



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

**ESCOLA POLITÉCNICA**

**Departamento de Engenharia Ambiental**

**Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Águas e Saneamento**

**Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental,  
funções ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no  
baixo São Francisco.**

**RAFAEL RODRIGUES FREIRE**

Salvador  
2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA POLITÉCNICA**

**Departamento de Engenharia Ambiental  
Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Águas e Saneamento**

**RAFAEL RODRIGUES FREIRE**

**Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental, funções  
ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no baixo São Francisco**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Águas e Saneamento do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Yvonilde Dantas Pinto Medeiros  
Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Marlene Campos Peso Aguiar

Salvador  
2013

Rafael Rodrigues Freire

Integridade ambiental de corpos d'água: degradação e serviços  
ecossistêmicos no baixo São Francisco (discussão de estudo  
de caso).

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente, Águas e  
Saneamento.

Salvador, 27 de setembro de 2012.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Yvonilde Dantas P. Medeiros  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Profa. Dra. Marlene C. Peso Aguiar  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Prof. Dr. Alexandre Clistenes de A. Santos  
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Prof. Dr. José Paulo Soares Azevedo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

- 
- F866 Freire, Rafael Rodrigues  
Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental, funções ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no baixo São Francisco / Rafael Rodrigues Freire. – Salvador, 2013.  
93f. : il. color.  
Orientadora: Profa. Dra. Yvonilde Dantas Pinto Medeiros.  
Co-orientadora: Prof. Dra. Marlene Campos Peso Aguiar.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2013.
1. Vazão – meio ambiente. 2. Building Block Methodology. 3. Ecossistemas I. Medeiros, Yvonilde Dantas Pinto. II. Aguiar, Marlene Campos Peso. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 333.72

---

À comunidade ribeirinha do baixo curso  
do rio São Francisco pelo aprendizado  
e pela boa sorte

**Riacho do Navio**

*“Riacho do Navio  
Corre pro Pajeú  
O rio Pajeú vai despejar  
No São Francisco*

*O rio São Francisco  
Vai bater no mei' do mar  
O rio São Francisco  
Vai bater no mei' do mar*

*Se eu fosse um peixe  
Ao contrário do rio  
Nadava contra as águas  
E nesse desafio*

*Saía lá do mar pro  
Riacho do Navio  
Eu ia direitinho pro  
Riacho do Navio*

*Pra ver o meu brejinho  
Fazer umas caçada  
Ver as "pegá" de boi  
Andar nas vaquejada*

*Dormir ao som do chocalho  
E acordar com a passarada  
Sem rádio e sem notícia  
Das terra civilizada”*

(Luiz Gonzaga)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço as Professoras Yvonilde D. P. Medeiros e Marlene Campos Peso Aguiar, minhas orientadoras, pela competência, motivação, conhecimentos transmitidos e paciência, principalmente.

Aos pesquisadores integrantes da rede Ecovazão pela bagagem intelectual, amizade e oportunidade de atuação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA-UFBA).

Aos meus amigos, de todas as épocas e escolas, por compreenderem minha ausência, minhas escolhas, e por me motivarem quando eu pensava em desistir diante dos acasos da vida.

Ao Grupo de Recursos Hídricos (GRH-UFBA).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), por ter propiciado a bolsa para realização do mestrado.


À minha família: meu irmão Alexandre Freire, meu irmão Victor Botacin, minha mãe Dora Pereira e meu padrasto Paulo Botacin.

Em especial à minha amiga e companheira Lucia Ceccato. Pela paciência, motivação, carinho, amparo, transmissão de conhecimento e compreensão nos momentos de fraqueza.

## AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial da presente obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

Nome do Autor: Rafael Rodrigues Freire

Assinatura do autor: 

Instituição: Universidade Federal da Bahia

Local: Salvador, BA.

Endereço: Rua Aristides Novis, 02 - 4º andar, Federação - Salvador-BA - CEP.  
40210-630

Email: respostasambientais@gmail.com



## **Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental, funções ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no baixo São Francisco**

### **RESUMO**

Os estudos de definição de hidrogramas ambientais, necessários para amenizar os impactos causados por barramentos, buscam alternativas para conciliar usos e sustentabilidade de recursos naturais, visando à conservação ambiental e a redução de conflitos de usuários. Um dos mecanismos para determinação da vazão ambiental é a metodologia *Building Block* que é baseada em um processo de interação entre cientistas e comunidades de usos tradicionais, e considera a população extrativista e ribeirinha como uma das fontes de informação para o conhecimento do rio, por estar em contato diário com ele e por depender diretamente do seu estado saudável e da diversidade de sua biota. Esta metodologia prevê, na sua fase inicial, a avaliação do estado da integridade do habitat, a fim de conhecer preliminarmente um retrato dos efeitos das alterações dos processos ambientais, informações que auxiliam na definição do planejamento dos estudos sucessivos e na individuação das localidades mais representativas, selecionadas como pontos amostrais da pesquisa. Contudo, a avaliação da Integridade do Habitat proposta no BBM leva em consideração exclusivamente aspectos ecológicos, mais especificamente de habitat, não considerando os aspectos socioambientais relacionados aos diversos usos de recursos naturais. Isso constitui uma contradição em relação aos objetivos intrínsecos ao conceito de vazão ambiental. Por esta razão, este trabalho teve como objetivo propor um aprimoramento da metodologia BBM, na sua fase inicial de planejamento dos estudos, agregando à ferramenta de definição da integridade do habitat um componente de avaliação socioambiental. Este componente socioambiental foi incorporado através da avaliação da perda de disponibilidade dos serviços ecossistêmicos percebida pelas comunidades extrativistas ribeirinhas. A partir dos relatos de informantes-chaves foram definidos oito indicadores quali-quantitativos para individuar o estado de perda de recursos naturais e a perda de serviços e funções ecossistêmicas desempenhadas pelo rio. Esses resultados foram comparados com os dados da avaliação da integridade de habitat segundo metodologia BBM, chegando a conclusão de que os dois métodos de avaliação podem chegar a avaliações deferentes sobre o estado de degradação ambiental. Por esta razão é possível afirmar que a avaliação das perdas de funções e serviços ecossistêmicos proveniente da experiência das populações ribeirinhas constitui um conhecimento adicional sobre as complexidades físicas, químicas, biológicas e socioambientais, fundamentais para a decisão de escolha dos sites de amostragens para execução dos estudos da metodologia BBM e que, portanto, deveria ser incorporado à fase inicial de avaliação da Integridade do Habitat dessa metodologia. Para o desenvolvimento desta pesquisa foi escolhido o caso de estudo do baixo curso do rio São Francisco.

**Palavras-Chaves:** vazão ambiental, bacia do rio São Francisco, Building Block Methodology, integridade do habitat, serviços ecossistêmicos.

**Environmental integrity of water bodies: environmental degradation,  
ecosystem functions and loss of ecosystem services in the lower San  
Francisco**

**ABSTRACT**

The studies for the environmental flow assessment to mitigate the impacts of dams seek alternatives to reconcile the different uses and the sustainability of natural resources, aiming at environmental conservation and the reduction of users conflicts. One of the methods for determining the environmental flow is called Building Block Methodology. This is based on a process of interactions between scientists and traditional communities, and considers traditional populations as a source of information on the river, considering that traditional communities are in constant communication with the river environment, they directly depend from its healthy state and from the diversity of its biota. The BBM methodology incorporates, in its initial phase, the assessment of the integrity of the habitat to establish a preliminary picture of the effects of changes in environmental processes, information that support the planning of the subsequent studies and the definition of the most representative locations, selected as research sample points. However, the evaluation of the Habitat Integrity in BBM proposal takes into account only the ecological physical aspects of the environment, not considering the environmental aspects related to the human uses of natural resources. This represents a contradiction in relations the intrinsic goals of the environmental flow concept. Therefore, this study aimed to propose a refinement of the methodology BBM in its early planning stages of the studies, adding a socio-environmental component to the definition of habitat integrity. This socio-environmental component was incorporated by assessing the loss in the availability of ecosystem services, as perceived by traditional local communities. From the reports of key informants, eight semi-quantitative indicators were defined to individuate the degradation state of natural resources and the loss of ecosystem functions and services performed by the river. These results were compared with those from the original habitat integrity assessment of the BBM methodology, getting to the conclusion that the two assessment methods can achieve different appraisals of the same site. For this reason we affirm that the assessment of ecosystem functions and services loss, according to the experience of local communities, represents an important additional knowledge source on the physical, chemical, biological complexities of the environmental, essential for selecting the sampling sites for the implementation of BBM methodology. For the development of this research the case study of the lower São Francisco river was chosen.

**Keywords:** Environmental Flow Assessment, São Francisco river basin, Building Block Methodology, Habitat Integrity, ecosystem services.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: BSF área estudada pela rede Ecovazão.....	19
Figura 2: Etapas de construção do BBM.....	22
Figura 3 Pontos de avaliação da IH, marcados no sobrevoo .....	27
Figura 4: Integridade do Habitat no Baixo São Francisco .....	29
Figura 5: Distribuição de classes de integridade ambiental ao longo do trecho e sites selecionados para a pesquisa.....	31
Figura 6: ÁREA DE ESTUDO I - Site Pão de Açúcar – AL .....	32
Figura 7: ÁREA DE ESTUDO II - Jusante de Ilha das Flores – SE.....	34
Figura 8: Sites amostrais do Projeto Ecovazão do São Francisco. ....	37
Figura 9: Esquema diagramático do procedimento metodológico utilizado na pesquisa.....	46
Figura 10: Perfil de perda dos serviços ecossistêmicos, em classes, nos diferentes ambientes de integridade do habitat .....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros de modificação considerados na avaliação da integridade do Habitat.....	23
Quadro 2: Pontuação de classificação do impacto segundo Kleynhans (1996).....	25
Quadro 3: Parâmetros avaliados e seus respectivos pesos de importância. ....	26
Quadro 4: Classes descritivas para definição da integridade do habitat .....	26
Quadro 5: Funções ecossistêmicas .....	41
Quadro 6: – Categorias de serviços ecossistêmicos.....	43
Quadro 9: Critério de classificação do grau de perda de recursos naturais .....	52
Quadro 10: Quadro de avaliação dos serviços ecossistêmicos .....	53
Quadro 11: Síntese de relato em relação a atividade “Pesca na calha do rio”, sua diminuição e interação com componentes ambientais.....	56
Quadro 12: Síntese de relato em relação a atividade “Pesca em lagoas marginais”, sua diminuição e interação com componentes ambientais .....	58
Quadro 13: Síntese de relato em relação a atividade “Plantio em lagoas marginais”, sua diminuição e interação com componentes ambientais .....	59
Quadro 14: Síntese de relato em relação a atividade “Extração de Plantas medicinais”, sua diminuição e interação com componentes ambientais .....	60
Quadro 15: Síntese de relato em relação a atividade “Uso da mata para contenção de encosta”, sua diminuição e interação com componentes ambientais. ....	62
Quadro 16: Síntese de relato em relação a atividade “Navegação”, sua diminuição e interação com componentes ambientais.....	63
Quadro 17: Síntese de relato em relação a atividade “Corridas de barcos”, sua diminuição e interação com componentes ambientais.....	65
Quadro 18: Síntese de relato em relação a atividade “Procissões”, sua diminuição e interação com componentes ambientais .....	66
Quadro 19: Síntese de relato de atividade desenvolvida frente disponibilidade de recurso em Pão de Açúcar.....	68
Quadro 20: Síntese de relato de atividade desenvolvida frente disponibilidade de recurso em Ilha das Flores.....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA – Agencia Nacional de Águas, do Ministério do Meio Ambiente
- BBM – Building Block Methodology
- BHSF – Bacia Hidrográfica do São Francisco
- BSF – Baixo curso do rio São Francisco
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco
- CT-HIDRO – Fundo Setorial para os Recursos Hídricos
- DEA – Departamento de Engenharia Ambiental, da UFBA.
- EFA – Environmental Flows Assessment
- GIRH – Gestão Integrada de Recursos Hídricos
- GRH – Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia
- IH – Integridade do Habitat
- INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima da Bahia
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- PNMA – Plano Nacional do Meio Ambiente
- PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos
- RPGA – Região de Planejamento e Gestão das Águas
- UFBA – Universidade Federal da Bahia.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
3.1. A TEMÁTICA E OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO .....	10
3.2. A INTEGRIDADE DOS ECOSISTEMAS SOB INFLUÊNCIA HÍDRICA .....	11
3.3. A DEFINIÇÃO DA VAZÃO AMBIENTAL COMO AGENTE MITIGADOR DE IMPACTOS .....	14
3.3.1. A METODOLOGIA BBM E O BAIXO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO.....	17
3.3.1.1. A ANÁLISE DA INTEGRIDADE DO HABITAT NA METODOLOGIA BBM .....	22
3.3.1.1.1. A INTEGRIDADE DO HABITAT DO BAIXO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO...26	
3.3.1.2. A DEFINIÇÃO DA VAZÃO AMBIENTAL SOB UMA PERSPECTIVA SOCIAL.....	34
3.3.1.2.1. ESTUDO SOCIOECONÔMICO DO BAIXO SÃO FRANCISCO .....	36
A RELAÇÃO ENTRE .....	38
3.4. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DE CORPOS D'ÁGUA, FUNÇÕES E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS.....	38
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>45</b>
4.1. IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	47
4.2. DEFINIÇÃO DOS INDICADORES PARA DETERMINAÇÃO DAS CATEGORIAS DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DESEMPENHADOS .....	48
4.3. USOS E AVALIAÇÃO DO STATUS DE PERDA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS .....	50
4.4. COMPARAÇÃO DA PERDA DE SERVIÇOS E FUNÇÕES ECOSISTÊMICAS ENTRE AS ÁREAS ESTUDADAS .....	52
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>54</b>
5.1. IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES, RECURSOS NATURAIS E AVALIAÇÃO DO STATUS DE DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS .....	54
5.1.1. <i>Pesca na calha do rio</i> .....	55
5.1.2. <i>Pesca em lagoas marginais</i> .....	56
5.1.3. <i>Plantio em lagoas marginais</i> .....	58
5.1.4. <i>Extração de plantas medicinais</i> .....	59
5.1.5. <i>Uso de mata para contenção de encosta</i> .....	61
5.1.6. <i>Navegação</i> .....	62
5.1.7. <i>Prática de corridas de barcos</i> .....	64
5.1.8. <i>Prática de procissões</i> .....	65
5.2. COMPARAÇÃO DA PERDA DE SERVIÇOS E FUNÇÕES ECOSISTÊMICAS ENTRE AS ÁREAS ESTUDADAS .....	66
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

São crescentes os impactos gerados pela intervenção antropogênica nos diversos sistemas biológicos com consequência em rios e lagos. Em todos os continentes, segundo Tundisi (1999) tem-se verificado que as águas deterioram-se devido às múltiplas atividades humanas que se desenvolvem com grande intensidade em suas bacias hidrográficas.

Observa-se que uma das causas fundamentais da potencialização dos processos de degradação ambiental está associada ao aumento populacional humano, acompanhado da expansão das demandas por recursos naturais que por sua vez tencionam os processos ecológicos naturais e assim a integridade dos ecossistemas. O aumento do consumo humano ocasiona a maximização da extração de recursos naturais derivados do desempenho dos serviços ecossistêmicos e esse perturba o equilíbrio ambiental nos diversos sistemas biológicos, tanto terrestres como aquáticos.

Ao longo das últimas duas décadas inúmeros fóruns internacionais têm reconhecido a necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos. As conclusões da Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente em Dublin (ICWE, 1992) e da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - ECO92 (1992) que resultou na Agenda 21, demarcaram e enfatizaram ações urgentes e necessárias para redirecionar o uso dos recursos hídricos em direção à promoção de sua sustentabilidade.

A Diretiva-quadro da União Europeia relativa à gestão da água (Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000) regulamenta a ação dos países membros no monitoramento da qualidade dos corpos d'água, assim como estabelece medidas mitigadoras garantindo o "bom" estado ecológico, mencionando especificamente a importância da quantidade e das dinâmicas do fluxo de água nos rios considerando as condições de fluxo "natural" para fins de proteção ambiental (EUROPEAN COMMUNITIES, 2000).

Numa perspectiva global, há um crescente entendimento acerca da necessidade de preservar os ecossistemas na gestão de águas para atender assim as demandas humanas (DYSON *et al.*, 2004; POSTEL; RICHTER, 2003). A Gestão Integrada de

Recursos Hídricos (GIRH) tem como objetivo garantir que o uso eficiente da água e os recursos relacionados não comprometam a sustentabilidade dos ecossistemas vitais (KING *et al.*, 2008). Isso implica na aspiração de encontrar o equilíbrio entre as necessidades em curto prazo, envolvendo o desenvolvimento social e econômico, e da proteção e conservação da fonte dos recursos naturais em longo prazo. Portanto, um desafio importante da GIRH é equilibrar a alocação de água entre os usuários e os modos distintos de usos (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2000). Em países com economia baseada em negociação de *commodities*, os meios de subsistência das populações rurais, em grande parte, dependem diretamente da prestação de serviços dos ecossistemas (FARLEY, 2010).

Num ambiente delimitado pela bacia hidrográfica, muitos fatores como: qualidade das águas, sedimentos, atividade alimentar proveniente do extrativismo, identidade e interações biológicas, são determinantes para a identidade dos ecossistemas ribeirinhos e seu funcionamento. Tundisi (1993), Straškraba e Tundisi (2000) citam como principais impactos em bacias hidrográficas: a fragmentação do rio por causa da construção de reservatórios, o desmatamento e a redução da cobertura vegetal, o aumento da contaminação e da toxicidade nos sistemas límnicos causados por atividades antropogênicas. A poluição orgânica, os usos inadequados do solo e a alteração da biodiversidade, como a remoção de grupos e espécies ecologicamente importantes, comprometem processos essenciais para a manutenção dos ecossistemas naturais.

No Brasil o grande potencial de geração de energia hidrelétrica oferece significativa pressão na conservação dos rios. Com a intensificação do aproveitamento dos recursos hídricos para a geração de eletricidade, os elementos físicos, químicos e biológicos dos cursos d'água vêm sofrendo grandes modificações especialmente em seu regime hidrológico. Uma das atividades principais de modificação dos cursos d'água para aproveitamento é a redução do fluxo do rio, onde a água é captada ou armazenada em um reservatório a montante. Outra prática é o aumento do fluxo, onde a água armazenada é liberada em grandes volumes no canal. Ambas as práticas podem ocorrer em épocas diferentes do ano, resultando em uma inversão de padrões de fluxo do rio (KING *et al.*, 2008).

Os efeitos da modificação do regime hidrológico natural evoluem em impactos difusos e de alta repercussão sobre o meio ambiente. O regime de vazão do rio é, portanto, uma variável primordial (BUNN; ARTHINGTON, 2002; POFF *et al.*, 1997) para os ecossistemas ribeirinhos que reflete a sua localização geográfica e as características geológicas e topográficas da área (EEKHOUT *et al.*, 1997; STATZNER; HIGLER, 1986). Componentes ambientais, tais como os padrões de canal, características químicas e térmicas da água, a biota do canal, bancos e zonas úmidas associadas, refletem a natureza do padrão de fluxo do rio (EEKHOUT *et al.*, 1997). Em rios onde este padrão de fluxo sofre alteração pelas atividades humanas todos estes componentes são susceptíveis a alterações da sua condição natural. A regularização artificial do fluxo hídrico pode causar elevados custos diretos, tais como mudanças nas comunidades botânicas e na fauna, e inviabilização de atividades associadas, como também agregar custos ocultos que dificilmente são quantificados nas avaliações ambientais, tais como o custo de erosão das margens, da perda de solo, e da expectativa de vida reduzida das barragens em canais (KING *et al.*, 2008).

Segundo Dyson *et al.* (2004) o reconhecimento da vazão como um fator chave de modulação de determinados ecossistemas, e a intervenção deste fator na qualidade de vida de populações humanas orientou para o desenvolvimento do conceito de vazão ecológica. O conceito de vazão ecológica é relativamente novo. O desenvolvimento de métodos de avaliações de vazões ecológicas (EFA - Environmental Flows Assessment) começou nos EUA no final de 1940 e se consolidou durante os anos 1970, principalmente com o resultado da nova legislação ambiental e de águas doces que acompanha o ápice do período áureo da construção civil nos EUA. Fora dos EUA, o desenvolvimento de metodologias EFA só ganhou terreno significativo a partir da década de 1980.

