

O USO DE REDES CAUSAIS E INDICADORES PARA PROMOÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL: ENFOQUE PARA OS SERVIÇOS AMBIENTAIS DE ÁREAS ALAGÁVEIS



OLAM - Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil - ISSN: 1982-7784 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Alessandra Ribeiro de Moraes¹
Ricardo Tezini Minoti²
Ricardo Silveira Bernardes³

Introdução

A manutenção da qualidade ambiental, reconhecida como a integração equilibrada dos atributos naturais de um ambiente, deve ser almejada em quaisquer intervenções antrópicas, por serem essas responsáveis pelas alterações que podem comprometer os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas.

Atualmente, devido aos avanços tecnológicos para coleta e armazenamento de dados, existe maior facilidade de levantamento de informações relacionadas aos sistemas ambientais, assim como maior acurácia na obtenção dos dados, tanto de áreas com intensa atividade econômica como de locais delimitados para proteção ambiental. Entretanto, as lacunas existentes ainda são significativas. A ausência de informações sobre as modificações antrópicas nos ecossistemas é expressiva no Brasil, não apenas sobre as condições anteriores, mas também sobre o estado ambiental durante e após tais modificações.

Além da disponibilidade quantitativa dos dados, torna-se, cada vez mais importante, a definição das características qualitativas das informações que se deseja obter em função dos usos pretendidos. Para tal, indicadores podem ser usados como ferramenta de síntese e agregação de dados. Configura-se, dessa forma, a importância de se estabelecer a sequência de causas e efeitos das ações

antrópicas e também indicadores que representem a condição inicial de um sistema e que sirvam também ao acompanhamento de sua evolução, para que sejam adotadas medidas de promoção da qualidade ambiental, como forma de garantir o suprimento dos recursos numa dada unidade da paisagem.

Diante do exposto, o presente artigo foi elaborado com a finalidade de apresentar uma proposta de rede causal e selecionar alguns indicadores que representem os conflitos associados à preservação de áreas alagáveis.

Qualidade Ambiental

A avaliação da qualidade do meio ambiente é uma tarefa fundamental no intuito de oferecer aos órgãos gestores federais, estaduais e municipais, e também aos demais atores sociais, um conjunto de informações de suporte à gestão dos recursos naturais. Nesse sentido, os ambientes a serem caracterizados podem ser divididos em dois tipos: ambientes naturais destinados à conservação, e os demais ambientes (ambientes naturais remanescentes – ainda não explorados – e os ambientes alterados por ações humanas).

O estabelecimento da condição inicial dos ambientes naturais destinados à conservação (Unidades de Conservação) destina-se ao conhecimento das funções ecológicas desempenhadas por esses sistemas, sem qualquer intervenção humana ou com intervenções mínimas. O conhecimento das condições iniciais de ambientes naturais remanescentes (que não estão inseridos em áreas de proteção ambiental), assim como de ambientes alterados (muitas vezes degradados) é fundamental para a avaliação preliminar da aptidão aos diferentes usos (zoneamento ambiental), de forma a mitigar os impactos decorrentes das atividades humanas. A caracterização da qualidade ambiental desses ambientes é importante, também, para o estabelecimento da situação inicial, ou seja, anterior ao desenvolvimento de qualquer ação antrópica.

Estrutura-se, com esse fim, uma sequência lógica para avaliação da qualidade ambiental inicial dos ambientes, conforme a Figura 1:

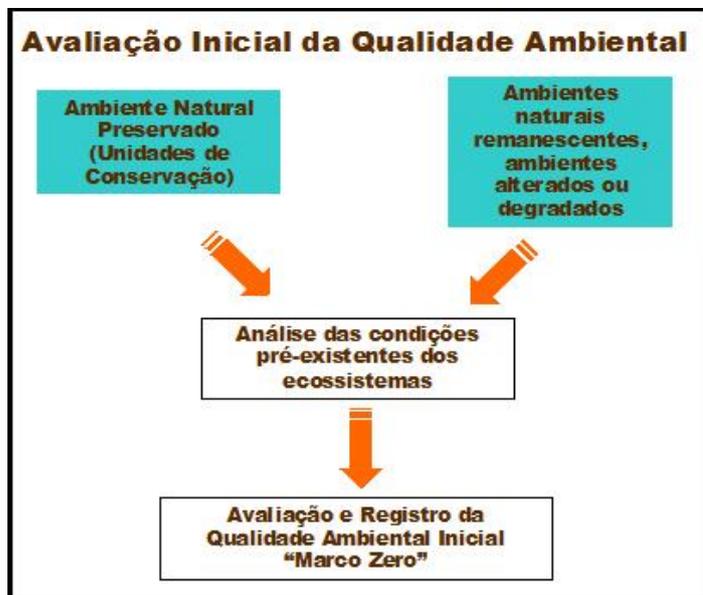


Figura 1: Avaliação da qualidade ambiental inicial dos ecossistemas. Elaborado pelos autores.

Além do estabelecimento da qualidade ambiental inicial dos ambientes, torna-se necessária, ainda, a realização de avaliação dos estágios durante o progresso de tais ações e após sua finalização – estágio ambiental final, como podemos observar na Figura 2:

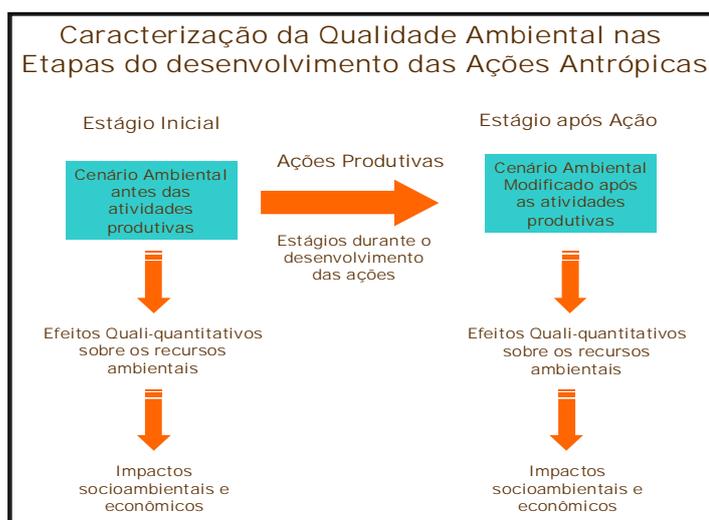


Figura 2: Etapas para avaliação ambiental antes, durante e após o desenvolvimento de atividades produtivas. Elaborado pelos autores.

