas de formação de fluxo acumulado e incluem os canais de zero e primeira ordem.

As áreas com classe de muito baixa suscetibilidade são 3. São solos expostos de uso urbano localizados em terrenos planos (0 a 3% de declividade) e com uma proximidade média da rede de drenagem de 14,6 metros e desvio padrão de 4,56 metros. São exemplos os pontos P20 e P21 (figuras 1 e 2), onde são realizadas atividades de comércio de cerâmica e tijolos. Essas áreas apresentam solo exposto pela presença de um aterro de mais ou menos 3 metros sobre os terrenos de charco originais, segundo o dono da empresa de tijolos.



Figura 1 - P20



Figura 2 - P21

Fonte: Dados da pesquisa

Na classe baixa existem 9 áreas de produção por solo exposto por estar associado a afloramentos rochosos, com regolito ou extração mineral, posicionadas, em maior parte, em áreas altas sem grandes declives e entre as declividades de 20 a 45% e 45 a 75%, nas encostas com morfologias convexas (convergentes e divergentes) ou côncava convergentes, com presença de latossolos ou de áreas urbanizadas. Nessa classe a proximidade das áreas de produção com a rede de drenagem ficou na média de 47,8 m com um desvio padrão de 48,5 m, indicando que as 9 áreas apresentam um distanciamento similar da hidrografia. Um exemplo desse tipo de área de produção é o campo de futebol comunitário localizado entre os vales das encostas do Parque da Pedra Branca: ponto P2 (figura 3).



Figura 3 - P2

Fonte: Dados da pesquisa

As 11 áreas localizadas na classe de moderada suscetibilidade a produção de detritos são solos expostos por cortes de talude e áreas de extração mineral localizadas principalmente entre as declividades 45 a 75% seguida de 20 a 45%, vertentes côncavas ou convexas divergentes/convergentes em argissolos ou latossolos, com uma distância média de 61,3 metros e desvio de 47,02 m da rede de drenagem. Essa classe é a que apresenta a maior variabilidade de valores de

distância entre áreas de produção e drenagem, sendo que o mais próximo está a 3 metros do córrego e o mais distante a 151 metros. São exemplos dessa classe os pontos P4, P6 e P10, que indicam ocorrência de solo exposto por corte de talude, o que têm incitado o aumento de processos erosivos nesses locais.

Destaca-se que algumas situações na classificação da suscetibilidade à produção de detritos levaram a crer que nas bacias urbanas o uso da terra é um fator preponderante para as análises. Por exemplo, os pontos P4 e P5 (figuras 4 e 5).

O primeiro, P4, tem classificação moderada, pois se localiza em vertentes côncavas-convergentes; e o segundo, P5, foi classificado como de baixa suscetibilidade a produção, por estar mais associado a escarpas artificiais, elementos que junto a outras características físicas enquadraram estas áreas em classes distintas. Porém, independentemente de sua distinção na análise conjunta dos elementos, o fato é que ao longo do tempo houve o avanço da extração mineral, e os dois pontos que são bastante próximos, evidentemente se tornaram atualmente áreas com potenciais mais elevados a produção de detritos.



Figura 4 – Ortofoto de 2013: P4 e P5, escala 1:250



Figura 5 – Pontos P4 e P5 em 12/12/2015

Fonte: Dados da pesquisa.

Situação semelhante acontece com a área identificada como P8 (figuras 6 e 7) que, por suas características físicas é classificada como de baixa suscetibilidade, porém, devido a grandes transformações no uso da terra e em termos comparativos com outras áreas potencialmente produtoras de detritos, constatou-se durante os trabalhos de campo, que sua classificação deve ser revista, pois apesar do local ser latossolo (vermelho amarelo distrófico), o que diminui relativamente seu potencial de erosão, a área teve seu potencial de produção intensificado pelas atividades de exposição dos solos e cortes de taludes.



Figura 6 - Ortofoto de 2013: P8, escala 1:2000.

Figura 7 – Ponto P8 em 12/12/2015.

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos casos apresentados anteriormente (pontos P4, P5 e P8), o aumento da produção de detritos são indicativos da redução da capacidade de transferência dos fluxos de água e materiais na dimensão vertical da conectividade, aumentando, portanto, o potencial de conectividade lateral (entre as encostas e vales fluviais) pelo aumento da intensidade do escoamento superficial.

Na classe de alta suscetibilidade foram mapeadas 11 áreas com solo exposto, por estarem associadas ao regolito, exploração de saibreira ou ravinas. Nestes pontos as declividades variam de 8 a 20%, 20 a 45%, 45 a 75% com morfologias côncavas convergentes, convexa convergente ou topos de elevação, e cobertura predominantemente de argissolos. A proximidade com a drenagem ficou na média de 65,4 m e desvio de 58,9 metros, havendo maior heterogeneidade no distanciamento entre as áreas de produção e de fluxos acumulados.