A Comissão Mundial de Barragens publicou um relatório temático (WORLD COMMISSION OF DAMS, 2000) trazendo a atenção internacional sobre as necessidades de fluxos naturais para o meio ambiente (KING *et al.*, 1999). Embora as recomendações da WCD fossem somente ao sentido de traçar diretrizes, elas enfatizam o equilíbrio das necessidades ambientais com o desenvolvimento econômico, e apresentaram um padrão de melhores práticas para o projeto de



barragens e operação. Diante da reverberação do significado dessas ações muitos países se comprometeram em aplicá-la .

Na medida em que as questões sobre vazão ecológica foram tratadas, a preocupação foi inicialmente limitada a proporcionar o fluxo mínimo necessário para manter populações específicas de peixes comerciais ou de recreação. Contudo, hoje um crescente consenso se desenvolveu entre os cientistas e profissionais em matéria de gestão hídrica, de que a chave para manter os ecossistemas ribeirinhos saudáveis e os serviços que eles fornecem é a preservação (ou recuperação) do regime de fluxo natural ( BUNN; ARTHINGTON, 2002; POFF *et al.*, 1997), incluindo variações de fluxo diárias, sazonais e inter-anuais. O paradigma de “Vazão Natural” (POFF *et al.*, 1997), no qual o regime do fluxo natural de um rio (que compreende os cinco principais componentes de variabilidade: magnitude, frequência, duração, tempo e taxa de variação) é reconhecido como vital para os ecossistemas estabelecidos, e hoje amplamente aceito pela literatura (POFF *et al.*, 2003; POSTEL; RICHTER, 2003; THARME, 2003).

Uma grande variedade de metodologias tem sido desenvolvida nas últimas décadas, mas recentes avanços em EFAs refletem o acúmulo de conhecimentos e metodologias próprios, embora cada vez mais direcionadas à abordagem holística ( Instream Flow Council, 2002; KING & BROWN, 2003). A *Metodologia Holística* foi desenvolvida na Austrália (ARTHINGTON *et al.*, 1992) visando a construção de um estudo acerca da vazão ecológica, o que abarcava todo o ecossistema do rio, podendo incluir áreas associadas tais como pântanos, água subterrânea e estuários. Ela representa as bases conceituais e teóricas à maioria dos métodos holísticos para a determinação da vazão ecológica. As abordagens holísticas ecossistêmicas para EFAs foram relatadas por muitos pesquisadores da área de vazões ecológicas como umas das principais direções futuras desse tipo de estudo (ARTHINGTON, 1998a; DUNBAR *et al.*, 1998; THARME 1996).

Os métodos holísticos permitem uma abordagem ecológica e ecossistêmica de análise dos sistemas fluviais, com uma busca de compreensão transversal da problemática. Estes métodos buscam construir uma compreensão sobre as ligações funcionais entre todos os aspectos da hidrologia e da ecologia de um sistema fluvial (O'KEEFFE; LE QUESNE, 2009), acrescentando também o componente humano

como uma parte integrada do sistema fluvial. Eles incorporam dados biológicos, geomorfológicos e hidrológicos, e consideram todos os aspectos do regime de fluxo, tais como a magnitude e sazonalidade, o fluxo base e as inundações (THARME, 1996).

Um destes métodos é chamado de *Building Block Methodology* (BBM) Esta metodologia consiste em uma abordagem que pretende determinar um conjunto de diferentes eventos de fluxo - chamados de blocos - capazes de preservar um rio em uma condição pré-determinada (KING; LOUW, 1998; KING *et al.*, 2000). A metodologia é baseada em um processo que interage com a comunidade, construindo cenários que envolvem um componente socioeconômico relacionado ao uso dos recursos do rio pelas populações tradicionais (THARME, 2003).

A metodologia *Building Block* tem sido usada principalmente em países em desenvolvimento, devido ao fato de que, sendo fundamentada no conhecimento e experiência de especialistas, permite superar a típica escassez e fragmentação de dados secundários acerca do sistema estudado. Esta metodologia é utilizada na detecção de problemas em bacias hidrográficas, pois integra as diferentes óticas científicas para detecção e solução de problemas ambientais. O foco dos problemas investigados tange aos acarretados por usos do entorno dos corpos hídricos e pela fragmentação e regularização das vazões de corpos d'água, principalmente proveniente da geração de energia hidrelétrica.

Para a determinação da vazão ambiental esta metodologia prevê a avaliação do estado da integridade do habitat, etapa necessária para o planejamento e definição dos sites de amostragens a fim de conhecer preliminarmente um retrato dos efeitos das alterações na dinâmica dos processos ambientais. Os impactos muitas vezes são difíceis de serem avaliados em pequenas escalas e necessitam de uma pré-caracterização em macro-escala da integridade ambiental, auxiliando na percepção da causa-efeito existentes direcionando diagnósticos e tomadas de decisões para o planejamento e manejo.

O diagnóstico da Integridade do Habitat (IH) (KLEYNHANS, 1996) é portanto parte integrante da metodologia BBM de determinação do regime de vazões ambientais.

A partir da avaliação da Integridade do Habitat, segundo a metodologia BBM, são escolhidas as localidades para os estudos mais representativas, e então são selecionados os pontos amostrais da pesquisa. Os pontos amostrais são o foco de análise e de coleta de quase todas as especialidades dessa metodologia. A escolha desses pontos constitui, portanto, uma fase fundamental da metodologia BBM, visto que nestes pontos os especialistas desenvolverão estudos sobre as condições ambientais do ecossistema, sob a perspectiva da análise hidráulica, geomorfológica, qualificação da água, levantamento da biota no passado (definição de tempo de referência), presente e futuro.

A avaliação da Integridade do Habitat pode influenciar todas as etapas sucessivas de estudo e deve, portanto, ser aplicada de forma robusta e criteriosa. Todavia, é possível apontar algumas possibilidades de contribuições ao procedimento a fim de melhor articular a abordagem da Integridade do Habitat à proposta no manual BBM (KING *et al.*, 2008). Uma das dificuldades da aplicação da metodologia está na adequação do método aos ambientes já degradados e com deficiência de dados preliminares, necessitando assim de contínuos ajustes e apêndices metodológicos que possibilitem uma avaliação mais criteriosa caso a caso.

De fato, a avaliação da Integridade do Habitat (KLEYNHANS, 1996) leva em consideração exclusivamente aspectos ecológicos dos ambientes estudados, não considerando os aspectos socioambientais relacionados aos diversos usos dos recursos naturais. Isso constitui uma contradição em relação aos objetivos intrínsecos ao conceito de vazão ambiental. A compreensão da relação entre a degradação ecológica de um rio e o comprometimento da disponibilidade de recursos naturais para usos diversos pode ser considerada como uma das lacunas que ainda necessitam de subsídios para a consolidação de respostas na definição do regime de vazões ambientais na metodologia BBM.

Um dos nortes à compreensão da relação entre degradação e disponibilidade de recursos, poderia se dar através do estudo da relação dos processos e produtos da natureza, o que poderia ser monitorado por meio do mapeamento do impacto dessa dinâmica socioambiental na disponibilidade de recursos naturais. Daly e Farley (2009) consideram que processos naturais podem ser compreendidos como funções

ecossistêmicas, e seus benefícios diretos e indiretos obtidos pelo ser humano a partir dos ecossistemas podem ser chamados de serviços ecossistêmicos.

As funções dos ecossistemas, como salienta Gliessman (2005), estão relacionadas aos processos dinâmicos que ocorrem dentro deles, como os movimentos de matérias e de energias e as interações dos organismos, assim como as estruturas físico-químicas do ambiente natural. Essas relações estabelecidas na co-evolução das espécies e estrutura dos ecossistemas são difíceis de serem percebidas. No momento em que essas funções se convertem, por exemplo, em disponibilidade de recursos pesqueiros (como na riqueza e na abundância de espécies), disponibilidade hídrica, conforto climático, entre outros, essas funções se tornam mais claras e passíveis de mensuração.

A evidência das perdas de funções provenientes da degradação, antes de serem identificadas através de estudos mais profundos e consistentes, podem ser sinalizadas através de alterações na paisagem como enuncia Metzger (2001). As funções ecossistêmicas se manifestam em biomassa, variabilidade genética, manutenção de habitats e reconfigurações ecossistêmicas, estando então sua permanência, intimamente atrelada à integridade ambiental (FARLEY, 2010).

Estas variáveis podem agregar informações importantes a métodos de definição da Integridade do Habitat trazendo uma contribuição acerca da compreensão da integridade ambiental do sistema estudado, e conseqüentemente contribuir com estudos de definição da vazão ambiental uma vez que por definição, esta se refere à quantidade, à qualidade e à distribuição de água requerida para a manutenção dos componentes, funções e processos do ecossistema ribeirinho dos quais a população nativa depende (O'KEEFFE, 2008).

A intersecção da avaliação do estado da Integridade do Habitat, suas funções e os serviços ecossistêmicos fornecidos pelos sistemas associados aos corpos d'água, se faz então necessária, provendo a busca de estimativas de *status* de comprometimento e dependência dos usos humanos, objetivando conhecer mais profundamente a dinâmica dos processos dentro de sistemas ecológicos tão complexos como os encontrados nas regiões tropicais.

Assim, esta dissertação pretende responder as seguintes perguntas:

- Como investigar e associar a modificação das estruturas ecológicas de um rio com a disponibilidade dos recursos naturais utilizados pelas populações extrativistas ribeirinhas na fase inicial, de planejamento do estudo, de definição de vazão ambiental?
- Quais as categorias de serviços e funções ecossistêmicas desempenhadas pelo baixo curso do rio São Francisco e qual o seu estado de perda nas estações de diferentes classes de integridade de habitat?

Espera-se que os resultados desse trabalho possam contribuir para o aperfeiçoamento da Metodologia BBM e em geral, subsidiar os processos decisórios em âmbito ambiental e da GIRH, em regiões caracterizadas por conflitos na alocação dos recursos hídricos.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi escolhido o caso de estudo de definição da vazão ambiental no baixo curso do rio São Francisco, utilizando como ponto de partida os conteúdos brutos e sistematizados obtidos no projeto “**Definição da Vazão Ecológica no Baixo São Francisco**” (Projeto de Participação Social – CTHIDRO 45/2006, 2009).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para identificar e avaliar os serviços ecossistêmicos utilizados pelas comunidades extrativistas ribeirinhas frente diferentes condições de integridade do habitat de um corpo d'água. Ao fim de aprimorar a compreensão da relação entre a degradação ecológica de um rio e o comprometimento da disponibilidade de recursos naturais para ribeirinhos, este método visa integrar uma diferente perspectiva balizada pelos conceitos da Economia Ecológica à métodos de diagnóstico de Integridade do Habitat utilizados em estudos de impactos em rios, dando assim a compreensão acerca da integridade ambiental dos corpos d'água.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Associar os usos praticados pela população ribeirinha a indicadores de perda de serviços ecossistêmicos;
- Buscar uma correspondência entre o comprometimento de serviços e as funções ecossistêmicas desempenhadas pelo ecossistema do baixo curso do rio São Francisco;
- Testar, através dos relatos de informantes chaves de um estudo realizado, o estado de perda dos serviços ecossistêmicos de um corpo d'água impactado;
- Propor uma contribuição na metodologia BBM, na sua fase inicial de planejamento dos estudos, agregando à etapa de definição da Integridade do Habitat (KLEYNHANS, 1996) um componente de avaliação socioambiental trazendo assim uma percepção acerca da integridade ambiental para o delineamento dos estudos seguintes nessa metodologia.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. A temática e os instrumentos de gestão**

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta política traz quatro princípios básicos: 1) a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e implementação da política e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; 2) os usos múltiplos; 3) o reconhecimento da água como um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, induzindo seu uso racional e dando a base para a instituição da cobrança pelos recursos hídricos; e 4) a gestão descentralizada e participativa, abrindo a possibilidade de participação a usuários e sociedade civil organizada no processo de tomada de decisão. A Lei 9.433 define cinco instrumentos de gestão das águas: 1) o plano de recursos hídricos; 2) o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água; 3) a outorga dos direitos de uso; 4) a cobrança pelo uso da água; e 5) o sistema de informações (BRASIL, 1997). A gestão ambiental, no universo da gestão dos recursos hídricos é orientada ao uso e manejo integrado da terra, da água e dos recursos ambientais, tendo em vista a promoção da conservação da biodiversidade, seu uso sustentável e a repartição de seus benefícios de forma equitativa, visando à manutenção da qualidade e disponibilidade hídrica (BRASIL, 1997).

Como pauta das agendas das câmaras técnicas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a temática vazão ecológica vem sendo discutida a fim de responder às demandas e questionamentos provenientes da degradação e do comprometimento dos rios, isso devido à fragmentação e regularização para geração de energia hidrelétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007).

Porém, o marco legal Brasileiro não atribui explicitamente a competência para definir os requisitos de vazão ecológica. A determinação das vazões ecológicas foi atuada em prática através da legislação, tanto em nível estadual, quanto federal, principalmente em relação aos procedimentos administrativos de licenciamento ambiental e concessão de outorga (SARMENTO, 2007).

Os critérios de outorga, por outro lado, não dispõem usualmente sobre a diluição de efluentes, que é um dos pontos importantes para a avaliação ambiental das águas de um manancial e tem interferência considerável em seu equilíbrio ecológico (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007).

O MMA brasileiro (Ministério do Meio Ambiente) na Instrução Normativa 4/2000 relativa aos procedimentos administrativos para concessão de outorga, define o conceito de "vazão ecológica", como a vazão mínima necessária para garantir a preservação do equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. O CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), com a Resolução 16/2001, se refere ao conceito de "vazão mínima" como o fluxo necessário para evitar a degradação do meio ambiente, preservar os ecossistemas aquáticos e garantir condições adequadas para o transporte fluvial (SARMENTO, 2007). Posteriormente, o CNRH estabeleceu diretrizes gerais para a definição de vazões mínimas remanescentes (CNRH, Resolução 129/2011), definindo esta como a menor vazão a ser mantida no curso de água em seção de controle e deixando à autoridade outorgante o estabelecimento dos critérios específicos para a determinação de vazões mínimas remanescentes, em articulação com os demais integrantes do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, quando couber.

Na prática no Brasil não há regulamentação específica no que diz respeito à regulação da vazão ecológica ou ambiental. A vazão mínima é, portanto, o único requisito mencionado na regulação das águas brasileiras. No entanto, o estabelecimento de um fluxo mínimo, como único valor médio diário, tem sido reconhecido como inadequado para proteger a integridade da biodiversidade e dos serviços ambientais (ARTHINGTON *et al.*, 2006), tampouco dos serviços ecossistêmicos, não considerando o natural ciclo hidrológico anual e sazonal.

### **3.2. A Integridade dos ecossistemas sob influência hídrica**

Um ecossistema pode ser definido como uma unidade que inclui todos seus organismos em uma determinada área, interagindo com o meio físico, de modo que um fluxo de energia leva a uma definida estrutura trófica, diversidade biótica e ciclos de matéria dentro do sistema (ODUM, 1971).



A integridade de um ecossistema se refere à capacidade do sistema de suportar e manter um equilíbrio e uma composição integrada das propriedades físico-químicas, das características do habitat, bem como dos componentes bióticos, em uma escala temporal e espacial, que pode ser comparado com o estado natural ou um estado livre de estresses antropogênicos (KLEYNHANS, 1996).

A integridade global ecológica de um sistema, incluindo os límnicos, é determinada por quatro componentes principais: i) físico; ii) físico-químico; iii) biológico (biótico) e iv) a fonte de entrada de energia (ROUX D. J. 1997). Nos estudos que visam a conservação dos rios estes aspectos não podem ser considerados como aspectos separados, uma vez que são interligados em um sistema complexo, no qual são influenciados uns pelos outros.

Um ecossistema pode ser definido como “não saudável” se a estrutura das suas comunidades (riqueza de espécies, composição de espécies, teia alimentar) ou o funcionamento do ecossistema (produtividade, dinâmica de nutrientes, decomposição) foram essencialmente afetados por pressões humanas (BEGON *et al.*, 2006). Alguns aspectos da saúde do ecossistema tem impacto direto na saúde humana (por exemplo, através da água para abastecimento) e também nos processos naturais (serviços ambientais) de valor para o ser humano, tais como controle de enchentes, a disponibilidade de alimentos silvestres (incluindo animais caçados e plantas) e oportunidades de lazer (BEGON *et al.*, 2006).

Diante da complexidade torna-se difícil investigar todos os fatores responsáveis pela integridade ecológica de um sistema ao mesmo tempo. Por essa razão na literatura foram desenvolvidas metodologias para analisar a integridade de um ecossistema a partir dos diferentes componentes que a compõe (KOTZE, 2008).

A Integridade Biótica de um sistema como um rio refere-se ao estado atual do conjunto biótico em relação à sua condição natural, sob circunstâncias de não impacto (KOTZE, 2008). De acordo com Karr (1994), a integridade biótica de um corpo d'água pode ser influenciada por variáveis tais como a qualidade da água, a estrutura do habitat, a fonte de energia, o regime de fluxo e as interações bióticas. Segundo Karr (op. cit.) fatores do conjunto biótico que podem ser alterados devido às atividades antropogênicas incluem, por exemplo, a diversidade de espécies, a composição trófica, a abundância de indivíduos e a condição ou saúde da biota

presente no sistema. A avaliação considera todos os grupos de organismos vivos, como peixes, vertebrados aquáticos, invertebrados bentônicos, perifíton e vegetação aquática.

As comunidades biológicas são utilizadas também como indicadores da integridade ecológica global (integridade física, química e biológica) e para avaliar a saúde ambiental dos ecossistemas aquáticos (KARR, 1981; EPA, 1996). O estado dos sistemas vivos fornece uma medida eficaz e direta da integridade da água e pode ser medido quantitativamente. Esses indicadores são baseados no princípio de que os organismos que habitam os ecossistemas aquáticos são sensores diretos que respondem a qualquer estresse que afeta esse sistema e que a saúde de um ecossistema aquático se reflete na saúde do organismo que o habita (KARR, 1994).

Um dos mais conhecidos indicadores se chama Índice de Integridade Biótica (IBI), desenvolvido por Karr (1981) o qual descreveu, pela primeira vez, uma avaliação de integridade biótica usando a comunidade de peixes. Esse índice tem sido um modelo inicial, e foi sucessivamente adaptado para vários estados dos EUA e Europa ocidental, como também no Brasil (PINTO E ARAUJO. 2007, FERREIRA E CASATTI 2006, ARAUJO 1998).

Segundo Karr (1981), a Integridade físico-química de um ecossistema aquático é determinada através da qualidade da água, em comparação com seu estado natural ou desejada em acordo com as diretrizes estabelecidas para tal sistema. Os principais atributos físico-químicos do sistema aquático são investigados, principalmente os oligoelementos e as variáveis macro físico-químicas. Oligoelementos incluem variáveis, tais como metais (Al, Fe, Cu, Pb, entre outros) e biocidas, enquanto as variáveis macro referem-se a aspectos tais como pH, temperatura, concentrações de fosfato, entre outros (KARR, 1981).

A integridade física de um ecossistema aquático se refere ao grau de alteração do habitat, em comparação com seu estado natural, pré-impacto (KLEYNHANS, 1996). Segundo Dallas (2005) estudos sobre a integridade do habitat de rio usualmente consideram dois aspectos, ou seja, a estrutura do habitat e o regime de fluxo mas não sua interação ambiental. Alterações da estrutura do habitat por causa humana podem ocorrer devido ao assoreamento, à modificação da vegetação ripária, alterações na profundidade da água ou do perfil molhado do rio, da morfologia do

canal, do gradiente, do substrato, entre outras (KLEYNHANS, 1996).

