

REFLEXÕES SOBRE OS SISTEMAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Ricardo Acácio de Almeida¹
Roberto de Oliveira Santana²

RESUMO: *Este trabalho objetiva fazer exemplificações de alguns princípios de sistemas abertos propostos por Ashby e Bertalanffy às bacias hidrográficas, fazendo uma comparação dos princípios abordados pelos teóricos, sua aplicação em bacias hidrográficas, alertando na implementação prática de tais teorias.*

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Sistemas dinâmicos e sistemas abertos.

INTRODUÇÃO

Como o surgimento de novas técnicas de análise científica no século XX, novas teorias surgiram com o propósito de criar abordagens mais abrangentes, havendo uma maior relação entre as perspectivas analíticas e holísticas com a aplicação na ciência geográfica.

Com a abordagem reducionista ou analítica, acreditava-se que, a partir da compreensão das leis que governam o sistema, poderia se ter uma causa definida e que o futuro de qualquer parte do sistema poderia ser previsto. Com a visão do mundo holística, há uma concepção de que este é um todo integrado e não uma coleção de partes distintas (CHRISTOFOLETTI, 2004, p.4). Com isso há uma inversão do pensamento com relação às partes de um sistema, ou seja, a antiga visão analítica de que o conhecimento das partes individuais proporcionaria uma visão total do sistema é superada e o todo é entendido como maior que a somatória das partes denominada de visão ou abordagem sistêmica.

BACIA HIDROGRÁFICA: UMA UNIDADE DE ESTUDO CONTEMPORÂNEA

Numa unidade de estudo criada com a pretensão de recuperação e desenvolvimento de uma área qualquer delimitada pelos divisores de água de um relevo, os estudos com o intuito de realizar planejamento, enfatizando os aspectos ambientais e, principalmente, os recursos naturais, a saúde humana e o equilíbrio ecológico (OEA *apud* CAUBET et. al., 1993, p.13) iniciam-se na década de 1970. Já em 1987, a UNESCO e a UNEP publicam uma metodologia integrada para a avaliação do manejo efetivo e ambientalmente sadio dos recursos hídricos e o estado do ambiente relacionado com a água em bacias hidrográficas. Consiste em práticas de manejo por meio de atividades para o planejamento, construção, operação e manejo em bacias, tendo como metas: a avaliação do estado em que se encontra o ambiente e o diagnóstico das características econômicas e implicações ecológicas dos projetos hidráulicos.

A Constituição Federal de 1988, inciso XIX do artigo 21, estabeleceu marco legal para a implantação de um adequado modelo de gestão de recursos hídricos, tendo a bacia hidrográfica como unidade administrativa e órgãos colegiados, regulamentada pela lei Federal nº 9.433,

¹ Ricardo Acácio de Almeida, graduando (6º semestre), Departamento de Geografia, Universidade Federal da Bahia. E-mail: ricardoacacio@hotmail.com – Autor. Orientado pelo Dr. Antonio Puentes Torres, Departamento de Geografia, (UFBA).

² Roberto de Oliveira Santana, graduando (4º semestre), Departamento de Geografia, Universidade Federal da Bahia. E-mail: geogsantana@hotmail.com. – Co-autor.

sancionada em 8 de janeiro de 1977, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Uma legítima concordância às análises de bacia de drenagem surgida em meados de 1945, que apresenta um caráter mais objetivo com abordagens mais quantitativas. Além de que à gestão de bacias hidrográficas relaciona-se diretamente a gestão dos recursos hídricos, onde esforços estão sendo feitos para a organização e gestão com o objetivo de uma política de recursos hídricos independente. Com isso a gestão de bacia hidrográfica, por meio de comitês, contribuirá para o sistema de recursos hídricos na finalidade de integrar, institucionalmente, os diferentes interesses existentes na bacia. Em São Paulo, desde 1990, existe o Plano Estadual de Recursos Hídricos, que atribui a divisão em bacias hidrográficas à base física territorial para a gestão dos recursos hídricos.

O CONCEITO DE BACIAS E MICROBACIAS

O conceito de microbacia não difere em nada do conceito de bacia hidrográfica como uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, para o qual convergem as águas que drenam área considerada, segundo o Programa Nacional de Microbacia Hidrográfica (PNMH), por meio do decreto-lei n. 94.076 de 1987.

Sua área depende do objeto do trabalho, não tendo, assim, uma dimensão exata para o uso de tal denominação. O conceito está relacionado aos projetos de planejamento e conservação ambiental, tendo semelhança ao conceito de bacia de drenagem, sendo necessário reconhecer os interesses das comunidades diretamente envolvidas nesses projetos. Também é importante salientar a identificação das inter-relações do quadro sócio-ambiental e os recursos disponíveis, a fim de satisfazer a relação custo-benefício.