A caracterização do ambiente deve contemplar as funções e os respectivos serviços prestados. Em seguida, devem-se selecionar informações essenciais, representadas pelos indicadores, a serem utilizadas para o monitoramento da qualidade ambiental.

Serviços Ambientais

De acordo com De Groot et al. (2002), os conceitos de *bens* e *serviços ambientais* podem descrever o funcionamento dos ecossistemas ou relacionar os benefícios obtidos pelos seres humanos a partir das propriedades e processos dos ecossistemas. Uma vez que as funções de um ecossistema são conhecidas, a natureza e magnitude do valor dessas funções para a sociedade podem ser avaliadas por meio dos bens e serviços. O termo *serviços* inclui os benefícios tangíveis e intangíveis, separados em bens e serviços, respectivamente. Tais serviços são classificados quanto à função, organização ou aspectos descritivos. Os bens, também denominados produtos, são utilizados para o consumo ou para serem comercializados (MILLENIUM, 2005).

De Groot et al. (2002) também alertam que as funções de regulação são desempenhadas, plenamente, por ecossistemas naturais, não perturbados e, para que o ser humano se beneficie destas funções, é necessário garantir a existência continuada e a integridade dos processos e ambientes. A utilização das funções de suporte pelo diferentes usos do solo implica numa alteração significativa das condições ambientais naturais, especialmente quando o uso envolve infra-estrutura permanente, sendo o uso do meio para essas funções, na maioria das vezes, exclusivo.

Para Santos e Moret (2009), os recursos naturais desempenham funções econômicas – entendidas como qualquer serviço que contribua para a melhoria do bem-estar, do padrão de vida e do desenvolvimento econômico e social – ficando

claramente implícita a necessidade de valorar corretamente os bens e serviços ambientais.

Áreas Alagáveis

As áreas alagáveis são ecossistemas complexos sujeitos a inundações periódicas, conhecidos também como áreas úmidas, várzeas, banhados, brejos, pântanos, entre outros. O termo *wetlands* designa tais ambientes no idioma inglês, sendo também de uso consagrado no Brasil. A Convenção Ramsar¹ (2007) define *áreas alagáveis* como áreas de pântano, charco, turfa, mangues, lagos, rios, campos úmidos, oásis, estuários, deltas e recifes de corais, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas marítimas, com menos de seis metros de profundidade, na maré baixa.

Na história recente da sociedade, as áreas alagáveis foram consideradas ambientes insalubres e que deveriam ser alterados para permitir o desenvolvimento econômico de uma região. Estima-se que, globalmente, a extensão de *wetlands* tenha sido reduzida em mais de 50% (SCHUYT; BRANDER, 2004). Cedfeldt et al. (2000) salientam que, apenas recentemente, passou-se a compreender melhor as funções associadas às áreas alagáveis e seu valor para a sociedade. Em pesquisa realizada nos Estados Unidos, os autores basearam-se nas funções relacionadas à biodiversidade, qualidade da água e redução de inundação para ordená-los em prioridade de preservação.

Para inferir sobre quais as funções mais prováveis de ocorrer numa determinada área alagável, é necessário que, a partir do inventário inicial, seja realizada uma avaliação funcional, processo no qual as características gerais, físicas e biológicas, são analisadas (RAMSAR, 2007). A Tabela 1 apresenta a classificação das funções ambientais desempenhadas pelas áreas alagáveis. Observa-se que tais ecossistemas fornecem importantes serviços ambientais. Musinguzi et al. (2006) comentam que devido ao crescente reconhecimento de tais benefícios, o manejo

desses ambientes, de forma sustentável, tem-se tornado um foco de atenção dos governos locais, regionais e da comunidade internacional nas últimas décadas.

Tabela 1: Classificação das funções ambientais de áreas alagáveis (adaptado de Millenium, 2005).

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
REGULAÇÃO	Capacidade de regular processos ecológicos essenciais e sistemas de suporte à vida. Essas funções fornecem serviços que têm benefícios diretos e indiretos aos seres humanos, entretanto, muitas vezes, os benefícios indiretos não são reconhecidos até que sejam perdidos ou alterados. A regulação do clima, da água, da erosão, o fornecimento de água e tratamento de resíduos, a prevenção de distúrbios naturais e a polinização, são alguns exemplos.
SUORTE	Ambientes naturais constituem refúgios e locais de reprodução, contribuindo para a conservação da diversidade biológica e manutenção dos processos evolutivos. A formação do solo e a ciclagem de nutrientes são exemplos.
PRODUÇÃO	Representam os recursos naturais renováveis resultantes da produção primária bruta que podem ser utilizados de forma sustentável, como alimentos, água doce, fibras e combustíveis, bioquímicos e recursos genéticos.
INFORMAÇÃO	Ambientes naturais constituem-se uma referência e contribuem para a saúde humana fornecendo oportunidades para reflexão, inspiração (artística e cultural), enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, recreação e contemplação, assim como, atividades educativas e científicas.