Alguns pontos da classe de alta suscetibilidade apresentaram situações que, possivelmente, deveriam ter o potencial de produção de detritos reduzido. Nos pontos P0 (figuras 8 e 9) e P1 (figura 8), também muito próximos, o conjunto de características físicas dessas áreas, tais como localizados em trechos de argissolos (vermelho-amarelo, distrófico) e a exploração de saibreira fizeram com que as duas áreas tivessem o potencial de produção de detritos classificados como alto em relação a outras áreas. Neste caso, destaca-se a identificação do uso da terra de 2013 (solo exposto por saibreira) como um dos fatores preponderantes para o maior peso de produção de detritos nestes locais, apesar de sua declividade baixa (entre 8 a 20%). Contudo, na visita de campo realizada em 10/03/2016, não foi constatado a continuidade da exposição dos solos pela extração de saibreiras, e pelo que foi observado a área está atualmente coberta por vegetação rasteira. Com isso, esses pontos tiveram seu potencial de produção de detritos reduzido, ampliando a capacidade dos mecanismos verticais de ligação com o aumento da capacidade de infiltração de água nos solos e do transporte de minerais.



Figura 8 – Ortofoto de 2013: P0 e P1, escala 1:2000



Figura 9 – P0 em 10/03/2016, com cobertura recente de vegetação rasteira

Fonte: Dados da pesquisa.

Já na classe de muito alta suscetibilidade foram identificadas 2 áreas de produção, uma em solo exposto e outra em solo exposto por obra de estradas. Ambas estão localizadas entre as declividades de 45 a 75% de encostas côncavas-convergentes com formação de argissolos. Apresentam uma média de aproximação com a drenagem de 26,8 metros com desvio de 21,5, sendo que uma das áreas está a 11,6 metros de distância da drenagem e a outra a 42 metros. Um exemplo dessa classe pode ser visualizado no ponto P36 (figura 10).

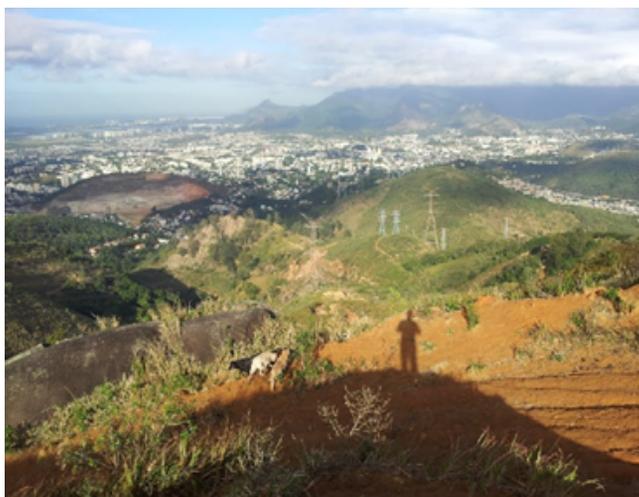
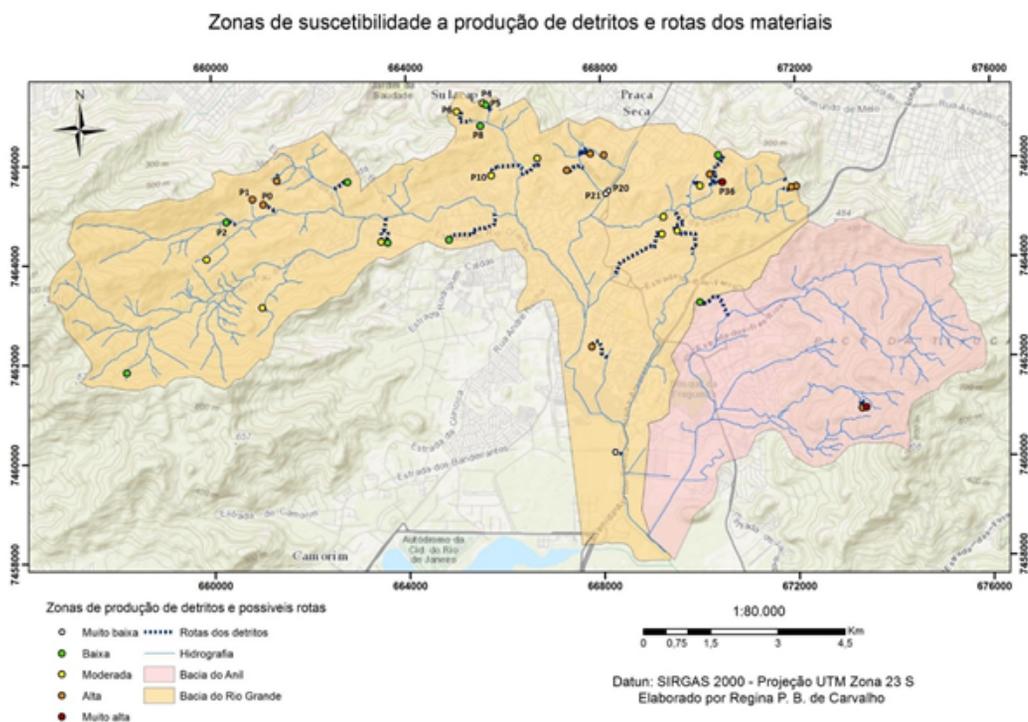