Como unidade integradora dos setores naturais e sociais, tem uma abordagem mais sensível que põe fim à visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem (CUNHA & GUERRA, 2004, p. 367). Entretanto, SILVA (2004, p.378) quando menciona sobre a gestão de bacias urbanas, afirma que a gestão de sistemas setoriais tendo uma lógica local leva ao equívoco de que diferentes setores convergindo para uma unidade geográfica restrita promove a integração dos setores.

Ricardo Silva (2004, p.378) afirma também:

A necessidade de integração dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos ao planejamento metropolitano decorre do reconhecimento de que a lógica estrita das localidades, aplicadas as bacias urbanizadas, leva a irracionalidade no investimento e na gestão dos sistemas setoriais. (RICARDO SILVA, 2004, p.378).

Sob a concepção de CAUBET & FRANK (1993, p.13), o conceito tradicional de planejamento de bacias hidrográficas tem um enfoque, especialmente, ao uso dos recursos hídricos para satisfazer projetos de energia elétrica, de controle de enchentes, irrigação e outras.

Neste trecho de seu artigo, SILVA (2004, p.378) afirma que a condição essencial é a integração dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e o planejamento metropolitano. Ressalta também que se houver uma funcionalidade dos sistemas setoriais em seu todo, e não separadamente, em seguimentos, pode haver aplicação de princípios de gestão integrada da bacia. Algo já propostos por BERTALANFFY (1977, p.37), com relação aos sistemas, ao afirmar que o todo é mais que a soma de suas partes (entidade pode ser constituída ou reconstituída pela reunião destas partes). Bertalanffy (1977, p.37) argumenta também que:

O significado da expressão um tanto mística de que “o todo é mais que a soma das partes” consiste simplesmente em que as características constituídas não são

explicáveis a partir das características das partes isoladas.(LUDWING BERTALANFFY,1997,p.37).

Quanto às bacias hidrográficas como regiões de planejamento, CORRÊA (2003, p.49) defende que no sistema capitalista tais limites são vistos como unidades territoriais de recuperação e desenvolvimento.O restabelecimento do equilíbrio econômico e social desta unidade é o objetivo da criação das regiões de planejamento, algo contraditório no capitalismo onde as desigualdades regionais, segundo Corrêa, constituem mais do que em outros modelos de produção, um elemento fundamental de organização social. Locais onde houve planejamento regional resultou uma maior integração da região ao modo de produção capitalista, criando uma maior dependência ao capital.

A BACIA COMO UM SISTEMA ABERTO

Ao mencionar o conceito de sistema, CHORLEY e KENEDY *apud* Christofolletti (1971,1999, p.5) denominam sistema como:

(...) um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos.Esses objetos e atributos consistem de componentes ou variáveis (isto é, fenômenos que são passíveis de assumir magnitudes variáveis) que exibem relações discerníveis um com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo de acordo com determinação padrão. (ANTONIO CHRISTOFOLETTI, 1999, p.5).

Já Haigh *apud* Christofolletti (1969,1999, p.5) define como:

Uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas as interrelações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas. (HAIGH *apud* CHRISTOFOLETTI (1999), p.5).

Sob o critério funcional, FORSTER, TRUCCO e RAPOPORT apresentam uma diferenciação de sistema, enquadrando as bacias hidrográficas em sistemas não-isolados e abertos.O fato das bacias serem sistemas não-isolados ocorre por estas manterem relações com os demais sistemas do universo. O caráter aberto é explicado pelas constantes trocas de energia e matéria numa relação de entrada e saída.

A natureza possui uma forma preventiva de defesa ou de auto-regeneração, na qual, a depender da degradação ambiental no local, pode ocorrer uma auto-recuperação gradativa. Na concepção do auto-ajuste verifica-se que qualquer perturbação, tanto pela unidade humana inserida no espaço, como na unidade natural gera impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída.

Como um sistema aberto, ocorre a entrada e saída de energia por meio da atuação do clima e da tectônica local. Pelo fato de ser um sistema geomorfológico, a bacia possui a capacidade de trocar tanto energia como matéria com seu meio ambiente (SANTOS, 2003, p.43), o que leva a assemelhar-se também a um sistema aberto. A partir de um sistema aberto, a bacia de drenagem poderia ser analisada sob aspecto “auto-organizador”, proposto por Ashby em 1958 citado por Bertalanffy em sua obra Teoria Geral dos Sistemas, entretanto, com algumas modificações.

