

## **ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO DE UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL**

**Glauco Antônio Bologna Garcia de Figueiredo (1); Bernardo Arantes do Nascimento  
Teixeira (2);**

- (1) Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos,  
e-mail: gabgf@yahoo.com  
(2) Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos, e-mail:  
bernardo@power.ufscar.br

### **RESUMO**

A análise da sustentabilidade ambiental dos sistemas de saneamento (água, esgoto sanitário e drenagem) de um loteamento localizado na cidade de Ribeirão Preto/SP é o objetivo deste trabalho. O método de análise utilizado, baseia-se em critérios desenvolvidos de acordo com a variável ambiental da sustentabilidade, tendo como instrumentos fichas de caracterização, fluxogramas, uma matriz de interação e um quadro resumo, que permitiram identificar as tendências de sustentabilidade dos projetos. Os resultados obtidos indicaram que o método pode ser útil na tomada de decisões relativa a estudos de sustentabilidade ambiental de sistemas de saneamento.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; saneamento básico, sistemas urbanos de água, avaliação de projetos, loteamento.

### **1. INTRODUÇÃO**

Como um meio complexo com características bastante peculiares, onde diversos conflitos ocorrem, a cidade torna-se um objeto de estudo interessante. A sua evolução trouxe à tona a maioria dos problemas ambientais atuais, e é nela que ocorrem as grandes concentrações de população no mundo. Dessa forma, a sustentabilidade ambiental, conceito que vem sendo amplamente empregado e discutido (BURSZTYN, 1994; CAVALCANTI, 1997; SACHS, 1986; CNUMAD, 1996; WCED, 1987), não pode ser pensada sem levar em consideração a cidade (CONFERÊNCIA DE BERLIM SOBRE CIDADES SUSTENTÁVEIS, 1998). Principalmente, levando-se em conta que a falta de uma visão de planejamento, interesses particulares e a carência de um pacto de desenvolvimento econômico e social, têm levado as cidades, sobretudo em países como o Brasil, a uma realidade socialmente injusta, ao lado de sérios problemas ambientais. Como reflexo surge uma ocupação da malha urbana de forma desordenada (SPIRN, 1995) e uma enorme carência por sistemas de infraestrutura, principalmente de saneamento, transportes e habitação.

O conceito de sustentabilidade tem sido proposto e utilizado como referência para o planejamento das atividades humanas e a democratização de decisões na sociedade. Entretanto, nem sempre é abordado de forma objetiva, pois sua característica subjetiva permite que, muitas vezes, seja usado apenas como instrumento de propaganda. Embora no discurso muito se tenha evoluído, na prática tem ocorrido uma dificuldade significativa na sua aplicação, seja por uma questão cultural que cria barreiras às mudanças, seja pela ausência de mecanismos práticos de incorporação da mesma. Fato este, que vem acontecendo, inclusive, nos métodos técnico-científicos utilizados regularmente em análises de impacto ambiental. Dentro deste contexto, através de uma proposta que contribua para a alteração deste quadro, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a análise de sustentabilidade ambiental dos sistemas de saneamento de um loteamento localizado na cidade de Ribeirão Preto/SP.

A análise deste empreendimento, como estudo de caso, utilizando critérios desenvolvidos de acordo com a variável ambiental da sustentabilidade, possibilita a avaliação de aspectos mais amplos e inter-relacionados, fornecendo uma visão sistêmica do projeto implantado, trazendo subsídios para uma discussão dos seus principais aspectos. Estes critérios foram organizados para a montagem de uma sistemática de avaliação de projetos. Esta sistemática foi desenvolvida pelo Grupo de Planejamento Estratégico e Sustentável do Meio Urbano - PESMU (SILVA et al, 1999), da Universidade Federal de São Carlos, sendo formada pela utilização conjunta de instrumentos de avaliação, cujo objetivo principal é mostrar qual a tendência do projeto em relação à sustentabilidade ambiental.

