

Indicadores ambientais de sustentabilidade sistematizados pelo modelo pressão-estado-resposta (PER): análise de águas superficiais na microbacia hidrográfica Passo da Pedra, em Pato Branco – PR

Environmental sustainability indicators for systematic model pressure-state-response (PER): analysis of surface water in the catchment Step Stone, in Pato Branco - PR

BRAGATTO, Rosane Dalpiva¹; MARTINI, Cezar Augusto²; STEFFANI, Marco Aurélio³; ZOREL JÚNIOR, Henrique Emilio⁴; BARRETO-RODRIGUES, Márcio⁵

1 Mestranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional da UTFPR, campus Pato Branco, Pato Branco/PR - Brasil, rosanebragatto@gmail.com; 2 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional da UTFPR, campus Pato Branco, Pato Branco/PR - Brasil, cezar71@gmail.com; 3 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional da UTFPR, campus Pato Branco, Pato Branco/PR - Brasil, mocoieio@gmail.com; 4 Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional da UTFPR, campus Pato Branco, Pato Branco/PR - Brasil, zorel@utfpr.edu.br; 5 Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional da UTFPR, campus Pato Branco, Pato Branco/PR - Brasil, marcioutfpr@gmail.com

RESUMO: No presente trabalho foi desenvolvido um estudo direcionado a avaliação da sustentabilidade ambiental da microbacia Hidrográfica do Rio Passo da Pedra do município de Pato Branco-PR por meio de indicadores de sustentabilidade atrelados ao modelo pressão, estado, resposta (PER). Os procedimentos metodológicos incluíram as etapas de revisão crítica de literatura, diagnóstico ambiental da área de estudo e a seleção/proposição dos parâmetros relacionados. Após serem analisados os fatores de relevância sobre as águas superficiais para gestão ambiental eficiente foram estabelecidos 15 indicadores caracterizados quanto ao nome, definição, importância, mecanismo de medição, unidade de medida, frequência de coleta e enquadramento no modelo PER. Os indicadores ora definidos permitem criar e avaliar programas e políticas públicas que visem reverter o quadro atual, com ações e práticas voltadas à sustentabilidade ambiental nas microbacias hidrográficas. Adicionalmente seu arranjo pode proporcionar um melhor entendimento das relações estabelecidas entre as pressões antrópicas e o ambiente, os indicadores desenvolvidos neste trabalho permitirão evidenciar as suas inter-relações.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores Ambientais de Sustentabilidade; Modelo PER; Microbacias Hidrográficas; Águas superficiais.

ABSTRACT: In the present work was a study aimed at assessing the environmental sustainability of the watershed basin of the Rio Step Stone Pato Branco PR-through sustainability indicators linked to the model pressure, state, response (PER). The methodological procedures included steps critical literature review, environmental assessment of the study area and the selection / proposal related parameters. After analyzing the factors of relevance to surface waters for efficient environmental management established 15 indicators were characterized according to the name, definition, importance, mechanism of measurement, unit of measure, frequency of collection and the PSR model framework. The indicators defined herein allow you to create and evaluate programs and policies aimed at reversing the current frame, with actions and practices aimed at environmental sustainability in the watersheds. Additionally, your arrangement may directly providing a better understanding of the relationships established between human pressures and the environment, the indicators developed in this paper will show their interrelationships.

KEY WORDS: Environmental Sustainability Indicators, Model PER, watersheds, surface water.

Introdução

O desenvolvimento da sociedade ocorreu de forma desordenada, sem planejamento, à custa de níveis crescentes de poluição e degradação ambiental. O domínio do meio ambiente pelo homem provocou desequilíbrio nos ecossistemas, surgindo assim, o conflito a que chamamos de crise ambiental. O processo de degradação ambiental é complexo e requer medidas de gestão e controle que passam por ações e soluções integradas de gestão ambiental, para minimizar os eventuais impactos ambientais. É pela tecnologia, tentou-se construir métodos de planejamento, modelos matemáticos, equipamentos de controle de poluição e processos alternativos menos poluentes, visando a sustentabilidade dos sistemas.

Durante a década de 70 surge o termo sustentabilidade (ONU, 2011), e dentro das discussões principalmente da Conferência de Estocolmo em 1972 e da Eco 92, no Rio de Janeiro, se amplia a utilização do termo Desenvolvimento Sustentável. A literatura reúne aproximadamente 160 conceitos ou definições sobre desenvolvimento sustentável e as abordagens diversas são relativas em função do campo ideológico ambiental ou da dimensão em que cada ator se posiciona. Mas para esse estudo toma-se por base o conceito estabelecido pelo Relatório Brundtland:

“Desenvolvimento conduzido responsabilmente por indivíduos, empresas, governos e outras instituições, cuidando do futuro, dividindo e partilhando equitativamente os recursos naturais dos quais os seres humanos e as demais espécies dependem, de forma a garantir que aqueles que hoje existem, estejam presentes também no futuro”. (ONU, 2011)

Compatibilizar o desenvolvimento com o meio ambiente significa considerar os problemas dentro

de um contínuo processo de planejamento, atendendo-se adequadamente as exigências de ambos. Mas, como medir e monitorar a sustentabilidade? Para a gestão, o planejamento e o controle se faz necessária a implantação de sistemas de medição e monitoramento, sendo que para esses sistemas funcionarem é imprescindível a utilização de indicadores. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) – indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem. Por outro lado indicadores de sustentabilidade ambiental são instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável.

O termo indicador é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Para Cabral (2011, apud WETERINGS, 1994) indicador é um parâmetro ou valor derivado de parâmetros que aponta ou fornece informação sobre o estado do fenômeno, meio ou área com uma significância estendida maior que a obtida diretamente pela observação das propriedades.

Já de acordo com a ONU (2011), os indicadores podem guiar para melhores decisões e ações mais eficientes, simplificando ou agregando as informações disponíveis à conduta do empreendimento.

Amaral (2011, apud ZHAO,1999) caracteriza indicadores de sustentabilidade como sendo aqueles que medem a distância entre o impacto ambiental real e aquilo que a biosfera pode aceitar. Por exemplo, se uma região quiser se desenvolver de maneira sustentável, quais tipos de impactos ambientais, sociais e econômicos ela poderá receber? E Cabral (2011, p. 02) complementa:

“os indicadores selecionados devem ser

adaptados às condições específicas de cada empreendimento. O gestor deve-se valer deles e monitorar as ações e as consequências dessas ações numa ótica temporal. Em outras palavras, cada medida é uma espécie de fotografia e somente várias dessas fotografias, tiradas em intervalos regulares de tempo, podem adicionar movimento, permitir desenho de cenários e guiar decisões sábias e sustentáveis.”

Conforme Bellen (2006) as principais funções dos indicadores são: avaliações de condições e tendências; comparação entre lugares e situações; avaliação de condições e tendências em relação às metas e aos objetivos; prover informações de advertência; antecipar futuras condições e tendências. E para Beaver (2011) os indicadores de sustentabilidade devem: ser simples de usar e fáceis de serem entendidos; ter facilidade de coleta e custo viável; sendo então úteis como ferramentas de gestão.

Várias são as definições e muitos sistemas de indicadores vêm sendo utilizados e desenvolvidos, porém como recorte deste estudo optou-se pela construção de indicadores de sustentabilidade na perspectiva ambiental. Bellen (2006, apud RUTHERFORD,1997) afirma que a principal preocupação, na perspectiva ambiental, é relativa aos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente.