Um sistema “auto-organizador”, segundo Ashby, pode ter dois significados. O primeiro afirmando que o sistema inicia-se, separadamente, havendo o surgimento de conexão interligando as partes, e o segundo consiste na passagem de uma má organização para uma boa organização, ambos baseados na teoria dedutiva dos sistemas.

A primeira afirmativa mencionada acima pode ser empregada em uma bacia de drenagem, pois esta atravessou diversas transformações morfo-genéticas durante o período de sua formação, estabelecendo conexão entre o solo, relevo, hidrologia, vegetação, dentre outros que atingiram uma organização. O arcabouço teórico dos sistemas e o conceito de organização levam analistas ambientais a chegar a um consenso de que as partes de uma paisagem não são independentes e, no caso as bacias hidrográficas, existe um todo interconectado que pode ser demonstrado em espaços-temporais através de padrões, arranjos morfológicos e estruturais complexos. No Quinário SUERTEGARAY (2002, p.75), esta organização foi alterada com a implantação de outros agentes conectores devido à ocupação antrópica em vertentes e outros setores ocasionando uma auto-organização da bacia e se inserindo como agente conector que se interligara com os demais já existentes pela natureza precedente.

A segunda afirmativa pode ser exemplificada devido às diversas conexões que o meio natural precisar estabelecer com os novos agentes criados pelo ser humano para atingir certo equilíbrio e que, às vezes, o levam à entropia. SANTOS (2003, p.43) argumenta que:

...a crise organizacional se manifesta como uma ruptura do equilíbrio sistêmico existente e, ao mesmo tempo, uma transição organizacional para um novo estado de equilíbrio. (JEMISSON SANTOS 2003, p.44).

Diante de tal afirmação, o autor expressa também a idéia do sistema recebendo influências externas e restabelecendo um equilíbrio após tal perturbação. O fim da entropia poderia também ser alcançado com projetos de planejamento e conservação ambiental. Portanto, uma micro ou uma bacia de grande porte é um sistema aberto e, conseqüentemente, cria conexões a fim de estabelecer interligações entre partes que podem ser equilibradas mesmo sendo oriunda de uma entropia precedente, entretanto, evoluem de forma diferenciada, atingindo uma singularidade mesmo pertencendo à mesma região ou unidade geológico-geomorfológica ou tendo características semelhantes na drenagem, formas de relevo e outros componentes de antropização, grande responsável pela alteração nas características de uma área qualquer.

UM ORGANISMO VIVO

A abordagem sistêmica conceitual e analítica surgiu na Biologia Teórica na década de 1930, contribuindo para a transição da visão mecanicista da ciência para a organicista e, então, adaptada para outras disciplinas, chegando na área da Geografia Física através da Geomorfologia.

Como um sistema aberto, o auto-ajuste é contínuo através da descarga dos rios, a carga de sedimentos, a declividade e fluxo de matéria e energia etc, ocorridos devido às perturbações do homem na paisagem. O organismo vivo também pode ser encarado como sistema aberto a partir do momento que depende da exploração de um fluxo contínuo de matéria e energia do ambiente para sua sustentabilidade. Vale ressaltar que os sistemas abertos não podem ser explicados pela física convencional pelo fato deste ramo da ciência abordar somente sistemas isolados do ambiente externo, porém, deve ser enquadrado pelo princípio da equifinalidade, um dos princípios dos sistemas de Bertalanffy. Tal principio afirma que o mesmo estado final pode ser alcançado partindo de diferentes condições iniciais e diversas (BERTALANFFY, 1977, p.64). Um princípio usado inicialmente na biologia é que pode ser abordado em microbacias. Ao contrário de um sistema fechado, as condições iniciais ou processos sofrem diversas influências iniciais para apresentar um estado final impactado, pois sua capacidade de auto-ajuste, muitas vezes, consegue superar tal impacto e só a partir da intensa intervenção do meio natural é que haverá conseqüências a ponto de prejudicar o sistema, tendo, daí, grandes dificuldades de diagnóstico dos fatores primordiais impactantes.

