

# **MÉTODO DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA PARA O URBANISMO E O FLUXO DA ÁGUA NO MEIO URBANO**

**SILVA, Ricardo S. (1); TEIXEIRA, Bernardo A. N. (2);  
SILVA, Sandra R.M. (3); FIGUEIREDO, Glauco A. B. G. (4);  
ARRUDA, Márcio V. (5)**

- (1) Arquiteto, Doutor em História, Professor do Dep. de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (DECiv / UFSCar), pesquisador do PESMU – Grupo de Sustentabilidade no Meio Urbano. C P 676, CEP 13565-905 – São Carlos, SP. E-mail [rss@power.ufscar.br](mailto:rss@power.ufscar.br)
- (2) Eng. Civil, Doutor em Hidráulica e Saneamento, Professor do DECiv / UFSCar
- (3) Arquiteta, Mestranda em Engenharia Civil (Engenharia Urbana)
- (4) Eng. Civil, Mestrando em Engenharia Civil (Engenharia Urbana)
- (5) Eng. Civil, Mestrando em Engenharia Civil (Engenharia Urbana)

## **RESUMO**

Este trabalho objetivou avançar ao proposto pela Agenda 21 na implantação de sistemas de monitoramento ambiental baseados em indicadores inseridos em sistemas específicos de avaliação. Assim, foi consolidado o arcabouço conceitual que apoiou a elaboração de um método para a análise e a avaliação de sustentabilidade, na sua dimensão ecológica, que combinou oito variáveis ambientais com seis elementos do urbanismo e oito do fluxo da água no meio urbano. O mesmo é composto de diferentes instrumentos como: Listagem de Informações para Caracterização do Empreendimento, Fichas de Caracterização e Análise de Fatores, Fluxogramas de Análise, Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica e Quadro Resumo de Tendência à Sustentabilidade. Sobre os mesmos foram realizadas aplicações testes preliminares e avaliação do Método por especialistas.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work has to take the proposal of Agenda 21 a step further in regard to the implementation of environmental monitoring systems based on indicators of specific evaluation systems. Thus, a conceptual framework was consolidated to support the elaboration of a method to analyze and evaluate sustainability from the ecological standpoint, combining eight environmental variables with six elements of urbanism and eight elements of water flow in the urban medium. This framework consists of several tools such as a List of Information for Characterization of the Enterprise, Records of Characterization and Factor Analyses, Analysis Flowcharts, an Analysis Matrix of Ecological Sustainability, and a Summary Chart of Sustainability Trends. These tools have been subjected to preliminary tests and the method analyzed by specialists.

## 1. INTRODUÇÃO

A implantação de núcleos urbanos e dos sistemas que o compõem, entre eles os de saneamento, têm se constituído em uma das ações fortemente impactantes no meio ambiente. Além das decorrências econômicas e sociais que permeiam essa relação, nota-se a ausência da produção e da difusão de um conhecimento científico e tecnológico que respalde uma coexistência de duplo benefício entre o homem e a natureza. Foi nesta direção que estruturou-se este trabalho de elaboração de um método de análise e avaliação da sustentabilidade ecológica, a ser aplicado aos projetos de urbanismo e de saneamento urbano que envolvem o ciclo da água no meio urbano.

Para a especificidade desse trabalho, e atendendo ao objetivo inicialmente proposto, restringiu-se a abordagem a apenas dimensões ecológica da sustentabilidade. Esta prevê a utilização dos recursos naturais existentes nos diferentes ecossistemas, de forma a provocar um nível mínimo de depleção do seu potencial. Essa limitação está pautada pelo grau de disponibilidade do recurso em relação à escala temporal da necessidade humana, assegurando também a recuperação de ambientes degradados. Preconiza ainda, a promoção de tecnologias compatíveis com a eficiência na utilização de recursos e com a redução dos resíduos.

As demais dimensões da sustentabilidade (social, econômica, cultural, espacial e outras) foram mantidas como campos de interação, ao longo de todo o processo de elaboração do método. Evidentemente esta é uma divisão possível apenas para a prática analítica, uma vez que nenhuma delas existe isoladamente. Ressalta-se aqui o necessário cuidado de não contribuir para a construção de uma visão fragmentada do objeto avaliado.

