# FUNDAMENTOS PARA O MAPEAMENTO DE GEOSSISTEMAS: UMA ATUALIZAÇÃO CONCEITUAL

*Lucas Costa de Souza CAVALCANTI*[1]
*Antônio Carlos de Barros CORRÊA*[2]
*José Coelho de ARAÚJO FILHO*[3]

## Resumo

No geral, os textos estrangeiros citados pela geografia física brasileira, tratando da teoria dos geossistemas resumem-se a três artigos de Nikolai Berouchashvili (em francês) e dois de Viktor Sochava (em português). Além destes, destaca-se o texto de Bertrand traduzido para o português em 1972 e o de Maria Bolós (em espanhol). Este trabalho propõe uma atualização conceitual de fundamentos para mapeamento de geossistemas com base em revisão de literatura recente produzida por geógrafos do Leste Europeu (sobretudo da Rússia, Ucrânia, Polônia e Geórgia) e da Oceania (Austrália e Nova Zelândia), áreas onde o conceito de geossistema permanece em voga na ciência geográfica. A maioria das referências tendo sido produzida nos últimos dez anos (a partir de 1999). São apresentadas as unidades da hierarquia dos geossistemas locais (*fácies, podurochishches, urochishches, mestnost e landschaft*) e seus princípios de classificação (tipológicos, corológicos e dinâmicos). Além disso, são apresentadas técnicas para levantamento em campo expedito e descrição de equipamentos utilizados. Por fim apresenta-se um fragmento de mapa de geossistema para uma área na Mesorregião do Leste Alagoano, juntamente com o mapa é apresentado um perfil descrevendo *fácies* e subtratos de paisagem (*suburochishches).*

**Palavras-chave:** Geografia Física Integrada. Mapeamento de geossistemas. Atualização conceitual.

## Abstract

**Fundamental aspects for geosystems mapping: a conceptual review**

Generally speaking foreign texts quoted by Brazilian physical geography regarding the geosystems theory are restricted to three articles by Nikolai Berouchashvili (in French), and two by Viktor Sochava (in Portuguese). Beyond those, one must highlight a text by A. Bertrand, translated to Portuguese in 1972, and the original work in Spanish of Maria Bolós. This article proposes a conceptual update of the foundings of geosystems mapping theoretical background, based on a comprehensive literature review of regions where the concept is still in vogue amid the geographical science, such as eastern Europe (mainly, Russia, the Ukrane, Poland and Georgia), and Oceania (Australia and New Zealand). Most of the used references have appeared in literature within the last decade. The hierarchy of local geosystem units is discussed (*facies, podurochishches, urochishches, mestnost and landschaft*) as well as their classification principles (typological, chorological and dynamics). Further more, field survey techniques and equipments are described. Finally a fragment of a geosystem map for the meso-region of Eastern Alagoas State, in the Northeast of Brazil, is presented along with a transect in which landscape facies and sub-tracts (*suburochishches)* are described.

**Key words:** Integrated Physical Geography. Geosystems mapping. Conceptual review.

[1] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: lucascavalcanti3@gmail.com

[2] Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

[3] Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Solos

## UM BREVE HISTÓRICO SOBRE O SURGIMENTO DA TEORIA DOS GEOSSISTEMAS

A paisagem é um sistema complexo, dinâmico e hierarquicamente organizado. Sua análise integrada sempre foi uma das questões fundamentais da Geografia Física. Este trabalho apresenta a abordagem de uma das teorias que vem apresentando bons resultados na tentativa de representar a dinâmica da natureza em toda a sua complexidade de interações e trocas de energia, a Teoria do Geossistema.

Com base na idéia de Complexos Territoriais Naturais, proposta por Vasiliy V. Dokuchaev em 1889 (como sendo a unidade espacial funcional integrada da natureza), Lev Semionovich Berg propôs, em 1913, a *Geografia das Paisagens*, que deveria se ocupar dos padrões espaciais resultantes da interação entre os componentes da natureza (ISACHENKO, 1973; SHAW; OLDFIELD, 2007).

A partir de Berg, os métodos de análise de paisagens foram aprimorados por diversos geógrafos dentre os quais se destacam Ramenski (1935, 1938 *apud.* FROLOVA, 2006) e Nikolai A. Solntcev em 1948 (a*pud.* FROLOVA, 2006), cujas unidades de classificação por eles propostas se tornaram a base para o estudo da paisagem nos países do Leste Europeu e Ásia Central (DYAKONOV, 2007).

Todavia, os estudos de Solntcev consideravam apenas os aspectos morfológicos e genéticos das paisagens naturais. Segundo Mamay (2007), foi a partir da incorporação da Teoria dos Sistemas que a dinâmica dos Complexos Territoriais Naturais (CTN) passou a ser considerada.

Foi Viktor Borisovich Sochava quem propôs o termo *geossistema*, para indicar a nova concepção no estudo dos CTN. O uso do termo geossistema não se tratou de uma completa substituição teórica às propostas já existentes, mas de uma adição conceitual e metodológica. A utilização deste termo foi formalizada pelo Bureau da Sociedade de Geografia da Paisagem da antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), no ano de 1963, numa tentativa de unificação terminológica (GEOSSISTEMA, 2008).