## 2. MÉTODO DE ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DE PROJETOS

O método desenvolvido, denominado de Método para Análise e Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Projetos de Urbanismo e de Fluxo da Água no Meio Urbano (Método PESMU), foi estruturado por meio de instrumentos e procedimentos a serem empregados em diferentes etapas. Basicamente, utiliza-se de uma matriz de interação, desenvolvida de acordo com os parâmetros de sustentabilidade ambiental; fichas de caracterização e fluxogramas, desenvolvidos de acordo com os parâmetros levantados na matriz. Esquematicamente, a sua aplicação se divide nas seguintes etapas:

- a) Fornecimento de dados do projeto, bem como do local de implantação e seu entorno, sistematizados numa listagem de informações para a caracterização do empreendimento, visando a sua utilização nos instrumentos de análise e avaliação;
- b) Identificação, na Matriz de Análise da Sustentabilidade Ambiental, de cada uma das inter-relações possíveis entre os fatores das variáveis de controle e as intervenções urbanas presentes no projeto;
- c) 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;
- d) Registro do resultado da análise na respectiva célula da Matriz de Análise da Sustentabilidade Ambiental: (N) Neutro, (I) Insuficiência de dados, (F) Favorável, (D) Desfavorável, (X) Cruzamento não verificado;
- e) Realização de análise aglutinada do empreendimento, utilizando-se da abrangência do painel disponibilizado pela Matriz;
- f) 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;
- g) Avaliação final, destacando-se as situações que devem ser alteradas para atingirem a tendência à sustentabilidade.

Os parâmetros que servem como referência para os instrumentos do Método PESMU são constituídos por oito categorias de variáveis de controle, respectivamente:

1. **Capacidade Suporte dos Recursos Naturais:** que se refere à compatibilização entre a utilização dos recursos naturais e a sua disponibilidade; apresenta-se subdividida em: Solo, Água, Vegetação e Ar; os quais são abordados (exceto este último) sob os aspectos quantitativos e qualitativos;
2. **Clima:** refere-se a variação do conforto ambiental causado pela modificação do microclima devido a implantação do projeto;
3. **Energia:** embora obtida a partir de recursos naturais, por suas características específicas é abordada de forma separada, considerando aspectos relacionados ao consumo e à tipologia das fontes a serem utilizadas;
4. **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;

5. **Distribuição Espacial:** refere-se à aproximação com os ciclos naturais quanto à sua dinâmica mais dissipativa e menos convergente, em que se tem como parâmetro, as alternativas pouco concentradoras que apresentem caráter mais disperso. Apresenta-se subdividida em Ambiente Construído e Águas Residuárias e Pluviais;
6. **Ecossistemas de Especial Interesse:** são considerados os sistemas ecológicos que apresentam, no todo ou em algum elemento que o compõe, alta possibilidade de dano grave ou irreversível. São também considerados nesse item, os sistemas ecológicos que apresentem um especial interesse ambiental na sua preservação ou conservação. Apresenta-se subdividida em: Ecossistemas Frágeis e Ecossistemas Protegidos;
7. **Benefícios Ambientais:** refere-se à verificação da existência de ações que resultem em impactos positivos no meio ambiente. Trata-se da incorporação de práticas não predatórias e o estabelecimento de ações que visem a construção de uma interação positiva entre o Homem e a Natureza;
8. **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.

### **3. APRESENTAÇÃO DO LOTEAMENTO**

O empreendimento denominado “Loteamento Nova Aliança” está situado no setor sul do município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, dentro do perímetro urbano e no vetor de crescimento da área urbanizada. Existem na gleba duas regiões consideradas vulneráveis e de valor paisagístico natural sendo um vale com curso d’água e uma encosta de morro arborizada com declividade acentuada. Ambas as áreas passarão para o domínio público como parques que farão parte das áreas verdes/ sistema de lazer. No fundo do vale serão criadas bacias de contenção de águas pluviais. No geral apresenta topografia com declividade predominante de 5% sendo dividida em duas vertentes. A área total do loteamento corresponde a 965.000 m<sup>2</sup>, com um total de 1225 lotes, distribuídos em habitacionais uni e plurifamiliares, comerciais e industriais com algumas restrições para uma população mínima de 6100 e máxima de 37367 habitantes. Na área do projeto não existem áreas alagadiças ou sujeitas a inundação, áreas que tenham sido aterradas com materiais nocivos à saúde, áreas onde as condições geológicas não aconselham a edificação ou áreas onde a poluição impeça condições sanitárias.

A concepção dos sistemas de saneamento foi desenvolvida conforme descrito a seguir. O sistema de abastecimento de água, foi concebido a partir das diretrizes do Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto-DAERP, englobando captação, reservação e distribuição. O empreendimento será abastecido por meio de captação subterrânea em poço tubular, já utilizado por outro loteamento vizinho, que alimentará um reservatório na cota mais elevada e de onde será feita a distribuição da água. Na cidade de Ribeirão Preto o abastecimento de água é totalmente feito através de captação subterrânea, com a exploração do Aquífero Botucatu Pirambóia. A exploração deste Aquífero tem ocorrido de forma descontrolada na cidade, gerando problemas de abastecimento em alguns poços, foram realizadas várias simulações do perfil de ocupação da área, que levaram os projetistas a concluir que a infra-estrutura de saneamento possui condições de atender a demanda de água associada as simulações.