Bodini et al. (2000) afirmam que para a adoção de estratégias otimizadas de manejo em áreas alagáveis e a minimização de conflitos, é necessário lidar com a natureza multidimensional do manejo, de forma a garantir uma utilização sustentável dos recursos naturais. Para Loielle et al. (2004), o desafio para o manejo de recursos naturais, especialmente em economias emergentes, é fornecer benefícios econômicos enquanto se mantêm a integridade e o valor funcional dos ambientes. Os autores comentam que, em regiões neotropicais, a ocorrência de áreas relativamente preservadas é, ainda, uma realidade. Comparados a ambientes extensivamente utilizados, a ligação que falta para o manejo racional dessas áreas está relacionada, freqüentemente, à carência de informações para as decisões. A utilização de novas tecnologias combinadas com abordagens multidisciplinares pode subsidiar os tomadores de decisão, seja em nível local ou regional.

Indicadores

Os indicadores são ferramentas úteis para otimização dos atributos de informações existentes, sinalização de lacunas de dados e definição de prioridades de gestão. Não são elementos explicativos ou descritivos, mas sim informações pontuais no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade (MAGALHÃES Jr, 2007).

Segundo Venturelli e Galli (2006), os indicadores representam as propriedades estruturais e funcionais em um processo de gestão, podendo demonstrar os pontos falhos e favorecer a avaliação do planejamento por permitir uma revisão contínua dos objetivos, ferramentas e ações de tal processo. Por serem variáveis que sumarizam ou simplificam um conjunto de informações a respeito de um fenômeno, de modo que o mesmo seja perceptível e mensurável, os indicadores contribuem com os processos de monitoramento e avaliação, porque fornecem informações valiosas, em assuntos complexos, de uma maneira relativamente acessível (NIEMEIJER; DE GROOT, 2008).

Um requisito importante e, freqüentemente, negligenciado para a utilidade e aceitação de indicadores, é o entendimento do que seja essa ferramenta e da sua real função no processo de tomada de decisão. Os indicadores são meios de comunicação, e como qualquer forma de comunicação, requerem seu entendimento pelos participantes do diálogo no processo de tomada de decisão em direção ao desenvolvimento sustentável. Esses elementos devem ser claros e os usuários devem estar habilitados a compreender o seu sentido, assim como sua significância em termos de valores (CÔRTEZ, 2009).

Turnhout et al. (2007) reconhecem que o uso de indicadores permite a ligação entre a produção e o uso do conhecimento científico por tratar-se de uma área de interface entre ciência e política. Dessa forma, recomendam a inclusão da perspectiva de atores sociais no processo de seleção dos indicadores que, segundo os pesquisadores, não podem ser avaliados apenas com os tradicionais critérios

científicos de qualidade, devendo incluir aspectos de interdisciplinaridade, relevância e também do ponto de vista dos usuários.

Recomendação semelhante é feita por Shields et al. (2002), ao apontarem que os indicadores de sustentabilidade só serão efetivos se permitirem aprendizagem social por prover os usuários com informações, de forma que possam entendê-las e relacioná-las. O alcance de objetivos públicos pode ser facilitado por meio do uso de indicadores derivados de processos participativos, que sejam significativos para o público e reflitam o entendimento de seus valores e objetivos.

Apesar da importância de inclusão dos usuários no desenvolvimento de indicadores e dos benefícios advindos da sua crescente utilização, existe uma carência de terminologia, regras, métodos e princípios para a formulação e aplicação dos mesmos (MÜLLER; LENZ, 2006). Em muitos casos, os conjuntos de indicadores são desenvolvidos baseados nas práticas e regulações históricas ou na avaliação intuitiva dos especialistas, sem o respaldo, no entanto, de fundamentação científica satisfatória.

Indicadores ambientais

Heink e Kowarik (2010) realizaram uma revisão sobre as diferentes definições de indicadores no campo da Ecologia e do Planejamento Ambiental. Os autores comentam que, apesar da diversidade de definições, nenhuma é (ao mesmo tempo) completa e exata quanto ao significado dos indicadores. Considerando que os indicadores podem ser tanto medidas quanto componentes (descritivos, avaliativos ou prescritivos), e também usados para avaliar condições e tendências, formularam uma definição geral de indicador: “Um indicador, em Ecologia e Planejamento Ambiental, é um componente ou uma medida de fenômenos, ambientalmente relevantes, usados para retratar ou avaliar as condições ambientais, as mudanças ou a definição de metas ambientais.” (HEINK; KOWARIK, 2010).

Jackson et al. (2000) definem indicadores ecológicos como medida, índice de medidas ou modelo que caracteriza um ecossistema ou um dos seus componentes. Um indicador pode, assim, refletir os atributos biológicos, químicos ou físicos de uma condição ecológica.

Turnhout et al. (2007) justificam algumas críticas ao uso de indicadores ecológicos, embora reconheçam que um conjunto limitado de parâmetros possa não ser suficiente para representar a complexidade e as incertezas dos ecossistemas e que a qualidade de um ambiente depende de vários atributos. Os autores explicam que por meio dos indicadores, se constrói um cenário dos ecossistemas e este cenário contém apenas os fatores considerados relevantes.

Quanto às características desejáveis dos indicadores, de acordo com Niemeijer e de Groot (2008), podem ser referentes: a especificidade, mensurabilidade, acessibilidade, relevância e sensibilidade às mudanças ao longo do tempo, além de apresentarem relação custo-benefício efetiva e serem compatíveis com indicadores usados em outros locais. Todas essas características devem ser almejadas no desenvolvimento de qualquer tipo de indicador, mas principalmente dos indicadores ecológicos, os quais devem ser extremamente eficientes, minimizando custos associados à sua utilização em escalas temporais e espaciais de grande abrangência.