Tais concepções de sistema aberto podem levar também uma microbacia a ser considerada um organismo vivo, pois esta é constituída de vários órgãos como relevo, solo, vegetação, drenagem, ocupação antrópica dentre outros, numa inter-relação composta por processos endógenos e exógenos configurados em impulsos energéticos das forças climáticas e tectônica subjacentes (NETTO, 2001, p.100) nos seus limites fisiográficos. Como pontos de saída de energia (outlet) tem-se a foz de rios principais, são verdadeiros exportadores de água, sedimentos de outras bacias. Como pontos de entrada têm-se as nascentes, verdadeiros locais de entrada de sedimentos oriundos de outras bacias, juntamente com as precipitações e outros componentes. Um contínuo fluxo de entrada e saída é mantido numa construção e decomposição de componentes, chegando ao um estágio estacionário que diverge do estado anterior, justificando como um sistema aberto, um verdadeiro organismo vivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dias atuais, diversos impactos ambientais são visualizados nas paisagens em que vivemos. Dentre esses impactos, fazemos uma ressalva aos recursos hídricos pois, embora se entenda a bacia hidrográfica como um todo orgânico, a utilização deste método de estudo está sendo utilizado, muitas vezes, a partir da utilização dos recursos hídricos (CAUBET et al., 1993, p.13).

O grande número de projetos de pesquisas em que a bacia hidrográfica é abordada revela a necessidade de remediar e mitigar problemas em decorrência da urbanização, da ocupação agrícola desenfreada que vem gerando impactos como a ocorrência de enchentes, inundações de áreas, deslizamentos de terras, assoreamento, o fim dos cursos de muitos rios, etc. A partir dos conhecimentos das interconexões existentes nos sistemas abertos para o seu funcionamento, pode-se perceber que os sistemas tanto orgânicos, quanto culturais, necessitam de uma inter-relação de suas partes para o seu funcionamento adequado. Um modelo transdisciplinar que possibilite o desenvolvimento de projetos interdisciplinares que permitem equipes multidisciplinares, a compreensão da dinâmica ambiental como uma realidade sistêmica dentro dos projetos de pesquisa de manejo ambiental sob a gestão de prefeituras e pesquisadores docentes das universidades, é consenso. Entretanto, a ausência do enfoque transdisciplinar de ambiente pelos agentes elaboradores de pesquisas sobre bacias, resultado, muitas vezes, da falta de visão interdisciplinar dos próprios pesquisadores que acarreta uma despreocupação com relação a outros enfoques desconhecidos por sua ciência de formação. Tal fato, na maioria das vezes, ocasiona o insucesso do manejo ambiental de bacias de drenagem, o desperdício do investimento financeiro em tal projeto e a permanência dos problemas ambientais, tendo como maiores vítimas as populações locais que, nem sequer, são consultadas durante a sua implementação.

REFERÊNCIAS

BERTALANFFY, L. V. **TEORIA GERAL DOS SISTEMAS**. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1977.

CAUBET, Christian G.; FRANK, Beati. **Manejo Ambiental em Bacias Hidrográficas**. Florianópolis, Fundação Água Viva, 1993.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo, editora Edgar Blücher Ltda, 1999.

GUERRA, A. J.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. (org.). **EROSÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO**. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 2002.

CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL (In.): **GEOMORFOLOGIA E MEIO AMBIENTE**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2004.

NETTO, A. L. C. HIDROLOGIA DE ENCOSTA NA INTERFACE COM A GEOMORFOLOGIA (In). GUERRA, A. J. T & CUNHA, S. B (Orgs.) **GEOMORFOLOGIA: Uma Atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: 4ª edição Bertrand Brasil, 2001. (p.27).

PELLOGIA, A U. G.; OLIVEIRA, A.M.S. **Tecnogeno: Um novo campo de estudos para o Geociências**. Disponível em: http://www.abequa2005.geologia.ufjf.br/nukleo/pdfs/0268_tecnogeno.pdf. Acesso em: 16 de mai.2006.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E, DEL PRETTE, M. E. A Utilização do conceito de bacias hidrográficas para a conservação dos recursos hídricos (In) SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (edit.). **CONCEITOS DE BACIAS: TEORIAS E APLICAÇÕES**. ILHEUS (BA), editora da UESC, 2002.

SANTOS, J. M, FARIA, M. **Reflexões e construções geográficas Contemporâneas**. Salvador, edição do autor, 2004.

SILVA, R. T. **Infra-estrutura Urbana, necessidades sociais e regulação pública: Avanços institucionais e metodológicos a partir da gestão integrada de bacias**. (In): RIBEIRO, L. C. Q (org.) **Metrópoles: Entre a coesão e a fragmentação, a conspiração e o conflito**. São Paulo, editora Fundação Perseu Abramo, 2004.

SUERTEGARAY, D. M. A. **GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA: Uma (re) leitura**. Rio Grande do Sul: editora Unijuí, 2002.