Esta pesquisa teve como pressupostos principais os seguintes enunciados :

- a sustentabilidade ecológica manifesta-se na medida em que a dinâmica da ação antrópica se aproxima da dinâmica existente no ambiente natural;
- os diversos componentes das intervenções urbanas podem, individualmente, realizar movimentos de sentidos opostos na direção da sustentabilidade;
- a análise de sustentabilidade das intervenções deve incorporar o conceito de tendência. Neste conceito está implícito o fato de que tanto a cultura humana, como o meio natural e a relação entre ambos, apresentam uma dinâmica tal, que exigiria ponderações não estáticas, com um permanente monitoramento;
- os conceitos associados à sustentabilidade, seja como objeto de investigação, de análise ou de intervenção, necessitam de uma abordagem multidisciplinar;
- as questões que envolvem o meio ambiente são transfronteiriças, o que remete para a importância da escala espacial das consequências das intervenções urbanas;
- a escala temporal para análise de sustentabilidade deve abranger os tempos de renovação dos recursos naturais, os tempos biológicos e também os tempos sociais. A relação da sustentabilidade com o passado remete ao princípio de recuperação, com o presente ao de economia ecológica e com o futuro ao de conservação. No caso dos projetos de intervenções urbanas deve-se, ainda, considerar, de forma articulada, as diferentes etapas do projeto (concepção, execução e uso / manutenção);

- Apesar dos termos mundialmente consagrados, ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável, optou-se por abandonar o uso da palavra desenvolvimento e priorizou-se o conceito de tendência à sustentabilidade.

O detalhamento e o aprofundamento desse arcabouço conceitual produziu, entre outros resultados, a sistematização de diretrizes que caracterizam a sustentabilidade na dimensão selecionada. Citadas sinteticamente a seguir, elas se constituíram no eixo principal para a consecução do Método:

- renovação dos recursos naturais: considerada de acordo a reprodução das condições naturais na medida de sua requisição pelo homem;
- predominância de resultados positivos na soma dos impactos causados pela interação homem e meio ambiente: pressupõe a conservação, ou quando necessário a preservação, dos ecossistemas frágeis ou de especial interesse. Além disso, deve também objetivar a manutenção de microclimas compatíveis com a melhor adaptação da vida faunística, florística e de todos os recursos necessários à sua plena reprodução;
- não geração de rejeitos: os fluxos abertos dos sistemas antrópicos freqüentemente geram desperdícios nas formas de apropriação além de produzirem resíduos nas formas de destinação dos recursos naturais. Se concebidos como fluxos fechados, esses rejeitos seriam considerados recursos e passariam a integrar os ciclos funcionais;
- reinserção dos sistemas degradados: essa variável considera a recuperação de ambientes que foram alterados negativamente, resgatando um débito gerado pelo homem em um momento anterior.

## **2. APRESENTAÇÃO DO MÉTODO**

O Método para Análise e Avaliação da Sustentabilidade Ecológica de Projetos de Urbanismo e de Fluxo da Água no Meio Urbano foi estruturado por instrumentos e procedimentos empregados em diferentes etapas desse processo. Esquemáticamente, a sua aplicação se divide em alguns momentos principais:

- fornecimento de dados do projeto, bem como do local de implantação e seu entorno, sistematizados na Listagem de Informações para a Caracterização do Empreendimento, visando a sua utilização nos instrumentos de análise e avaliação;
- identificação, na Matriz de Análise da Sustentabilidade Ecológica, de cada uma das inter-relações possíveis entre os fatores das variáveis de controle e as intervenções urbanas presentes no projeto;
- utilização, para cada uma das inter-relações identificadas, da Ficha de Caracterização e Análise dos Fatores correspondente, realizando-se a análise com auxílio do Fluxograma de Decisão nela contido;

- registro do resultado da análise na respectiva célula da Matriz de Análise da Sustentabilidade Ecológica;
- realização de análise aglutinada do empreendimento, utilizando-se da abrangência do painel disponibilizado pela Matriz,
- utilização do Quadro Resumo que fornece, de forma ampla e sintética, os resultados totais para todos os componentes de projeto que foram objeto de análise e avaliação;
- avaliação final, destacando-se as situações que devem ser alteradas para atingirem a tendência à sustentabilidade.