O uso de indicadores torna-se de extrema utilidade na Ecologia da Paisagem, já que a composição, a estrutura, a função e as mudanças da paisagem podem ser representadas numa escala ampla, seja espacial ou temporal, assim como a análise das alterações no uso e ocupação do solo. Assim, para garantir resultados em um nível amplo de análises, Müller e Lenz (2006) sugerem a combinação de indicadores de estruturas, processos, funções e organização, associando fatores biológicos e não-biológicos dos ambientes. Papadimitriou (2002) reconhece que os desafios aumentam quando aspectos estruturais (quantitativos) e funcionais (qualitativos) da paisagem são considerados para avaliar sua complexidade.

A aplicação dos indicadores ambientais, como informações temporais e espaciais para o planejamento nas esferas municipal, estadual e federal, deverá estar incorporada por uma orientação técnica e política de gestão voltada à valorização de atributos, como a manutenção da diversidade biológica em diversos níveis estruturais, a diversidade paisagística, a manutenção dos ciclos biogeoquímicos da biosfera, a utilização sustentada dos recursos dos ecossistemas e outros fatores relacionados à qualidade de vida das pessoas e principalmente aqueles ligados diretamente à conservação dos recursos hídricos, solo e atmosfera (BESSA Jr.; MULLER, 2000).

Para o uso de indicadores associados às diferentes esferas de gestão ambiental ou aos diferentes níveis estruturais dos sistemas naturais, deve-se voltar atenção às questões de abordagem em multi-escalas. Bidone et al. (2004) lembram que a principal limitação às extrapolações de escala reside na necessidade de bem estabelecer-se, primeiramente, as “tipologias” ambientais; isto é, indicadores do condicionamento ambiental podem apresentar comportamento (físico, químico, biológico etc.) diferenciado de uma região para outra e, essas diferenças dificilmente poderão ser compatibilizadas. Os autores realizaram um estudo de caso da baía de Guanabara, Estado do Rio de Janeiro (RJ), e constataram que para a tipologia socioeconômica e ambiental das pequenas bacias que a drenam, há uma relação significativa entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e os indicadores de qualidade ambiental.

Passos et al. (2007) comentam que o progresso na área de desenvolvimento de indicadores ambientais se iniciou no final da década de 1980, no Canadá e em alguns países da Europa, sendo os sistemas rurais um dos principais alvos desses estudos. Para os autores, a diversidade de indicadores e metodologias para avaliar a sustentabilidade ambiental de agroecossistemas, torna tais estudos complexos, específicos e de difícil reaplicação em realidades diferentes. Comentam, finalmente, que as dificuldades encontradas na definição, seleção e escolha de métodos e instrumentos dirigidos à avaliação da sustentabilidade ambiental de

agroecossistemas têm suas raízes fundadas na inexperiência que as ciências ainda têm acerca da temática.

Venturelli e Galli (2006), ao desenvolverem um método que permitisse uma abordagem holística para análise e manejo da paisagem, reconheceram que os princípios teóricos fundamentais ainda são um tanto quanto abstratos para alcançar o modo de pensar dos executores e, portanto, indicadores ambientais representariam uma ferramenta adequada. Entretanto, os autores constataram que a escassez de informações derivadas do diálogo interdisciplinar, entre diferentes profissionais, representa um obstáculo à implementação do método proposto.

Santos e Moret (2009) comentam que os indicadores de desenvolvimento têm servido como uma importante ferramenta de legitimação do conceito e do paradigma do desenvolvimento sustentável, pois alguns aspectos não são considerados nas abordagens tradicionais de indicadores, mais reconhecidos facilmente na área econômica, como o Produto Interno Bruto (PIB), por exemplo. Os autores apresentam uma lista atualizada com os principais indicadores de desenvolvimento propostos e reconhecem que a necessidade atual de se produzirem indicadores ambientais deve-se ao fato de que a incorporação da dinâmica ecológica no desenvolvimento econômico e social tornou-se fundamental no planejamento e na ação governamental. Dado este contexto, surgiram diferentes tentativas de se padronizar a metodologia de elaboração dos indicadores ambientais relevantes para estudos de caráter experimental, bem como para estudos de políticas ambientais e de definição de índices e valores.

Azevedo et al. (2002) apresentam conceitos importantes relativos à construção de indicadores e destacam quatro categorias para o uso dos indicadores ambientais: medir performance ambiental; integrar preocupações ambientais em políticas setoriais; integrar ambiente e economia de forma ampla na tomada de decisão e informar sobre o estado do ambiente.

Para a elaboração de projeções a respeito do futuro da humanidade, Meadows et al. (2007) apresentam dois importantes conceitos a serem avaliados: o bem-estar humano e a pegada ecológica humana. O primeiro trata da qualidade de vida do cidadão médio global e o segundo refere-se ao impacto ambiental total da humanidade sobre a base de recursos disponíveis. Apesar de os dois conceitos serem, em princípio, de simples entendimento são difíceis de serem corretamente mensurados.

Wiens e Silva (2006) avaliaram trabalhos que tratam de indicadores da qualidade ambiental. Foi constatado que o tema qualidade ambiental é complexo, bem como seus padrões e seus indicadores, pois neles estão contidos fatores subjetivos, que levam em conta a percepção que o indivíduo tem em relação ao seu ambiente e ao seu próprio modo de vida. Além disso, existem os fatores objetivos: econômicos, sociais, culturais e políticos, que se manifestam distintamente no espaço, possibilitando interpretá-lo de várias maneiras. Dentre as conclusões, os autores destacam o fato que, como os indicadores são uma forma de representação do sistema, a orientação depende da definição que se adote, assim como das variáveis envolvidas e da dinamização do processo.