O sistema de esgotamento sanitário foi concebido de modo que os resíduos gerados sejam coletados pela rede pública e encaminhados até a Estação de Tratamento de Esgotos de Ribeirão Preto (ainda em construção), conforme as diretrizes do DAERP. Enquanto a Estação de Tratamento de Esgotos de Ribeirão Preto (ETE-RP) não estiver em operação, a solução para tratamento e disposição do esgoto doméstico será o tratamento e disposição individualizados. Este tratamento se dará por meio de fossa séptica e poço absorvente para cada lote e para garantia desta solução, a exigência desta forma de tratamento, constará no memorial descritivo do loteamento e no instrumento de compra e venda de cada lote. A conexão das redes particulares às redes coletoras de esgoto, já mencionadas ocorrerá neste caso após o início da operação da ETE-RP. Com relação a este tipo de tratamento são impostas duas condições restritivas, a primeira considera que dos 1225 lotes, 155 com área igual ou inferior a 250 m<sup>2</sup> terão a sua ocupação condicionada ao início da operação da ETE-RP. Para os demais lotes, com área

superior a 250 m<sup>2</sup>, será exigido a coleta, tratamento e disposição dos esgotos por meio de tanque séptico e poço absorvente.

O projeto do sistema de drenagem foi concebido contemplando um projeto paisagístico e considerando aspectos ambientais, vinculado à preocupação da contenção das águas pluviais da área, principalmente com relação a macro-drenagem. O sistema de micro-drenagem segue os aspectos tradicionais de projetos similares de redes coletores de águas pluviais, com galerias, sarjetas e guias e bocas de lobo, fazendo a interligação com a macro-drenagem. Esta é composta por lagoas de contenção que atendem a mais de 50% dos lotes da área, que compõem o projeto paisagístico, ao qual será associado um programa de educação ambiental, com a inserção de tilápias para controle da qualidade da água. Isto por que ao se constituírem em barreiras de contenção, ou seja, mecanismos reguladores, e não lagoas do tipo criadouros, estas bacias recebem o carreamento de resíduos químicos e outros poluentes, gerando problemas relacionados à contaminação das águas e dos peixes.

A paisagem correspondente ao curso d'água (córrego) encontrava-se degradada, necessitando de reabilitação da área no tocante ao reaproveitamento da mata ciliar, descarga de esgotos, etc. Esta área deverá compor o conjunto paisagístico associado à unidade da encosta, citada anteriormente, formando um parque destinado não apenas à conservação dos recursos naturais existentes, mas também à implantação de um centro de lazer ao redor das bacias.

#### **4.APLICAÇÃO DO MÉTODO**

As análises dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem do loteamento foram realizadas para cada um dos seus subsistemas componentes, de modo sistemático e descriptivo. No presente texto, para facilitar a visualização desta análise, será apresentada apenas a sua síntese, constando da Matriz (Fig. 1) e do Quadro Resumo (Quadro 1).

Devido à incorporação de medidas que consideram o aspecto ambiental, a tendência geral de sustentabilidade detectada pelo Método PESMU para o empreendimento apresentou-se favorável, mesmo com a grande quantidade de tendências neutras presentes na análise. Outro fator que contribuiu para tanto foi a exigência de apresentação de um estudo de impacto ambiental, que, além disto, permitiu que muitas informações alimentassem o processo de análise.

As tendências neutras ocorreram naqueles aspectos em que a presença do projeto não causaria variações significativas nas condições locais do ambiente. Para aquelas situações em que se verificaram tendências desfavoráveis, sua ocorrência se deu principalmente em função da utilização de uma matriz energética impactante e de não estarem previstas no projeto medidas para redução do consumo de energia elétrica, mesmo que seja apenas para a captação de água. Porém, especificamente no caso deste empreendimento existem outros fatores de maior peso. Um destes fatores se verifica no sistema de abastecimento, com a exploração do poço subterrâneo. Embora isoladamente não pareça representar um problema sério, num contexto geral a situação se inverte, principalmente por que no caso da cidade de Ribeirão Preto, o abastecimento é totalmente dependente da exploração da água subterrânea oriunda do Aquífero Botucatu Pirambóia.