Desde então a Geografia Física Integrada (que também é chamada Ciência da Paisagem) tomou novos rumos e a paisagem passou a ser considerada como um sistema cujo funcionamento pode ser aferido também a partir da mensuração dos fluxos de substâncias. Infelizmente, poucos trabalhos sobre a Teoria do Geossistema com esta perspectiva mais contemporânea chegaram ao Brasil, ou foram vertidos em língua portuguesa ou em idioma mais comumente acessível aos geógrafos brasileiros. De maneira geral, mesmo na atualidade, os textos mais correntemente citados são as traduções de dois textos de Sochava realizadas pelo Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, além de alguns textos de Nikolai Levanovich Beruchashvili (um dos mais influentes geógrafos da paisagem), publicados em francês e espanhol. Além destes textos citam-se outros dois trabalhos que tratam de análise integrada da paisagem; o clássico texto de Bertrand publicado em português em 1972, cujas concepções metodológicas o mesmo revogou em artigo posterior (sobre isso ver BEROUTCHACHVILI; BERTRAND, 1978). Outro trabalho bastante utilizado é o de Maria Bolós (1981), em espanhol, cujas referências bibliográficas sugerem que a autora tinha mais familiaridade com as proposições metodológicas do leste europeu do que demonstrara Bertrand no artigo de 1972. De qualquer forma a autora ainda não apresentava nenhuma importante ruptura conceitual no reconhecimento e tratamento do conceito de paisagem como elemento da hierarquia dos geossistemas.

O abrangente estudo publicado por Viktor Sochava (SOCHAVA, 1978) poucos meses antes de seu falecimento, intitulado "*Introdução à Teoria do Geossistema*" e que contém em detalhes o fundamento de sua teoria, nunca teve tradução para o português, tampouco para o inglês. Neste trabalho apresentam-se considerações gerais para o mapeamento tipológico de geossistemas.

## GEOGRAFIA FÍSICA INTEGRADA E SUA ARQUITETURA EPISTEMOLÓGICA

Os padrões espaciais formados pelas relações entre os diversos componentes da natureza são o objeto de estudo da Geografia Física Integrada (GFI). Existem três níveis de hierarquia principais na organização dos fenômenos naturais: O Envelope Geográfico (*Geographcal Shell ou Planetary Geosystems*), a Paisagem (*Main Geosystem*) e a *Fácies* (*Elementary Geosystem*) (GEOSSISTEMA, 2008).

Para o estudo destas categorias conceituais destacam-se dois grandes ramos da GFI, a saber: a Regionalização Físico-Geográfica (RFG) e a Morfologia da Paisagem (MP). A RFG trata da compartimentação dos geossistemas planetários e regionais, cuja menor unidade é a Paisagem. O estudo é realizado a partir da análise de parâmetros zonais (radiação, umidade, etc.) e azonais (litologia, macrorelevo, etc.), a partir dos quais se definem grandes unidades ambientais (ISACHENKO, 1973).

A Morfologia da Paisagem trata do estudo das características específicas da Paisagem. Este ramo também é chamado de Geotopologia, pois trata dos aspectos locais do meio natural. O estudo da MP é realizado através do mapeamento e monitoramento de unidades naturais em *níveis consequentes* ao da Paisagem (*mestnost, urochishche, suburochishche* e *fácies*). A Geotopologia faz uso da Cartografia Físico-Geográfica (CFG), da Geoquímica da Paisagem (GQP) e da Geofísica da Paisagem (GFP).

A CFG preocupa-se com o levantamento de geossistemas em campo e por meio de geoprocessamento e fotointerpretação. A GQP utiliza a concentração de elementos químicos na paisagem, seja identificando áreas diferenciais em termos de circulação de água ou pela identificação de *barreiras geoquímicas* (áreas onde há acumulação preferencial de substâncias) (HUANG; GONG, 2005). A GFP preocupa-se com as trocas de matéria e energia através da paisagem, para compreender isto um conjunto de variáveis é medido em intervalos regulares, com o objetivo de estabelecer padrões espaço-temporais. Neste sentido, destaca-se a estação de Martkopi, na Geórgia, onde são aferidos, diariamente, cerca de cem variáveis diferentes, obtendo-se entre 5000 e 6000 medidas diárias, que posteriormente são processadas para estabelecer padrões de funcionamento dos geossistemas (BERUCHASHVILI, 2007).

## GEOSSISTEMA: NOÇÕES GERAIS

O conceito de geossistema não pode ser confundido com o de ecossistema. Ambos dizem respeito a hierarquias de processos naturais, contudo, o ecossistema trata-se de uma hierarquia *ordenada* (*prescribed*), onde princípios escalares não podem ser aplicados para sua representação (ALLEN; HOEKSTRA, 1992; WU, 1999; HAY *et.al.*, 2002). Neste sentido, ecologistas da paisagem vem tentando desenvolver conceitos como o *Hierarchy Patch Dynamics Paradigm* (Paradigma da dinâmica do mosaico hierárquico) que define padrões espaciais de paisagens como fluxos de substâncias (WU, 1999), semelhante ao conceito de *geômero*, proposto por Sochava na década de 1960 (KHOROSHEV; MEREKALOVA; ALESCHENKO, 2007). Também se deve salientar que foi adicionado o nível *paisagem* à hierarquia ecológica (indivíduo, população, comunidade, ecossistema, ***paisagem***, bioma, biosfera). Todavia a paisagem possui uma hierarquia particular e, ao contrário do ecossistema, sua hierarquia é ordenada, isto é, passível de representação escalar.

Considerando a própria hierarquia ecológica, percebe-se que o ecossistema não pode ser colocado como sinônimo de geossistema. Considerando esta linha conceitual, a idéia de geoecossistema (geossistema sendo abiótico e ecossistema sendo biótico) perde sentido, visto que os dois conceitos são complementares.