No intuito de corroborar a questão do desenvolvimento de indicadores ambientais, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) organiza desde 2002, a publicação “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”, tendo como objetivo, disponibilizar um sistema de informações para o acompanhamento da sustentabilidade do padrão de desenvolvimento do País e contribuir com os tomadores de decisões por apresentar, periodicamente, um panorama abrangente dos principais temas relacionados ao desenvolvimento sustentável no Brasil.

Como uma das primeiras iniciativas a tratar do estabelecimento de indicadores para a gestão ambiental, o governo brasileiro publicou, em 2007, um documento sobre indicadores de acompanhamento da Iniciativa Latino-Americana e Caribenha para o Desenvolvimento Sustentável (ILAC). Tal iniciativa foi proposta no Fórum de Ministros de Meio Ambiente da América Latina e do Caribe, durante a

Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável realizada em Johannesburgo, na África do Sul, em 2002. O documento estabeleceu uma série de diretrizes no formato de metas e ações em áreas prioritárias para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável, representados por indicadores agrupados nas seguintes áreas temáticas: Biodiversidade; Gestão dos recursos hídricos; Vulnerabilidade, assentamentos humanos e cidades sustentáveis; Saúde, desigualdade e pobreza; Comércio e padrões de produção e consumo; Aspectos institucionais de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável.

Rede causal

O desenvolvimento e a utilização de indicadores podem ser mais efetivos quando o contexto da informação ambiental a ser desenvolvida é estabelecido de maneira apropriada. Nesse sentido, uma forma de contextualização da origem dos conflitos ambientais, suas causas e seus impactos, é o delineamento de redes causais. Uma das metodologias mais utilizadas para a elaboração de redes causais é o modelo "Pressão-Estado-Resposta – PSR", formulado pela OCDE, em 1993, em trabalhos para o governo canadense (OCDE, 2003).

No Brasil, o modelo PSR foi utilizado na organização e sistematização de informações ambientais. O modelo serviu de base à estruturação do Sistema de Monitoramento da Biodiversidade (SIMBIO), sistema elaborado e gerenciado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), e, também, à análise, por meio de indicadores, da situação ambiental do território brasileiro, para elaboração do "GEO Brasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil", iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (DOLABELA; BEMFICA, 2006).

A Agência Ambiental Européia incorporou dois novos elos ao modelo PSR: *força-motriz* (D) e *impacto* (I). Os indicadores de forças-motrizes descrevem o desenvolvimento social, demográfico e econômico nas sociedades e as mudanças

correspondentes nos padrões de produção e consumo. Os indicadores de impacto descrevem mudanças nas condições ambientais (MAGALHÃES Jr, 2007).

O modelo DPSIR é uma das ferramentas conceituais mais comuns em estudos voltados ao desenvolvimento de indicadores, pois é capaz de organizá-los e estruturá-los a partir de uma avaliação hierárquica, em redes causais (NIEMEIJER; DE GROOT, 2008). A Figura 3 apresenta um esquema do modelo.

No processo de gestão das mais variadas áreas de atuação do Estado e, principalmente, em avaliações ambientais, o emprego do modelo DPSIR torna-se efetivo e promissor. Fidalgo (2003) explica que o desenvolvimento social e econômico é considerado uma força-motriz que exerce pressão, conduzindo a mudanças no estado do ambiente, que, por sua vez, levam a impactos na saúde humana e nos sistemas ecológicos. O resultado pode ser uma resposta da sociedade, que irá alimentar novamente os componentes do modelo, mediante políticas ambientais, econômicas ou setoriais.

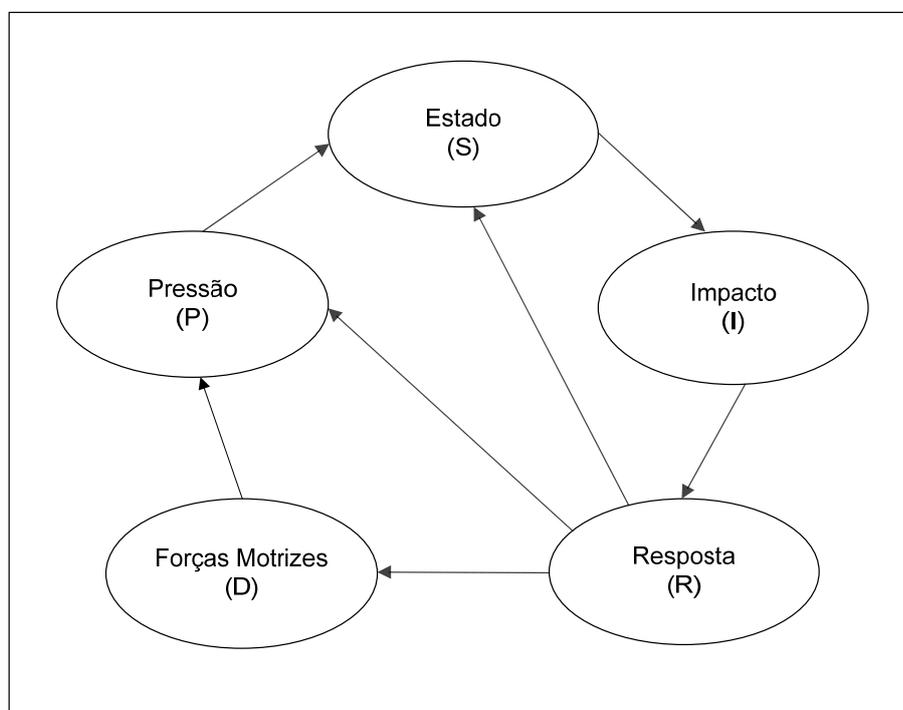


Figura 3 – Rede causal no modelo DPSIR (NIEMEIJER; DE GROOT, 2008).

