

CARACTERIZAÇÃO DE INDICADORES GEOMORFOLÓGICOS PARA A ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

ANTONIO CHRISTOFOLETTI

Instituto de Geociências e Ciências
Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro

Abstract. This paper shows the premisses, concepts, approaches and criteria to analyse the geomorphological indicators concerned with the environmental sustainability.

Keywords: Environmental Sustainability; Geomorphological Indicators.

Sentimo-nos imensamente honrado com o convite formulado pela Comissão Organizadora do *Simpósio Nacional de Geomorfologia* para participar da Mesa Redonda a respeito da *Geomorfologia e Sustentabilidade Ambiental*. Em nossa exposição abordaremos as premissas, o objetivo do presente trabalho, as noções básicas, o contexto funcional e escalar das bacias hidrográficas e critérios a respeito de indicadores geomorfológicos relevantes para a análise da sustentabilidade ambiental.

Introdução

Dois itens são fundamentais para estabelecer o quadro referencial para a exposição: as premissas e os objetivos. Entre as **premissas** podemos salientar que:

- a) inerentemente está se focalizando as características e funcionalidade dos **sistemas ambientais físicos (geossistemas)**;
- b) que tais sistemas possuem expressão territorial, cuja espacialidade é refletida pela estruturação de seus elementos;
- c) que essa organização espacial subjacente é a base, sendo que sua potencialidade constitui o suporte para a inserção do sistema sócio-econômico;
- d) que a inserção do sistema sócio-econômico interage e promove alterações e mudanças nas características dos elementos e nos fluxos de matéria e energia;
- e) que a magnitude das atividades sócio-econômicas (como inputs) pode ocasionar ultrapassagens de limiares na dinâmica dos processos nos sistemas ambientais, repercutindo na passagem de estados (ultrapassando a resiliência e reajustando-se em outra fase-estado); e
- f) que a meta final do desenvolvimento sustentável é promover a utilização dos recursos ambientais dentro de parâmetros da escala de resiliência, mantendo-se a estabilidade do sistema e, portanto, a sua sustentabilidade.

Considerando que as formas de relevo constituem um componente do sistema ambiental físico (geossistema), o **objetivo** dessa exposição é apresentar critérios e discernir indicadores geomorfológicos que possibilitem expressar as características das formas topográficas e a dinâmica dos processos geomorfológicos, propiciando parâmetros para se estabelecer a amplitude da resiliência e avaliar a sua estabilidade, em função da sustentabilidade ambiental necessária ao desenvolvimento sócio-econômico e aos padrões e à qualidade de vida dos agrupamentos humanos.

Noções básicas

Várias noções básicas devem ser expostas para adequadamente procurar atingir o objetivo proposto. Essas noções referem-se à organização espacial, sistema ambiental físico, sistema sócio-econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade ambiental.

A) *Organização espacial* - A Geografia é a disciplina que estuda as organizações espaciais. Dois componentes básicos entram em sua estruturação e funcionamento, representados pelas características do sistema ambiental físico e pelas do sistema sócio-econômico. As organizações espaciais são entidades estruturadas, com representação expressa na superfície terrestre, constituindo-se em sistemas altamente complexos. Tais complexidades podem ser analisadas sob perspectivas holísticas ligadas com os sistemas dinâmicos, não-lineares, com comportamento caótico, e absorver o amplo arsenal técnico disponível para analisar a estruturação espacial, a dinâmica funcional e as transformações evolutivas;

B) *Sistema ambiental físico (geossistema)* - Os geossistemas são entidades que representam a organização espacial dos elementos componentes do quadro físico (topografia, vegetação, solos, águas e desencadeador climático). São entidades complexas, mas

em nível hierárquico menor que o das **organizações espaciais**, em cujo conjunto funcionam como suporte para o sistema sócio-econômico. Representam os condicionantes para as atividades sócio-econômicas e o potencial disponível para ser manejado;