O regime de fluxo, por outro lado, é influenciado por fatores humanos e naturais, como por exemplo, mudanças do uso da terra, da velocidade, dos picos de fluxo máximos e mínimos, de precipitação, do escoamento superficial e da água subterrânea. A manipulação ou alteração da condição natural de qualquer desses fatores mencionados, implicará, portanto a degradação da integridade física do sistema.

Pode se considerar que a avaliação da Integridade do Habitat seja precursora da integridade biótica e que as duas juntas, constituem a integridade ecologia global (KLEYNHANS, 1996), importantes ferramentas utilizadas no delineamento de ações conservacionistas e de gestão

### **3.3. A definição da vazão ambiental como agente mitigador de impactos**

Na literatura existem várias terminologias relacionadas ao conceito de vazão ambiental com significados e definições em parte diferentes, mas em geral com a mesma intenção de proteger o meio ambiente em sistemas fluviais. É possível, por exemplo, encontrar a nomenclatura de vazão ecológica, vazão ambiental, vazão mínima residual, vazão mínima ecológica, vazão de preservação ambiental, requerimentos de fluxo, requerimentos de fluxo para manutenção para estiagem, vazão mínima, entre outras (SARMENTO, 2007).

Para os fins desse estudo define-se vazão ambiental o conceito definido por O'Keeffe (2008) como: a quantidade, a qualidade e a distribuição de água requerida para a manutenção dos componentes, funções e processos do ecossistema ribeirinho dos quais a população depende. O conceito de vazão ambiental adiciona também o julgamento da sociedade na decisão do estado desejado dos ecossistemas e dos objetivos ambientais a serem alcançados.

Existem vários levantamentos sobre métodos para a determinação da vazão ambiental que podem ser encontrados na literatura (INSTREAM FLOW COUNCIL, 2002; JOWETT, 1997; KING *et al.*, 1999; THARME, 2003). Jowett (1997) classifica tais métodos em três categorias: fluxo histórico, geometria hidráulica e simulação de habitat. Tharme (2003) adiciona também a categoria de métodos holísticos.

Segundo O'Keeffe (2008), existem 207 metodologias distribuídas em 44 países para a avaliação da vazão ecológica que podem ser agrupadas e classificadas, em quatro grandes categorias: hidrológicas, hidráulicas, habitat e holísticas.

Métodos Hidrológicos são baseados em registros históricos de vazão e usam séries temporais de vazões diárias ou mensais para fazer recomendações sobre a vazão ecológica. Em geral, elas fixam uma percentual ou proporção da vazão natural para representar a vazão ecológica. O método *Tennant* (TENNANT, 1976) e o  $Q_{7,10}$  podem ser utilizados como modo de exemplificação. O primeiro tenta delinear uma correlação sistemática entre a porcentagem de *fluxo médio histórico* e a condição *habitat dos peixes*, com base em extensas observações de fluxos (TENNANT, 1976). O método  $Q_{7,10}$  recomenda vazões ecológicas baseando-se na *vazão mínima* que se observa durante sete dias consecutivos, para um período de retorno de dez anos.

Prescrições de fluxo baseados em tais técnicas são relativamente fáceis e baratas de se calcular (KATZ, 2006). Por esta razão, eles estão entre os mais utilizados, especialmente em áreas com pouca experiência na proteção do fluxo ou com orçamentos limitados para esses fins (REISER *et al.*, 1989; THARME, 2003). Métodos hidrológicos, no entanto, tendem a produzir recomendações de fluxo estáticos mínimos e têm sido criticados por não abordar as características físicas ou biológicas dos rios.

As metodologias baseadas nos conceitos da hidráulica utilizam um ou mais parâmetros para prever modificações nos habitats aquáticos. Os indicadores de profundidade, perímetro molhado, velocidade, raio hidráulico e área molhada da seção são alguns dos parâmetros hidráulicos utilizados. O Método do Perímetro Molhado supõe que as necessidades de desova e passagem de peixes em um rio são garantidas quando é mantida uma descarga mínima que é determinada em uma curva relacionando perímetros molhados com vazões (BENETTI *et al.*, 2003). As técnicas são também relativamente baratas e simples de calcular (KATZ, 2006), mas eles, também, desconsideram as características biológicas e a variação natural de vazão.

Há ainda metodologias baseadas na relação entre o habitat e a vazão. Estes métodos combinam as características hidráulicas de um trecho de rio, tais como

velocidade, profundidade e substrato, com preferências de habitat para uma dada espécie. Um exemplo é o Instream Flow Incremental Methodology - IFIM (BENETTI; LANNA, 2003), que usa modelos de computação sofisticados, como outros nessa categoria, (haja visto o modelo PHABSIM) para determinar as necessidades de fluxo para a migração, e a desova. Ao contrário dos outros métodos já mencionados, estes lidam diretamente com as necessidades biológicas específicas e, portanto, são muitas vezes considerados cientificamente mais defensáveis (INSTREAM FLOW COUNCIL, 2002). O lado negativo está no tempo para ser completados, exigem um alto nível de especialização, e podem ser caros (MEDEIROS *et al.*, 2010). Além disso, eles tendem a considerar espécies específicas ao invés de tratar a saúde do ecossistema global.

As metodologias holísticas analisam o regime do fluxo natural de um rio e tentam discernir as várias fases de degradação ambiental associada ao desvio do estado natural. Estas metodologias utilizam dados de diferentes disciplinas que abrangem as ciências físicas, biológicas e as sociais. Desse modo, busca-se o consenso sobre o desenvolvimento e metas ambientais almejadas e sobre os níveis aceitáveis de degradação (ARTHINGTON *et al.*, 1992; KING *et al.*, 2003). Esta modalidade de metodologia foi desenvolvida na década de 1990 por pesquisadores australianos e sul-africanos, e está começando a ser aplicada em outros lugares, como Índia, Itália, Tanzânia, e em vários países do África do Sul (POSTEL; RICHTER, 2003; THARME, 2003). Em geral, essas metodologias fazem uso de grupos profissionais e podem envolver a participação de partes interessadas, fazendo com que o processo seja abarque a complementação transversal das disciplinas.

Uma desvantagem dos métodos holísticos diz respeito ao seu custo elevado na aquisição de dados. Um exemplo deste tipo de metodologia holística é a “*BBM – Building Block Methodology*”, desenvolvida por pesquisadores e o DWF - South African Department of Water Affairs and Forestry, e utilizado por J. M. King. e por D. Louw em 1998 na África do Sul.

Os métodos holísticos requerem uma equipe multidisciplinar de especialistas e também exigem um consenso em relação à vazão requerida para os objetivos pré-definidos (O'KEEFFE; QUESNE, 2009).

Segundo Jacimovic e O’Keeffe (2008) esses métodos tornaram-se muito utilizados nos últimos anos, pois se consegue realizar a aplicação com diferentes níveis de disponibilidade de dados e por unir uma série de especialistas de diferentes domínios tais como: (hidrologia, hidráulica, geomorfologia, biologia, sociologia, economia, entre outros). Contudo, as metodologias holísticas necessitam de elevada disponibilidade de recursos e a admissão da subjetividade pode resultar em apontamentos difusos provenientes dos diferentes especialistas (O’KEEFFE, 2008).

### **3.3.1. A metodologia BBM e o baixo curso do rio São Francisco**

O rio São Francisco é um rio de domínio da União, sua bacia hidrográfica abrange uma área de 645.000 km<sup>2</sup> (8% do território brasileiro) e cruza seis estados (Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe) e o Distrito Federal. 13 milhões de pessoas vivem dentro dessa área distribuídas em 503 municípios (GARJULLI, 2002).

A bacia hidrográfica do São Francisco (BHSF) é a terceira bacia hidrográfica do Brasil em termos de área e é de fundamental importância para o país devido ao volume de água nela transportada. A vazão média é de 2800 m<sup>3</sup>/s e a disponibilidade hídrica correspondem a 69% do total do nordeste. A BHSF dispõe de 40% de terras com boa possibilidade para agricultura (PEREIRA *et al.*, 2003). Segundo Medeiros (2010) parte do território abrangido pela BHSF se encontra no polígono das secas, território vulnerável e sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, causando evidentes conflitos relacionados ao uso e alocação das suas águas. Esta bacia é caracterizada por grande diversidade em termos de disponibilidade hídrica e pela existência de fortes pressões devidas aos usos dos recursos hídricos em algumas regiões, com grandes potencialidades de crescimento em outras (CBHSF, 2004).

O baixo curso do São Francisco, área de estudo dessa dissertação, abrange uma área de 46.000 km<sup>2</sup>, correspondendo a 7,1% da área da bacia, tendo como atividades predominantes a agropecuária e a agricultura de subsistência (HIDROWEB, 2012). Segundo Medeiros *et al* (2010) o baixo São Francisco vem sofrendo, ao longo dos últimos anos, um grande processo erosivo, em parte devido à influência das grandes barragens que afetaram os regimes hídricos do rio.

As barragens construídas ao longo do rio para a produção de energia, controlando a maior parte do fluxo de vazão do rio, provocaram grandes mudanças nas atividades econômicas das populações que vivem na região do Baixo São Francisco (CBHSF, 2004). Muitas das atividades a jusante se desenvolviam em função das oscilações do nível do rio, entre o período de cheias e de secas. Por exemplo, no período da estação chuvosa as populações se dedicavam a exploração da rizicultura e procriação de peixes em cativeiro (MEDEIROS *et al.*, 2010). As barragens reduziram fortemente as cheias a jusante do rio, impedindo a inundação das lagoas marginais, que constituem os maiores berçários da vida aquática do rio (MEDEIROS *et al.*, 2010). Dessa forma, além de impedir o cultivo do arroz, a modificação do regime hídrico constitui um importante fator para a decadência da pesca na região (PBHSF, 2004). Isso evidencia a importância da sazonalidade da vazão para a manutenção da biota aquática e para economia da população ribeirinha que dependem dos recursos extraídos do rio para a sobrevivência (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2004).

Entre outras consequências, percebe-se a falta de transporte de sedimento para a jusante, agravando a abundância e diversidade da ictiofauna e praticamente extinguindo a pesca como atividade econômica sustentável (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2004).

O baixo São Francisco, com 274 km de extensão, mostra-se hoje como um rio lento, com relevo de planície, com número de espécies nativas em forte diminuição, e sofrendo da influência também do ecossistema marinho (OLIVEIRA, 2003).

Neste cenário, existem fortes conflitos entre os usos da água para a geração de energia, para a agricultura, a pesca, o turismo, a navegação, e a conservação do ecossistema aquático (MEDEIROS *et al.*, 2010).

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, instituído por Decreto Presidencial de 05 de junho de 2001, aprovou seu Plano Diretor de Bacia Hidrográfica aprovado em Reunião Plenária, em 2004. Este Plano fruto de um grande esforço conjunto dos membros do CBHSF e com apoio da Agência Nacional de Águas (ANA), busca delinear os desejos e anseios destes, frente à necessidade de recuperação hidroambiental do rio São Francisco (MEDEIROS *et al.*, 2010).

O CBHSF (2004) adotou a vazão média diária 1.300 m<sup>3</sup>/s como vazão mínima ecológica na foz, valor de restrição mínima atualmente já praticado a jusante de Xingó por determinação do IBAMA (MEDEIROS *et al*, 2010). Todavia, em 2004, o CBHSF estabeleceu o conceito de vazão ecológica no plano como um critério para se definir a disponibilidade de água na bacia. Desde então vários estudos sobre vazão ecológica foram desenvolvido na Bacia do Rio São Francisco (MEDEIROS *et al*, 2010).

Um desses estudos foi realizado pelo projeto Rede Ecovazão (CNPq/CT-HIDRO - ESTUDO DO REGIME DE VAZÕES ECOLÓGICAS PARA O BAIXO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO: UMA ABORDAGEM MULTICRITERIAL) desenvolvido pela UFBA em 2010, que, através de uma rede multidisciplinar de pesquisa, contribuiu com uma proposta de um regime de vazões para o caso de estudo do Baixo São Francisco, aplicando a metodologia BBM (MEDEIROS *et al.*, 2010).

A ilustra o BSF, área estudada pela rede Ecovazão na aplicação da metodologia BBM.

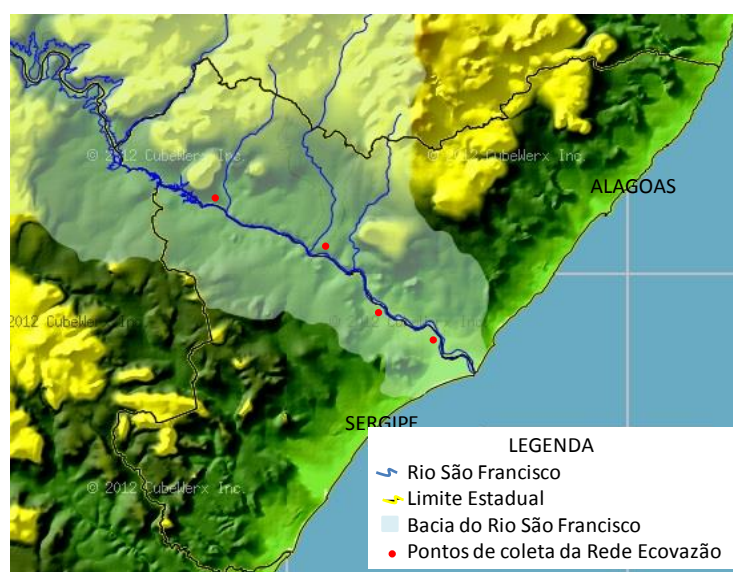


Figura 1: BSF área estudada pela rede Ecovazão

A metodologia BBM (Building Block Methodology) foi introduzida na literatura por King e Tharme (1994) e King (1996), e foi amplamente descrito e desenvolvida por Tharme e King (1998) e por King e Louw (1998) nas referidas obras. A metodologia está em desenvolvimento contínuo e tem sido aplicada rotineiramente na África do



Sul, com uma aplicação na Austrália em 1996 (ARTHINGTON; LLOYD, 1998) e no Brasil, (Projeto de Participação Social – CTHIDRO 45/2006, 2009).

O BBM, diferentemente das metodologias não holísticas, considera a população extrativista e ribeirinha como uma das fontes de informação para o conhecimento do rio, por estar em contato diário com ele e por depender diretamente do seu estado saudável e da diversidade de sua biota.

Resumidamente, a metodologia baseia-se no conceito de que alguns fluxos dentro do regime completo hidrológico de um rio são mais importantes para manutenção do ecossistema ribeirinho e que esses fluxos podem ser identificados e descritos em termos de magnitude, duração, tempo e frequência. Em conjunto, estes fluxos constituem um regime de vazão do rio relacionado a um estado futuro específico desejado (KING *et al.*, 2008).

Uma série de especialistas, reunidos durante uma oficina, utilizam a base de dados hidrológicos e hidráulicos, instrumento a partir do qual são identificados os requisitos, em termos de fluxo, mais importantes para os diferentes componentes do ecossistema ribeirinho, como qualidade da água e da vegetação ciliar. Estes requisitos são, então, determinados por cada mês, indo a compor o regime de vazões recomendadas, tanto em períodos úmidos que de seca (KING; LOUW, 1998).

Essa metodologia se fundamenta nas seguintes suposições (KING *et al.*, 2008):

1. A biota associada a um rio pode lidar com as condições de baixo fluxo que ocorrem naturalmente e pode ser dependente de melhores condições de fluxo que ocorrem também naturalmente em determinados momentos. Esta hipótese reflete o pensamento de que algumas variações de fluxos de um rio são características normais. Por outro lado, os fluxos que não são característicos do rio irão constituir uma perturbação atípica para o ecossistema ribeirinho que pode mudar suas características ambientais.
2. A identificação dos componentes mais importantes do regime do fluxo natural e sua incorporação como parte do regime modificado facilitará a manutenção da biota natural e o funcionamento natural do rio.

3. Tais componentes mais importantes do regime do fluxo, incorporados no regime de fluxo modificado, irão constituir a vazão ecológica do rio. À medida que o valor mínimo aceitável terá sido inserido para cada componente de fluxo incorporada, a vazão ecológica descreve, no espaço e no tempo, a quantidade mínima de água que irá facilitar a manutenção do rio em algum estado pré-definido desejado.

A metodologia BBM é estruturada em três fases (KING *et al.*, 2008):

- 1) preparação de uma oficina para a determinação da Integridade do Habitat atual, a escolha de seções amostrais, estudos e viagens ao campo, análise geomorfológica para caracterização dos sites amostrais, análise ecológica, socioeconômica, hidrológicas e hidráulicas, buscando o estabelecimento de condições futuras desejáveis;
- 2) realização do workshop com os especialistas para a definição de um regime de vazão adequada. A oficina envolve uma visita aos locais de avaliação pela equipe completa, troca de informações, compilação dos requerimentos da vazão ecológica e uma sessão final do workshop;
- 3) Negociação entre os atores envolvidos sobre as preocupações ambientais, os interesses dos usuários e as possibilidades de manejo.

A Figura 2 a seguir apresenta uma esquematização dos passos da aplicação do BBM.

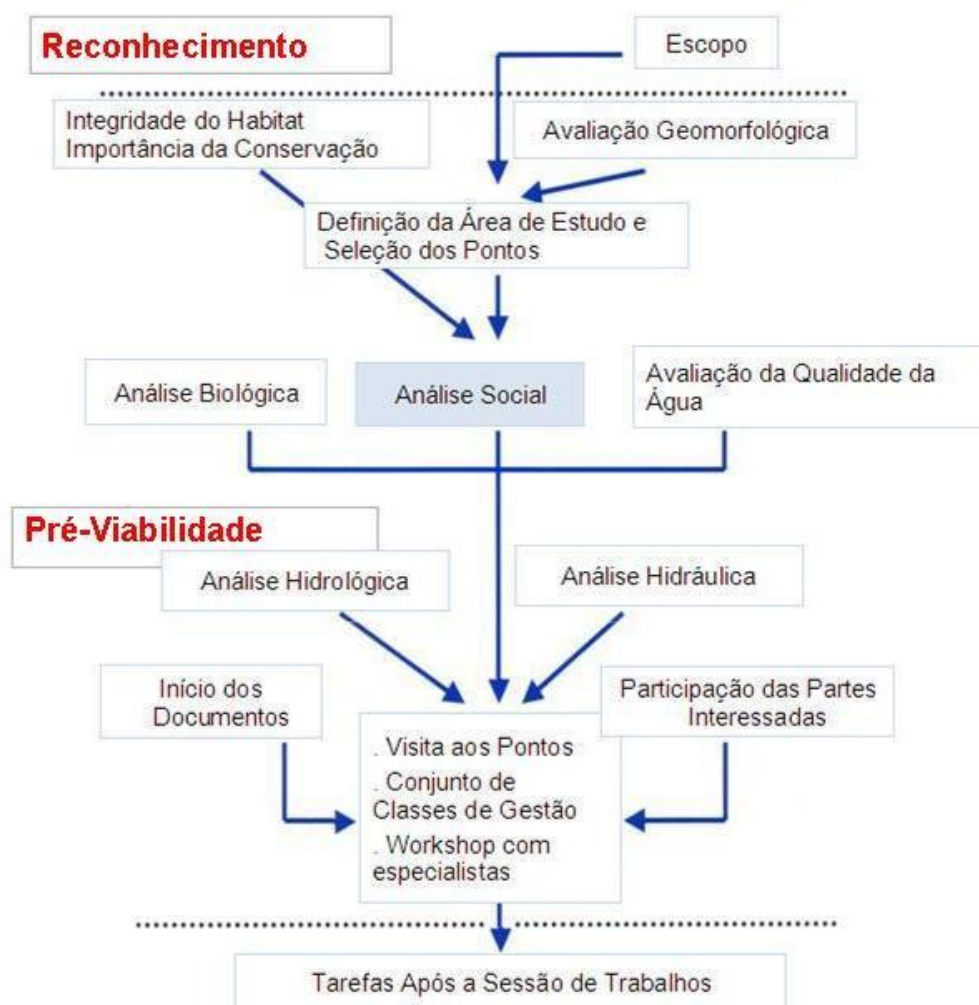


Figura 2: Etapas de construção do BBM  
(adaptado de O'KEEFFE, 2008 apud MEDEIROS, 2009)

### 3.3.1.1. A análise da Integridade do Habitat na metodologia BBM

Métodos de definição do status de Integridade Ecológica ou de Integridade Ambiental, como exemplo aqueles descritos pela EPA (1996), Kleynhans (1996) e Rodrigues *et al.* (2008), são aplicados sobre uma base de dados sistematizados em uma análise de componentes. Estes podem constituir um instrumento de avaliação relativamente rápida que se focaliza na avaliação da característica e a magnitude dos agentes perturbadores ambientais no corpo d'água estudado. Estes distúrbios incluem fatores abióticos como captação de água, barramentos diversos, fontes

emissoras de poluição e deposição de sedimento; e bióticos, como presença de vegetação e organismos aquáticos exóticos (KOTZE, 2008).