Aplicação da Rede Causal para a Avaliação das Áreas Alagáveis

O desenvolvimento e uso dos indicadores permitem avaliar padrões temporais no *status* e em tendências dos ecossistemas, habitats e espécies, assim como a pressão e as ameaças que enfrentam e quais as respostas produzidas. Especificamente para as áreas alagáveis, os indicadores não são elaborados visando fornecer uma avaliação completa e abrangente de todos os aspectos de sua dinâmica, mas pretendendo que forneçam uma série de imagens desses padrões para a construção de cenários, com foco no suporte à decisão (RAMSAR, 2007).

Minoti (2006) reconhece a carência de indicadores a respeito de áreas alagáveis nos órgãos governamentais brasileiros, sendo a produção científica sobre o assunto voltada, principalmente, ao aprimoramento da agricultura em bacias hidrográficas rurais. Considerando a escassez de informações relacionada às condições iniciais e ao monitoramento desses ecossistemas, a intensificação do uso do solo evidencia uma provável deficiência nos planejamentos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Partindo-se das premissas apresentadas, identificou-se a importância de se caracterizar, de maneira preliminar, a sequência de fatores que atuam sobre as áreas alagáveis e suas consequências, com base no estabelecimento de uma rede causal relacionada às alterações que ocorrem nos serviços ambientais desempenhados por esses ecossistemas e os conflitos associados à preservação dos mesmos.

Apesar da lacuna associada à produção e à disseminação de informações de áreas alagáveis, em nível nacional, com base no desenvolvimento da rede causal torna-se possível verificar a elevada complexidade e os conflitos associados à preservação desses ecossistemas, de forma a manter sua qualidade ambiental. A figura 4 apresenta a rede causal estabelecida de acordo com o modelo DPSIR.

Neste modelo, cada elemento da rede causal, dependendo da sua natureza, pode ser considerado um indicador ou ser representado por outros indicadores. A metodologia possibilita, quando necessário, a indicação de variáveis relacionadas à determinação de cada indicador. Indicadores que exemplificam as interações e os conflitos associados à preservação de áreas alagáveis estão listados na tabela 2.

Os fatores que desencadeiam os processos ao longo da rede causal são denominados *forças-motrizes*. Dentre essas forças-motrizes, pode-se destacar, como exemplos, a atuação dos sistemas de gestão ambientais, suas deficiências ou ausências, os modelos de desenvolvimento econômico adotados, os recursos disponibilizados para a manutenção desses sistemas ambientais, e também os fatores naturais que não são controláveis pelos seres humanos, tais como as mudanças climáticas.

O indicador “I1”, por exemplo, está associado ao item “Contaminação das áreas alagáveis” presente no nível “Estado” da rede causal. O indicador “I9” pode ser associado tanto ao item “Diminuição de áreas alagáveis” (Estado), como ao item “Perda dos serviços ambientais das áreas alagáveis” no nível “Impacto” da rede causal.