## **2.1. Listagem de Informações para a Caracterização do Empreendimento**

Para a aplicação do método proposto, torna-se necessário que o projeto em análise contenha uma série de informações relacionadas com as características do local antes da implantação e com as características técnicas do projeto. A listagem mínima das mesmas deve ser elaborada de acordo com a tipologia de intervenção devendo atender a demanda de informações parametrizada pelas variáveis de controle adotadas. Devem, sempre, trazer informações sobre o local, a área envoltória e as características técnicas do projeto

## **2.2. Variáveis de Controle: Os Fatores Indicativos de Sustentabilidade Ecológica**

As diretrizes que contemplam os aspectos relacionados com a dimensão da sustentabilidade ecológica foram transformadas em oito categorias, compondo um conjunto de variáveis de controle. A partir delas, derivaram-se dezesseis fatores que são identificados nas Fichas de Caracterização e Análise e que compõem as linhas da Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica. As variáveis de controle são:

- capacidade suporte dos recursos naturais: refere-se à compatibilização entre a utilização dos recursos naturais e a sua disponibilidade; apresenta-se subdividida em: Solo (fatores: erosão e contaminação), Água (fatores: disponibilidade e qualidade), Vegetação (fatores: cobertura vegetal e cobertura vegetal com espécies nativas) e Ar (fator: qualidade);
- clima: refere-se a variação do conforto ambiental causado pela modificação do microclima devido a implantação do projeto (fator: microclima);
- energia: embora obtida a partir de recursos naturais, por suas características específicas, é abordada de forma separada (fatores: matriz e consumo);
- resíduos: refere-se à minimização dos resíduos, pela implementação de práticas de redução, reutilização e reciclagem, bem como o tratamento e disposição adequados dos mesmos (fatores: geração e destinação);

- **distribuição espacial:** refere-se à aproximação com os ciclos naturais quanto à sua dinâmica mais dissipativa e menos convergente. Apresenta-se subdividida em Ambiente Construído e Águas Residuárias e Pluviais (fator: dispersão);
- **ecossistemas de especial interesse:** são considerados os sistemas ecológicos que apresentam, no todo ou em algum elemento que o compõe, especial interesse ambiental, com possibilidade de dano grave ou irreversível. Apresenta-se subdividida em: Ecossistemas Frágeis e Ecossistemas Protegidos (fator: impactos negativos);
- **benefícios ambientais:** refere-se à verificação da existência de ações que resultem em impactos positivos no meio ambiente (fator: impactos positivos);
- **riscos ambientais:** refere-se ao grau de possibilidade de ocorrência de dano ao meio ambiente ou à vida humana decorrente de uma relação adversa e não prevista entre as características da ocupação humana do meio natural (fator: ocorrência).

### **2.3. Intervenções Urbanas: Os Componentes do Urbanismo e do Fluxo da Água no Meio Urbano**

As intervenções urbanas pré-definidas foram o urbanismo e o fluxo da água no meio urbano, vistas através de 14 componentes. São eles:

#### **a. Componentes relacionados ao Urbanismo:**

- **Características geométricas do parcelamento:** refere-se à forma pela qual se dá a definição do traçado urbano (malha viária, dimensões, forma e disposição de quadras etc.). Divide-se em Arruamento e Lote ;
- **Características de uso do solo:** refere-se aos procedimentos relativos à operacionalização da ocupação em si e com os tipos de atividades que poderão ser implantadas (residencial, comercial, industrial, usos mistos etc.). Divide-se em Implantação e Uso;
- **Tipologias construtivas:** diz respeito à conformação volumétrica (altura, área, disposição em quadra etc.) das edificações a serem implantadas e o material a ser utilizado (nas edificações e nas pavimentações de vias e de áreas públicas). Divide-se em Geometria da edificação e Material;

#### **b. Componentes relacionados ao Fluxo da Água no Meio Urbano:**

- **Sistema de abastecimento de água:** componente que disponibiliza água em quantidade e qualidade adequadas aos seus diversos usos urbanos. Divide-se em Captação, Transporte, Tratamento e Distribuição;
- **Sistema de esgotamento sanitário:** componente que objetiva a retirada e disposição, em condições sanitária e ambientalmente adequadas, das águas utilizadas no meio urbano. Divide-se em: Coleta e transporte e Tratamento e disposição;
- **Sistema de drenagem urbana:** componente que objetiva a coleta e a disposição adequadas das águas pluviais incidentes no meio urbano. Divide-se em: Micro drenagem e Macro drenagem ;.