A metodologia para análise da Integridade do Habitat, utilizada pelo método BBM, baseia-se no método elaborado por Kleynhans (1996) e Kleynhans & Hill (1999). Tal método é o resultado da aplicação de um protocolo de reconhecimento aéreo e terrestre da área de estudo com o objetivo de classificar o trecho do rio segundo seu grau de modificação ao longo do tempo, no que diz respeito a uma situação de referência.

Segundo o roteiro metodológico fornecido por Kleynhans (1996), é realizado um sobrevoo de helicóptero ao longo do trecho do rio em estudo, durante o qual é registrado um vídeo e são tiradas fotografias aéreas. A região é sobrevoada tendo sempre em vista duas perspectivas de avaliação: região ripária e calha do canal. Os pontos de interesse observados ao longo do sobrevoo juntamente com a rota traçada são registrados e sincronizados com GPS, propiciando o georreferenciamento de todo documento gerado.

O Quadro 1 descreve quais são os parâmetros de modificação utilizados para o diagnóstico e construção de patamares de integridade.

Quadro 1: Parâmetros de modificação considerados na avaliação da integridade do Habitat

Parâmetro	Descrição
<b>Retirada de água</b>	Impacto direto no tipo, abundância e extensão dos <i>habitats</i> . Também tem implicação na vazão, no leito, no canal e nas características da água. A vegetação ripária pode também ser influenciada pela redução no suprimento de água.
<b>Modificação das vazões</b>	Consequência da retirada ou regularização por barramento ou desvio. Alterações nas características espaciais e temporais da vazão podem causar impactos nas estruturas do <i>habitat</i> .
<b>Modificação do leito</b>	Considerado um fator de alteração provocado pela adição de sedimento ou pela diminuição da capacidade do rio de transportar sedimentos. São observados como indicadores indiretos de modificações os bancos de areia assim como os processos erosivos. Processos erosivos e o preenchimento do canal reduzem a capacidade de navegabilidade do rio, disponibilidade de <i>habitas</i> e elementos Límnicos.
<b>Modificação do canal</b>	Podendo ser uma resultante da alteração do fluxo, pode alterar as características do canal proporcionando modificações nas margens ao longo do canal e nos habitats ripários.
<b>Alteração na Qualidade da Água</b>	Pode ser originária de fontes pontuais ou difusas. Avaliada diretamente, ou indicado por atividades agrícolas potenciais, ocupações, atividades industriais e salinização. Potencializada pela diminuição no volume de água nos períodos de estiagem.

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>
<b>Inundação</b>	Impacto em corredeiras e de ação na vegetação marginal (ripária). Obstrução no movimento da fauna aquática, influência na qualidade da água e no deslocamento do sedimento. Problemas de perda de conectividade transversal do corpo d'água.
<b>Presença de Macrófitas Exóticas</b>	Alteração do <i>habitat</i> pela obstrução do fluxo, podendo influenciar na qualidade da água. Dependente das espécies e sua escala de infestação.
<b>Presença Fauna exótica (Ictiofauna e fauna Bentônica)</b>	Distúrbios no fundo do rio e na comunidade bentônica podem influenciar na qualidade da água e elevar a turbidez. Tanto a ictiofauna como fauna a bentônica são dependentes das espécies envolvidas e da sua abundância.
<b>Presença de Sólidos em suspensão</b>	Uma modalidade de impacto que pode alterar o <i>habitat</i> estruturalmente. Decorrente da ocupação e uso do solo da área de estudo.
<b>Retirada da vegetação nativa</b>	A vegetação riparia e suas diferentes espécies auxiliam na retenção do movimento do sedimento e no carreamento de outros produtos para o canal do rio. Refere-se à remoção física para plantio, produção de lenha e pastoreio de animais.
<b>Introdução de vegetação exótica - Cultivares</b>	Podem erradicar a vegetação natural, assim como impedir seu crescimento, o qual causaria instabilidade das margens e comprometeria o papel de tampão da zona ripária. A adição de material orgânico alóctone é alterada. A diversidade do <i>habitat</i> ripário também é prejudicada (gramíneas introduzidas – pasto – nas várzeas marginais).
<b>Erosão</b>	A diminuição da instabilidade das margens causa sedimentação e possibilita o colapso, resultando na perda ou modificação tanto no canal como nos habitats ripários. O aumento da erosão pode ser resultante da remoção da vegetação natural, da prática de pastagem e invasão de espécies exóticas.

Fonte: KING & LOUW (1998)

Em atividade de grupo, os dados são avaliados pelos especialistas, o vídeo do sobrevoo é assistido pelos consultores em reprodução contínua, buscando proporcionar uma visão geral de todo o trecho. O trecho é dividido em segmentos distados aproximadamente 5 km cada, e são avaliados cada um no seu momento, parâmetro a parâmetro (Quadro 1), distinguindo entre fatores de modificação presentes na calha e ambientes ripários. Os especialistas atribuem escores de classificação de cada impacto e sua relevância para a integridade dos ambientes físicos, seguindo a classificação proposta por Kleynhans (1996), apresentada no Quadro 2.

Quadro 2: Pontuação de classificação do impacto segundo Kleynhans (1996).

<b>Classes de Impactos</b>	<b>Descrições</b>	<b>Pontuação</b>
<b>Nenhuma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos não consideráveis; ou ocorre alguma alteração e está localizada de tal forma a não impactar a qualidade do <i>habitat</i>, assim como sua diversidade em extensão e variabilidade.</li> </ul>	0
<b>Pequena</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A alteração está limitada a poucas localidades.</li> <li>Impacto na qualidade extensão, variabilidade e diversidade do <i>hábitat</i> também são pequenos.</li> </ul>	1 – 5
<b>Moderada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A alteração está geralmente presente em um pequeno número de localidades.</li> <li>O impacto na qualidade e diversidade do <i>habitat</i>, assim como em extensão e variabilidade são também limitados.</li> </ul>	6 – 10
<b>Grave</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A alteração está geralmente presente com um impacto claro na qualidade do <i>habitat</i>, na diversidade em sua extensão e variabilidade.</li> <li>Grandes áreas, entretanto, não são afetadas.</li> </ul>	11 – 15
<b>Severa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A alteração está altamente presente e a qualidade do <i>habitat</i>, sua diversidade, extensão e variabilidade de quase toda a área foram afetadas.</li> </ul>	16 – 20
<b>Crítica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A alteração está presente por toda parte e em grande intensidade.</li> <li>Os fatores da qualidade do <i>habitat</i>, sua diversidade, extensão e variabilidade estão amplamente degradadas.</li> </ul>	21 – 25

Fonte: Manual BBM (KING J.M. & LOUW D. 1998).

Esta primeira visão proporciona uma interpretação geral e a distinção de possíveis zonas de perturbação ambiental e as consequentes relações entre fenômenos, sob diferentes óticas.

Como descrito, cada trecho é avaliado segundo “parâmetros-chaves” pontuando-se numa escala de magnitude de impacto de 0 – 25. Para a obtenção das classes descritivas de modificação da integridade do habitat, pondera-se cada parâmetro com seu grau de importância no comprometimento dos habitats avaliados. O Quadro 3 mostra os parâmetros avaliados e seus respectivos pesos de importância em acordo com a metodologia de Kleynhans (1996).

Quadro 3: Parâmetros avaliados e seus respectivos pesos de importância.

Parâmetros de modificação na calha	Peso	Parâmetros de modificação ripária	Peso
Retirada de água	14	Retirada de Água	13
Qualidade da água	14	Qualidade da água	13
Modificação do leito	13	Modificação do canal	12
Modificação do canal	13	Modificação de vazões	12
Modificação de vazões	13	Inundação	11
Inundação	10	Erosão da encosta	14
Presença de macrofitas exóticas	9	Retirada de vegetação nativa	13
Presença de fauna exótica	8	Introdução de vegetação exótica	12
Sólidos em suspensão	6		

Fonte: KLEYNHANS (1996)

A partir do sistema de classificação apresentado no Quadro 4 são descritas e classificadas as condições da paisagem nos pontos avaliados.

Quadro 4: Classes descritivas para definição da integridade do habitat

Classificação	Descrição	Escore (%)
A	Pouco modificado. Há pequena alteração das condições naturais de <i>habitats</i> e sua biota, porém as funções do ecossistema não foram modificadas.	80 - 100
B	Moderadamente modificado. Ocorrência de perda e de modificação de <i>habitats</i> naturais assim como de sua biota, mas as funções básicas do ecossistema ainda permanecem integras.	60 - 79
C	Amplamente modificado. Há uma grande perda de <i>habitats</i> naturais e sua biota, assim como das funções básicas do ecossistema.	40 - 59
D	Seramente modificado. Há uma extensa perda de <i>habitats</i> naturais e sua biota, assim como das funções básicas do ecossistema.	20 - 39
E	Criticamente modificado. As alterações alcançaram um nível crítico e o sistema lótico foi completamente modificado, com quase completa perda dos <i>habitats</i> e das biotas naturais. Nos piores casos, as funções básicas dos ecossistemas foram destruídas e as mudanças são irreversíveis.	0 - 19

Fonte: Kleynhans (1996)

Com base nessa classificação são analisados e comparados os diferentes segmentos dos trechos do rio.

### 3.3.1.1.1. A Integridade do Habitat do baixo curso do rio São Francisco

No âmbito do projeto da Rede Ecovazão, em uma das fases da aplicação do BBM, objetivou-se a compreensão preliminar da área de estudo onde foi aplicado o método de definição da Integridade do Habitat (KLEYNHANS, 1996) no trecho a jusante da UHE de Xingo, identificando o estado atual do trecho numa perspectiva

física. Os resultados sobre a análise da integridade do habitat do baixo São Francisco serviram como base para desenvolver a pesquisa dessa dissertação.

Seguindo um roteiro metodológico de Kleynhans (1996), foi realizado um sobrevoo de helicóptero no qual foram registrados dados em filmes e fotografias. A região foi sobrevoada tendo sempre em vista duas perspectivas de avaliação: região ripária e calha do canal (MEDEIROS *et al.*, 2010).

A tomada de imagens foi feita durante a navegação, com detalhamentos em trechos distados 5 km no sentido jusante – montante, gerando 40 pontos amostrais de integridade do habitat. A apresenta a rota executada pela equipe e a distribuição dos pontos.

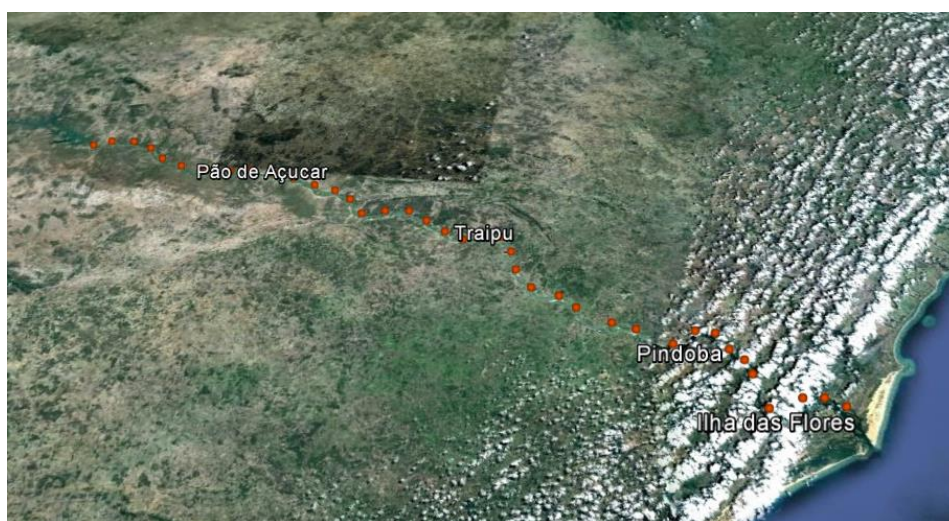


Figura 3 Pontos de avaliação da IH, marcados no sobrevoo

Fonte: Google (2012)

A metodologia retrata a integridade da área de estudo focalizando seu diagnóstico sobre dois aspectos: um voltado para o estado de conservação das características originais da calha do rio e outro do entorno de influencia direta sobre o curso d'água, a região ripária.

Em atividade de grupo específica, o conjuntos de parâmetros propostos por Kleynhans (1996) (Quadro 1) foram avaliados pelos especialistas, atribuindo um valor entre 0 e 25, como indicador do nível de modificação, chamada Classe de Impacto (Quadro 2). Esta pontuação atribuída a cada fator-chave de integridade para cada ponto de amostragem recebeu sua respectiva ponderação em função da importância para a região avaliada (calha ou ripária) (Quadro 3).

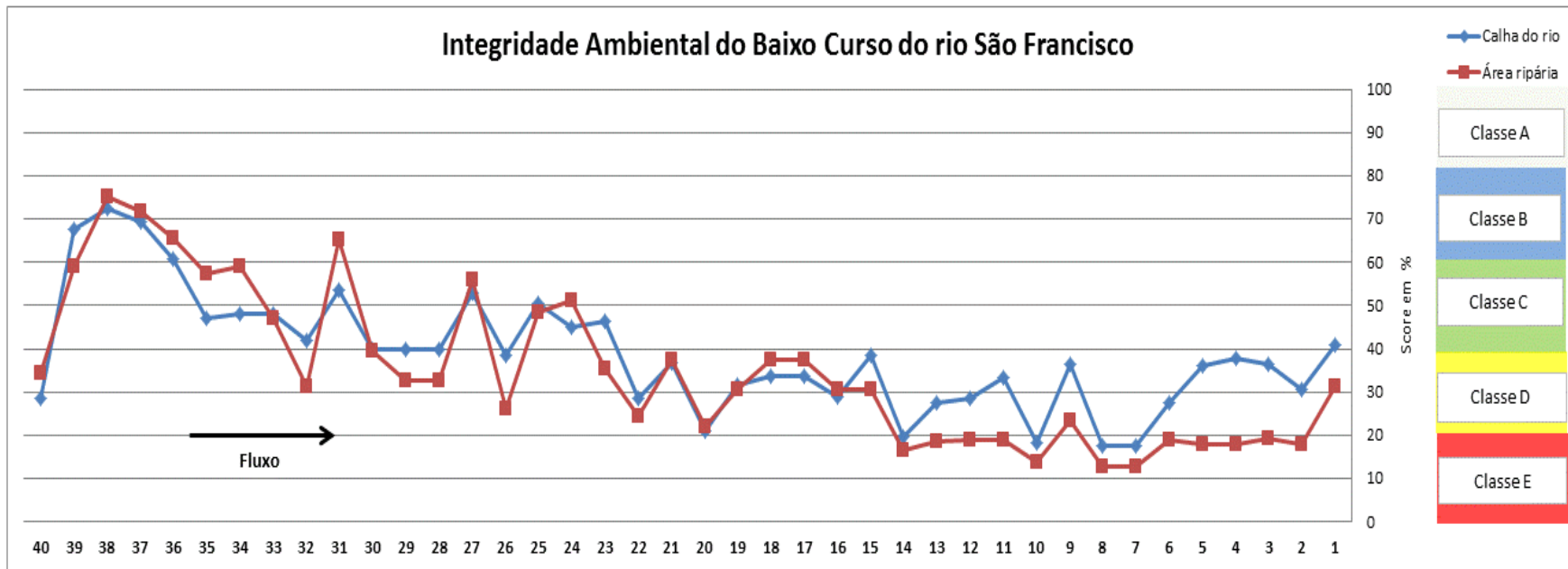


A partir do sistema de classificação foram descritas e classificadas as condições da paisagem nos pontos avaliados. O somatório dos valores atribuídos gerou um perfil de diagnóstico expresso em classes descritivas de Integridade do Habitat, que variou de CLASSE A (pouco modificado) a Classe E<sup>1</sup> (criticamente modificado) (Quadro 4). As Classes foram calculadas por cada ponto de amostragem como apresentado na Figura 2.

A apresenta a curva de integridade do habitat identificada pelo estudo desenvolvido pela equipe da rede Ecovazão.

---

<sup>1</sup> Segundo Medeiros *et al.* (2010) a escala de classes utilizada por Kleynans (1996) sofreu uma adaptação proposta pelo corpo técnico da rede Ecovazão. Devido a pouca diferenciação entre as classes aglutinou-se as classes A e B, passando assim a compor apenas cinco categorias de classes.



### Legenda

Classe A: Pouco modificado. Há pequena alteração das condições naturais de habitats e sua biota, porém as funções do ecossistema não foram modificadas;

Classe B: Moderadamente modificado. Ocorrência de perda e de modificação de habitats naturais assim como de sua biota, mas as funções básicas do ecossistema ainda permanecem íntegras;

Classe C: Amplamente modificado. Há uma grande perda de habitats naturais e sua biota, assim como das funções básicas do ecossistema;

Classe D: Seriamente modificado. Há uma extensa perda de habitats naturais e sua biota, assim como das funções básicas do ecossistema;

Classe E: Criticamente modificado. As alterações alcançaram um nível crítico e o sistema lótico foi completamente modificado, com quase completa perda dos habitats e das biotas naturais.

Figura 4: Integridade do Habitat no Baixo São Francisco

Fonte: MEDEIROS *et al.* (2010)

Os dados observados a partir dos estudos elaborados pela rede Ecovazão demonstraram que a porção do trecho mais próximo à UHE de Xingó, que compreende o trecho entre Piranhas - AL e Bonsucesso – SE (pontos entre 39 e 33), possui melhores aspectos paisagísticos e melhor *status* de integridade do habitat (MEDEIROS *et al.*, 2010). A classificação da região apresentou variação entre as classes **C** e **B**, onde a classe **B** corresponde a um estado de integridade ambiental moderadamente modificado (MEDEIROS *et al.* 2010; DALLAS, 2005). Esta condição segundo Kleynhans (1996) acarreta na perda de habitats naturais e conseqüentemente de sua biota, mas as funções básicas do ecossistema ainda permanecem íntegras.

No trecho mais a jusante do rio pôde-se notar os patamares de classificação variando entre **D** e **E**. Este intervalo apresentou maior perda de identidade paisagística com nítidos sinais de comprometimento de estruturas de habitat. Este intervalo corresponde a uma grande perda de habitats naturais e sua biota, assim reduzindo as funções estruturais do ecossistema (KLEYNHANS,1996).

Na avaliação dos estudos notou-se que as regiões mais próximas a foz do rio São Francisco (regiões de Piaçabuçú – AL, Ilhas das Flores – SE, Penedo – SE entre outras), ao contrário da fração mediana superior da região hidrográfica (Traipu – AL, Pão – de – Açúcar – AL e Piranhas – AL) possuem relevos mais rebaixados facilitando a ocupação e o estabelecimento dos usos. A aglomeração humana em alguns pontos e o desenvolvimento de práticas diversas ao longo do baixo São Francisco, acarretou num cenário de severo comprometimento das propriedades estruturais do rio (MEDEIROS *et al.*, 2010).

A apresenta a distribuição das classes de impacto ao longo do trecho estudado, enfatizando em preenchimento lilás os sites de amostragens onde se desenvolveram os estudos sociais da rede Ecovazão (Ilha das Flores –SE, Neópolis – SE, Traipu – AL, Pão de Açucar – AL).