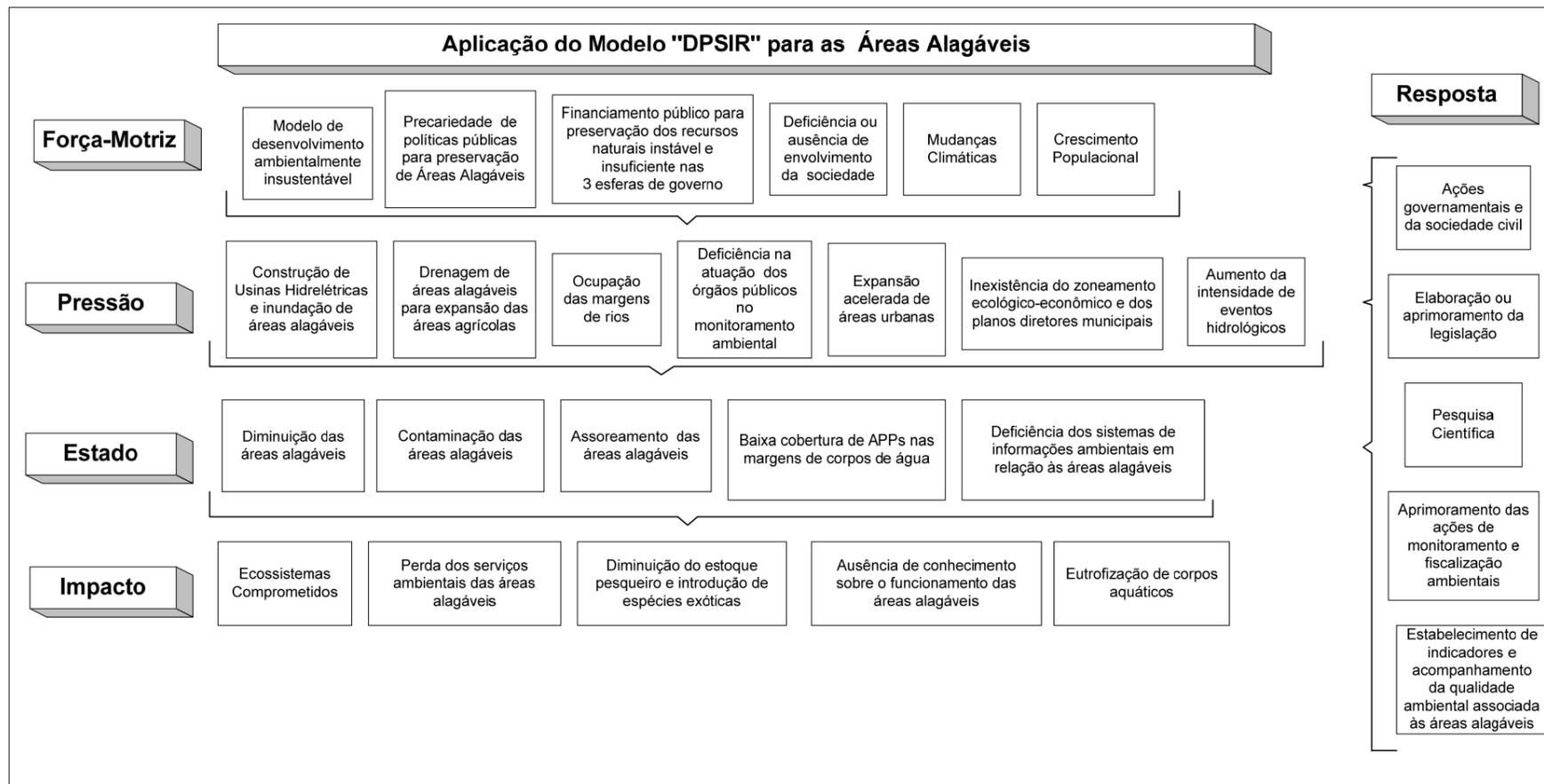


Figura 4: Rede causal simplificada dos conflitos associados à preservação de áreas alagáveis. Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Levantamento inicial de indicadores relacionados à complexa rede de interações e conflitos associados à preservação de áreas alagáveis.

INDICADORES
I1. Concentração de poluentes nos sedimentos
I2. Assoreamento das áreas alagáveis
I3. Variação da taxa de retenção de fósforo nas áreas alagáveis
I4. Extensão dos rios inundada pela construção de represas
I5. Implantação da vazão ambiental em Usinas Hidrelétricas (pulsos de inundação)
I6. Porcentagem de ocupação urbana nas margens de corpos aquáticos
I7. Porcentagem de manutenção de APP no entorno de áreas alagáveis
I8. Porcentagem da área ocupada por áreas alagáveis transformadas em unidades de conservação
I9. Porcentagem de perda de áreas alagáveis em um período histórico
I10. Número de espécies endêmicas de áreas alagáveis em situação de risco
I11. Número de espécies aquáticas em situação de risco
I12. Porcentagem de redução do estoque pesqueiro

Elaborado pelos autores.

A concepção metodológica proposta para o estabelecimento de uma rede causal e indicadores se configura como uma primeira aproximação para o delineamento da complexa rede de relações existentes entre a intensificação das atividades humanas e as consequências aos serviços ambientais proporcionados pelas áreas alagáveis. Nesse sentido, a seleção de indicadores e das variáveis relacionadas deve ser definida, para que se ampliem as possibilidades de aplicação da metodologia em contextos regionais variados. Considerando que o aprimoramento do SISNAMA e do SINGREH depende, entre outros aspectos, da elaboração de indicadores cada vez mais adequados à capacidade de transmitir informações e de subsidiar os processos de auxílio à decisão, recomenda-se o investimento em esforços para a proposição de protocolos capazes de agregar e consolidar indicadores no contexto das relações causa-efeito, convenientemente representados por redes causais.

A metodologia apresenta um enfoque eficiente para contextualização da rede de conflitos inerente ao processo de gestão de áreas alagáveis. A aplicação dessa ferramenta, no presente trabalho, possibilitou o desenvolvimento de indicadores ambientais que poderão ser aplicados tanto no monitoramento, como na estimativa da qualidade desses ambientes. A aplicação dos indicadores desenvolvidos, e outros que poderão ser agregados, possibilitará a identificação das pressões a que

as áreas alagáveis podem estar sendo submetidas e das ações necessárias à sua proteção, assim como ao manejo desses importantes ecossistemas.

Notas

¹ Tratado intergovernamental, reconhecido por governos e organizações não-governamentais, cuja missão é o uso racional de *wetlands* através de ações locais, regionais e nacionais e cooperação internacional, numa contribuição para alcançar o desenvolvimento sustentável dessas áreas. Atualmente, 155 países são signatários e existem 1700 sítios Ramsar em todo o planeta, cobrindo mais de 150 milhões de hectares.

Referências

AZEVEDO, J.; NASCIMENTO, L. C. A.; COSTA, S. B. Construção de um Conjunto de Indicadores de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. In: SIMPÓSIO SOBRE MEIO AMBIENTE, 10, 2002, São Gonçalo. **Anais...**

BESSA JÚNIOR, O., MULLER, A.C.P. Indicadores ambientais georreferenciados para a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 99, p. 105-119, jul./dez. 2000.

BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; AZEVEDO, Jeferson de. Avaliação Socioeconômica de Impactos Ambientais em Estruturas do Tipo Pressão-Condicionamento-Impacto-Resposta (PCIR). In: ROMEIRO, A. R. (Org.). **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2004. Cap. 11, p. 183-195.

BODINI, A.; RICCI, A.; VIAROLI, P. A multimethodological approach for the sustainable management of perfluvial wetlands of the Po river (Italy). **Environmental Management**, Heidelberg, v. 26, n.1, p. 59-72, 2000.

CEDFELDT, P. T., WATZIN, M. C., RICHARDSON, B. D. Using GIS to identify functionally significant wetlands in the northeastern United States. **Environmental Management**, Heidelberg, v. 26, n.1, p. 13-24, 2000.

CÔRTEZ, J. M. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. 2009. 316f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 41, p. 393-408, 2002.

DOLABELA, R. F.; BEMFICA, J. C. A produção de informação sobre o meio ambiente no Brasil. Condicionantes Técnicos, Sociais e Políticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 7, 2006, Marília. **Anais...** Ed. UNESP, 2006.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais.** 2003. 276f. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas.

HEINK, U.; KOWARIK, I. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v.10, p. 584-593, 2010.