A utilização destes componentes deve ser realizada de acordo com a abrangência de cada projeto. Assim, pode-se ter desde projetos urbanísticos completos englobando os três sistemas de água, até projetos contemplando uma parte constituinte de um destes últimos.

## **2.4. Matriz de Análise da Sustentabilidade Ecológica**

Um dos principais instrumentos do Método é a Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica, que possibilita o cotejamento entre as Intervenções Urbanas e as Variáveis de Controle. Estas últimas foram identificadas decompondo-as em fatores e critérios de referência. Assim, neste Método considera-se: Fator: como sendo um dos aspectos da Variável de Controle sobre o qual será analisada a condição de sustentabilidade e Critério: como sendo o elemento de referência utilizado para se proceder a análise e a avaliação.

A Matriz está estruturada tendo nas linhas as Variáveis de Controle e seus respectivos Fatores e Critérios e nas colunas as Intervenções Urbanas com seus respectivos Componentes do Urbanismo e do Fluxo da Água no Meio Urbano.

## **2.5. Fichas de caracterização e análise dos fatores**

Cada um dos dezesseis fatores das Variáveis de Controle é explicitado nas Fichas de Caracterização e Análise dos Fatores, que contem as seguintes informações:

- definição: trata da conceituação do fator em questão, de forma a explicitá-lo nos aspectos de interesse;
- descrição: descreve as diferentes formas de ocorrência do fator, de maneira a propiciar a sua clara identificação, bem como os efeitos que as ações humanas (e, em particular, as urbanas) podem acarretar;
- formas de aferição para análise e avaliação: apresenta uma ou mais formas de se mensurar o fator, indicando como a tendência à sustentabilidade pode ser afetada;
- escala geográfica do evento: relaciona o empreendimento em questão com a sua área externa, próxima ou não, no que diz respeito aos impactos que ultrapassam os limites geográficos;
- inter-relações principais: lista os fatores que apresentam características interagentes entre si, que podem se aglutinar de diferentes formas.

Além das informações sobre as características de cada Fator, estas fichas contêm os Fluxogramas de Decisão, específicos para cada Fator em questão, de modo a auxiliar o preenchimento das células da Matriz de Análise de Sustentabilidade. Eles estão estruturados com encaminhamento direcionado por perguntas com respostas sim ou não. Esse procedimento orienta o resultado da análise do cruzamento para quatro possíveis situações relacionadas à qualificação da sustentabilidade. São elas: favorável (F) - quando a inter-relação analisada em uma determinada célula propiciar uma avaliação favorável aos objetivos estabelecidos para a dimensão da sustentabilidade ecológica; desfavorável (D) - quando a inter-relação analisada em uma determinada célula propiciar uma avaliação

contrária aos objetivos estabelecidos para a dimensão da sustentabilidade ecológica; neutro (N) - quando a inter-relação analisada em uma determinada célula não detectar aspectos passíveis de contribuir ou prejudicar a sustentabilidade ecológica e insuficiência de dados (I) - quando o número de dados disponíveis para a análise da inter-relação de determinada célula, não são suficientes para um balizamento de suas conseqüências.

As Fichas de Caracterização e Análise dos Fatores está construída de tal forma que qualquer uma delas pode ser consultada ao mesmo tempo que se utiliza a Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica.

## **2.6. Quadro resumo**

A análise e a avaliação não se propõem a obter uma conclusão única em relação à sustentabilidade do empreendimento como um todo, mas indicar a tendência observada em cada uma das inter-relações existentes (ou seja, para cada célula). É imprescindível, entretanto, ter-se uma visão de conjunto e realizar análise de forma aglutinada por Fator da Variável de Controle e por sub-componente das Intervenções Urbanas. Para isso pode-se utilizar o Quadro Resumo, que proporciona uma leitura abrangente dos resultados da análise, permitindo assim, avaliar-se melhor o projeto como um todo, bem como facilitar a identificação dos sub-componentes das Intervenções Urbanas que mais apresentam deficiências quanto à sustentabilidade.