C) *Sistema sócio-econômico* - Os sistemas sócio-econômicos são entidades que representam a organização espacial dos componentes das atividades sociais e econômicas exercidas pelos grupamentos humanos (cidades, uso do solo rural, indústrias, redes de transporte e comunicações e potencializador da sociedade). São entidades complexas, mas em nível hierárquico menor que o das **organizações espaciais**. Integram e inserem *inputs* na dinâmica dos sistemas ambientais;

D) *Desenvolvimento sustentável* - Embora as menções hajam surgido no início da década de setenta, uma definição mais consentânea foi apresentada no Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que constitui a obra **Our Common Future** (1987), assinalando que é "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades". Essa definição envolve três aspectos: o desenvolvimento econômico, uso e manutenção da potencialidade ambiental e a melhoria das condições sociais;

E) *Sustentabilidade ambiental* - A sustentabilidade ambiental significa o processo de manter ou melhorar as características e funcionalidade dos sistemas de suporte terrestre como condições adequadas para as comunidades biológicas e humanas. Em princípio, não se inclui os seres humanos e suas atividades pois eles se tornam os beneficiários, buscando-se a melhoria dos padrões e da qualidade de vida. Se o desenvolvimento sustentável representa a meta a ser atingida, a sustentabilidade ambiental engloba os procedimentos de mensuração e a qualificação dos indicadores para operacionalizar o desenvolvimento sustentável. Ambos os termos não podem ser confundidos (MUNASINGHE & SHEARER, 1995). Não se deve esquecer que o conceito e os critérios para analisar a sustentabilidade são essenciais para os estudos de impactos ambientais (SIMPSON, 1996).

A bacia hidrográfica como unidade funcional integrativa para a análise da dinâmica geomorfológica

Quando se deseja estabelecer indicadores geomorfológicos para analisar a sustentabilidade ambiental, uma preocupação relevante consiste em escolher a unidade espacial básica para o referencial analítico. Para determinadas variáveis morfométricas (rugosidade topográfica, declividade de vertentes, etc)

pode-se utilizar uma área delimitada por diversos critérios (limites administrativos, quadriculas, etc), porque não há vinculação imediata com a caracterização e mensuração dos processos. Entretanto, quando se deseja vincular as características morfométricas à dinâmica dos processos, deve-se utilizar de unidades funcionais integrativas. Para esse contexto, as bacias hidrográficas surgem como sendo adequadas.

As bacias hidrográficas surgem como unidades funcionais, com expressividade espacial, sendo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução. Para a análise, a concepção de abordagem holística, tendo como direcionamento as bases conceituais dos sistemas dinâmicos para a análise de unidades espaciais complexas, é plenamente satisfatória. Como as microbacias possuem grandeza territorial, a caracterização espacial torna-se aspecto inerente. Por essa razão, é preciso que se faça o estudo analítico da morfologia e do funcionamento dessas unidades. Por outro lado, como sistemas abertos, possuem relacionamentos com outros sistemas, sendo também necessário conhecer as relações internas entre os componentes e as interações entre sistemas diferenciados. Todavia, não se pode esquecer que o padrão espacial observável e as características do sistema atual representam respostas a um continuum evolutivo, à seqüência de eventos que se sucedem ao longo do tempo. O estudo da dinâmica é essencialmente realizado na grandeza da escala temporal, pois reflete as ajustagens internas à magnitude dos eventos, mantendo a sua integridade funcional ou se reajustando em busca de mudanças adaptativas às novas condições de fluxo. Nessa perspectiva de funcionalidade integrativa entre as características do geossistema e do sistema sócio-econômico, as bacias hidrográficas tornam-se as unidades fundamentais para a mensuração dos indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental.

No contexto do geossistema (sistema ambiental físico), o componente geomorfológico consiste na expressividade das formas de relevo, considerando a sua morfologia e processos. No sistema da bacia hidrográfica, os dois subcomponentes básicos estão representados pelas vertentes e pela rede de canais fluviais.