Um geossistema é um complexo natural que apresenta um padrão espacial (territorial) resultante de sua história, sua autonomia funcional e da função que desempenha no contexto em que está inserido. Geossistemas mudam com o tempo (são sistemas dinâmicos), pois têm uma história. São sistemas hierárquicos, pois ao mesmo tempo em que possuem autonomia funcional (auto-organização), possuem um contexto (nível de organização superior) no qual desempenham uma função. Um geossistema é definido como uma "Dimensão do espaço terrestre em que os diversos componentes da natureza se encontram em conexões uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana" (SOCHAVA, 1978, p.292, tradução nossa).

O estudo dos geossistemas é realizado em três linhas de análise (*triple-row*): tipológica, corológica e dinâmica (KRUHLOV, 1999; SEMENOV; ANTIPOV; SUVOROV, 2007). A linha tipológica (tratada neste artigo) preocupa-se com a classificação dos geossistemas com base nos tipos de elementos que caracterizam seu padrão espacial homogêneo (constituindo um geômero), esta linha de análise busca caracterizar os componentes do geossistema (geocomponentes), através de uso de descritores como: atributos do relevo, substrato e vegetação. A linha corológica destina-se ao estudo das relações espaciais entre os geômeros (constituindo um geócoro) tratando de explicar como os geômeros se organizam espacialmente e hierarquicamente para trocar matéria e energia. A linha dinâmica trata da variação dos geossistemas no tempo, através do estudo dos epigeômeros e suas variáveis estado, possuindo dois níveis de ação, sendo um funcional (dinâmica de curto prazo – diária, anual) e outro evolutivo (dinâmica de longo prazo – secular, milenar, etc.) (KRUHLOV, 1999).

A hierarquia da paisagem, segundo Isachenko (1973), possui cinco níveis de organização inferiores, sendo os três principais (*fácies*, *Urochishche* e *Landschaft*), dois intermediários (*Podurochishche* e *Mestnost*), e quatro níveis superiores, a saber: Zona, Subzona, Província e Subprovíncia.

A unidade mínima do geossistema é denominada *fácie* (фаций), termo proposto por Ramenski, e caracteriza-se por um setor de paisagem com funcionamento específico (ISACHENKO, 1973). Um fácie possui duas componentes: o sítio e a cobertura (ISACHENKO, 2007). O sítio fornece substâncias e as condições para que estas circulem, sendo constituído por um segmento de relevo e um substrato homogêneo, semelhante ao conceito australiano de *landsurface pedons* (ver CONACHER; DALRYMPLE, 1977). A cobertura diz respeito à estrutura vegetal que cobre o sítio. A *fácie* foi também denominada por Sochava de *geômero elementar,* e fornece as condições mínimas para uma ciclagem de substâncias territorialmente homogênea. Numa encosta a *fácie* é definida a partir dos segmentos da vertente, identificados por diferenças clinográficas, seja cartograficamente, a partir das rupturas de declive respeitando-se a escala numérica utilizada, ou visualmente sobre a paisagem mediante o uso de clinômetros[4].

Tanto sobre um interflúvio quanto sobre planícies/plainos aluviais ou setores de encosta com declividade baixa e homogênea (pedimentos), as diferenças no substrato revelam níveis funcionais distintos. O substrato pode ser avaliado com o uso de trado, abertura de trincheiras ou observação de exposições já existentes no local. Neste nível de descrição a análise granulométrica é essencial ao trabalho.

A vegetação é avaliada por meio da descrição estrutural (densidade, frequência e cobertura) e composição de espécies. Além destas características observa-se a posição geoquímica da *fácie* (também chamada comportamento geoquímico da paisagem ou simplesmente paisagem geoquímica) (RATAS *et.al.*, 2003; ROJKOV *et.al.*, 1996). Tal atributo diz

[4] Mais detalhes sobre procedimentos de campo podem ser encontrados em Isachenko (1998) que está sendo traduzido para o português e aplicada no sertão do Estado de Alagoas no trabalho "Contribuição ao estudo das paisagens naturais do Estado de Alagoas. De autoria de Lucas Costa de Souza Cavalcanti, dissertação de mestrado a ser defendida em fevereiro de 2010.

respeito à origem da água subterrânea no geômero elementar (figura 1), tendo sido proposto por Boris Polinov na década de 20 e sendo desenvolvido posteriormente por Maria Glasovskaia, apresenta as seguintes categorias: Eluviais (E), Eluviais-acumulativas (Ea), Trans-eluviais (Te), Superaquosas (Sp), Trans-superaquosas (TSp), Aquosas (A) e Trans-aquosas (Ta).

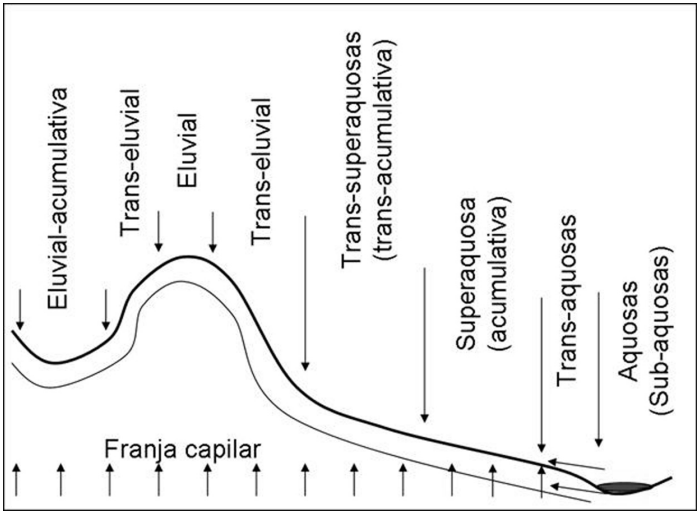


**Figura 1 - Comportamento geoquímico da paisagem**

Adaptado de ROJKOV *et.al.* 1996.