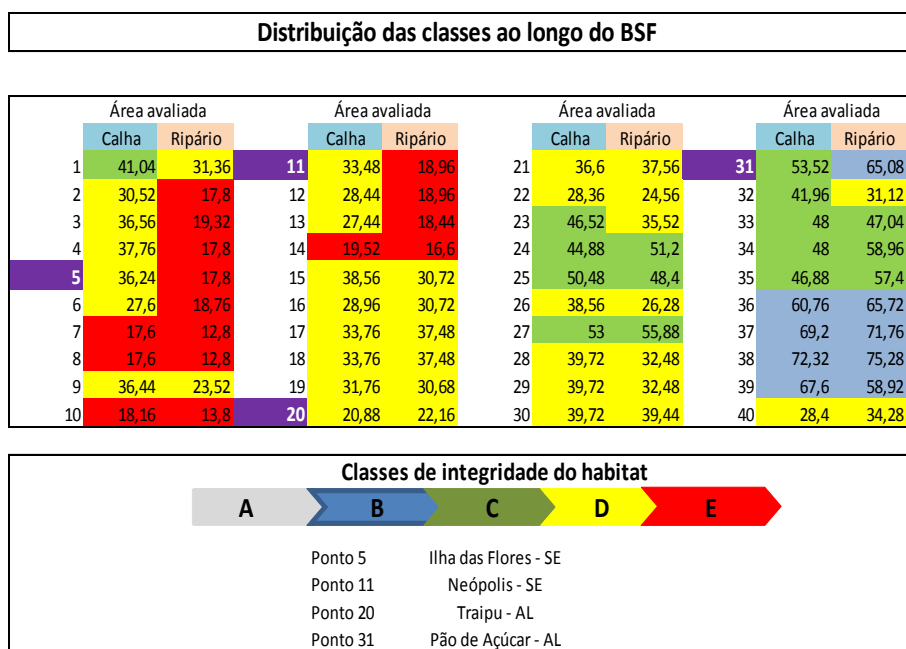


Figura 5: Distribuição de classes de integridade ambiental ao longo do trecho e sites selecionados para a pesquisa

Fonte: adaptado de MEDEIROS *et al.* (2012)

Para os fins dessa pesquisa foram utilizados os pontos amostrais de Pão de Açúcar e Ilhas das Flores, escolha justificada a seguir na descrição da metodologia.

O site de Pão de Açúcar está inserido no bioma caatinga, possuindo fitofisionomia estepe gramíneo-lenhosa e de conservação moderada (MEDEIROS *et al.*, 2010). Segundo I3GEO (2012) no trecho de Pão de Açúcar a calha do rio encontra-se bastante encaixada entre encostas íngremes. Isso devido a uma movimentação no relevo cristalino de embasamento pré-cambriano que oscila abruptamente entre < 20m à 750m (MEDEIROS *et al.*, 2010).

No perímetro é possível observar a presença de poucas áreas inundáveis, hoje ocupadas por atividades agrícolas de subsistência e pequenas pastagens devido à redução e regularização das vazões. No aspecto hidráulico o canal sofreu modificações pontuais em função da deposição de sedimento arenoso, no entanto há presença de afloramentos rochosos nas margens do trecho indicando a diferenciação de habitats no componente substrato (MEDEIROS *et al.*, 2010).

Na área de estudos, região logo a montante da malha urbana, não se identifica grandes estruturas para captação ou benfeitorias de adução e armazenamento de água bruta. Foram identificados pequenos pontos de captação individual para

atividades agrícolas de subsistência, dessedentação animal e consumo humano (MEDEIROS *et al.*, 2010), atividades desenvolvidas em áreas antes alagáveis, que acarretam alterações na qualidade da água e sedimento (MEDEIROS *et al.*, 2010) que provocaram o crescimento de populações de macrófitas, como as pioneiras oportunistas *Egéria densa* e do gênero *Eichornia sp.*

O sítio de Pão de Açúcar apresentou segundo Medeiros *et al.* (2010) as classes B e C de integridade do habitat respectivamente para a região riparia e calha do sistema estudado. Diante a classificação de Kleynhans (1996) estas classes apontam para um moderado patamar de comprometimento da composição ecológica da área avaliada. Na componente terrestre do sistema avaliado, em classificação “B”, ocorreu modificação dos habitats naturais e da biota, no entanto as funções básicas dos ecossistemas permanecem integras (KLEYHANS, 1996). Na calha o status presente apresenta comprometimento levemente acentuado levando à classe “C” de integridade do habitat. Esta classificação considera que a identidade dos habitats naturais, da biota e das funções básicas dos ecossistemas foram prejudicadas (KLEYHANS, 1996). A apresenta uma fotografia da paisagem no sítio estudado.



Figura 6: ÁREA DE ESTUDO I - Site Pão de Açúcar – AL

Fonte MEDEIROS *et al.* (2012)

O sítio com referência no município de Ilha das Flores está inserido no bioma mata atlântica, em área de transição de florestas para restingas e mangues, em conservação severamente modificada. A área de estudos encontra-se na planície deltaica do rio São Francisco, sem afloramentos rochosos ou relevo movimentado – não ultrapassando 20m de elevação (MEDEIROS *et al.*, 2010). Barras permanentes, soterramento do sedimento lamoso e erosão de margens são frequentes e

amplamente difundidas. No período anterior aos impactos, de grandes cheias, muitas áreas da planície eram alagadas, hoje, estão sujeitas apenas a alagamentos esporádicos mediante aumento induzido da vazão ou movimento das marés. É possível observar barras e ilhas ora com vegetação remanescente nativa ora com vegetação ruderal com a finalidade de pastagem.

As áreas inundáveis próximas à malha urbana hoje se encontram com diques de contenção de enchentes tornando as planícies e lagoas marginais, antes alagáveis, em projetos controlados de cultivos de arroz. As atividades humanas agrícolas e a ocupação urbana promovem o crescimento de organismos produtores através do incremento de carga orgânica na água. A alteração da salinidade do sistema entre outras propriedades físico-químicas induziram a modificação do perfil da biota demonstrado pelo incremento da comunidade de organismos eurialinos (tolerantes às variações de salinidades) e a redução de organismos dulcícolas como observa (MEDEIROS *et al.*, 2010). A alteração de outros componentes de habitat está sendo modificado ao longo do tempo e conseqüentemente o perfil da biota (MEDEIROS *et al.*, 2010) podendo hoje perceber uma nova composição biológica ocupando o ambiente.

O sítio de Ilha das Flores apresentou segundo Medeiros *et al.* (2010) as classes D e E de integridade do habitat respectivamente para a região riparia e calha do sistema estudado. Diante a classificação de Kleynhans (1996) estas classes apontam para um alto patamar de comprometimento da composição ecológica da área avaliada. Na componente terrestre do sistema avaliado, em classificação “D”, as perdas dos habitats naturais, da biota e das funções básicas dos ecossistemas são extensas (KLEYHANS, 1996). Na calha o status presente agrava-se onde apresentou classe “E” de integridade do habitat. Esta classificação alerta para a situação crítica em que o sistema lótico sofreu completa alteração frente à composição natural, isso denotando perda completa da identidade dos habitats naturais e biota, e as funções básicas do ecossistema foram alteradas e são irreversíveis. A apresenta uma fotografia da paisagem no sítio estudado.



Figura 7: ÁREA DE ESTUDO II - Jusante de Ilha das Flores – SE

Fonte: MEDEIROS *et al.* (2012)

### 3.3.1.2. A definição da vazão ambiental sob uma perspectiva social

A determinação de um regime de vazão ambiental, como já citado anteriormente, consiste na individualização do fluxo hídrico, em termos de quantidade de água e características temporais, que deve ser mantida no rio para que atinja uma condição ambiental desejada (ARTHINGTON *et al.*, 1992; KING; O'KEEFFE; LE QUESNE, 2008; THARME; KING, 1998; KING;). Esse conceito implica um juízo de valor sobre o que se espera que o rio aporte para as organizações humanas, e sobre qual estado é necessário mantê-lo. Esse estado desejado do rio, segundo uma visão holística, leva em consideração as demais esferas científicas tradicionalmente investigadas, junto com a dimensão social, observando a realidade de uma perspectiva mais ampla que reconhece também a importância socioeconômica que o recurso água tem em amparar a subsistência das comunidades ribeirinhas (ARTHINGTON; ZALUCKI, 1998).

Diferentemente de outros métodos, o BBM considera como uma das fontes de informação para o conhecimento do rio, a população extrativista e ribeirinha, que observa e analisa o rio cotidianamente e depende diretamente do seu estado saudável e da diversidade de sua biota (KING *et al.*, 2008).

As populações ribeirinhas extrativistas se encontram em uma situação de maior vulnerabilidade (RODRIGUES *et al.*, 2008) pela menor possibilidade de mobilidade dos possíveis riscos existentes, e por depender de um ecossistema aquático equilibrado e saudável, que provê os recursos necessários para sua sustentação. As reivindicações das populações tradicionais estão relacionadas com suas lutas pela

sobrevivência, enquanto seus objetivos são definidos em termo de necessidades ecológicas pela vida (MARTINEZ-ALIER, 2007). Por isso, o conhecimento dessas populações extrativistas constitui um indicador para a determinação da vazão ecológica e da saúde do ecossistema aquático.

A definição da vazão ecológica na metodologia BBM envolve desse modo as comunidades locais (e outras partes interessadas) na conciliação dos objetivos ambientais para o rio, a fim de integrar os dados sociais coletados com aqueles dos outros pesquisadores (O'KEEFFE, 2008).

A metodologia comporta um processo de estudo científico junto a um processo de envolvimento social, ou seja, a combinação de conhecimento científico sobre o funcionamento natural, com a consideração das diversas e legítimas perspectivas envolvidas dentro de um processo que permite uma maior transparência e inclusão social (FUNTOWICZ *et al.*, 1999). Dessa forma é possível valorizar o conhecimento adquirido por aquelas comunidades que vivem tradicionalmente em contato direto com o rio, para o entendimento dos comportamentos naturais, das peculiaridades das dinâmicas ambientais, e das consequências da ação humana em busca de soluções praticáveis e sustentáveis.

Os processos participativos aumentam a aprendizagem dos cientistas e dos atores sociais e permitem que novas opiniões possam ser expressas, que o conhecimento técnico seja compartilhado, e que os acordos e soluções de compromisso sejam encontradas (RENN, 2006). A incorporação de pontos de relatos variados, e em alguns casos ainda desconhecidos, sobre as implicações de alternativas de alocação das águas do rio, facilita a representação da complexidade do problema como um todo (FUNTOWICZ E RAVETZ, 1994), possibilitando a efetiva participação das populações ribeirinhas no processo de estabelecimento de um regime de vazão ambiental. O envolvimento dos atores sociais é fundamental para consentir que o conhecimento científico possa ter alta relevância social (GRIFFIN, 2007; REED, 2008).

A participação social no BBM é um processo participativo de tipo construtivista, de forma que a população é envolvida para levantar informações, valores ou preferências adquiridas pela sua relação com o meio onde vivem que são utilizadas pelos cientistas no processo de definição de vazão ambiental (CECCATO, 2012).



Dessa forma, o objetivo do estudo social do BBM é coletar, de forma estruturada e comparável, informações sobre os diversos usos dos recursos fluviais pelas comunidades extrativistas e sobre a importância que um ecossistema fluvial saudável exerce para sua sustentação (KING *et al.*, 2008). Os objetivos do estudo social no âmbito do BBM são:

- garantir que os especialistas das ciências sociais recolham dados de uma forma que possam ser utilizados pelos especialistas das ciências biofísicas;
- coletar informações sobre os diversos usos dos recursos fluviais pelas comunidades rurais e entender a importância deste ecossistema sob a perspectiva dos seus usuários extrativistas;
- transmitir a percepção da comunidade sobre suas necessidades em relação à quantidade, qualidade e sazonalidade dos fluxos hídricos;
- contribuir para o desenvolvimento de um quadro e orientações para futuros estudos desta natureza.

Através desse diálogo com as populações ribeirinhas e dos estudos dos especialistas das áreas que compõe a rede é delineado o cenário desejado do rio, a partir do qual é posteriormente construída a proposta de regime de vazão.

A metodologia BBM prevê que o foco da análise se restringe a pontos amostrais específicos, comuns a todos os especialistas, onde serão coletadas de forma integrada e simultânea quase todas as informações. Como observado por Medeiros *et al.* (2010), nesses pontos os estudos sobre as condições ambientais do ecossistema, sob a perspectiva da análise hidrológica, hidráulica, geomorfológica, de qualificação da água, da biota, e dos aspectos socioeconômicos devem ser realizados em sintonia. Essas informações servirão de base para a construção do hidrograma ambiental.

#### **3.3.1.2.1. Estudo socioeconômico do Baixo São Francisco**

O estudo dos aspectos sociais na elaboração de um hidrograma ambiental para o rio São Francisco (MEDEIROS *et al.*, 2010) foi baseado no estudo sobre a percepção de amostras populacionais da área em estudo a fim de coletar informações sobre os

diversos usos dos recursos fluviais pelas comunidades rurais e entender a importância deste ecossistema sob a perspectiva dos seus usuários extrativistas transcrevendo-os para os especialistas das áreas físicas e biológicas.

A metodologia BBM (Building Block Methodology) prevê que o foco da análise se restrinja a pontos amostrais específicos, chamados 'sites', comuns a todos os especialistas, onde são coletadas, de forma integrada e simultânea, quase todas as informações.

Nesses pontos são realizados os estudos sobre as condições ambientais do ecossistema, sob a perspectiva da análise hidrológica, hidráulica, geomorfológica, de qualificação da água, da biota, e dos aspectos socioeconômicos. Essas informações servem de base para a construção do hidrograma ambiental.

Com esse objetivo, foram identificadas quatro comunidades a serem envolvidas na pesquisa, correspondentes a quatro Sites Amostrais de estudo: Pão de Açúcar – AL, Traipu – AL, Santana do São Francisco – Se, Ilhas das Flores – SE ().

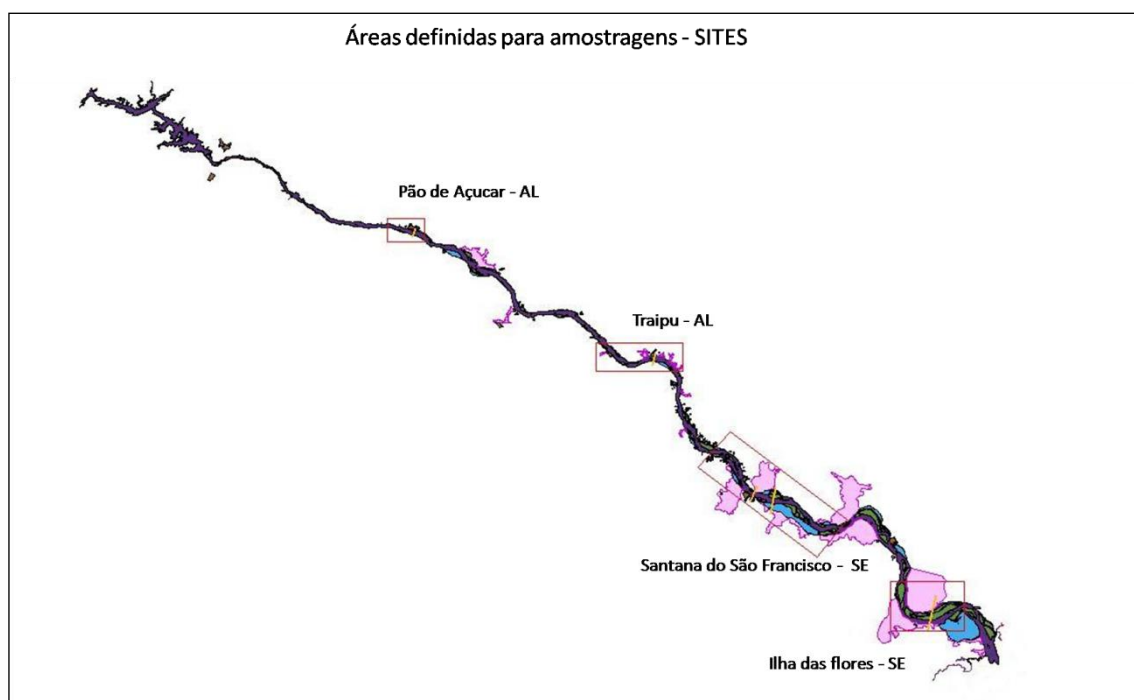


Figura 8: Sites amostrais do Projeto Ecovazão do São Francisco.

Fonte: Medeiros *et al.* (2010)

Segundo Medeiros *et al.* (2010) através de encontros, grupos focais e entrevistas em cada um desses povoados, foram investigados e levantadas informações acerca dos usuários dos recursos naturais, a importância de cada recurso em um período de

utilização ou sazonalidade de cada recurso, assim como a percepção da população sobre as transformações do rio e dos recursos naturais ao longo do tempo.

Nas experiências de aplicação do BBM para o estabelecimento da vazão ambiental no Rio São Francisco, as populações entrevistadas tiveram uma importante participação na transmissão de seus saberes aos especialistas, já que o sistema analisado apresentava carência de estudo pré-impacto e assim informações de referência. O conhecimento das percepções dessa população sobre o ecossistema fluvial, e o significado deste para a sua projeção social e manutenção biológica permitiu, no caso do Rio São Francisco, que esses especialistas pudessem contribuir na elaboração do hidrograma ambiental na defesa das demandas dessa população.

O volume de fenômenos descritos e dados gerados possibilitaram também observar outras formas de interpretar o impacto e buscar novas conexões de saberes e respostas. No que se observa da relação comunidades ribeirinhas e integridade de um ambiente com seus ecossistemas, esta relação desperta para uma outra compreensão acerca dos usos e disponibilidade dos bens e serviços disponíveis no sistema analisado em gradiente de integridade ecológica. A base de dados e os resultados levantados no estudo social do Projeto Ecovazão do São Francisco foram fundamentais e fortemente utilizadas como fonte informativa primária para a aplicação da metodologia dessa dissertação.

#### **3.4. A Relação entre Degradação Ambiental de Corpos D'água, Funções e Serviços Ecossistêmicos**

Muitos estudos ambientais, como os de que relacionam intervenções ambientais com saúde e bem-estar humano vêm sendo desenvolvidos principalmente preocupados com a perda das funções dos ecossistemas, disponibilidade hídrica e o manejo ambiental com o foco na sustentabilidade, entendendo sempre que a água é um recurso essencial à vida. Estes estudos atuam como ferramentas na compreensão e busca de controle de processos que derivam em perdas ecológicas e redução da qualidade de vida humana como de aridização, desertificação, mudança climática, entre outros.

Andreasen *et al.* (2001) entendem ser fundamental relacionar disponibilidade hídrica com as intervenções em seu entorno, monitorando sua integridade ambiental e a dinâmica de seus processos ecológicos. É possível afirmar que bacias hidrográficas com cobertura vegetal têm uma contribuição maior para a produção de água de boa qualidade do que outras alteradas por diferentes atividades humanas e com níveis e tipos diversos de contaminação (WHATLEY, 2008).

Segundo Andreasen *et al.* (op. cit.) o conhecimento da integridade do ambiente estudado é um fator chave no gerenciamento de recursos naturais e da proteção ambiental. Este tipo de indicador é considerado requisito fundamental pelo *Clean Water Act* e utilizada pela *US Environmental Protection Agency - EPA* como parâmetros na identificação de qualidade ambiental (ANDREASEN *et al.*, 2001). No caso de rios e riachos, não só o corpo d'água deve ser caracterizado, mas também o ambiente adjacente ao longo de seu curso em virtude da intensa interação entre eles (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2004). Segundo Esteves (1998) a topografia, o solo e o tipo de vegetação de uma região são os fatores determinantes do molde da linha divisória de águas e por isso também devem ser considerados na avaliação de suas dinâmicas.

Numa visão em macroescala é identificado que os usos dos recursos hídricos pelo ser humano alteram o padrão espacial e temporal da paisagem, refletindo na biota de rios e riachos (TUNDISI, 2000). O efeito dos usos é variável de acordo com o tamanho do curso d'água, embora seja claro que os padrões da degradação acompanham as ações dos seres humanos (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2004).