Em função dos *inputs* climáticos e dos produtos hidrológicos, há uma diretriz para se integrar a compreensão dos processos geomorfológicos na funcionalidade das bacias hidrográficas. As características morfológicas das vertentes e dos canais fluviais e a dinâmica dos processos morfogenéticos e fluviais combinam-se para expressar a análise geomorfológica na entidade integrativa das bacias hidrográficas.

Dessa maneira, a caracterização de indicadores geomorfológicos para a sustentabilidade ambiental deve expressar a funcionalidade e relevância dos processos morfogênicos nas vertentes e na rede de canais. E para que haja a análise adequada em vista da sustentabilidade deve-se também considerar as questões escalares espaciais e temporais.

Qual a escala espacial adequada para a mensuração dos indicadores geomorfológicos? Seriam as informações obtidas nas micro, meso ou grandes bacias? Qual a escala temporal de informação adequada para verificar a estabilidade e mudanças nos indicadores geomorfológicos? Seriam as informações obtidas ao longo do ano, do decênio, do século ou do milênio?

Indicadores geomorfológicos relevantes para a análise da sustentabilidade ambiental.

Os indicadores de sustentabilidade ambiental são os derivados da natureza e características dos geossistemas, diferenciados dos indicadores que possam ser utilizados para avaliar a sustentabilidade ecológica, social e econômica. De modo genérico, para a sustentabilidade ambiental, os indicadores são escolhidos baseando-se no pressuposto de que devem preencher os seguintes requisitos (HATCHER, 1996):

- a) representar adequadamente um componente crítico do geossistema;
- b) poder ser isolado, para análise, no contexto no sistema ambiental;
- c) ser mensurado de modo preciso e repetidamente;
- d) ser compreendidos e interpretados em termos de sua funcionalidade no geossistema, a fim de que as mudanças possam ser valorizadas como benéficas ou maléficas.

Em consequência desses pressupostos, para que os indicadores possam ser analisados e avaliados em sua função para com a sustentabilidade ambiental, torna-se necessário que:

- a) expressem adequadamente o *status* de uma característica ambiental significativa e fundamental;
- b) sejam compreendidos e validados pela comunidade;
- c) sejam mensuráveis de modo prático e analisados estatisticamente, produzindo dados defensáveis pela lógica;
- d) possuam ligações compreensíveis e analisáveis com outros indicadores;
- e) representem, ou diretamente se relacionem com, valores relevantes da comunidade.

As variáveis sobre as formas e processos devem ser mensuradas nas vertentes e na rede de canais. Como temática inicial relaciona-se, nesta oportunidade, apenas dez variáveis. Em função dos requisitos apresentados,

quais delas seriam os indicadores geomorfológicos relevantes para avaliar a sustentabilidade ambiental?

01. declividade das vertentes;
02. comprimento das vertentes;
03. percentual das áreas conforme as classes de declividade;
04. rugosidade topográfica;
05. erosividade e erodibilidade dos solos;
06. frequência e densidade dos escorregamentos e deslizamentos;
07. carga detrítica no escoamento superficial;
08. volume e área de acumulação detrítica nos fundos de vales;
09. carga detrítica nos cursos d'água;
10. áreas sujeitas às inundações.

Referências Bibliográficas

- HATCHER, R. L. - Local indicators of sustainability: measuring the human ecosystem. in *Sustainable Development* (NATH, B., HENS, L. & DEVUYST, D., org.), p. 181 a 203. Bruxelas, The VUB Press, 1996.
- MUNASINGHE, M. & SHEARER, W. - *Defining and measuring sustainability: The biogeophysical foundations*. Washington, The World Bank, 1995.
- SIMPSON, B. - Sustainability and Environmental Assessment. *Geography*, 81 (3): 205-216, 1996.