Em paisagens do tipo E a formação da água subterrânea depende exclusivamente da precipitação pluviométrica ou de algum evento de alta magnitude, como uma maré de sizígia. As paisagens Ea também dependem da chuva para formar água subterrânea, mas possuem maior capacidade de armazenamento de água em função da forma do relevo. A categoria Te representa uma paisagem Eluvial fortemente influenciada pela capacidade de transporte do segmento da encosta em que se localiza. As paisagens Sp são típicas de baixa encosta e estão sujeitas à frequente oscilação do nível freático, em áreas tropicais sua presença pode ser identificada por concentrações de óxido de ferro no substrato, o caso TSp apresenta menor influencia do nível freático em função do gradiente da encosta. O tipo A se manifesta em ambientes aquáticos, como lagos, cursos d'água, mares, etc.. As paisagens Ta são típicas de ambientes sujeitos à inundações frequentes, como áreas de baixas planícies fluviais (RATAS *et.al.*, 2003; ROJKOV *et.al.*, 1996).

À legenda básica das paisagens geoquímicas podem-se associar algarismos relativos à origem da água que entra na paisagem: m (marinha), lc (lacustre), f (fluvial), p (significando a paisagem propriamente dita, isto é, drenada por água do freático e/ou precipitação pluviométrica) (RATAS *et.al.*, 2003).

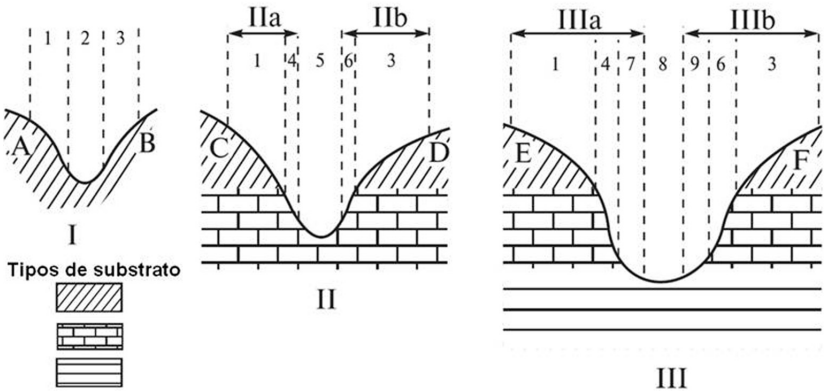


**Figura 2 - Estrutura dos *Urochishches*. I *Urochishche* simples; II e III *Urochishche* complexo; IIa, IIb, IIIa e IIIb *Podurochishches.* 1 a 9 *fácies***

Adaptado de Zuchkova & Rakovskaia, 2004.

A unidade formada pela organização funcional entre *fácies* é denominada *Urochishche* (Урочище), que pode ser traduzida como Trato. Caso haja mais de uma *fácie* numa dada encosta, tem-se os *Suburochishches* ou *Podurochishches* (Подурочище), termo traduzido como "Subtrato". Um *Urochishche* composto por *fácies* é chamado *Urochishche* simples, se for composto por *Podurochishches* é chamado *Urochishche* complexo (Figura 2).

No caso do *Urochishche* ser formado por fácies e/ou *Podurochishches* numa encosta, este apresentará, em termos geomorfológicos, a feição de um vale. Todavia deve-se salientar que *Urochishches* também ocorrem em áreas interfluviais e de planícies, além do que seu funcionamento depende das características das comunidades biológicas, não sendo, portanto, uma unidade puramente geomorfológica, mas físico-geográfica.

Uma associação de *Urochishches* compõe uma *Landschaft* (que também aparece como *Landscape* em alguns textos). Todavia, ocorrem variações no interior de uma *Landschaft*, sobretudo devido às características dos *Urochishches*. Estas variações são denominadas *Mestnosts*, um exemplo é apresentado na figura 3, elaborada por N. A. Solntcev e adaptada por Zuchkova e Rakovskaia (2004).