As atividades humanas produzem pressões (emissões de contaminantes) que podem afetar o estado do ambiente, levando a sociedade a apresentar respostas a esses problemas, nas dimensões social, econômica e ambiental. Destas, apenas a dimensão ambiental será considerada com enfoque de análise e construção dos indicadores para medir a sustentabilidade ambiental da microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra, no enfoque da qualidade da água superficial.

Gestão da água em microbacias hidrográficas

A água como recurso valiosíssimo na constituição da vida, está distribuída em todo o globo terrestre variando de região para região em diferentes composições e concentrações (PARANÁ, 2011). Dentro do ecossistema planetário seu papel junto aos biomas é múltiplo, sendo integrante da cadeia alimentar e dos processos biológicos, bem como condicionante do clima e dos diferentes ambientes naturais.

De acordo com a Organização das Nações Unidas – ONU (ONU, 2011), de toda a água disponível na terra 97,6% está concentrada nos oceanos (Tabela 1). A água fresca corresponde aos 2,4% restantes. Destes 2,4% somente 0,31% não estão concentrados nos pólos na forma de gelo. Deste percentual de água doce disponível em torno de 8% do que pode ser utilizada no mundo esta no Brasil.

Embora se tenha no Brasil abundância de água, esta se encontra mal distribuída em relação à densidade demográfica do país, sendo que 80% da água estão na região amazônica e de outro lado, severa escassez na Região Nordeste (ONU, 2011). Porém, além da má distribuição o país enfrenta problemas mais graves que são a permanente contaminação e desperdício da água limpa que ainda resta.

Em função das características do ciclo hidrológico com suas limitações, e do aumento da demanda por força da pressão populacional e da ampliação dos usos da água (IBGE, 2010), surge a questão elementar sobre como gerir a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, necessitando para tanto processo de gestão e saneamento ambiental.

A Agência Nacional de Águas – ANA foi criada para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamentada pela Lei 9.984, de 17/07/2000. Cabe a esta entidade federal, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente,

Tabela 1: Água disponível na terra em localização em volume e em percentual.

Local	Volume (km ³)	Percentual do total (%)
Oceanos	1.370.000	97,61
Calotas polares e geleiras	29.000	2,08
Água subterrânea	4.000	0,29
Água doce de lagos	125	0,009
Água salgada de lagos	104	0,008
Água misturada no solo	67	0,005
Rios	1,2	0,00009
Vapor d'água na atmosfera	14	0,0009

Fonte: Wetzel, 2001.

supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos. Conforme o que estabelece a lei, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União se dará, por intermédio de autorização (outorga), em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União (BRASIL, 2011). Afirmado dessa maneira, fortalece a necessidade da gestão da água por bacias hidrográficas como forma de remover as causas, do conflito decorrente das distorções quantitativas e qualitativas no uso dos recursos hídricos.

A Bacia Hidrográfica, como tal, possibilita uma abordagem sistêmica da atuação dos impactos naturais e antrópicos (OSAKI, 1994), esses dependem de uma gama de fatores como clima, relevo, natureza do terreno e cobertura vegetal.

Como subdivisão da Bacia Hidrográfica, a microbacia hidrográfica, Guerra (2008) define como conjunto de terras drenadas em uma área deprimida do terreno, onde se concentra o escoamento superficial e que possui um canal principal e seus tributários.

A microbacia hidrográfica é considerada uma unidade de planejamento ideal do espaço

geográfico urbano e/ou rural,

“(…) por se encontrar fisicamente bem caracterizada, e também porque toda a área da terra (fração) por menor que seja, sempre se integra a uma microbacia” (OSAKI, 1994, p. 555).

Diante das considerações, esta pesquisa toma como unidade de análise a microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra apresentada na Figura 1.

Revisão bibliográfica

Definição do marco ordenador PER (Pressão-Estado-Resposta).

Segundo Carvalho (2011), o marco ordenador pode ser definido como uma proposta de organizar os indicadores em categorias que facilita o levantamento, a interpretação e análise de resultados. O mesmo autor confirma a existência de quatro tipos de marcos ordenadores tratando das questões ambientais e desenvolvimento sustentável, a saber: a) marco ordenador simples de componentes ambientais (aqui se enquadram os indicadores de recursos naturais, ordenados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta (PER)); b) marco ordenador de desenvolvimento sustentável (modelo temático, por exemplo); c) marco