Os ecossistemas aquáticos tropicais apresentam inúmeros elementos estruturais dificultando sua compreensão no tempo de tomadas de decisões. Observa-se ainda que um impacto negativo ou um conjunto de impactos faz desaparecer a integridade biótica no longo prazo (LEOPOLD *et al.*, 1964 *apud* MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2004).

A água é um dos fatores indispensáveis da qual os ecossistemas dependem (assim como do seu ciclo regular) para desempenhar suas funções e assim gerar e prover bens e serviços para os seres humanos. A integridade dos ecossistemas fornece as fundações sobre as quais os processos ecológicos ocorrem (DALY; FARLEY,

2009). Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, como alimento, água potável, lenha, regulação climática, proteção de desastres naturais, controle de erosão, matéria prima para a fabricação de medicamentos e recreação (MEA, 2003).

Segundo Farley (2010), o bem-estar das populações humanas é sensível aos impactos negativos de mudanças no ambiente. Estes impactos negativos são percebidos na alteração da disponibilidade de peixes e sua diversidade (e a fauna aquática em geral), madeira, os produtos florestais não madeireiros (extratos e resinas), combustíveis, alimentos, remédios, grãos, entre outros (DE GROOT *et al*, 2002).

Os serviços providos de um ecossistema só ocorrem diante da capacidade desse ecossistema desempenhar suas funções ecológicas em todos seus subníveis. O conceito de 'função ecossistêmica' é definido por De Groot (2002) como "a capacidade dos processos e dos componentes naturais de prover bens e serviços que satisfazem as necessidades humanas, diretamente ou indiretamente". Em acordo com essa definição, as funções ecossistêmicas são entendidas como um subconjunto dos processos ecológicos que ocorrem nas estruturas do ecossistema. Cada função é o resultado dos processos naturais do subsistema ecológico do qual faz parte. Os processos naturais, por sua vez, são o resultado das complexas interações entre meio biótico e abiótico, através das forças motrizes universais de matéria e energia (DE GROOT *et al*, 2002).

Embora uma vasta gama de funções dos ecossistemas e de bens e serviços associados sejam referidos na literatura, o autor as agrupa em quatro categorias primárias:

- I) funções de regulação;
- II) funções de habitat;
- III) funções de produção;
- IV) funções de informação.

Entende-se, que as duas primeiras categorias proporcionam suporte e manutenção dos processos e componentes naturais, contribuindo para a provisão das demais

funções (DALY & FARLEY, 2009). O quadro 5 apresenta as categorias de funções ecossistêmicas e suas correspondências.

Quadro 5: Funções ecossistêmicas

<b>Regulação</b>	Regulação climática, regulação de distúrbios, regulação e oferta de água, retenção do solo, controle biológico
<b>Habitat</b>	Refúgio e berçário
<b>Produção</b>	Alimento, matéria orgânica, recurso genéticos, etc.
<b>Informação</b>	Recreação, informação estética, artística, cultural

Fonte: De Groot et al. (2002)

Como enuncia De Groot *et al.* (2002), as funções de regulação referem-se à capacidade dos ecossistemas modularem processos ecológicos essenciais de suporte à vida, como exemplo, através de ciclos biogeoquímicos e outros processos da biosfera. Como enuncia Ricklefs (2003) os processos ecológicos são mediados pelos fatores abióticos de um ecossistema juntamente com os organismos vivos através de processos evolutivos e mecanismos de controle em seus habitat. No universo das funções de regulação pela biota em escala global, segundo Andrade & Romeiro (2009), estão àquelas responsáveis pela composição química da atmosfera, dos rios e da biosfera como um todo. Esta fundamental contribuição processual é mantida por dinâmicas biogeoquímicas, os quais são influenciados pelas interações bióticas e abióticas dos ecossistemas.

Outras funções, segundo De Groot *et al.* (2002), responsáveis pela regulação ecológica são aquelas relacionadas aos aspectos estruturais dos ecossistemas, como a cobertura vegetal e o sistema de raízes: a capacidade de prevenção (ou mitigação) de distúrbios (ou danos naturais), que resulta da habilidade dos ecossistemas naturais em tornar menos severos os efeitos de desastres e eventos de perturbação natural; capacidade de absorção de água e resistência eólica da vegetação; a capacidade de filtragem e estocagem de água, que regulam sua disponibilidade ao longo das estações climáticas; a capacidade de retenção (proteção) de solo, que previne o fenômeno de erosão e compactação do solo, beneficiando diretamente as funções ecossistêmicas que dependem deste recurso em boas condições naturais, como as (re)ciclagens de nutrientes vitais ao crescimento e ocorrência das formas de vida, tais como nitrogênio, enxofre, fósforo, cálcio, magnésio e potássio (ANDRADE & ROMEIRO, 2009).

Estas funções se traduzem também em serviços ecossistêmicos de assimilação e reciclagem de resíduos (orgânicos e inorgânicos) através de diluição, assimilação ou recomposição química. As funções ecossistêmicas relacionadas à reprodução vegetal, como a polinização, que resulta das atividades de algumas espécies, tais como insetos, pássaros e morcegos, se traduzem também em serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção da produtividade agrícola (ANDRADE & ROMEIRO, 2009).

No que se refere às funções classificadas como de habitat, estas são essenciais para a conservação biológica e genética e para a preservação de processos evolucionários. De Groot et al. (2002) citam as funções de refúgio e berçário, sendo a primeira delas referente ao fato de que ecossistemas naturais fornecem espaço e abrigo para espécies animais e vegetais, contribuindo para a manutenção da diversidade genética e biológica.

As funções de produção como observado também por Daily & Farley (2009) estão ligadas à capacidade dos ecossistemas fornecerem alimentos e matérias primas para o consumo humano, a partir da produção de uma variedade de hidrocarbonatos, obtidos através de processos como a fotossíntese, sequestro de nutrientes e através de ecossistemas semi-naturais, como as terras cultivadas.

Por fim, as funções de informação, segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2009), relacionam-se à capacidade dos ecossistemas naturais contribuírem para a manutenção da saúde humana, fornecendo oportunidades de reflexão, enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, recreação e experiência estética. Nesta categoria incluem-se conhecimento estético, recreação e turismo, inspiração artística, informação histórica, além de informações culturais e científicas (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). Essas funções são observadas, por exemplo, em relatos de comunidades ribeirinhas tradicionais (como indígenas e quilombolas) sobre as perdas em ambientes degradados.

A complexidade ecológica (estrutura e processos) é traduzida, dessa forma, em um número limitado de funções ecossistêmicas. Tais funções, por sua vez, promovem os bens e serviços que são valorizados pelos seres humanos (DE GROOT *et al.*, 2002).

Os serviços ecossistêmicos podem ser classificados como derivados da compreensão do universo das funções ecossistêmicas. Segundo MEA (2009), no Quadro 6, os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias.

Quadro 6: – Categorias de serviços ecossistêmicos

Funções ecossistêmicas	Categorias de serviços ecossistêmicos	Exemplo de serviços ecossistêmicos
<b>Produção</b>	Provisão	Alimentos, água, madeira para combustível, fibras, bioquímicos, recursos genéricos.
<b>Regulação</b>	Regulação	Regulação climática, regulação de doenças, regulação biológicas, regulação e purificação de água, regulação de danos naturais, polinização.
<b>Informação</b>	Culturais	Ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e inspiração, educacional, senso de localização, herança cultural.
<b>Habitat</b>	Suporte	Formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, produção primária.

FONTE: MEA (2009)

Segundo De Groot os serviços de **provisão** se referem aos benefícios provenientes de produtos obtidos pelos ecossistemas. Em exemplo, a provisão de recursos tais como alimentos, madeira para combustível ou para construção civil e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água. Normalmente podem existir *trade-offs* na geração desses serviços, sendo que o uso ou consumo de um serviço pode afetar outros serviços de provisão (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003).

Quanto aos serviços de regulação, segundo MEA (2005) estes se relacionam às características regulatórias dos processos ecossistêmicos, como a manutenção dos processos ecológicos essenciais e dos sistemas de suporte à vida. Como exemplo a manutenção da qualidade do ar, a regulação climática, regulação de doenças, regulação biológicas, regulação e purificação de água, regulação de danos naturais, polinização (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Diferentemente dos serviços de provisão, esses não dependem da “quantidade” de produção, mas da capacidade dos ecossistemas regularem determinados processos (DE GROOT, 2002).



Os serviços culturais se referem às possibilidades para o enriquecimento espiritual, mental, científico, artístico e de lazer que os ecossistemas naturais fornecem. Exemplos de serviços são a provisão de valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (científico e tradicional), valores educacionais e cenários estéticos e fonte de recreação (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Estes serviços estão intimamente ligados a valores e comportamentos humanos, e a percepção dos mesmos pode ser diferente dependendo de cada indivíduo.

Por fim os serviços de suporte são aqueles necessários para a produção da maior parte dos outros serviços ecossistêmicos (DE GROOT, 2003). Os impactos dos serviços de suporte sobre os seres humanos são principalmente indiretos e/ou ocorrem no longo prazo. Exemplos são a produção primária, produção de oxigênio atmosférico, a ciclagem de nutrientes, provisão de habitats, a provisão de refúgios e berçários (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

#### 4. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa visa propor um método de articular a informação do status de integridade do habitat de um corpo hídrico estudado com a disponibilidade de serviços ecossistêmicos disponíveis no sistema. Isso utilizando conhecimento empírico sobre fenômenos socioambientais de comunidades tradicionais ribeirinhas.

Esta perspectiva de relação é sugerida por Tompkins (2011) através da utilização de usuários na determinação e ramqueamento dos serviços ecossistêmicos. Na aplicação uma análise de elementos socioambientais numéricos são realizados onde indicadores são agregados em índices - Ecosystem Service Index (TOMPKINS, 2011), e estas atuam como instrumento na valoração e definição de pagamento por serviços ecossistêmicos em fragmentação de rios por barragens e outros usos.

A definição dos indicadores, segundo Tompkins (*op cit.*), derivam do conhecimento dos usuários e estudos de variáveis ecológicas em uma análise quali-quantitativa auxiliando na tomada de decisão. Ferramenta compatível com a proposta de estudo de relação "usos dos recursos naturais x integridade do habitat" sugerido nesta metodologia. A definição da integridade do habitat (KLEYNHANS, 1996) utilizada pela metodologia BBM traz informações dos componentes estruturais dos ecossistemas enquanto que os usos das comunidades ribeirinhas promovem a compreensão acerca dos serviços ecossistêmicos disponíveis no sistema e das funções ecossistêmicas que os derivam, bem como seu status de manutenção.

Esta metodologia objetiva contribuir com o método de avaliação da IH, assim como proposto na metodologia BBM (KING *et al* 2008), incorporando na análise informações qualitativas sobre o estado de degradação do meio ambiente através de relatos da população desempenhante de atividade tradicional e extrativista.

A fim de testar uma aplicação da metodologia aqui proposta foram utilizados os dados existentes provenientes dos resultados da rede Ecovazão frutos do estudo "Definição da Vazão Ecológica no Baixo São Francisco" (Projeto de Participação Social – CTHIDRO 45/2006, 2009) com dados publicados em 2010 em Medeiros *et al.* (2010).

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, foi, portanto desenvolvido um procedimento metodológico, apresentado na Figura 9, seguindo etapas sequenciais de estudo.

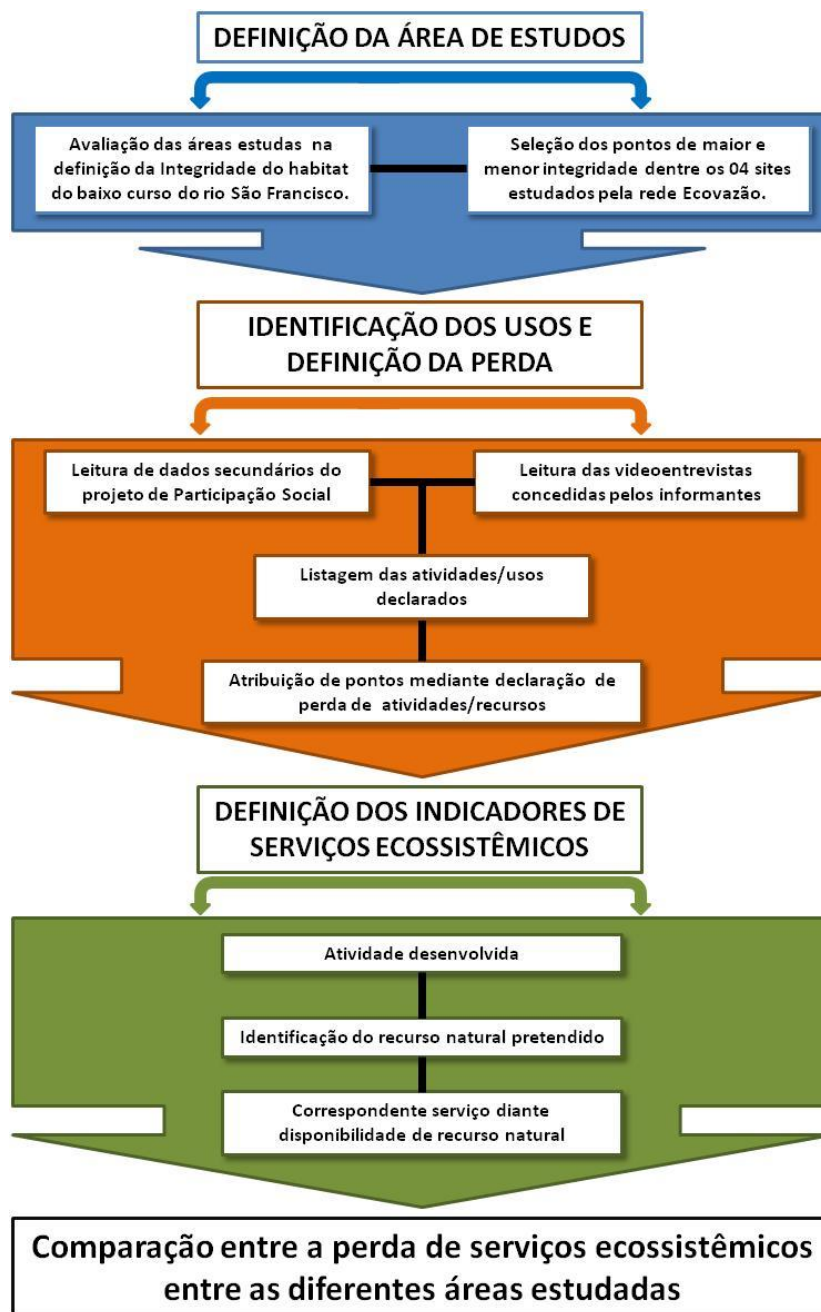


Figura 9: Esquema diagramático do procedimento metodológico utilizado na pesquisa.

Inicialmente foram comparadas as informações dos pontos amostrais da IH e com aqueles dos pontos pesquisados pela equipe de foco social, para assim possibilitar uma comparação dos usos e sua disponibilidade frente diferentes status de

integridade. Posteriormente foram identificados, nos sítios selecionados, os usos praticados pelas comunidades extrativistas ribeirinhas e seu status de manutenção de recursos naturais utilizados. Estas informações foram levantadas através da releitura de depoimentos de lideranças locais, extrativistas, que possuíam relação direta com a área estudada e que se declararam prejudicados com a alteração das condições ambientais presentes no baixo São Francisco.

Os dados analisados partiram de registros videográficos e relatórios elaborados pela rede Ecovazão, através do subprojeto de participação social (MEDEIROS *et al.*, 2010). As falas dos entrevistados foram utilizadas para avaliar se, e com que intensidade, houve diminuição das atividades/disponibilidade de recursos naturais para o extrativismo ribeirinho. Através da Escala de Likert (LIKERT, 1932) foi atribuída uma análise qualitativa das falas, decorrente do discurso de comprometimento das atividades e dos recursos naturais, que associada a uma pontuação, possibilitou mensurar a perda dos recursos ofertados pelo sistema hídrico utilizado, o BHSF, anteriormente ao impacto simbolizado pela presença e ausência da barragem de Xingó.

Através dos recursos disponíveis declarados cada atividade/disponibilidade de recursos naturais foi correspondida à indicadores de serviços ecossistêmicos desempenhados pelo rio previamente definidos na literatura.

O detalhamento das etapas de estudo é apresentado nos seguintes itens.

#### **4.1. Identificação da área de estudo**

Para aplicação da método, levantamento e comparação da disponibilidade dos usos desempenhados pelas comunidades ribeirinhas primeiramente foram identificados os pontos cujos ambientes apresentaram condições extremas de conservação e degradação do habitat. Isso foi identificado após estudo da curva gerada através da aplicação do método de Kleynhans (1996) nas estações avaliadas pelo estudo de identificação da integridade do habitat no baixo São Francisco elaborado por Medeiros *et al* (2010). Das 40 estações avaliadas selecionou-se inicialmente as 04 estações que possuíam correspondência com os sites de amostragens definidos anteriormente pela rede de pesquisa social (Pão de Açúcar, Traipu, Pindoba e Ilha

das Flores), assegurando assim a fonte de dados necessária para realização desta pesquisa. Foram selecionadas então as duas estações que possuíam um antagonismo de classes de integridade do habitat (maior e menor) definindo então as áreas objeto desse estudo. Dessa forma foram trabalhados os dados gerados pelos sítios Pão de Açúcar, detentor das melhores classes de integridade ambiental e Ilha das Flores corresponde de um ecossistema de maior comprometimento.

#### 4.2. Definição dos indicadores para determinação das categorias de serviços ecossistêmicos desempenhados

Seguindo as contribuições de Tompkins (2011) buscou-se a correspondência das categorias de serviços e a determinação dos indicadores de desempenho dos serviços ecossistêmicos. Os usos das comunidades ribeirinhas extrativistas identificados por Medeiros *et al.* (2010) presentes nos sítios de Pão de Açúcar – SE e Ilha das Flores – AL foram levantados e classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos por Costanza *et al.* (1997), De Groot (1992), De Groot *et al.* (2000), De Groot *et al.* (2002), e Millennium Ecosystem Assessment – MEA (2003).

Com base na definição de serviços ecossistêmicos conceituados por esses autores foi elaborado um quadro com os principais serviços ecossistêmicos mencionados na literatura (Quadro 7). A partir deste foi atribuída uma correspondência com cada uso de recursos naturais ou atividades relatadas pelas populações ribeirinhas. Este quadro foi organizado e poderá ser utilizado em estudos futuros.

Quadro 7: – Serviços ecossistêmicos por categoria

<b>Categorias de serviços</b>	<b>Exemplos de serviços ecossistêmicos</b>
<b>PROVISÃO</b> <i>Produtos obtidos dos ecossistemas</i>	1. Provisão de alimentos e fibras (animais, vegetais, entre outros)
	2. Provisão de matérias primas para usos domésticos
	3. Provisão de recursos para uso comercial
	4. Provisão de combustível e energia (ex. lenha, matéria orgânica)
	5. Provisão de forragem e fertilizantes
	6. Provisão de água doce
	7. Provisão de recursos genéticos
	8. Provisão de princípios ativos para fins farmacêuticos

<b>Categorias de serviços</b>	<b>Exemplos de serviços ecossistêmicos</b>
<b>REGULAÇÃO</b> <i>Benefícios obtidos da regulação de processos ecossistêmicos</i>	9. Provisão de modelos e instrumentos químicos
	10. Provisão de remédios e medicamentos
	11. Provisão de recursos ornamentais
	12. Manutenção de uma boa qualidade do ar
	13. Manutenção de um clima favorável
	14. Proteção de eventos climáticos extremos
	15. Proteção de inundações
	16. Drenagem e irrigação natural
	17. Meio de transporte
	18. Regulação do ciclo da água
	19. Prevenção de danos de erosão/sedimentação
<b>CULTURAIS</b> <i>Benefícios non-materiais obtidos dos ecossistemas</i>	20. Manutenção de terras produtivas e aráveis
	21. Controle de poluição
	22. Polinização de espécies de plantas nativas
	23. Polinização de culturas
	24. Controle biológico
	25. Provisão de cenários sugestivos
	26. Utilização de recursos naturais para uso recreativo
	27. Utilização de recursos naturais para seu valor cultural e artístico
	28. Utilização de recursos naturais para seu valor religioso e espiritual
	29. Utilização de recursos naturais para uso educacional e científico
	30. Valor para relações sociais
<b>SUPORTE</b> <i>Serviços necessários para todos os outros serviços ecossistêmicos</i>	31. Valor para a localização
	32. Valor como Patrimônio cultural
	33. Provisão de habitats
	34. Provisão de refúgios
	35. Provisão de berçários para reprodução
	36. Manutenção da diversidade biológica e genética
	37. Formação de solo
	38. Produção primária
	39. Ciclo de nutrientes

FONTE: Adaptado de DE GROOT (2002) e MEA (2003)

Dentro da lista de bens e serviços provenientes de funções ecossistêmicas desempenhadas pelo rio, para cada categoria de serviço, foram adotados dois indicadores de bens e serviços levantados a partir dos usos dos ribeirinhos identificados por Medeiros *et al.* (2010). Estes usos podem ser quantitativamente analisados se desdobrando assim possibilidades de pesquisas futuras a fim de compor um Índice de Serviços Ecossistêmicos específico para corpos d'água com uma análise quali-quantitativa como o "ESI" desenvolvido por Tompkins (2011).