Figura 10 - Foto do ponto P36

Fonte: Google Earth, 2014



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme pode ser observado no mapa 3, todos os pontos de suscetibilidade à produção de detritos estão localizados próximos à rede de drenagem perene, em especial as áreas de produção das classes muito baixa e muito alta, sendo as áreas de moderada e alta suscetibilidade a produção de detritos as que possuem rotas mais extensas até os mesmos.

Assim, todo o material e fluxo de água produzido nas bacias do rio Grande e Anil são gradualmente transferidos para a rede de drenagem perene de forma mais acelerada quando originado das zonas de alta e muito alta suscetibilidade a produção de detritos, e menos acelerada, quando oriundas das áreas de muito baixa, baixa e moderada suscetibilidade. Ao longo dos canais fluviais a água e os detritos produzidos e transportados poderão ser retidos conforme o comportamento do fluxo e morfologia fluvial.

Conclusão

Na escala das encostas a identificação das áreas de suscetibilidade a produção de detritos e suas rotas preferenciais, assim como a proximidade com a rede de drenagem, foram utilizadas como geoindicadoras da sensibilidade da conectividade nas bacias urbanas. Assim, a classificação dessas áreas nas duas bacias auxiliou na indicação de tendências sobre a atuação dos mecanismos de ligação verticais e laterais.

Sobre a metodologia de identificação de pontos de suscetibilidade a produção de detritos foi observado que a utilização de ortofotos de alta resolução foi imprescindível para possibilitar a identificação do solo exposto e da atividade empregada naquele momento (no caso, ano de 2013). A partir dela foi possível realizar comparações com informações detalhadas sobre as transformações no

uso da terra ocorridas naquele ano e na atualidade (entre 2015 e 2016).

Dessas análises foi constatado o peso determinante do fator uso da terra na suscetibilidade de produção de detritos, em especial nas encostas de bacias urbanizadas. Isso pois, uma vez que as transformações nas condicionantes físicas originais (tais como formas das encostas, pedologia e declividade) são intensas e aceleradas, a remoção da cobertura vegetal e introdução de alguma atividade antrópica, pode recondicionar em pouco tempo e de maneira incisiva o potencial de produção de fluxos de água e detritos nesses ambientes.

Em relação aos resultados alcançados, os mesmos mostraram que a bacia do rio Grande possui maior sensibilidade entre os mecanismos verticais da conectividade em relação a bacia do Anil, apontadas pela maior quantidade de pontos indicando (des)conectividades.

Em relação a conectividade lateral conclui-se que a maior proximidade das áreas suscetíveis a produção de detritos com a drenagem do Anil faz com que esta seja potencialmente mais conectada do que a primeira, o que pode estar relacionado ao elevado gradiente das encostas e vales desta bacia que força o condicionamento desse fator em relação a outras variáveis como geometria das encostas, pedologia e uso da terra. Na bacia do rio Grande as rotas e proximidade das áreas suscetíveis a produção de detritos com os canais de drenagem variam mais em função das classes, o que leva a crer que nesta bacia a morfologia das encostas, pedologia e uso da terra possuem um peso maior na capacidade de transporte dos fluxos e materiais do que na bacia do Anil.

As rotas dos materiais retrataram a proximidade das áreas de produção com a rede de drenagem, indicando na escala da bacia, o caminho que os detritos e fluxos de água produzidos naquelas áreas tendem a percorrer mediante a variação do relevo. Através da definição das rotas preferenciais foi possível estabelecer relações entre as zonas de sensibilidade nas encostas (as áreas de produção) e nos canais principais da drenagem, pelos quais foi constatado que as áreas de muito baixa suscetibilidade a produção são as mais próximas da rede de drenagem principal, e as áreas mais distantes são as de alto potencial de produção. Tais resultados apontam que nas áreas mais próximas a rede drenagem podem ocorrer situações extremas, com mais alto ou mais baixo potencial de produção de detritos. Portanto, considera-se que a drenagem possa ter uma função catalizadora para a ocorrência dos processos vigentes em locais muito próximos aos canais perenes, instigando ora o aumento do potencial da conectividade vertical, quando a suscetibilidade à produção de uma área for muito baixa, ou o aumento do potencial da conectividade lateral, quando a suscetibilidade à produção for muito alta.