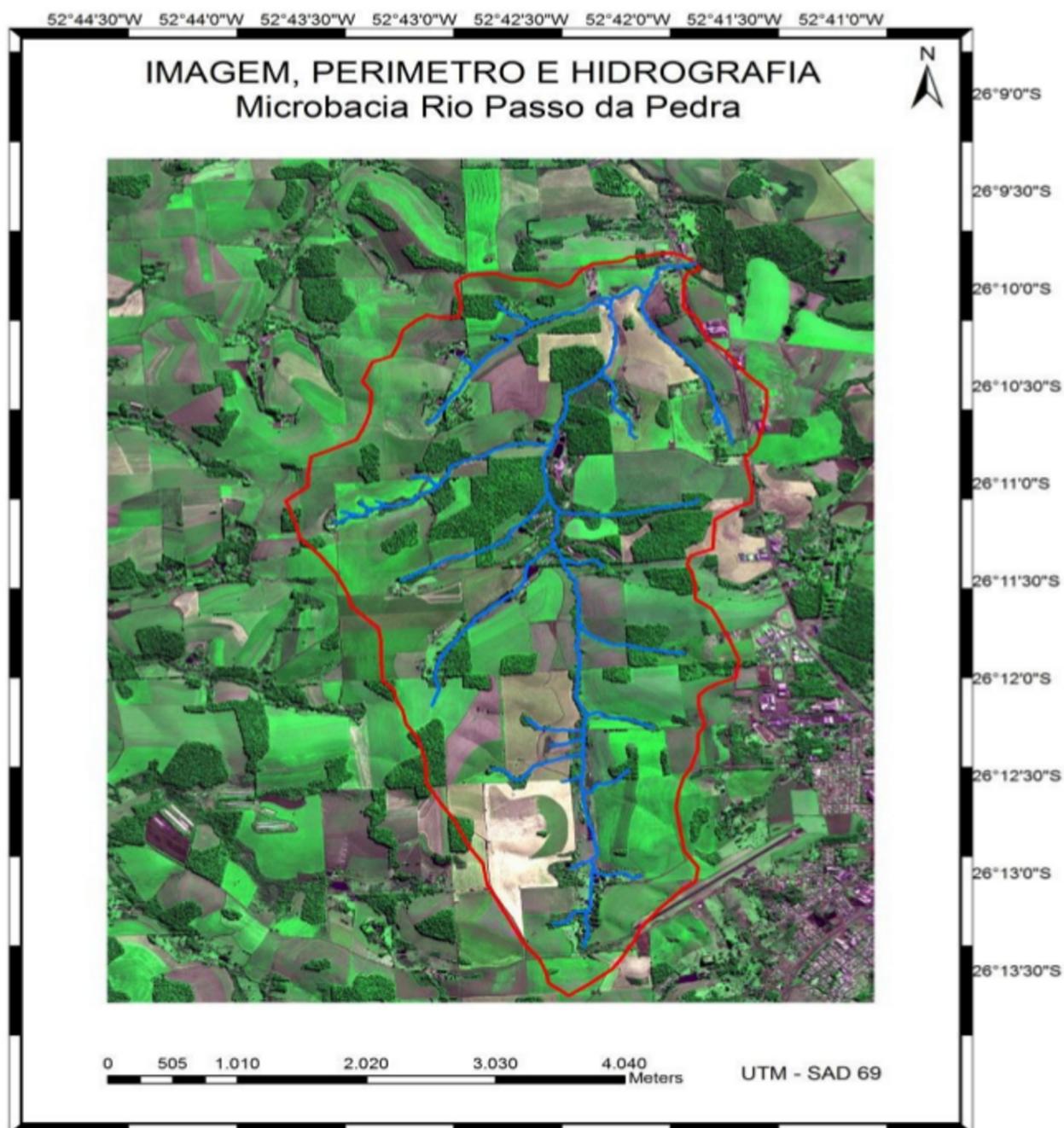


Figura 1: Imagem, Perímetro e Hidrografia da Microbacia do Rio Passo da Pedra
Fonte: Dados da pesquisa

ordenador do capital natural (contabilidade ambiental, p.ex.), e d) marco reordenador sistêmico da relação sociedade/natureza (CARVALHO, 2011).

O marco ordenador PER, formulado pelo Statistic Canada e adotado pela Organization for Economic Cooperation and Development - OECD (OECD, 1993) é recomendado na apresentação de indicadores relacionados às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável. Após a Conferência ECO-92, a Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU passou a incentivar a produção de indicadores de desenvolvimento sustentável. Ainda segundo o autor, no chamado livro azul, estão definidos 134 indicadores apresentados no modelo Pressão-Estado-Resposta. Na sequência, este número foi reduzido para 59, passando-se a utilizar o marco ordenador (CARVALHO, 2011). Este modelo fundamenta-se no conceito de abordagem dos problemas ambientais segundo uma relação de causalidade, buscando responder as seguintes questões: o que acontece com o ambiente (Estado). Por que está acontecendo? (Pressão). Qual a reação da sociedade? (Resposta).

De acordo com a classificação da OECD (1993), os indicadores ambientais podem ser sistematizados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta (PER), que consiste em três grupos chave de indicadores:

Pressão - caracterizam as pressões sobre os sistemas ambientais e podendo ser traduzidas por indicadores de emissão de contaminantes, eficiência tecnológica, intervenção no território e de impacto ambiental;

Estado - reflete a qualidade do ambiente num dado horizonte espaço/tempo; são, por exemplo, os indicadores de sensibilidade, risco e qualidade ambiental. Devem-se buscar políticas visando melhorar esses indicadores. Exemplos: erosão,

águas poluídas;

Resposta - avaliam as respostas da sociedade às alterações e preocupações ambientais, bem como à adesão a programas e/ou à implementação de medidas em prol do ambiente; podem ser incluídos neste grupo os indicadores de adesão social, de sensibilização e de atividades de grupos sociais importantes. Objetivam melhorar o estado ambiental. Exemplo: número de vistorias, multas ou autuações objetivando controlar a poluição de rios.

Na Figura 2 observa-se de forma esquemática o modelo PER, estabelecendo as atividades humanas como formas de pressão, o estado do ambiente e as respostas dos agentes econômicos e ambientais.

Carvalho (2011) destaca que a maior vantagem do modelo PER deve-se ao fato de dar uma visão global dos vários componentes de determinado problema ambiental, facilitando o diagnóstico e formulação das políticas públicas adequadas. O modelo PER vai além da constatação da degradação ambiental, mas revela seu impacto e suas causas, proporcionando intervenções e planejamento de ações visando reverter o quadro.

Objetivos

O artigo pretende indicar uma forma de mensurar a sustentabilidade ambiental, estabelecendo indicadores de sustentabilidade inseridos na microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra. Respeitando o princípio de que “um indicador deve ser o mais simples possível, mas não mais simples do que isso” (BELLEN, 2006., 1999 apud BOSSEL, 1999), busca-se definir indicadores facilmente mensuráveis, e que possam servir de apoio ao desenvolvimento de políticas públicas, projetos e programas que visem melhorar as condições sociais e econômicas dos moradores da microbacia, concomitantemente à redução da

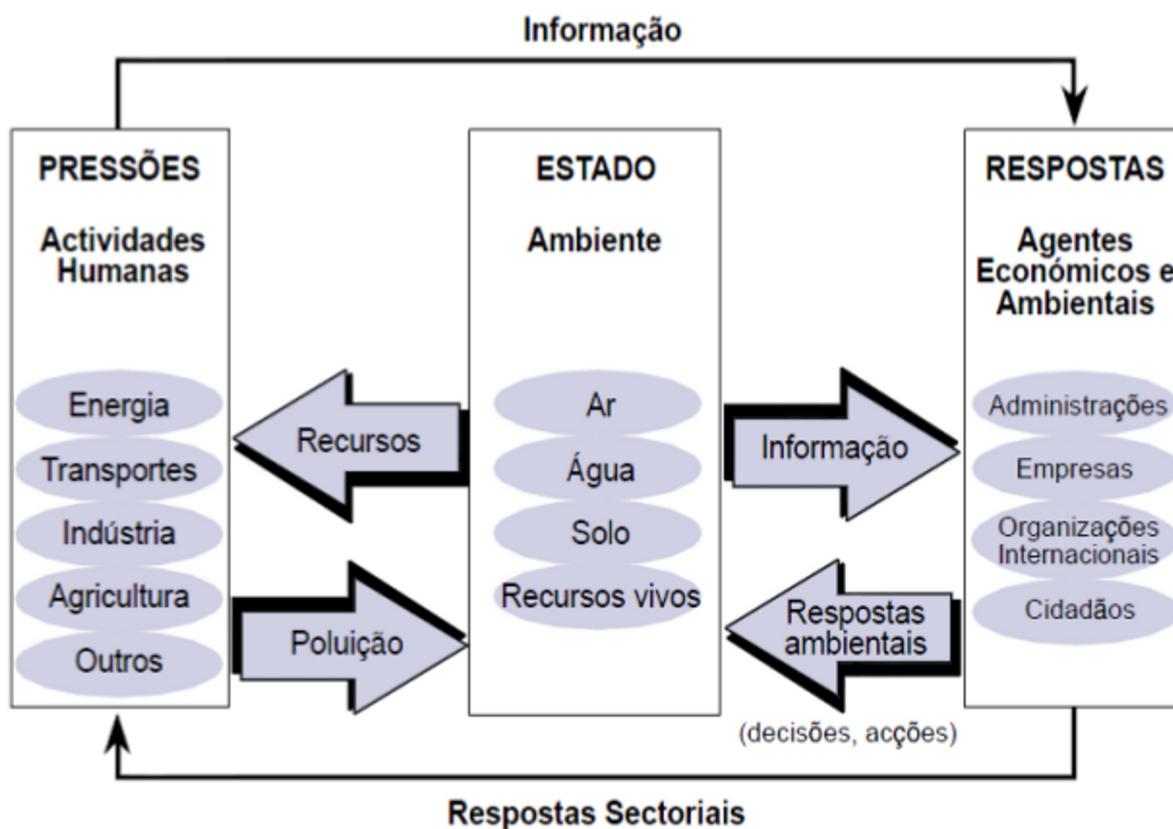


Figura 2: Estrutura conceitual do modelo PER da OECD.