JACKSON, L. E., KURTZ, J. C., FISHER, W. S. **Evaluation guidelines for ecological indicators.** EPA/620/R-99/005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC. 107 p., 2000.

LOISELLE, S. A.; BASTIANONI, S.; BRACCHINI, L.; ROSSI, C. Neotropical wetlands: new instruments in ecosystem management. **Wetlands ecology and management**, Heidelberg, v.12, p. 587-596, 2004.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos.** Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2007.

MEADOWS, D. H.; RANDERS, J. MEADOWS, D. **Limites do crescimento: a atualização de 30 anos.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

MINOTI, R. T. **Abordagens qualitativa e quantitativa de micro-bacias hidrográficas e áreas alagáveis de um compartimento do Médio Mogi-Superior/SP.** 2006. 247f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis.** Washington: World Resources Institute, 2005.

MÜLLER, F.; LENZ, R. Ecological indicators: Theoretical fundamentals of consistent applications in environmental management. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 6, p. 1-5, 2006.

MUZINGUZI M., BAX G.; TICKODRI-TOGBOA, S. (2006). **Spatial data infrastructures: the future of wetland rapid assessment models in developing countries.** Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net/application/environment/wetland/index.htm>>. Acesso em 10 fev. 2008.

NIEMEIJER, D.; DE GROOT, R. S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 8, p. 14-25, 2008.

OCDE. **OCDE Core Set of Indicators for Environment Performance Reviews**. Paris: Group on the State of Environment, 2003.

PAPADIMITRIOU, F. Modelling indicators and indices of landscape complexity: an approach using G.I.S. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 2, p. 17-25, 2002.

PASSOS, H. D. B.; PIRES, M. M.; SANTA RITA, L. M. O uso de indicadores ambientais para agroecossistemas. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7., 2007, Fortaleza. **Anais...**

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. Inventory, assessment, and monitoring: an integrated framework for wetland inventory, assessment, and monitoring. **Ramsar handbooks for the wise use of wetlands**, 3rd. ed., v. 11. Switzerland: Ramsar Convention Secretariat, 2007.

SANTOS, F. B. N.; MORET, A. S. Valoração ambiental e sustentabilidade. **OLAM – Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, v. 9, n. 1, jan-jul. 2009. Disponível em <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/olam/article/view/2736/2638>>. Acesso em 13 mai. 2010.

SCHUYT, K.; BRANDER, L. **Living waters, conserving the source of life: the economic values of the world's wetlands**. Amsterdam: WWF International, 2004.

SHIELDS, D. J.; ŠOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 2, p. 149-160, 2002.

TURNHOUT, E.; ILER, M. H.; EIJSACKERS, H. Ecological indicators: between the two fires of science and policy. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 7, p. 215-228, 2007.

VENTURELLI, R. C.; GALLI, A. Integrated indicators in environmental planning: methodological considerations and applications. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 6, p. 228-237, 2006.

WIENS, S.; SILVA, C. L. Indicadores de Qualidade Ambiental: uma análise comparativa. In: SEMINÁRIO SOBRE SUSTENTABILIDADE, 1, 2006, Curitiba. **Anais...UNIFAE**, 2006.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Elton Carvalho pela revisão do Abstract.

RESUMO

A manutenção da qualidade ambiental deve ser almejada em quaisquer intervenções antrópicas, pela possibilidade de comprometimento dos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas. A ausência de informações sobre os ambientes é expressiva no Brasil, não só sobre as condições anteriores às modificações antrópicas, mas também sobre o estado do ambiente durante e após tais modificações. Os indicadores, ferramentas de síntese e agregação dos dados, podem representar a condição inicial de um sistema, assim como o acompanhamento de sua evolução, para que sejam adotadas medidas de promoção da qualidade ambiental. As áreas alagáveis são ecossistemas complexos, sujeitos a inundações periódicas e que fornecem serviços e bens ambientais diversos. Entretanto, a intensificação das atividades antrópicas em tais ambientes compromete o fornecimento dos serviços prestados. O presente artigo aborda a qualidade ambiental com foco nas áreas alagáveis e apresenta uma rede causal para avaliação das características ambientais desses ecossistemas.

Palavras-chave: Redes Causais. Indicadores. Qualidade Ambiental. Serviços Ambientais. Áreas Alagáveis. Modificações Antrópicas.

ABSTRACT

Environmental quality must be sought regardless of the human interventions which are made because of the risk of alterations in the environmental services provided by ecosystems. The lack of information about the different environments in Brazil is notorious; actually it is related not only to natural conditions before anthropogenic modifications but also to the conditions set out during and after these modifications. Indicators are tools of synthesis and aggregation which can depict the pristine conditions of an environment, as well as its evolution in order to set measures for environmental quality enhancements. Wetlands are complex ecosystems subject to periodic floods; they provide many environmental goods and services. However, the increase of anthropogenic modifications in these environments may lead to the exhaustion of the environmental services provided. This paper is on environmental quality within the scope of wetlands. It also details a casual network for assessment of the environmental characteristics of these environments.

Key words: Casual Network. Indicators. Environmental Quality. Environmental Services. Wetlands. Anthropogenic Modifications.

Informações sobre os autores:

¹Alessandra Ribeiro de Moraes – <http://lattes.cnpq.br/2230515038416929>

Docente na Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Doutoranda no programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília.

Contato: armoraes@unb.br

²Ricardo Tezini Minoti – <http://lattes.cnpq.br/4058939299213448>

Pesquisador colaborador no programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília

Contato: ricardo.minoti@gmail.com

³Ricardo Silveira Bernardes – <http://lattes.cnpq.br/2563050552464230>

Docente no programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília. Universidade de Brasília.

Contato: ricardo@unb.br



OLAM - Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil - ISSN: 1982-7784 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Recebido: 20-07-2010

Aprovado: 30-08-2010