Este quadro apresenta todos os sub-componentes das Intervenções Urbanas, qualificando cada um quanto a quantificação dos resultados obtidos na Matriz (favorável, desfavorável, neutro, insuficiência de dados ou inexistente); identificação das principais causas das tendências desfavoráveis à sustentabilidade que eventualmente tenham sido apontadas e sugerindo correções possíveis para resolver as situações desfavoráveis identificadas.

A partir dos resultados e comentários explicitados no Quadro Resumo, torna-se possível uma análise, não só quantitativa mas também qualitativa do projeto em questão. Esta análise final deve apontar os principais problemas do projeto, quanto à sua sustentabilidade ecológica, permitindo a verificação de suas magnitudes de forma comparativa com cada ponto positivo do projeto. Cada deficiência apontada, deve ser seguida de sua principal causa e das possíveis ações corretivas, para que ela seja superada.

## **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS**

A busca de procedimentos mais sustentáveis de se lidar com as intervenções urbanas, é muito recente no repertório das políticas públicas. As formas empregadas na apropriação dos recursos naturais, nos processos empreendidos em sua transformação e na sua utilização, bem como as suas conseqüências nas diferentes tipologias de ocupações territoriais urbanas, têm sido crescentemente avaliadas, criticadas e por vezes, reequacionadas dentro de um horizonte mais abrangente e duradouro.

Coloca-se portanto dentro das perspectivas desse trabalho, os desdobramentos inerentes às próprias concepções que embasaram as diretrizes adotadas para a formulação das variáveis de controle da sustentabilidade e as diferentes tipologias de intervenção no meio urbano. Com relação às variáveis associadas à sustentabilidade tem-se a perspectiva de extensão de seus princípios para outras dimensões, além da ecológica desenvolvida nesse trabalho. Assim, será possível ampliá-la abrangendo as dimensões anteriormente citadas como a social, a econômica, a geográfica e a cultural, ou ainda estabelecer outras subdivisões possíveis como a política, a tecnológica ou a jurídica, dependendo do enfoque a ser priorizado.

Com relação às intervenções urbanas, adotou-se na construção desse método, os componentes relacionados às características geométricas do parcelamento e do uso do solo, as tipologias construtivas e os sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de drenagem. Dentro de uma apreensão geral do universo urbano, esses aspectos podem ser ampliados de forma a envolver outros sistemas, tais como: Sistema de arborização; Sistema de energização e iluminação; Sistema de comunicações; Sistema de circulação: malha viária, transporte e trânsito; Sistema construtivo das edificações.

Para possibilitar uma ponderação na avaliação poder-se-ia incorporar os atributos de magnitude e de importância, viabilizando uma leitura comparativa entre as células da Matriz. A importância relativizaria cada célula em relação às demais e a magnitude estabeleceria um gradiente de impacto para a ação em avaliação.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CNUMAD – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal/SSET, 1996.
- CONFERÊNCIA DE BERLIM SOBRE CIDADES SUSTENTÁVEIS. **A declaração de Berlim**. URL: [http://www.gcsnet.com.br/oamis/civitas/ci\\_index.html](http://www.gcsnet.com.br/oamis/civitas/ci_index.html).
- SILVA, R. S. & MAGALHÃES, H. Ecotécnicas urbanas. **Ciência & ambiente**. Santa Maria: UFSM/ UNIJUI, ano IV, n. 7, pp. 33-42, 1993.
- SUSTAINABLE SEATTLE. **Indicators of sustainable community**: a status report on long-term cultural, economic, and environmental health for Seattle / King County. Seattle, 1998.
- TEIXEIRA, B. A. N. **Qualidade e tratamento de águas para abastecimento**. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil/UFSCar, 1997.
- UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS – UNCHS. **The Habitat Agenda**. URL: <http://www.unhabitat.org/agenda>.
- VIEIRA, P. F. & WEBER, J. (Orgs.). **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento**: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997.
- WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press: 1987.