Fonte: Adaptado de GOMES (2000)

pressão sobre o meio ambiente. Como a microbacia é um ambiente aberto, e por isso sem controle do ar, optou-se por analisar as interferências antrópicas no solo e na água. Sendo que este estudo se reporta a situações inerentes à exploração da água, do solo e da floresta, seu uso e produção de resíduos, que culminam na qualidade das águas superficiais da microbacia hidrográfica.

Materiais e métodos

Os procedimentos metodológicos deste estudo foram subdivididos em três etapas:

Revisão de literatura

A revisão de literatura foi estabelecida a partir da análise dos parâmetros apresentados, adequação das experiências profissionais sobre o assunto e sobre a área de estudo, disponíveis em livros e na internet, cujos autores consultados constam nas referências bibliográficas.

Diagnóstico ambiental da área de estudo.

Para esta análise na microbacia do Rio Passo da Pedra, utilizou-se de imagem do satélite QUIKBIRD, ano 2005, incursões de campo para avaliações de perfis de solos e tipos de vegetação. As informações cartográficas foram construídas a partir do georreferenciamento da imagem de satélite. Desse modo, foram obtidas

informações a respeito da localização geográfica da bacia, uso atual do solo, declividade e cobertura florestal. Durante os trabalhos de campo foram feitas visitas a bacia, sendo georreferenciados os pontos potenciais da poluição difusa. Para avaliação da capacidade do uso do solo, utilizaram-se como parâmetros os critérios de classificação do Ministério da Agricultura (1981) e Lepsch (1993).

Definição dos indicadores

Os indicadores foram definidos de acordo com o marco ordenador simples de componentes

ambientais, indicadores de recursos naturais, ordenados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta PER, a partir do conhecimento e análise da área de estudo, suporte técnico bibliográfico e experiência profissional, nas áreas de química e agronomia.

Resultados e discussão

Diagnóstico ambiental da área de estudo

A microbacia do Rio Passo da Pedra (figura 3), com área de 1.586,2 ha e perímetro de 18.549,5 m, está localizada no município de Pato Branco, nas coordenadas: 26° 11' 18" S 52° 42' 23" W na

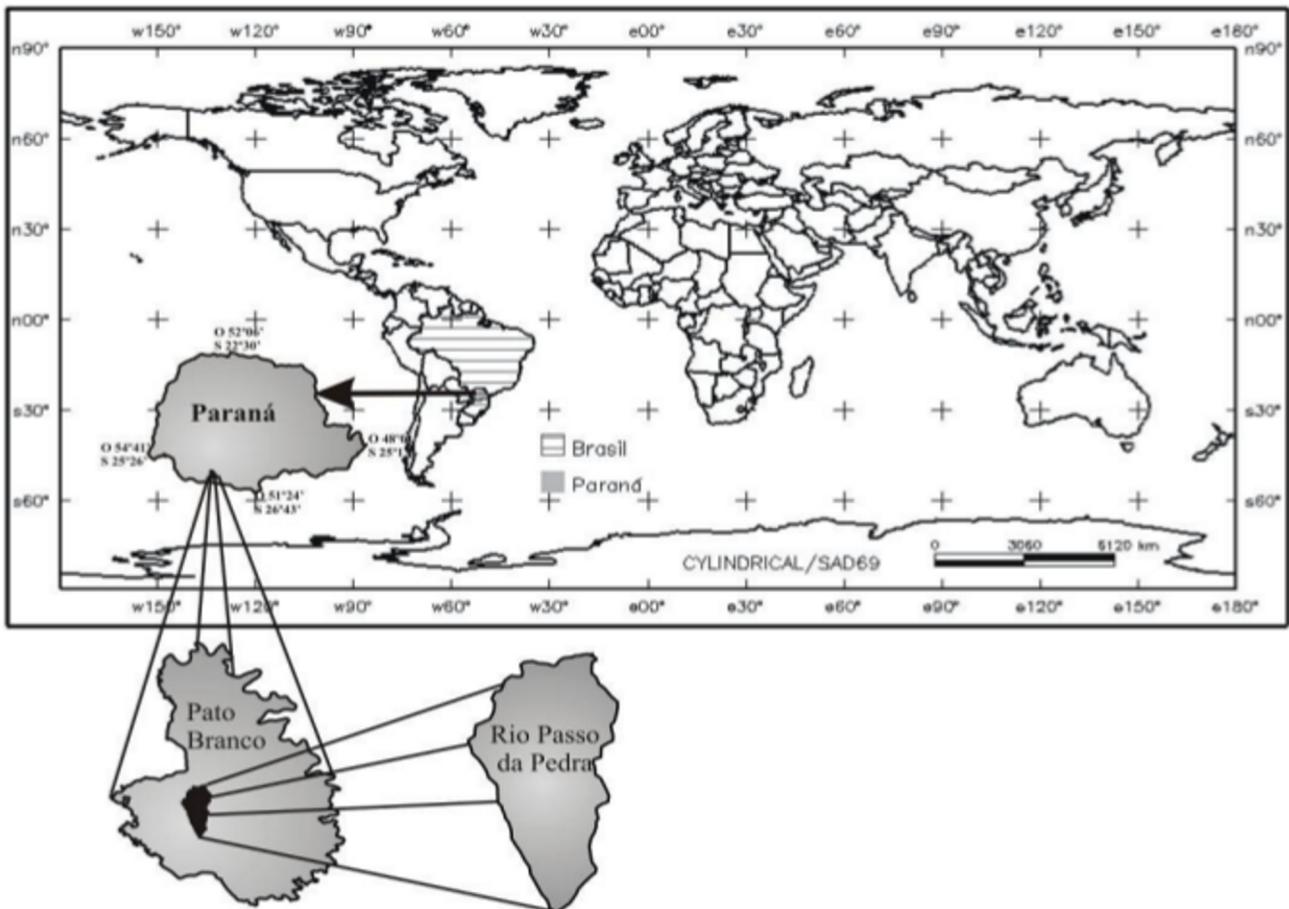


Figura 3: Mapa de localização geográfica da microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra.

Fonte: Dados da pesquisa

região denominada Sudoeste Paranaense.

Além das propriedades rurais, na microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra estão situados o abatedouro de frangos da empresa Frango Seva e o abatedouro de bovinos, suínos e ovinos da empresa Novicarnes. Em seu extremo sul, a microbacia apresenta um conjunto de residências sendo parcialmente urbanizada, e encontrando-se ainda uma parte do aeroporto de Pato Branco.

Na maior parte da microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra a altitude está entre 700 e 850 m possuindo uma rede de drenagem constituída de pequenos córregos, com largura inferior a 10 metros, com características dendrítica ou arborescente, apresentando uma rede de cursos de água que totalizam 26,61 km, sendo tributária da Bacia do Rio Ligeiro que, por sua vez, é tributário da margem esquerda da bacia do Rio Chopim, sendo que o mesmo é afluente da margem esquerda do Rio Iguaçu que pertence à bacia hidrográfica do Rio Paraná.

A microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra segue o padrão climático da Região Sudoeste do Paraná, o qual possui clima subtropical, Cfb, segundo Köppen, caracterizado por apresentar temperaturas amenas e precipitações abundantes e por não apresentar estação seca definida, mas com tendência de concentração das chuvas nos meses de primavera e verão, com precipitação média anual variando entre 1900 e 2000 mm.

A área de estudo está inclusa em região coberta originalmente por Floresta Ombrófila mista. De uma maneira geral, pode-se dizer que o perímetro da microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra está em área de formações Submontana da Floresta Ombrófila mista.

O relevo é predominantemente suave ondulado a ondulado e, nessas condições, a ação do clima e vegetação sobre a geologia da região, resultou a formação de solos argilosos, profundos e bem drenados. Assim, a partir das características do

relevo e da avaliação expedita de alguns perfis de solo durante as incursões ao interior da área de estudo, se pode dizer que na mesma ocorrem, predominantemente, Nitossolos Háplicos distroféricos, entremeados, nas áreas mais planas, por Latossolos Vermelhos distroféricos. Nas áreas mais inclinadas encontram-se Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos. Em áreas planas mais baixas, próximas aos cursos de água, podem ocorrer Neossolos Flúvicos que, em algumas situações, encontram-se soterrados pela deposição de material erodido das áreas vizinhas mais altas (ITCG, 2011).

Os Nitossolos e Latossolos presentes na microbacia permitem o desenvolvimento de uma agricultura mecanizada, exigindo correções de fertilidade e, especialmente, cuidados com a preservação da estrutura natural, evitando a compactação e erosão excessiva.

Considerando que a microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra esta situada em um relevo suave ondulado, as classes de capacidade de uso das terras que ocorrem, estão diferenciadas principalmente por limitações relativas à classificação, manejo e conservação do solo e Áreas de Preservação Permanente - APP's, sendo que no presente estudo baseou-se a separação do uso do solo, conforme apresentado na Figura 4.

Analisando-se o mapa percebe-se que área de conflito do uso atual do solo e APP's é de 63,61 ha que representa 4,0 % da área total da microbacia hidrográfica. Nota-se que da área de conflito 56,56 % representa a atividade lavoura e 34,51 % representa pecuária.

O uso atual do solo conforme Tabela 2, demonstra que em torno de 73% da área da microbacia hidrográfica está sendo ocupada por explorações de agricultura e pecuária, e 23,35% por florestas. As demais áreas ocupam 9,7% do total da área.

As incursões de campo permitiram constatar que esse processo de ocupação das áreas que

deveriam estar cobertas com a mata ciliar continua a acontecer. Pode-se observar o canal do Rio Passo da Pedra parcialmente desprovido de mata ciliar, que foi substituída por pastagem ou lavoura, com intuito de ampliação da área de exploração econômica, sendo, portanto, necessário a reposição da cobertura florestal nas APP's cumprindo o que estabelece o Código Florestal brasileiro.

Os ecossistemas naturais duramente afetados pela ação antrópica e a contínua ocupação do

solo, proporcionada por assentamentos humanos, empreendimentos agropecuários, indústrias e outros, demonstram que o solo, privado de sua cobertura vegetal, fica modificado em sua estrutura e perde as propriedades físicas, químicas e biológicas capazes de garantir a retenção da água. A transformação do cenário natural traz graves conseqüências à natureza dos ecossistemas, pela drenagem dos terrenos marginais e o aumento do desmatamento para ocupação, intensificando os processos de erosão

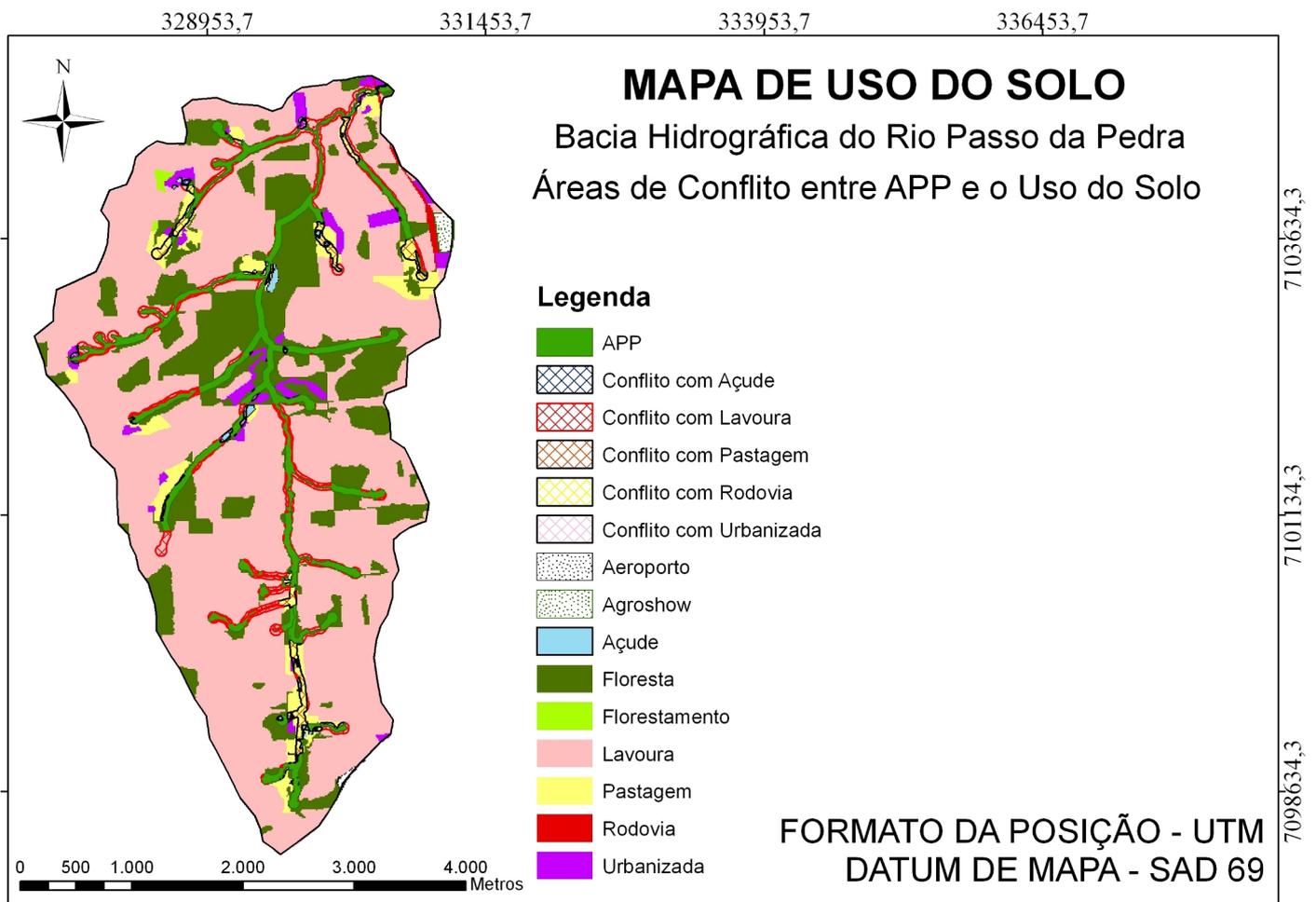


Figura 4: Mapa do uso do solo da microbacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra

Fonte: Dados da Pesquisa

e sedimentação das calhas dos rios.