Por fim, os resultados apontados pelo método de análise de áreas de produção e identificação de rotas potenciais dos detritos até a rede de drenagem para áreas urbanas se mostrou eficiente para estudar a sensibilidade dos mecanismos de ligação verticais e laterais, apontando, na escala da bacia, o potencial da conectividade de áreas com presença de solo exposto nas encostas nas duas dimensões da paisagem, até alcançar a drenagem permanente. Contudo, é pertinente que sejam utilizados dados atualizados e que haja validação das áreas de produção por trabalhos de campo, de forma a complementar os resultados e explicar eventuais situações em que o potencial de produção das áreas possa se mostrar diferente (em termos comparativos) do que o que fora apontado pelo modelo. Isso pode ocorrer face as rápidas transformações no uso da terra em meio urbano.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, A. M. Análises hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para comparação de duas bacias hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu. 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Pós-Graduação em Geografia Física, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2009.
- BERNETT, R. J.; CHORLEY, R. J. *Environmental Systems: Philosophy Analysis and Control*. London: Methuen, 1978. 541 p.
- BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC, 2003. v. 3, p.877-1436.
- BRIERLEY, G. J., FRYIRS, K. A., JAIN, V. Landscape connectivity: The geographic basis of geomorphic applications. *Area*, v. 38 (2), p. 165–174, 2006.
- CRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 256 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia, 13 ed. São Paulo: E. Blucher, 2011. 188 p.
- CHORLEY, R. J., KENNEDY, B. A. *Physical geography: A systems approach*. London: Prentice Hall International, 1971, 370 p.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Antônio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). *Geomorfologia: uma revisão de conceitos e bases*. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2007, v. 7, p. 93-148.
- DIKAU, R. Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 2 (80), p. 45-55, 1990.
- EMBRAPA SOLOS. Mapeamento pedológico do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. 1 mapa. Escala: 1:75.000.
- FRYIRS, K.A., BRIERLEY, G.J, PRESTON, N.J., KASAI, M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, p. 70. 49–67, 2007.
- FRYIRS, K.A., SPINK, A.; BRIERLEY, G.J. Post-European settlement response gradients of river sensitivity and recovery across the upper Hunter catchment, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*, North Ryde, v. 34, p. 897-918, 2009.
- FRYIRS, K. A. (Dis)Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*. North Ryde, v. 38, p. 30–46, 2013.
- GOOGLE EARTH. Imagem de satélite da Baixada de Jacarepaguá, cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Google Earth, 2014. Acesso em: 22 dez. 2014.
- GREGORY, K. J. A natureza da Geografia Física. Rio de Janeiro: Bertrand, 1985. 367p.
- GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. In: Guerra, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia Urbana*. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, v. 1, p. 13-42.
- HARVEY, A. M. Coupling between hillslopes and channels in upland fluvial systems: implications for landscape sensitivity, illustrated from the Howgill Fells, northwest England. *Catena*, v. 42, p. 225–250, 2001.
- HARVEY, A. M. Effective timescales of coupling within fluvial systems. *Geomorphology*, v. 44, p. 175–201, 2002.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS (IPP). Ortofotos da Baixada de Jacarepaguá, município do Rio de Janeiro, do ano de 2013. Resolução de 10 cm. Rio de Janeiro: IPP, 2013.
- LIMA, R. N. de S. Conectividade dos ambientes fluviais: Implicações para avaliação da sensibilidade do sistema de drenagem da bacia do rio Macaé (RJ). 2010. 110 f. Dissertação (mestrado em Geografia), PPGG/IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.
- MARQUES, J. S. A Participação dos Rios no Processo de Sedimentação da Baixada de Jacarepaguá. 1990. 437 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Rio Claro, 1990.
- PAULA, E. V. Análise do Processo de Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina: Uma Abordagem Geopedológica. 2010. 158 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- RIBEIRO, M. F.; TRIANE, B. P.; COSTA, N. M. C. Zoneamento de bacias urbanas com base em processos hidrológicos e erosivos: uma aplicação no maciço da Pedra branca – RJ. In: RIANE, T. S. N., MARCOS, A.V.F., ROSA, L. P. (Org.) *Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano*. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, p. 111 -156.
- SILVA NETO, J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. *Geografia (Londrina)*, v. 22, n. 1, p.05-25 jan/abr. 2013.
- SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Revista Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan./fev. 2010. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a05v30n1>>. Acesso em 02/12/2016.
- SOUZA, P. A. de. Dinâmica Hidrossedimentológica e Padrões de conectividade no rio Macaé (RJ). 2013. 111 f. Mestrado em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Instituto de Geociências, IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.