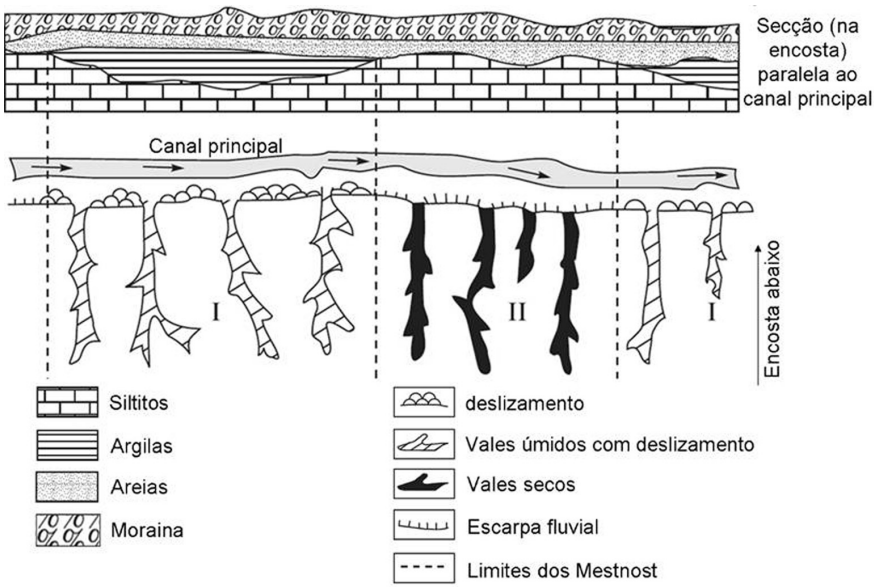


**Figura 3 - Esquema de diferenciação de um mestnost como uma unidade morfológica de uma paisagem. I – *Mestnost* com *urochishches* em vales úmidos; II – *Mestnost* com *urochishches* em vales secos**

Fonte: adaptado de Zuchkova & Rakovskaia, 2004.

## UM EXEMPLO DE MAPA TIPOLÓGICO DE GEOSSISTEMAS

Para ilustrar os princípios de classificação dos geossistemas é apresentado a seguir um fragmento do mapa de geossistemas que está sendo confeccionado, para o Estado de Alagoas, pelo Laboratório de Geografia Física Aplicada da UFPE em conjunto com a EMBRAPA Solos. A área de estudo localiza-se na Mesorregião do Leste Alagoano, nas proximidades da cidade de União dos Palmares, compreendendo um polígono com aproximadamente 283 km².

As unidades inicialmente mapeadas pertencem ao nível de organização *urochishches*. Além disso, foram descritas características de posição geoquímica de *fácies* e *suburochishches*. A partir dos *urochishches* mapeados foram estabelecidos os limites dos *mestnosts*. Não foi possível diferenciar níveis de *Landschaft* para a área de estudo-piloto por causa de seu tamanho reduzido.

Os procedimentos para confecção do mapa envolveram análise visual de Planos de Informação (PI) sobrepostos, Modelagem Numérica do Terreno (MNT) e geração de mapas de distância (*buffer*) em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e estão descritos a seguir:

- Determinação do conteúdo da legenda;
- Identificação dos limites por aspectos hipsométricos, clinográficos e texturais;
- Avaliação das condições vegetais dentro dos limites definidos;
- Descrição do conteúdo na legenda;
- Elaboração do *layout* do mapa;
- Confecção de um perfil de paisagem considerando *Suburochishches (Subtratos)* e *fácies*.

A determinação do conteúdo da legenda foi realizada utilizando-se como base as diversas descrições de *urochishches* (Tratos) apresentadas em Isachenko (1973), estando descritos no quadro da figura 4.

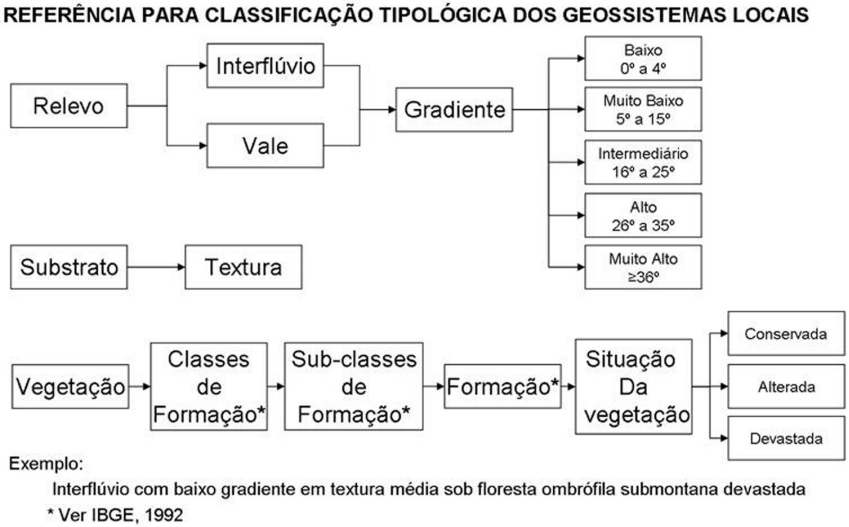


**Figura 4 - Quadro com referência para classificação tipológica dos geossistemas locais**

Fonte: os autores.

A identificação dos limites foi feita com base na figura 4, definindo-se com uso de mapa hipsométrico (cotas de 50 metros) e clinográficos (classes 0º-4º, 4º-15º, 16º-25º, 26º-35º e ≥ 36º) os limites dos interflúvios e das encostas, o mapa de drenagem da área também ajudou na identificação. Utilizou-se base de dados altimétricos disponível em Miranda (2005) e informações da drenagem do banco de dados da EMBRAPA Solos.

A partir do PI da vegetação obtido em Hirota e Ponzoni (2008) e do mapa hipsométrico, foi possível classificar a vegetação em termos de classes e sub-classes de formação e formações propriamente ditas. Além disso, associou-se um descritor da situação da vegetação contendo três classes: Conservada (mancha de vegetação cobrindo toda área do *urochishche*); Alterada (mancha de vegetação cobrindo parcialmente o *urochishche*) e Devastada (*urochische* sem cobertura de vegetação remanescente). Todas as informações foram agrupadas numa única legenda, caracterizando aspectos essenciais para classificação tipológica dos *urochishches* (Figura 5).