As fontes de poluição identificadas na bacia são pontuais e difusas, sendo que a poluição pontual é quando o ponto de lançamento da carga poluidora é bem definido (descarte de resíduos após tratamento dos frigoríficos no corpo hídrico), já na poluição difusa não é possível definir esse ponto, sendo esta poluição oriunda, normalmente, de uma extensa área (lavagem das superfícies pelas chuvas) de uso agrícola por exemplo. As ações de controle sobre a poluição difusa são dificultadas pela inexistência do ponto de lançamento específico e envolvem dinâmicas de controle do escoamento de água no solo, cobertura vegetal e infiltração de água no solo.

Como a poluição causada pelo despejo de efluentes industriais, comerciais e domésticos é pontual. As ações de controle são mais rápidas e eficazes, e devem atender legislação específica de cada atividade.

Indicadores

Após serem analisados os fatores de relevância sobre as águas superficiais para gestão ambiental eficiente da microbacia hidrográfica do Rio Passo

da Pedra, foram estabelecidos 15 indicadores, descritos abaixo quanto ao nome, definição, importância, mecanismo de medição, unidade de medida, frequência de coleta e enquadramento no modelo PER.

Qualidade das águas superficiais

Este indicador é definido como um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que a água deve apresentar para assegurar seus diversos usos, atendendo às necessidades da comunidade. Como mecanismo de medição, será adotado o seguinte procedimento: coleta de amostras para análise laboratorial e cálculo do IQA (Índice de Qualidade de Água) para cada ponto amostrado, obtendo-se um resultado cuja unidade de medida é adimensional. Sugere-se que a frequência de coleta seja semestral. Este indicador foi enquadrado no modelo PER como indicador de ESTADO.

Capacidade de suporte do rio

Este indicador é definido como a carga poluidora máxima suportada pelo rio, sendo importante para planejar a utilização do rio como

Tabela 2: Uso atual do solo da microbacia do Rio Passo da Pedra.

Uso do solo	Área ha	% Uso total
Aeroporto	1,32	0,1
Agroshow	4,87	0,4
Açude	6,07	0,4
Floresta	384,68	23,35
Florestamento	2,43	0,2
Lavoura	1.069,42	68,2
Pastagem	73,46	4,7
Rodovia	4,92	0,35
Urbanizada	35,46	2,3
TOTAL	1.586,62	100

Fonte: Dados da pesquisa

corpo receptor dos empreendimentos, estabelecendo limites para as respectivas cargas poluidoras. O mecanismo de medição sugerido é o modelo de Streeter-Phelps (BEZERRA, 2011) visando obter a capacidade de suporte para cada trecho do rio, utilizando-se como unidade de medida g DBO₅, 20/DIA. A frequência de coleta sugerida é anual e este indicador foi enquadrado no modelo PER como ESTADO.

Disponibilidade de águas superficiais

Indicador definido como a vazão individualizada das nascentes da microbacia, sendo importante para entender a dinâmica da disponibilidade de água em função do regime das chuvas ao longo do ano. O mecanismo de medição consiste em medir a vazão de cada nascente, utilizando o processo direto (PINTO, 2004), e a unidade de medida em m³/dia. A frequência de coleta sugerida é mensal e o indicador se enquadra no modelo PER como ESTADO.

Consumo de águas superficiais

Este indicador é definido como o consumo individualizado por empreendimento. Sua importância reside no fato de permitir planejar a utilização da água superficial disponível na bacia. Seu mecanismo de medição é a estimativa de consumo de água utilizando parâmetro de consumo específico por atividade, e a unidade de medida é determinada em m³/dia. A frequência de coleta sugerida é mensal, e este indicador se enquadra no modelo PER como PRESSÃO associado ao indicador “disponibilidade de águas superficiais”.

Áreas de recargas de aquíferos sem cobertura vegetal permanente

Pode ser definido como sendo a porcentagem de área de recarga de aquífero que não possui cobertura vegetal permanente, sendo importante

para conhecer a localização dessas áreas, indicando a localização ideal para reposição vegetal. O mecanismo de medição indicado é a vetorização dos polígonos de vegetação a partir de imagens de satélite e aferição a campo, e a unidade de medida é em percentual. A frequência de coleta é a cada cinco anos (BRASIL, 1994), e o indicador se enquadra no modelo PER como de PRESSÃO, associado ao indicador de “disponibilidade de águas superficiais”.

Carga poluidora orgânica dos efluentes

Definido como a carga poluidora lançada no corpo receptor por cada atividade. Este indicador permite confrontar a carga poluidora lançada por empreendimento com a capacidade de suporte do corpo receptor. O mecanismo de medição sugere que, para cada atividade, multiplicar a vazão média de efluente (m³/dia) pela concentração de Matéria Orgânica no efluente lançado, sendo a unidade de medida em mg DBO₅,20/litro. A frequência de coleta recomendada é anual e o enquadramento do indicador no modelo PER é a PRESSÃO, com influência sobre a “capacidade de suporte do rio”.

Conflito da capacidade de uso do solo

Definido como a porcentagem de área com uso inadequado do solo, sendo importante para identificar o uso do solo e permitir confrontar a utilização atual com a capacidade de uso adequado. Como mecanismo de medição sugere-se a vetorização dos polígonos de uso atual a partir de imagens de satélite e aferição a campo, com a unidade de medida em porcentagem. A frequência de coleta recomendada é anual, sendo este indicador enquadrado como PRESSÃO sobre a “qualidade das águas superficiais”.

Sistema de produção agropecuário inadequado

É a porcentagem de área com sistema de

produção agropecuário inadequado, e sua importância reside no fato de identificar os sistemas de produção e permitir o planejamento das atividades. A medição pode ser feita pela vetorização dos polígonos dos sistemas de produção de cada atividade, a partir de imagens de satélite e aferição a campo, utilizando-se a unidade de medida em porcentagem. A frequência sugerida é anual, e o indicador se enquadra como PRESSÃO sobre a “qualidade das águas superficiais”.

Estradas rurais inadequadas

É definido como o percentual de extensão da estrada com problemas de erosão, permitindo identificar pontos críticos e sua extensão, importantes para o planejamento da readequação da estrada. O mecanismo de medição consiste em percorrer a estrada, identificar pontos críticos, georeferenciar e medir a extensão dos mesmos, utilizando a medida em porcentagem. A frequência sugerida é bienal e este indicador se enquadra com PRESSÃO sobre a “qualidade das águas superficiais” e a “disponibilidade das águas superficiais”.

Ausência de isolamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) ripárias

Pode ser definido como o percentual de APP sem isolamento, permitindo identificar as áreas a serem isoladas e definindo parâmetros para o isolamento. A medição sugerida é a vetorização da hidrografia, construção dos polígonos de isolamento a partir de imagens de satélite, e aferição a campo, expresso em porcentagem. Frequência de coleta sugerida a cada cinco anos (BRASIL, 2011). O indicador se enquadra como PRESSÃO sobre a “qualidade das águas superficiais” e a “disponibilidade de águas superficiais”.