Essa exploração vem se intensificando nos últimos anos, trazendo problemas sérios, como por exemplo o rebaixamento do nível da água e a diminuição da área de recarga do aquífero, que vem afetar o fornecimento de água em vários pontos da cidade. Para este caso seria interessante estudar a possibilidade de exploração de outra fonte de abastecimento, como por exemplo a superficial. Embora isso não seja função do projeto, o estudo desta possibilidade ajudaria nos esforços para que a empresa responsável pelo abastecimento de água na cidade investisse na exploração de outros recursos, ajudando a preservar o aquífero.

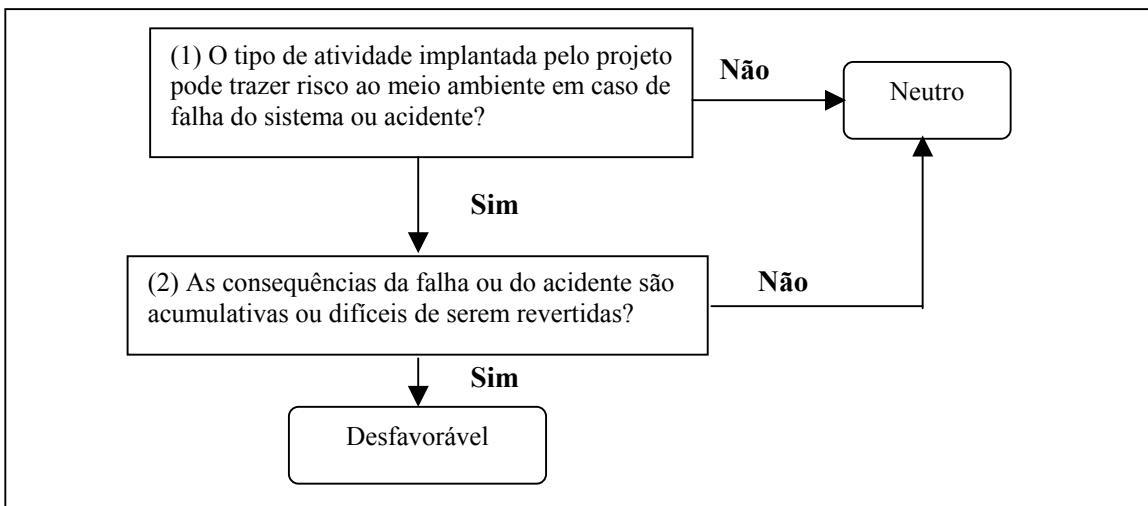
É importante observar que as tendências registradas na matriz foram definidas com o auxílio de fluxogramas de decisão (exemplificados na Fig. 2), presentes nas fichas de caracterização para cada uma das variáveis de controle. No momento do emprego de alguns destes fluxogramas, ocorreram algumas dificuldades e incompatibilidades, que exigiram uma reformulação posterior de alguns deles. Na matriz apresentada na Fig. 1, estes casos são identificados pela sigla N.A.

INTERVENÇÃO URBANA									
FLUXO DA ÁGUA NO MEIO URBANO									
Variáveis de controle		Fator	Critério	Sistema de abastecimento de água			Sistema de esgotamento sanitário		
CAPACIDADE SUPORTE DOS RECURSOS NATURAIS	Solo	Erosão	D1	Perda de Solo	N	D2:1	Tratamento	D4:1	E1:1
		Contaminação	D1:2	Deposição de contaminantes	F	D2:2	Distribuição	N	E1:2
	Água	Disponibilidade	D1:3	Política de conservação	N	D2:3	Coleta e Transporte	F	E2:1
		Qualidade	D1:4	Alteração	F	D2:4	Tratamento e Disposição	N	F1:1
	Vegetação	Cobertura vegetal	D1:5	Variação da Cobertura Vegetal	N	D2:5	E1:3	N	F2:1
		Cobertura com espécies nativas	D1:6	Variação da Cobertura Vegetal Natura	N	D2:6	E1:4	F	F2:2
	Ar	Qualidade	D1:7	Emissões atmosféricas	N	D2:7	E1:5	N	F2:3
		Microclima	D1:8	Conforto ambiental	N	D2:8	E1:6	D	F2:4
	ENERGIA	Consumo	D1:9	Política de redução	N	D2:9	E1:7	N	F2:5
		Maintz	D1:10	Incidência de fontes renováveis	D	D3:10	E1:8	N	F2:6
RESÍDUOS	GERAÇÃO	Geração	D1:11	Política de minimização	X	D2:11	E1:9	F	F2:7
		Destinação	D1:12	Adequação dos processos	X	D2:12	E1:10	F	F2:8
	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	Dispersão	D1:13	Taxa de ocupação e índice de aproveitamento	X	D2:13	E1:11	D	F2:9
		Ambiente construído	D1:14	Aproximação aos ciclos naturais	N	D2:14	E1:12	F	F2:10
		Águas residuais e pluviais Fáceis Protegidos	D1:15	Dano ao objeto de interesse	N	D2:15	E1:13	D	F2:11
ECOSSISTEMAS DE ESPECIAL INTERESSE	BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	Impactos Negativos	D1:16	Ações de regeneração, conservação, preservação	N	D2:16	E1:14	F	F2:12
		Impactos Positivos	D1:17	Potencial	N	D2:17	E1:15	F	F2:13
RISCOS AMBIENTAIS		Ocorrência	D1:18		N	D2:18	E1:16	N	F2:14