Avaliando o mapa dos Tratos de paisagem (*urochishches*) sob o ponto de vista da dominância areal de determinadas classes, percebe-se que dominam os Interflúvios com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana alterada. As Cimeiras e os Vales também com textura média argilosa e floresta ombrófila submontana apresentam caráter subdominante. É preciso salientar, que os *urochishches* em vales apresentam predominantemente floresta ombrófila submontana devastada. Como *urochishches* raros registra-se a ocorrência de Trato em Cimeira sob floresta ombrófila submontana conservada.

Complementarmente, foi elaborado um perfil de paisagem (figura 6) utilizando-se a proposta de classificação de paisagens com base em suas associações geoquímicas para representar as características das *fácies*. Este perfil foi traçado sobre o modelo digital de

elevação, através do seguinte procedimento: extraiu-se um mapa de distâncias da rede de drenagem (*buffer* de 50 metros) e avaliou-se visualmente a posição do terreno em relação ao *buffer*. Um setor côncavo, por exemplo, numa área fora do *buffer* foi classificada em Eluvial-acumulativa, enquanto que uma área côncava dentro do *buffer* era classificada em aquosa (próximo do canal) ou subaquosa (longe do canal).

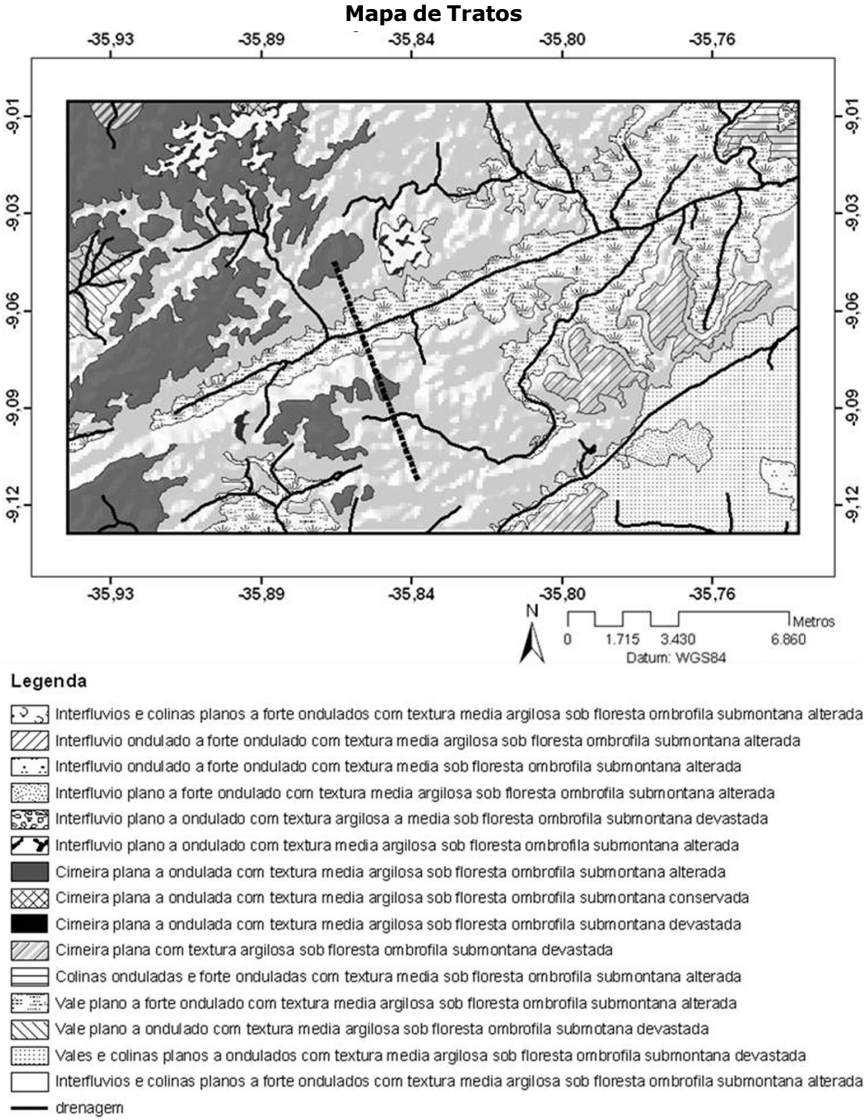


**Figura 5 - Geossistemas em nível de *urochishches* apresentando 14 unidades ambientais. O perfil traçado foi utilizado para diferenciação de geômeros elementares**

Fonte: os autores.

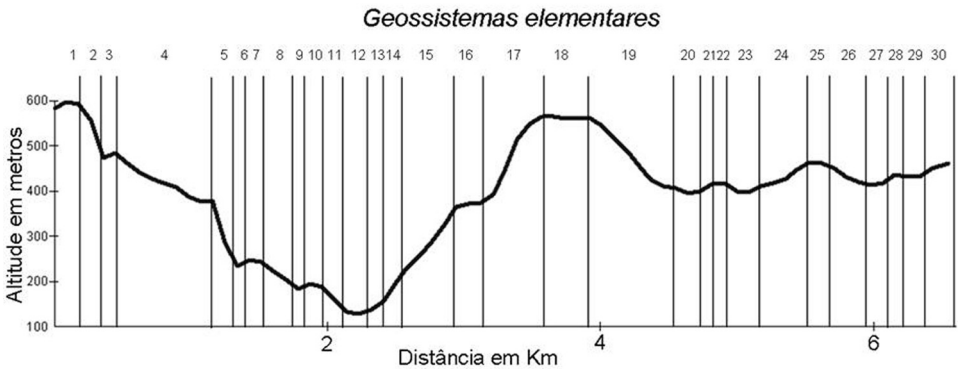


**Figura 6 - Perfil de paisagens diferenciando geômeros elementares com base no critério geoquímico**

Fonte: os autores.