Licenciamento das atividades florestais

Este indicador é definido como a porcentagem de imóveis que possuem licenciamento das atividades florestais, mostra a progressão da manutenção das áreas de cobertura florestal e além de outros benefícios ao meio ambiente influencia a melhoria da qualidade e da disponibilidade das águas superficiais. O mecanismo de medição é obtido a partir verificação da averbação legal das áreas na matrícula dos imóveis, obtendo-se uma porcentagem dos imóveis averbados. Sugere-se a frequência de coleta a cada 5 anos. Portanto dentro do modelo PER ele se caracteriza como indicador de resposta que atua sobre o indicador de estado – qualidade e disponibilidade das águas superficiais tendendo a reduzir os efeitos dos indicadores de pressão – ausência de isolamento das APP ripária e “áreas de recarga de aquíferos sem cobertura vegetal permanente”.

Outorga de captação de águas superficiais

Este indicador é definido como a porcentagem de empreendimentos que usam e possuem outorga de captação de águas superficiais, garantindo a capacidade de fornecimento e mantendo a vazão adequada para a manutenção da rede de drenagem do curso de água. O mecanismo de medição será obtido pela porcentagem do número de consumidores existentes na bacia, dada pelo indicador consumo de águas superficiais, que possuem outorgas concedidas pelo Instituto das Águas - IAGUAS. Sugere-se a frequência de coleta anual. Dentro do modelo PER é um indicador de resposta que atua no indicador de estado disponibilidade das águas superficiais, podendo diminuir o efeito do indicador de pressão “consumo de águas superficiais”.

Outorga de lançamento de efluentes

Este indicador é definido como a porcentagem

de empreendimentos que lançam efluentes e possuem outorga de lançamento de efluentes, garantindo a capacidade de suporte do corpo receptor. O mecanismo de medição será obtido pela porcentagem do número de empreendimentos que lançam existentes na bacia, dada pelo indicador carga poluidora, que possuem outorgas concedidas pelo IAGUAS. Sugere-se a frequência de coleta anual. Dentro do modelo PER é um indicador de resposta que atua no indicador de capacidade de suporte, podendo diminuir o efeito do indicador de pressão “carga poluidora orgânica dos efluentes”.

Automonitoramento Líquido

Este indicador é definido como a porcentagem de empreendimentos que lançam efluentes e realizam o automonitoramento dos efluentes líquidos, possuindo regularidade de apresentação de Declaração de Carga Poluidora (DCP) ao IAP. O mecanismo de medição será obtido pela porcentagem do número de empreendimentos que lançam existentes na bacia, dado pelo indicador “carga poluidora”, e que apresentam ao IAP DCP regularmente. Sugere-se a frequência de coleta anual. Dentro do modelo PER é um indicador de resposta que atua nos indicadores de capacidade de suporte e qualidade, podendo diminuir o efeito do indicador de pressão “carga poluidora orgânica dos efluentes”.

Microbacia inserida no Programa de Gestão Ambiental Integrada em Microbacias Hidrográficas – PGAIM (PARANÁ, 2011)

Este indicador é definido como a inserção e a integração da microbacia hidrográfica no processo de gestão do PGAIM. O mecanismo de medição será obtido pela verificação da permanência da microbacia hidrográfica no cadastro da secretaria executiva do PGAIM. Sugere-se a frequência de coleta anual. Dentro do modelo PER é um

indicador de resposta que atua nos indicadores de qualidade e disponibilidade, podendo diminuir os efeitos dos indicadores de pressão: “conflito da capacidade de uso do solo”, “sistema de produção inadequado” e “estradas rurais inadequadas”.

Inter-relações

Ações podem ser tomadas, sobretudo na modificação física e química das águas superficiais, quer para responder a mudanças negativas ou para aumentar mudanças positivas em quase todos os pontos das escalas locais, quando referem-se a comunidades ou ecossistemas e escalas regionais ao referirem-se a nações ou biomas, os quais estão aninhadas nos processos de escala global.

Planejamento e projeto de sistemas de produção sustentável é um processo que envolve múltiplos critérios para o sucesso do sistema e sustentabilidade em situações que mudam com o tempo e espaço. A avaliação completa das inter-relações nos leva a essência do raciocínio sistêmico. Apresenta-se na Figura 5 a sistematização esquemática da inter-relação dinâmica entre os indicadores ambientais de sustentabilidade.

Essa abordagem com indicadores multi-escala significa ver, medir e intervir nas inter-relações. Isso reflete melhor a natureza multi-escala de tomada de decisão, permite a análise das forças motrizes de determinadas situações, e fornece um meio de analisar o impacto diferencial das mudanças, e propondo as respostas políticas em diferentes situações.

Neste trabalho foi analisado o componente ambiental “Águas Superficiais” bem como as inter-relações entre as águas superficiais e a pressão produzida pelas atividades antrópicas.

Embora se tenha analisado a dimensão ambiental “Águas Superficiais”, no que tange à Gestão Ambiental também devem ser