Deve-se evidenciar que a seleção desses usos não exclui a presença de outro uso nem de serviços. Os indicados nesse estudo foram mencionados explicitamente pelos ribeirinhos nas entrevistas proveniente do banco de dados a disposição a fim de validar o procedimento.

#### 4.3. Usos e avaliação do status de perda dos serviços ecossistêmicos

Os usos para correspondência com os serviços ecossistêmicos desempenhados pelo sistema foram possíveis ser levantados a partir de vídeos de entrevistas realizadas pela rede Ecovazão no projeto de Participação Social (MEDEIROS *et al.*, 2010).

Para essa pesquisa os informantes-chave identificado por Medeiros *et al.* (2010) foram mantidos gerando assim o banco de dados. foram levantados componentes conceituais e registros em vídeo cujos depoimentos livres focavam a disponibilidade e perda de recursos naturais pré-impacto e pós-impacto, momentos estes simbolizados pela presença e ausência da barragem de Xingó.

O apresenta um perfil dos informantes com referência aos vídeos utilizados com banco de dados. Dessa base de dados foram extraídos, nos discursos dos ribeirinhos, os usos e atividades extrativistas influenciadas direta ou indiretamente pela dinâmica natural do rio. Por questões éticas foram preservadas as identidades dos informantes.

Quadro 8: Especificações técnicas da fonte de coleta de dados.

Informante: Sr. J.F.S.	Informante: Sr. J.B.S.
Idade: 97 anos	Idade: 63 anos
Atividade atual: Aposentado	Atividade atual: pintor de embarcações
Atividade extrativista principal: pesca	Atividade extrativista principal: pesca
Data da entrevista: 14 de abril de 2010	Data da entrevista: 25 de fevereiro de 2010
Entrevistador: Ilce Marília Dantas Pinto	Entrevistador: Rafael Rodrigues Freire
Tempo de duração: 39min39s	Tempo de duração: 27min41s
Arquivo fonte de dados: PãoAçucar_Entrevista_JoaoFrancisco.avi	Arquivo fonte de dados: João Pintor - Ilha das Flores.avi

Para a avaliação do status de perda dos recursos oriundo dos discursos registrados nas entrevistas foi utilizada uma adaptação da escala de Likert, uma escala qualitativa baseada em categorias de avaliação qualitativa. Neste método a perda

dos recursos foi associada a uma pontuação numérica (). Collis & Hussey (2005) afirmam que a Escala de Likert permite traduzir uma opinião ou percepção em um valor numérico, sendo simples para o respondente e para o pesquisador. Ela foi desenvolvida em 1932 por Rensis Likert e atualmente é muito utilizada em pesquisas qualitativas de avaliação de risco e custo ambiental (FENKER *et al.* 2010).

Por esse norte os critérios utilizados levaram em consideração a "percepção" das pessoas entrevistadas em relação ao meio ambiente e aos usos dos seus recursos naturais como norteia (TOMPKINS, 2011). Sendo assim, os scores foram atribuídos pelo pesquisador a partir da observação dos informantes que possuíam usos diretos no rio e acompanharam sua alteração ao longo do tempo. As escalas atribuídas foram: perda alta; perda média e perda baixa, onde:

- **Alta:** Corresponde a uma redução acentuada da disponibilidade dos recursos naturais ou a atividade realizada foi altamente comprometida. A condição de referência de impacto é marcada pela presença/ausência da UHE de Xingó. O objeto analisado é declaradamente considerado como escasso. A fala do informante local remarca a redução com expressões que delineiam alta intensidade.
- **Média:** Corresponde a uma redução não acentuada da disponibilidade dos recursos naturais ou a atividade realizada foi comprometida. A condição de referência de impacto é marcada pela presença/ausência da UHE de Xingó. O objeto analisado é considerado como presente, no entanto há flutuação na disponibilidade. A fala do informante local remarca a perturbação com expressões que delineiam media intensidade.
- **Baixa:** Corresponde a uma redução não significativa da disponibilidade dos recursos naturais ou a atividade realizada foi não foi comprometida. A condição de referência de impacto é marcada pela presença/ausência da UHE de Xingó. O objeto analisado é considerado como presente e há pouca flutuação na disponibilidade não provocando preocupação o entrevistado. A fala do informante local remarca a redução com expressões que delineiam baixa intensidade.



Vale ressaltar que a identificação dos usos e a avaliação das perdas de recursos naturais, em caso de um novo projeto de aplicação da metodologia BBM, pode ser realizada através o de entrevistas com informantes chaves da população ribeirinha ao longo do rio ou com outros métodos participativos de rápida execução calibrando também as variáveis de intensidade. A síntese do exposto e dos critérios de classificação estão apresentados no **Quadro 9**.

Quadro 9: Critério de classificação do grau de perda de recursos naturais

Tipo de perda	Pontuação	Descrição da perda	Indicadores nas falas dos entrevistados
Alta	5	Significante redução da disponibilidade dos recursos frente uma condição pré-impacto.	Os recursos são mencionados como escassos. A fala do informante local apresenta disponibilidade
Média	3	Redução significativa da disponibilidade dos recursos frente uma condição pré-impacto.	Os recursos são considerados como presentes, mas com flutuação na disponibilidade.
Baixa	1	Redução não significativa da disponibilidade dos recursos frente uma condição pré-impacto.	Os recursos são considerados como presentes com pouca flutuação na disponibilidade.

FONTE: Adaptado de Likert (1932)

A avaliação de perda em termos de serviços é calculada como a media dos scores de perdas dos usos/recursos.

#### **4.4. Comparação da perda de serviços e funções ecossistêmicas entre as áreas estudadas**

Para comparar os resultados entre perda de usos, serviços e funções nas duas localidade de estudo foi construído um quadro que relaciona todas as informações coletadas, as avaliações qualitativas de perdas de recursos naturais e os correspondentes serviços e funções comprometidos. Os quadros assim construídos permitem avaliar as relações entre os indicadores, os serviços ecossistêmicos desempenhados pelo sistema e suas categorias, além das correspondentes categorias de funções ecossistêmicas as quais estão relacionadas ao estado de degradação ambiental nos sites em estudo.

Esse resultados foram comparados com aqueles provenientes da avaliação de IH pelo método do Kleynhans (1996) através da relação com os indicadores componentes do modelo proposto por Kleynhans (1996) possibilitando assim

compreensões transversais e multidisciplinares dos temas envolvidos. O Quadro 10 apresenta a proposta de organização dos dados para realização das correspondências e elaboração das análises.

Quadro 10: Quadro de avaliação dos serviços ecossistêmicos

Sítio Estudado Integridade X		USOS/ATIVIDADES	AValiação DE PERDA	INDICADORES DE SERVIÇOS	CATEGORIA DE SERVIÇOS	CATEGORIA DE FUNÇÕES	PERDA DE FUNÇÕES
Uso 1	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot	SUPORTE	HABITAT	Score médio	
Uso 2	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot				
Uso 1	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot	PROVISÃO	PRODUÇÃO	Score médio	
Uso 2	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot				
Uso 1	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot	CULTURAL	INFORMAÇÃO	Score médio	
Uso 2	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot				
Uso 1	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot	REGULAÇÃO	REGULAÇÃO	Score médio	
Uso 2	A, M ou B	Score 1, 3 ou 5	Lista De Groot				

Para uma melhor visualização gráfica da avaliações do comprometimento dos serviços ambientais, esses valores foram representados também através de um gráfico de radar, também conhecido como gráfico de aranha ou gráfico de estrela devido à sua aparência, que plota os valores de cada categoria ao longo de um eixo separado, que inicia no centro do gráfico e termina no anel externo.

Um gráfico de radar é uma boa maneira de exibir uma ou mais variáveis em um gráfico bidimensional, com um raio para cada variável. Uma linha conecta todos os pontos de dados de sua planilha em cada raio e a distribuição do gráfico demonstra uma condição de tendência da característica, no caso a disponibilidade dos serviços e funções ecossistêmicas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Identificação das atividades, recursos naturais e avaliação do status de disponibilidade dos recursos

Os depoimentos dos informantes locais mostraram uma grande semelhança nos usos praticados nas diferentes áreas estudadas. Num momento colocado como pré-impacto – anterior ao barramento da UHE de Xingó – as atividades principais declaradas agrupavam-se no universo da exploração dos recursos pesqueiros, da agricultura, da pecuária, dos recursos vegetais e recreação, como observou Medeiros *et al.* (2010).

Os relatos mostraram que as reduções das vazões desencadearam na estiagem e isolamento de áreas antes inundáveis. Isso, na opinião dos informantes, comprometeu práticas e usos derivados, como exemplo, o plantio artesanal de arroz e a pesca em lagoas.

Relataram os informantes que a não migração das espécies pela fragmentação do rio, a falta de diversidade de ambientes e a pressão da sobrepesca reduziram drasticamente a diversidade e disponibilidade de recursos pesqueiros. Medeiros *et al.* (2010) relata que a diversidade de ambientes do rio numa condição pré-impacto propiciou o estabelecimento de um grande número de espécies endêmicas que hoje desapareceram pela linearização dos habitats. No entendimento do entrevistado, em Ilha das Flores, essa redução é compensada pelo aumento da pesca de peixes de tolerância salina.

Ambos os informantes entendem que a redução das vazões agregada ao desmatamento provocou a erosão e o assoreamento do rio, estruturas de habitat. Em Ilha das Flores se relatou a necessidade da redução do porte das embarcações em função do tamanho do calado para deslocamento humano, turismo e comércio. Um maior comprometimento no trecho de Pão de Açúcar foi sinalizado pelo informante onde se relatou a dificuldade no tráfego de balsas e barcos diante determinadas cotas. É atribuída também à supressão da vegetação, a redução das belezas naturais e paisagens vistosas antes muito apreciadas por turistas.

Foi relatado também um grande saudosismo e sentimento de nostalgia de tempos de beleza paisagística com lagoas marginais, matas e diferentes pontos para prática de lazer e pesca. Há de forma irrefutável uma percepção da relação entre perda de recursos e degradação ambiental, no entanto é muito recorrente nos discursos a atribuição da atual condição dos trechos e o rio como um todo à redução das vazões e regularização do rio como observa também Medeiros *et al.* (2010), mas não há clara a compreensão dos usuários de sua participação no processo de degradação.

A seguir são apresentados em detalhe as atividades declaradas pelos entrevistados que sofreram pela perda de recursos utilizados, assim como os componentes estruturais envolvidos e os serviços ecossistêmicos associados.

#### **5.1.1. Pesca na calha do rio**

A pesca é praticada segundo peculiaridades regionais e, de modo geral, é desorganizada e utiliza apetrechos de pesca e embarcações rudimentares (MEDEIROS *et al.*, 2010).

No discurso dos entrevistados é comum a observação da percepção da perda dos peixes em função do barramento do rio e a redução do volume de água. Foi relatado pelo informante “J.F.S.”, de Pão de Açúcar, que atualmente o rio possui pouca disponibilidade e diversidade de pescado nativo, ou seja, baixa diversidade e abundância de espécies de peixes antes disponíveis. Medeiros *et al.* (2010) relata que houve uma grande perda quando se compara com momentos anteriores à construção da UHE de Itaparica e UHE de Xingó. Em Ilha das Flores, área próxima à foz, “J.B.S.” relata que a redução das vazões reduziu o recurso pesqueiro proveniente das águas doces, no entanto o uso deste recurso foi gradativamente compensado pelo pescado de água salgada mantendo assim a atividade proveniente do extrativismo do recurso pesqueiro.

Em ambas as áreas pesquisadas foi relatado que a redução dos peixes nos trechos de rios está intimamente associada com a modificação nas propriedades do rio ao longo do tempo. A transparência constante da água, a redução do volume de água no rio e a falta de diferentes “ambientes” para abrigo das varias espécies são colocadas como fatores-chave na redução do recurso. A condição natural, em termos de habitats, inclui diferentes substratos (lodoso, arenoso, rochoso, com

material orgânico em decomposição), diferentes velocidades da água (ambientes lóticos e lênticos), diferentes profundidades, presença de lagoas marginais inundadas periodicamente, gerando uma diversidade de locais para alimentação, refúgio e reprodução (MEDEIROS *et al.*, 2010).

Classificados segundo conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos por COSTANZA *et al.* (1997), De GROOT (1992), De GROOT *et al.* (2000), De GROOT (2002), De Groot *et al.* (2002) e MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA (2009) e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “Pesca na calha do rio” enquadra-se como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “Alimentação” para usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Produção”.

O Quadro 11 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e avaliação de perda.

Quadro 11: Síntese de relato em relação a atividade “Pesca na calha do rio”, sua diminuição e interação com componentes ambientais

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Alta</b>	<i>Qualidade de água</i>	Perda: <b>Média</b>	<i>Qualidade de água</i>
Recurso: Peixes	<i>Quantidade de água</i>	Recurso: Peixes	<i>Quantidade de água</i>
Serviço: Alimentação	<i>Diversidade de ambientes</i>	Serviço: Alimentação	<i>Diversidade de ambientes</i>
Categoria de funções: Provisão	<i>Presença de peixes</i>	Categoria de funções: Provisão	<i>Presença de peixes</i>
	<i>Diversidade de peixes</i>		<i>Diversidade de peixes</i>

Área de estudo: Pão de Açúcar: “...há mais ou menos 30 anos atrás a bancada no mercado de peixes de Pão de Açúcar tinha niqum, tubarana, sorubim, pirá, pescada-branca e hoje pega um peixe desses no ano.” (J.F.S, 2010)

Área de estudos: Ilha das Flores: “...Os peixe tão se acabando lá pra cima... se não é os peixe do mar como é que vai fazer?” ((J.B.S, 2010)

### 5.1.2. Pesca em lagoas marginais

A atividade de pesca ainda foi relatada como pesca em viveiros naturais – lagoas marginais e áreas alagadas – onde a atividade é desempenhada com a prática da

catação e utilização de redes específicas como observa Medeiros *et al.* (2010). Foi relatado pelos informantes tanto de Ilha das Flores quanto de Pão de Açúcar, que nos sítios estudados atualmente existem poucas áreas que ainda apresentam conectividade com o rio. Devido à regularização das vazões no baixo curso do rio São Francisco, os informantes relatam que estas áreas não inundam mais e assim os peixes não ocupam esses habitats. Segundo MEDEIROS *et al.*, (2010) a redução de conectividade e a falta de inundações das áreas marginais inviabilizou a ocupação do habitat por grupos de peixes específicos e a prática coletiva de pesca nesses ambientes foi gradativamente inviabilizada.

Fato observado também nos discursos foi que apesar da queixa, as inundações hoje não são necessariamente desejadas. Isso devido às ocupações estabelecidas e os usos hoje praticados nas áreas não mais alagáveis, considerado que as áreas foram alteradas para plantação de pasto e exercício da pecuária.

Em Pão de Açúcar, relata “J.F.S.”, que hoje são áreas de pasto que dão emprego para a população local, assim com os atracadouros e tanques de piscicultura, que num maior incremento de vazões, poderiam sofrer grandes prejuízos econômicos. Em Ilha das Flores atualmente nas áreas alagáveis e perímetros irrigados existem tanques de piscicultura de pescados introduzidos como a tilápia e o tucunaré.

Sendo assim, classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos por Constanza *et al.* (1997), De Groot (1992), De Groot *et al.* (2000), De Groot (2002), De Groot *et al.* (2002) e MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA (2009) e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert (LIKERT, 1932), o uso “Pesca em lagoas” possui uma dupla correspondência: a primeira como serviços de “Alimentação” e de “Provisão de habitat” pois para a atividade ser desempenhada uma composição de habitat específica deve estar presente. Para efeito deste trabalho será utilizado o uso como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “Provisão de Habitat” para proveito de usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Habitat”.

O Quadro 12 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e avaliação de perda.

Quadro 12: Síntese de relato em relação a atividade “Pesca em lagoas marginais”, sua diminuição e interação com componentes ambientais

Área de estudos – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudos – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Alta</b>	<i>Lagoas Marginais</i>	Perda: <b>Alta</b>	<i>Lagoas Marginais</i>
Recurso: <i>Peixes</i>		Recurso: <i>Peixes</i>	
Serviço: <i>Provisão de habitat</i>	<i>Enchente</i>	Serviço: <i>Provisão de habitat</i>	<i>Enchente</i>
Categoria de funções: <i>Habitat</i>		Categoria de funções: <i>Habitat</i>	

Área de estudo: Pão de Açúcar: “... *As lagoas enchiam e na vazante os peixes ficavam presos pela porta d’água, Tinha peixe que não acabava, de toda qualidade.*”. (J.F.S, 2010)

Área de estudos: Ilha das Flores: “...*Nas lagoas primeiro a enchente trazia o peixe e na vazante ia se plantando o arroz.*” (J.B.S, 2010)

### 5.1.3. *Plantio em lagoas marginais*

Nos relatos a prática de plantio em lagoas marginais está associada ao uso dos habitats presentes nas lagoas marginais. O plantio é consorciado com outras atividades de fim extrativista como a pesca e a captação de água para consumo humano. Estes ambientes, como relata Medeiros *et al.* (2010), apresentam grande produtividade diante da disposição de alimento e nutrientes.

O cultivo predominante praticado era o do arroz controlado pela dinâmica natural de enchimento e secagem das lagoas. A disponibilidade de recursos como a água e nutrientes trazidos pela “renovação das águas” promovia um ambiente altamente apropriado para a cultura que rendia grande produtividade.

Devido a baixa conectividade atual das lagoas, hoje as lagoas possuem poucas áreas agricultáveis. Devido à regularização das vazões no baixo curso do rio São Francisco, os dois informantes relatam que estas áreas não inundam mais e por isso a atividade de plantio de arroz não é mais praticada, assim como a pesca nesses ambientes. Medeiros *et al.* (2010) relata que em Ilha das Flores a substituição do plantio em lagoa pelo plantio irrigado não compensou a perda dessa prática.

Sendo assim, classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos e, classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “Plantio em lagoas marginais” possui uma dupla correspondência: a primeira como serviços de alimentação e a segunda de provisão de habitat. Contudo, neste trabalho será considerado como indicador do serviço de “provisão de habitat”, pois para a atividade ser desempenhada uma composição de habitat específica deve estar presente. No específico, os habitat das lagoas promovem refugio e produção primária, comprovada através da potencialidade no cultivo e alta produtividade de espécies vegetais domesticadas como o caso do arroz. Portanto esta atividade é considerada como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “Refugio e produção primária” para proveito de usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Habitat”.

O Quadro 13 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e avaliação de perda.