A partir do perfil de paisagens da figura 6, foram identificados 30 geômeros elementares, classificados em 10 grupos tipológicos, a saber:

A. *Fácies* eluvial com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana devastada (inclui os casos 1, 10, 16, 18, 22, 25 e 28);

B. *Fácies* trans-eluvial com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana devastada (inclui os casos 2, 15, 17, 19, 21, 24, 26 e 30);

C. *Fácies* eluvial-acumulativa com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana devastada (inclui os casos 3, 20, 23, 27 e 29);

D. *Fácies* trans-eluvial com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana alterada (caso 4);

E. *Fácies* trans-eluvial com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana conservada (inclui os casos 5 e 8);

F. *Fácies* eluvial-acumulativa com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana conservada (inclui os casos 6 e 9);

G. *Fácies* eluvial com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana conservada (caso 7);

H. *Fácies* trans-superaquosa com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana devastada (inclui os casos 11 e 14);

I. *Fácies* subaquosa (caso 12);

J. *Fácies* trans-subaquosa com textura média argilosa sob floresta ombrófila submontana devastada (caso 13).

O funcionamento de uma Fácies é diferente do funcionamento do Trato no qual ela está inserida, pois sua organização depende mais das relações entre Fácies. Por exemplo, um Trato de interflúvio com vegetação alterada e textura média pode conter diferentes unidades funcionais quanto às suas associações geoquímicas e distribuição da vegetação (fácies eluvial-acumulativa com vegetação conservada e fácies transeluvial com vegetação devastada). Assim, um Trato é uma unidade auto-afirmativa (geômero) ao mesmo tempo em que constitui uma unidade integrativa (geócoro) de Fácies/Subtratos. As características funcionais deste Trato em relação com o seu entorno podem ser descritas apenas no contexto de sua relação com os demais Tratos, que constitui o geócoro de nível superior (Terreno - *Mestnost*), que ao mesmo tempo é um geômero no contexto da Paisagem em que

se insere. Assim, demonstra-se a importância da identificação dos vários níveis de hierarquia para compreensão do funcionamento dos sistemas ambientais.

A classificação apresentada acima é tipológica e representa apenas características da composição (descrição dos geocomponentes) dos geossistemas enquanto unidades homogêneas (geômeros). Todavia, classificações das relações de troca de matéria (geomassa) e energia (geoenergia) entre geômeros e da dinâmica destas relações, ainda precisam ser realizadas. A recomposição da conectividade entre os geômeros permitirá caracterizar com precisão os geócoros.

A conectividade é definida como a transferência de matéria e energia entre duas paisagens ou no interior de uma paisagem (CHORLEY; KENNEDY, 1971). Aqui, a conectividade no interior de uma paisagem será chamada intraespecífica, enquanto a conectividade entre paisagens será chamada interespecífica. A conectividade interespecífica se dá através dos geohorizontes, que inclui estratos horizontais homogêneos de um geômero elementar (geralmente horizontes e camadas de solo, estratos vegetais e a camada atmosférica superior à vegetação, ainda sob sua influência) (BEROUTCHACHVILI; RADVANYI, 1977). A conectividade interespecífica é realizada em três ambientes: encosta, canal e atmosfera. A principal estratégia no mapeamento de geócoros é a identificação de barreiras à circulação da geomassa. As barreiras podem ser de três tipos: mecânicas, físico-químicas e biológicas (HUANG; GONG, 2005). As barreiras mecânicas impedem a circulação física da geomassa, como cercas, muros, barragens, quebra-ventos, encostas de grande comprimento e baixo declive, etc. isto inclui os modelos apresentados por FRYIRS *et.al.* (2007). As barreiras físico-químicas dizem respeito à retenção química de substâncias, enquanto que as barreiras biológicas correspondem à fixação de substância pelos organismos vivos (HUANG; GONG, 2005).

Muitas destas barreiras só podem ser identificadas em trabalho de campo e com análises laboratoriais. Outras podem ser identificadas por meio de sensoriamento remoto com uso de imagens de alta resolução espacial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento de geossistemas é uma técnica que visa avaliar a natureza como uma entidade funcional complexa. Sua aplicação é imprescindível para o planejamento territorial, pois permite identificar áreas para fins diversos (recreação, conservação, uso agrícola, etc.). Além disso, a perspectiva hierárquica e corológica permitem compreender as interações entre as diversas unidades no tempo, bem como suas respostas a eventos diversos e seu encadeamento funcional.

As principais limitações são o acesso a bases de dados de maior precisão, que dificultam mapeamentos mais detalhados em gabinete. O trabalho de campo é essencial, sobretudo porque as principais atividades humanas realizam-se nas unidades de menor nível hierárquico, mormente em áreas como o Nordeste brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

## REFERÊNCIAS


ALLEN, T. F. H.; HOEKSTRA, T. W. **Toward a Unified Ecology**. New York: Columbia University Press, 1992. 384p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: um esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra.** N.13. São Paulo. IGUSP. 1972. 27p.

BEROUTCHACHVILI, N.L.; BERTRAND, G. Le Géosystème ou Système territorial naturel. **Revue Géographique Des Pyrénées Et Du Sud-Ouest.** Toulouse**.** t.49. f.2, p.167-180, 1978.