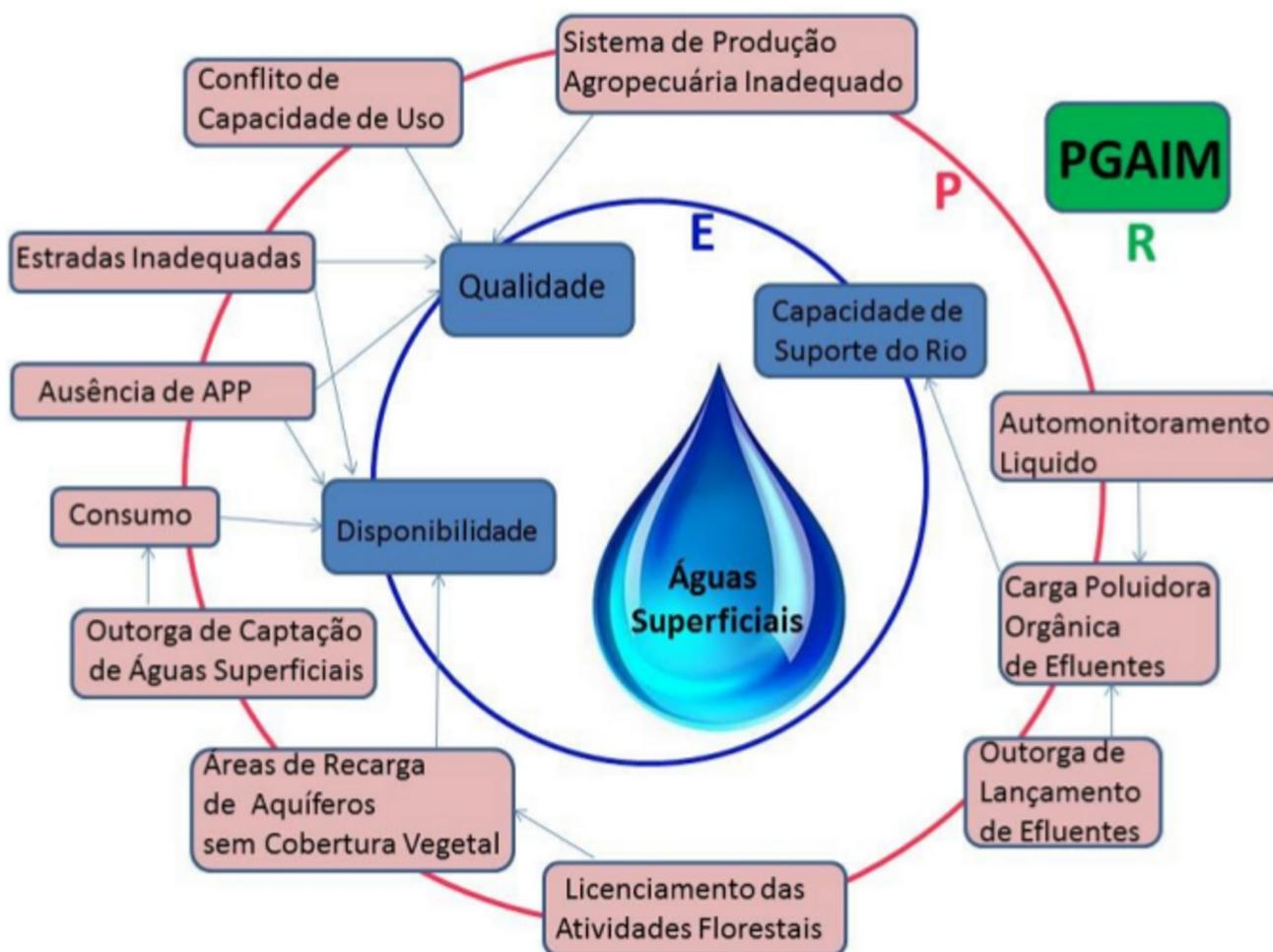


Figura 5: Sistematização esquemática das inter-relações entre os indicadores ambientais de sustentabilidade.

consideradas outras dimensões ambientais, além das sociais e econômicas. Sugere-se que, a partir dos indicadores ambientais de sustentabilidade ora elencados, e guardadas as devidas proporções, poderão ser construídos novos indicadores.

Conclusões

A definição de indicadores de sustentabilidade é um trabalho árduo, uma vez que exige o entendimento das relações entre as pressões antrópicas e sua interferência no ambiente.

Foram definidos indicadores ambientais de

sustentabilidade analisando-se as águas superficiais em microbacias hidrográficas, por entender-se que este recurso natural é de suma importância na constituição da vida e no equilíbrio do ecossistema.

O modelo PER foi adotado em função de possibilitar aos pesquisadores uma visão holística do sistema “microbacia hidrográfica”.

Tanto a definição de indicadores como a utilização do modelo PER exigem profundo conhecimento do objeto de estudo, sugerindo-se a formação de um grupo de pesquisa interdisciplinar

para o processo de melhoria desses indicadores, podendo dialogar com os diferentes campos do conhecimento.

Os indicadores ora definidos permitem criar e avaliar programas e políticas públicas que visem reverter o quadro atual, com ações e práticas voltadas à sustentabilidade ambiental nas microbacias hidrográficas.

Além de proporcionar melhor entendimento das relações estabelecidas entre as pressões antrópicas e o ambiente, os indicadores desenvolvidos neste trabalho permitirão evidenciar as suas inter-relações.

Referências Bibliográficas

- AMARAL, Sergio Pinto. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica: uma proposta para a indústria de Petróleo Brasileira**. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/ccvi.pdf>. Acesso em 19 mai. 2011.
- BEAVER, Earl. BELLOF, Beth. **Sustainability Indicators and Metrics of Industrial Performance**. Disponível em <http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetroprview?id=00060982&soc=SPE>. Acesso em 19 mai. 2011.
- BELLEN, Hans Michael van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora FGV. 2006. 256 p.
- BEZERRA, Iury Steiner de Oliveira; MENDONÇA, Luiz Alberto Ribeiro; FRISCHKORN, Horst. Autodepuração de cursos d'água: um programa de modelagem Streeter Phelps com calibração automática e correção de anaerobiose. REM: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, MG, abr. jun. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rem/v61n2/a20v61n2.pdf>. Acesso em 16 jun 2011.
- BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm. Acesso em 29 de abr. de 2011.
- BRASIL. **Resolução nº 002, de 18 de março de 1994**. disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legilacao_federal/Resolucoes_CONAMA/RESOLUCAO_CONAMA_002_1994.pdf Acesso em 16 jun 2011.
- CABRAL, Antonio. Modelo de gestão da sustentabilidade de empresas fabricantes de embalagem II – indicadores. Fev. 2010. In: **Revista Embanews**. Disponível em http://www.google.com.br/#hl=pt-BR&biw=1366&bih=601&q=antonio+amaral+-+modelo+de+gestao+da+sustentabilidade+de+empresas+fabricantes+de+embalagens&aq=&aqi=&aql=&oq=antonio+amaral+-+modelo+de+gestao+da+sustentabilidade+de+empresas+fabricantes+de+embalagens&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.&fp=42bf79add73c8af1. Acesso em 19 mai. 2011.
- CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli de; BARCELLOS, Frederico Cavadas. Políticas públicas e sustentabilidade ambiental. Construindo indicadores de sustentabilidade. Fundação de Economia e Estatística – FEE. **Revista Indicadores Econômicos FEE**. Vol 37, nº 1, 2009. Disponível em revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/view/2280/2656. Acesso em 19/05/2011.
- GOMES, Maria Leonor. MARCELINO, Maria Margarida Marcelino. ESPADA, Maria da Graça. **Proposta Para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Ed. Graf & Lito, Lda. Portugal. 2000.
- GUERRA, Antonio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 648 p.
- IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Estudos & Pesquisas. Informação Geográfica. Caderno 7. Brasil. 2010.
- ITCG. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Disponível em <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>. Acesso em 05 jun. 2011 c.
- LEPSCH, I. F.. **Solos: formação e conservação**. 5. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1993. 157 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – SECRETÁRIA NACIONAL DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. **Aptidão agrícola das terras do Paraná**. Brasília, 1981. v.21, 141p.
- OECD - <http://www.oecd.org/dataoecd/27/45/2345364.pdf>
- ONU - UNITED NATIONS ORGANIZATION. **Indicators of sustainable development:**

- Guidelines and Methodologies.** 3 ed. Ed. New York, NY: 2007. Disponível em <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf>. Acesso em 19 mai. 2011.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Declaração de Estocolmo).** Estocolmo, 1972. Disponível em www.mudancasclimaticas.andi.org.br/download.php?path=1gqilxr7vo6uqtyaq4lq.pdf. Acesso em 12 jun 2011.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Relatório Brundtland. Nosso Futuro Comum.** 1987. Disponível em <http://amaliagodoy.blogspot.com/2008/08/relatorio-brundtland.html>. Acesso em 12 jun 2011.
- OSAKI, Flora. **Microbacia – Práticas de Conservação de Solos.** Curitiba – Paraná. 1994.
- PARANÁ. **Manual Operativo do Programa de gestão ambiental integrada em microbacias hidrográficas** – PGAIM 2009. Disponível em http://www.pgaim.pr.gov.br/arquivos/File/Manual_PGAIM.pdf. Acesso em 20 jun 2011.
- PINTO, Lilian Vilela Andrade; BOTELHO, Soraya Alvarenga; DAVID, Antonio Claudio; FERREIRA, Elizabeth. **Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz,** Lavras, MG. Revista SCIENTIA FORESTALIS, nº 65, p 197-206, junho de 2004. Disponível em <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>. Acesso em 16 jun 2011.
- WETZEL, Robert G.. **Limnology: lake and river ecosystems.** 3rd ed. San Diego, Ca.: Academic Press, c2001. 1006 p.