Figura 1 - Matriz de análise do projeto dos sistemas de saneamento do Loteamento Nova Aliança – Município de Ribeirão Preto/SP

**Quadro 1 - Síntese da análise do projeto dos sistemas de saneamento do Loteamento Nova Aliança – Município de Ribeirão Preto/SP**

SUB-COMPONENTE	F	D	N	I	X	N.A	PRINCIPAIS CAUSAS DA TENDÊNCIA DESFAVORÁVEL	CORREÇÕES POSSÍVEIS
CaptAÇÃO	2	3	8	0	3	0	Utiliza matriz energética que causa impactos ambientais significativos. Capta água de aquífero, que vem sendo muito explorado, gerando problemas de abastecimento.	Utilizar ou verificar a possibilidade de utilização de fontes energéticas renováveis e menos impactantes. Estudar a possibilidade de utilização de outra forma de captação, como por exemplo a superficial.
Transporte	1	1	9	0	5	0	Utiliza matriz energética que causa impactos ambientais significativos.	Verificar a possibilidade de utilização de outro tipo de matriz energética.
Tratamento								
Distribuição	5	0	8	0	3	0		
Coleta e Transporte	7	0	7	0	0	2		
Tratamento e Disposição								
Micro-Drenagem	6	3	7	0	0	0	Não contribui para a melhoria da qualidade da água. Contribui para o carreamento de resíduos para o corpo receptor, trazendo problemas de assoreamento no futuro.	Utilização de alternativas de projeto que permitam a retenção das águas pluviais nos lotes.
Macro-Drenagem	12	0	3	0	0	1		



**Figura 2 - Exemplo de fluxograma de decisão presente na ficha de caracterização para a variável controle Riscos Ambientais: Ocorrência.**

## 5.CONCLUSÕES

De modo geral, o Método PESMU permitiu que se observasse, de forma mais objetiva e sistematizada, aspectos da sustentabilidade ambiental (ou ecológica) do projeto analisado, com as respectivas tendências favoráveis, desfavoráveis ou neutras. Durante sua aplicação, alguns fluxogramas de decisão mostraram-se inadequados, necessitando uma posterior adequação. Esta foi a principal dificuldade identificada no método proposto.

Por outro lado, deve-se observar que o método não pretende ser conclusivo sobre a sustentabilidade ambiental do projeto como um todo, limitando-se a fornecer tendências relativas a alguns aspectos específicos. Uma análise mais conclusiva pode ser feita, entretanto, tendo como base os resultados identificados nesta fase. Recomenda-se que tal análise não seja feita exclusivamente no nível técnico, mas incorpore também a participação dos demais agentes sociais envolvidos (empreendedores, usuários, comunidade em geral, prestadores de serviço etc.). Da mesma forma, a análise da dimensão ambiental da sustentabilidade, objeto do método desenvolvido, deve ser acompanhada pelas análises das demais dimensões (econômica, social, cultural, política, geográfica), permitindo uma visão global do empreendimento. O método PESMU, devidamente alterado com relação às variáveis de controle, pode vir a ser um instrumento útil para tais análises, facilitando as tomadas de decisão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURSZTYN, M. (Org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- CAVALCANTI, C. (Org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. São Paulo: Cortez. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.
- 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). Consultado em 28/05/98.
- SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.
- SILVA, R. S.; TEIXEIRA, B. A. N.; SILVA, S. R. M.; FIGUEIREDO, G. A. B. G. **Urbanismo e saneamento urbano sustentáveis: desenvolvimento de métodos para análise e avaliação de projetos. Relatório Final: Método de avaliação definitivo**. São Carlos: Patrocínio de Pesquisa CEF/UFSCar, 1999.
- SPIRN, A. B. **O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade**. Tradução de PAULO RENATO MESQUITA PELLEGRINO. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 347 p., 1995.

WCED-WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future.** Oxford: Oxford University Press, 1987.