BEROUTCHACHVILI, N.L.; RADVANYI, J. Les structures verticals des geosystems. **Revue Géographique des Pyrénés et du sud-ouest.** Toulose. t.46, f.1, p.73-83, 1977.

BERUCHASHVILI, N.L. Geographical perspective on training of students in sustainable development in Georgia *In:* ROBERTSON, M. (Org.) **Sustainable futures:** teaching and learning: a case approach. Camberwell, Victoria: Acer Press. 2007. p.209-224.

BOLÓS, M.I.C. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografia.** Barcelona. v.15, n1-2, p.45-68, 1981.

CHORLEY, R.; KENNEDY, B. **Physical Geography:** a systems approach. Londres: Prentice-Hall International. 1971. 370p.

CONACHER, A.J.; DALRYMPLE, J.B. The nine unit landsurface model: an approach to pedogeomorphic research. **Geoderma.** V.18 n.1, p. 1-154, 1977.

DYAKONOV, K.N. Landscape studies in Moscow Lomonosov State University: development of scientific domains and education. *In:* DYAKONOV, K.N.; KASIMOV, N.S.; KHOROSHEV, A.V.; KUSHLIN, A.V. **Landscape Analysis for sustainable development:** theory and applications of landscape science in Russia. Moscou: Alexplublishers, 2007. p. 11-20.

FROLOVA, M. Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geossistema en la Geografía Rusa: ¿hacia una aproximacíon global del médio ambiente? **Ería.** n.70, p.225-235, 2006

FRYIRS, K.A.; BRIERLEY, G.J.; PRESTON, N.J.; KASAI, M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. **Catena.** n.70, p.49-67, 2007.

GEOSSISTEMA. **Sumários de Geografia.** Disponível em: <<http://geosite.com.ru/pageid-119-1.html> Acesso em: 13/11/2008>. (em russo).

HAY, G.J.; DUBÉ, P.; BOUCHARD, A.; MARCEAU, D. A scale-space primer for exploring and quantifying complex landscapes. **Ecological Modelling.** n.153, p.27-49, 2002

HUANG, B.; GONG, Z., Geochemical barriers and element retention in soils in different landscapes of the Tianshan Mountain area, Xinjiang, China. **Geoderma.** n.126, p.337-351, 2005.

ISACHENKO, A.G. **Principles of Landscape Science and Physical-Geographic Regionalization.** Melbourne: Melbourne University Press. 1973. 320p.

ISACHENKO, G.A. Long-term conditions of taiga landscapes of European Russia. *In:* DYAKONOV, K.N.; KASIMOV, N.S.; KHOROSHEV, A.V.; KUSHLIN, A.V. **Landscape analysis for sustainable development:** theory and applications of Landscape Science in Russia. Moscow: Alexplublishers. 2007. p.144-155.

KHOROSHEV, A.V.; MEREKALOVA, K.A.; ALESCHENKO, G.M. Multiscale organization of intercomponent relations in landscape. *In:* DYAKONOV, K.N.; KASIMOV, N.S.; KHOROSHEV, A.V.; KUSHLIN, A.V. **Landscape analysis for sustainable development:** theory and applications of Landscape Science in Russia. Moscow: Alexplublishers. 2007. p.93-103.

KRUHLOV, I. The structure of the urban landscape. **Universitas Ostraviensis. Acta Facultatis Rerum Naturalium. Geographia – Geologia,** v.181, n.7, p. 71-89. 1999.

MAMAY, I.I. Landscape Science in Russia in the early XXI century: state and methodological problems. *In:* DYAKONOV, K.N.; KASIMOV, N.S.; KHOROSHEV, A.V.; KUSHLIN, A.V. **Landscape Analysis for sustainable development:** theory and applications of landscape science in Russia**.** Moscow: Alexplublishers. 2007. p.21-28.

RATAS, U.; PUURMANN, E.; ROOSAARE, J.; RIVIS, R. A landscape-geochemical approach in insular studies as exemplified by islets of the eastern Baltic Sea. **Landscape Ecology.** n.18, p.173-185, 2003.

ROJKOV, V.; EFREMOV, D.; NILSSON, S.; SEDYCH, V.; SHVIDENKO, A.; SOKOLOV, V.; WAGNER. V. **Siberian Landscape Classification and Digitized Map of Siberian Landscapes.** Laxenburg: International Institute for Applied System Analysis. 1996. 62p.

SHAW, D.J.B.; OLDFIELD, J.D. Landscape Science: a Russian Geographical tradition. **Annals of the Association of American Geographers**, v.97, n.1, p.111-126, 2007.

SOCHAVA, V.B. **Introdução à Teoria dos Geossistemas.** Novasibéria: Nauka. 1978. 319p. (em russo).

SUVOROV, E.G.; SEMENOV, Yu.M.; ANTIPOV, A.N. Concept of landscape information renovation for Siberia area *In:* DYAKONOV, K.N.; KASIMOV, N.S.; KHOROSHEV, A.V.; KUSHLIN, A.V. **Landscape Analysis for sustainable development:** theory and applications of landscape science in Russia. Moscou: Alexplublishers. 2007. p.76-79.

WU, J. Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. **Canadian Journal of Remote Sensing**. v.25, n.4, p.367-380, 1999.

ZUCHKOVA, V.K.; RAKOVSKAIA, E.M. **Métodos de Pesquisa em Geografia Física Integrada.** Moscou: Academyia. 2004. 368p. (em russo).

Recebido em julho de 2009

Aceito em maio de 2010