Quadro 13: Síntese de relato em relação a atividade “Plantio em lagoas marginais”, sua diminuição e interação com componentes ambientais

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Alta</b>	<i>Lagoas Marginais</i>	Perda: <b>Alta</b>	<i>Lagoas Marginais</i>
Recurso: <i>Água e nutrientes</i>		Recurso: <i>Água e nutrientes</i>	
Serviço: <i>Refugio e produção primária</i>	<i>Enchente</i>	Serviço: <i>Refugio e produção primária</i>	<i>Enchente</i>
Categoria de funções <i>Habitat</i>		Categoria de funções: <i>Habitat</i>	

Área de estudos: Pão de Açúcar: “... O arroz era plantado nas lagoas pelas mulheres e os homi iam pesca.” (J.F.S, 2010)

Área de estudos: Ilha das Flores: “...Nas lagoas primeiro a enchente trazia o peixe e na vazante ia se plantando o arroz.” (J.B.S, 2010)

#### 5.1.4. Extração de plantas medicinais

A atividade de extração de plantas medicinais é desempenhada com a prática da catação para fins curativos e promoção do bem estar. O uso de plantas como medicamentos está presente em toda região não diferentemente nos trechos estudados. Medeiros *et al.* (2010) sinaliza o usos dentre as atividades vinculadas à



extração vegetal. No entanto, o foco deveria ser dado nos estudos botânicos e esse não foi abordado. As plantas medicinais são comercializadas em feiras e comércios, cultivadas em residências hortas e coletadas *in natura* com utilização em infusões e outros preparados para cura ou práticas religiosas.

É importante observar que tanto em Pão de Açúcar, como em Ilha das Flores, não foi percebido nos discursos uma redução significativa na disponibilidade do recurso e sim o desuso das mesmas. “J.F.S” expõe que o avanço da medicina e a disponibilidade de medicamentos gratuitos forçaram o abandono da prática de usos de plantas para preparo de medicamentos.

Através dos discursos foi possível perceber que as plantas medicinais estão sujeitas a grande pressão quando se percebe o recurso como um componente da cobertura vegetal sujeita a severo desmatamento e substituição da vegetação natural por cultivos ou edificações.

Classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “Extração de plantas medicinais” possui correspondência e assim enquadra-se, como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “recursos médicos” para usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Produção”.

O Quadro 14 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e pontuação de perda.

Quadro 14: Síntese de relato em relação a atividade “Extração de Plantas medicinais”, sua diminuição e interação com componentes ambientais

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Baixa</b>		Perda: <b>Baixa</b>	
Recurso: <i>Vegetação</i>	<i>Diversidade botânica</i>	Recurso: <i>Vegetação</i>	<i>Diversidade botânica</i>
Serviço: Recursos médicos		Serviço: Recursos médicos	
Categoria de funções: <i>Produção</i>		Categoria de funções: <i>Produção</i>	

Área de estudo: Ilha das Flores: “...É claro que com o desmatamento as plantas medicinais acabam, mas com a medicina e os programas do governo usa mais remédio.” (J.F.S, 2010).

Área de estudo: Ilha das Flores: “...Tem remédio de todo tipo nesse mato...” (J.B.S, 2010)

#### 5.1.5. *Uso de mata para contenção de encosta*

A percepção acerca do uso está muito presente e consolidada nos discursos dos entrevistados. Foi relatado que atualmente um dos grandes problemas presente no baixo São Francisco é o aterramento do sedimento natural devido à deposição de solo erodido no leito do rio. Assim como é relatado pelos informantes, Medeiros *et al.* (2010) aponta o uso inadequado das áreas marginais como grande fator de degradação da sub-bacia. No discurso dos informantes é claramente relatado que os dois principais causadores do estado são: a redução dos volumes d’água no rio – que teria a função de carrear o sedimento depositado; e a redução da vegetação das encostas do rio e adjacências – que teria a função de retenção do solo e manutenção das margens do rio.

Nos dois trechos estudados foi relatado pelos informantes que o recurso madeireiro desde sempre foi muito explorado. Como expõe Medeiros *et al.* (2010) a atividade de extração de madeira possui a finalidade de limpeza de áreas para pastagens, utilização para artesanato, construção de embarcações e utensílios de usos cotidianos.

J.F.S em Pão de Açúcar e J.B.S em Ilha das flores relataram que a remoção da vegetação natural provocou o alargamento do rio e o aterramento de seu leito fazendo com que proprietários de pequenos imóveis rurais percam área de suas propriedades em função do desmoronamento das encostas.

Classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “*Uso de mata para contenção de encosta*” possui correspondência e assim enquadra-se, como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “controle de erosão” para usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Regulação”.

O Quadro 15 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e pontuação de perda.

Quadro 15: Síntese de relato em relação a atividade “Uso da mata para contenção de encosta”, sua diminuição e interação com componentes ambientais.

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Alta</b>		Perda: <b>Alta</b>	
Recurso: <i>Vegetação</i>	<i>Diversidade botânica</i>	Recurso: <i>Vegetação</i>	<i>Diversidade botânica</i>
Serviço: Controle de erosão	<i>solo</i>	Serviço: Controle de erosão	<i>solo</i>
Categoria de funções: <i>Regulação</i>		Categoria de funções: <i>Regulação</i>	

Área de estudo: Pão de Açúcar: “... *Sem a mata cai a margem do rio e tem gente já perdendo a terra.*” (J.F.S, 2010)

Área de estudo: Ilha das Flores: “... *Com a madeira se fazia canoa, cerca, canga, covo... tinha muita fartura, hoje o homem acabou com tudo e tudo ta desbarrancando por isso!*” (J.B.S, 2010).

#### 5.1.6. Navegação

Segundo os relatos a atividade de navegação possui grande importância no cotidiano das comunidades e centros urbanos inseridos em toda a sub-bacia do baixo São Francisco. Segundo “J.B.S.” o rio São Francisco sempre possuiu o papel de “estrada”, hidrovía, no contexto regional. As tradicionais embarcações coletivas transportam crianças para as escolas, doentes para hospitais em grandes centros e escoam produção. A pouca profundidade do rio prejudica a navegação interferindo na cadeia produtiva existente (MEDEIROS *et al.*, 2010). “J.F.S.” relata que em Pão de açúcar, assim como nas demais localidades ao longo do trecho, o rio tem importante papel como via de transporte e como promotor da navegabilidade possui grande importância também na prática de atividades coletivas de manifestação cultural.

Pão de Açúcar na visão do informante entrevistado, atualmente desempenha um baixíssimo potencial de navegabilidade. É atribuída a condição à redução das vazões seguido do assoreamento elevado da calha do rio. Muitas “barras” e “crôas” tornaram-se perenes reduzindo o leito do rio a uma profundidade de 2-3m, no entanto Medeiros *et al.* (2010) observa que planícies de inundação, terraços arenosos e várzeas (terras úmidas) marginais (ripárias) são insignificantes no trecho.

Em Ilha das Flores “J.B.S.” relatou que a navegabilidade também se encontra bastante comprometida. Foi afirmado que o rio no trecho hoje se encontra “enterrado”. Afirmou ainda que “antigamente” grandes embarcações navegavam pelo mar adentrando o rio com turistas pelo seu delta. “J.B.S” no entanto coloca comparativamente que os trechos a montante de ilha das flores a condição é mais agravada. Hoje as diferentes práticas de navegação ainda ocorrem, mas com auxílio da dinâmica das marés que eleva o volume de água tornando o trecho com melhor navegabilidade.

Um dos impactos ambientais causados em decorrência da regularização do regime de vazões foi a eliminação das fortes correntezas geradas pelas enchentes, que reduziram boa parte do potencial de transporte de sedimentos do rio, gerando o assoreamento do canal principal, comprometendo a navegação e gerando um déficit de sedimentos no delta que vem resultando também a erosão de algumas praias localizadas próximas à foz (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “navegação” possui correspondência e assim enquadra-se, como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “meio de transporte” para usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Regulação”.

O Quadro 16 a seguir apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e pontuação de perda.

Quadro 16: Síntese de relato em relação a atividade “Navegação”, sua diminuição e interação com componentes ambientais.

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	<b>Componentes ambientais relacionados</b>		<b>Componentes ambientais relacionados</b>
Perda: <b>Alta</b>		Perda: <b>Alta</b>	
Recurso: <i>água</i>	<i>Disponibilidade hídrica</i>	Recurso: <i>água</i>	<i>Disponibilidade hídrica</i>
Serviço: Meio de transporte	<i>Assoreamento do rio</i>	Serviço: Meio de transporte	<i>Assoreamento do rio</i>
Categoria de funções: <i>Regulação</i>		Categoria de funções: <i>Regulação</i>	

Área de estudo: Pão de Açúcar: “*A balsa tem que dar uma volta... A procissão muda todo ano, só umas corridas de canoa pequena, mas a cultura tá se acabando... A barragem segura toda a água e o rio está todo enterrado de areia...*”. (J.F.S, 2010)

Área de estudo: Ilha das Flores: “*Hoje o São Francisco tá enterrado!*” ((J.B.S, 2010)

#### **5.1.7. Prática de corridas de barcos**

A atividade relatada é derivada da disponibilidade da navegabilidade do rio. O comprometimento da atividade de navegação proporcionada pelo recurso água também acarretou no comprometimento da prática de atividades culturais (MEDEIROS *et al.*, 2010). A realização atividades como corridas de canoas e barcos foram também comprometidas com a redução da navegabilidade informaram. “*J.F.S.*” relatou que em pão de açúcar a atividade ocorre mediante aumento das vazões reguladas pela UHE de Xingó enquanto que “*J.B.S.*” colocou que a atividade é melhor ou menos aproveitada em decorrência da dinâmica das marés. Além da redução das vazões, os informantes colocam o assoreamento do rio como um entrave ao desempenho da prática. Apesar dos problemas ambientais percebeu-se também que a prática cultural está sendo abandonada devido ao desinteresse dos jovens.

Classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “*Prática de corridas de barcos*” possui correspondência e assim enquadra-se, como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “valor recreativo” para usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Informação”.

O Quadro 17 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e pontuação de perda.

Quadro 17: Síntese de relato em relação a atividade “Corridas de barcos”, sua diminuição e interação com componentes ambientais

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Média</b>	Disponibilidade hídrica	Perda: <b>Média</b>	Disponibilidade hídrica
Recurso: <i>água</i>		Recurso: <i>água</i>	
Serviço: Valor recreativo		Serviço: Valor recreativo	
Categoria de funções: <i>Informação</i>	Assoreamento do rio	Categoria de funções: <i>Informação</i>	Assoreamento do rio

Área de estudo: Pão de Açúcar: “A balsa tem que dar uma volta... A procissão muda todo ano, só tem umas corridas de canoa pequena, mas a cultura tá se acabando... A barragem segura toda a água e o rio está todo enterrado de areia...”. (J.F.S, 2010)

Área de estudo: Ilha das Flores: “Até que tem corrida de canoa, mas depende da maré e da vazão... os jovens não querem saber mais disso, ai a cultura se acaba...” (J.B.S, 2010)

#### 5.1.8. Prática de procissões

Dentre as práticas culturais relatadas uma delas é a realização de procissões religiosas em via fluvial. A festa de Bom Jesus dos Navegantes usa o rio para a corrida de canoa e campeonatos de natação no 2º domingo de janeiro que perdura por sete dias (MEDEIROS *et al.*, 2010). Em Pão de Açúcar foi relatado que a atividade sofre alterações anualmente em função da condição presente do rio. Os trajetos e o porte das embarcações são revisados a fim de adaptar a atividade à presente condição do rio, viabilizando assim o evento. Em Ilha das Flores a atividade permanece e também é ajustada ano a ano mediante condição de navegabilidade do rio. No entanto foi reafirmado que a dinâmica natural das marés propicia a atividade. É percebido por J.B.S. que a atividade sofreu alteração, mas a mesma permanece ano a ano.

Classificados a luz dos conceitos de funções e serviços ecossistêmicos propostos e classificada a perda através do sistema de classificação de Likert, o uso “Prática de procissões” possui correspondência e assim enquadra-se, como indicador de serviços ecossistêmicos que provêm “valor espiritual” para usos humanos sob o desempenho no rio das funções ecossistêmicas de “Informação”.

O Quadro 18 apresenta a síntese das informações prestadas na percepção dos entrevistados com a respectiva classificação e pontuação de perda.

Quadro 18: Síntese de relato em relação a atividade “Procissões”, sua diminuição e interação com componentes ambientais

Área de estudo – Pão de Açúcar Integridade do habitat: Alta		Área de estudo – Ilha das Flores Integridade do habitat: Baixa	
	Componentes ambientais relacionados		Componentes ambientais relacionados
Perda: <b>Média</b>	Disponibilidade hídrica	Perda: <b>Média</b>	Disponibilidade hídrica
Recurso: <i>água</i>		Recurso: <i>água</i>	
Serviço: Valor espiritual		Serviço: Valor espiritual	
Categoria de funções: <i>Informação</i>	Assoreamento do rio	Categoria de funções: <i>Informação</i>	Assoreamento do rio

Área de estudo: Pão de Açúcar: *“A balsa tem que dar uma volta... A procissão muda todo ano, só tem umas corridas de canoa pequena, mas a cultura tá se acabando... A barragem segura toda a água e o rio está todo enterrado de areia...”* (J.F.S, 2010).

Área de estudo: Ilha das Flores: *“De certa forma a vazão dificulta as festa... Tem sim corrida todo ano na festa de Bom Jesus, não igual antigamente, mas tem ...”* (J.B.S, 2010).

## 5.2. Comparação da perda de serviços e funções ecossistêmicas entre as áreas estudadas

Uma vez levantadas todas as informações relativas a perda de usos e serviços é possível construir um quadro síntese em cada ponto de estudo (Quadro 19 e Quadro 20) que apresenta a sistematização das informações levantadas nas entrevistas e as devidas correspondências da relação “usos e perdas”, dimensionados a partir da escala de classificação de Likert nas localidades estudadas por este trabalho. Diante dos usos estão associados os indicadores de serviços ecossistêmicos correspondentes e as respectivas classes de serviços e funções ecossistêmicas desempenhadas pelo baixo curso do rio São Francisco. Por fim é apresentada a pontuação de perda proveniente da avaliação qualitativa dos indicadores selecionados para os diferentes trechos de distintas integridades do habitat, mostrando assim o status de perda das classes de serviços anteriormente desempenhadas pelo rio na percepção dos ribeirinhos extrativistas.

Assim como norteia Tompkins (2011) o arranjo metodológico mostrou ser possível relacionar e identificar as categorias e o comprometimento dos serviços ecossistêmicos desempenhados pelos trechos analisados através de conhecimento empírico. Além dos principais serviços ecossistêmicos utilizados pelas comunidades foi possível também demonstrar que é possível através da metodologia identificar as categorias de funções ecossistêmicas presentes no sistema estudado. Os quadros Quadro **19** e Quadro **20** o quadro síntese do levantamento com os resultados da aplicação do método.



Quadro 19: Síntese de relato de atividade desenvolvida frente disponibilidade de recurso em Pão de Açúcar

<b>PÃO DE AÇÚCAR</b> <b>Alta Integridade do Habitat</b>						
USOS/ATIVIDADES	AVALIAÇÃO DE PERDA		INDICADORES DE SERVIÇOS	CATEGORIA DE SERVIÇOS	CATEGORIA DE FUNÇÕES	PERDA DE FUNÇÕES
PESCA EM LAGOAS	ALTA	5	Provisão de habitat	SUPORTE	HABITAT	5,0
PLANTIO EM LAGOAS	ALTA	5	Refugio e produção primária			
PESCA NO RIO	ALTA	5	Alimentação	PROVISÃO	PRODUÇÃO	3,0
USO DE PLANTAS MEDICINAIS	BAIXA	1	Recursos médicos			
PRÁTICA DE PROCISSÃO	MÉDIA	3	Valor espiritual	CULTURAL	INFORMAÇÃO	3,0
PRÁTICA DE CORRIDAS DE BARCOS	MÉDIA	3	Valor recreativo			
USO DE MATA PARA CONTENÇÃO DE ENCOSTA	ALTA	5	Controle de erosão	REGULAÇÃO	REGULAÇÃO	5,0
NAVEGAÇÃO	ALTA	5	Meio de transporte			

Quadro 20: Síntese de relato de atividade desenvolvida frente disponibilidade de recurso em Ilha das Flores

<b>ILHA DAS FLORES</b> <b>Baixa Integridade do Habitat</b>						
USOS/ATIVIDADES	AVALIAÇÃO DE PERDA		INDICADORES DE SERVIÇOS	CATEGORIA DE SERVIÇOS	CATEGORIA DE FUNÇÕES	PERDA DE FUNÇÕES
PESCA EM LAGOAS	ALTA	5	Provisão de habitat	SUPORTE	HABITAT	5,0
PLANTIO EM LAGOAS	ALTA	5	Refugio e produção primária			
PESCA NO RIO	MÉDIA	3	Alimentação	PROVISÃO	PRODUÇÃO	2,0
USO DE PLANTAS MEDICINAIS	BAIXA	1	Recursos médicos			
PRÁTICA DE PROCISSÃO	MÉDIA	3	Valor espiritual	CULTURAL	INFORMAÇÃO	3,0
PRÁTICA DE CORRIDAS DE BARCOS	MÉDIA	3	Valor recreativo			
USO DE MATA PARA CONTENÇÃO DE ENCOSTA	ALTA	5	Controle de erosão	REGULAÇÃO	REGULAÇÃO	5,0
NAVEGAÇÃO	ALTA	5	Meio de transporte			

Em análise à aplicação do método é possível notar que os resultados acerca da disponibilidade dos serviços ecossistêmicos e de suas funções ecossistêmicas são semelhantes nos dois sítios estudados. Na tradução das informações dos informantes entrevistados das comunidades tradicionais as diferentes condições de integridade do habitat observadas por Medeiros (2010) pouco diferem em termos de disponibilidade de recursos naturais. Na aplicação da metodologia proposta ambos os pontos sofreram uma perda alta de Funções de Habitat (componentes estruturantes) e de Funções de Regulação (componentes de suporte), de mesma forma sofreram uma perda média em termos de Funções de Informação (Usos culturais e de informação). Os locais diferem levemente pela avaliação da perda de serviços de provisão (abastecimento), avaliada como perda média em Pão de Açúcar - identificado como de comprometimento baixo da Integridade do Hábitat - e entre perda média e perda baixa no sítio de Ilha das Flores - identificado como de comprometimento alto da Integridade do Hábitat.

Esta diferenciação na resposta dos métodos se dá pela perspectiva dos conceitos. A proposta metodológica de Kleynhans (1996) sugere um objeto de avaliação pautado em elementos predominantemente estruturantes do ecossistema - limitando a observação de fenômenos-, enquanto que o proposto por esse estudo sugere a interpretação conjunta unindo: o produto do estruturante com o restante do meio.

Condizendo com os resultados observados pelos estudos elaborados pela rede Ecovazão no estudo “Definição da Vazão Ecológica no Baixo São Francisco” (Projeto de Participação Social – CTHIDRO 45/2006, 2009), as informações isoladas provenientes das entrevistas contidas nos bancos de dados dos informantes ribeirinhos sinalizaram a remoção da cobertura vegetal, a redução das vazões e o assoreamento da calha do rio como agentes principais no comprometimento dos trechos analisados.

Apesar de ser frequentemente declarado que o maior impacto foi a implantação da UHE de Xingó e UHE de Itaparica foi possível notar também nos discursos que a degradação é contínua e é proveniente de todos os usos presentes a jusante dos empreendimentos. Como observou Medeiros *et al.* (2010), de fato o conjunto de fatores potencializaram a degradação dos componentes do ambiente comprometendo o desempenho das funções ecossistêmicas, acarretando no

colapso do sistema como um todo que vem refletindo na disponibilidade de recursos oriundos dos serviços ecossistêmicos.

Em avaliação mais aprofundada das respostas dos métodos, os dados que resultam da aplicação da metodologia proposta de avaliação de perda de serviços e funções ecossistêmicas divergem daqueles oriundos dos estudos de definição da integridade do habitat desenvolvidos por Medeiros *et al.* (2010). A metodologia focada em componentes de habitat proposta por Kleynhans (1996) mostra que o sítio de Pão de Açúcar apresentou as classes B e C de integridade do habitat, respectivamente para a região riparia e calha do sistema estudado. Essas classes descrevem um moderado patamar de comprometimento da composição ecológica da área avaliada, mas é entendido que se mantêm todas as funções ecológicas do sistema avaliado (KLEYNHANS, 1996).

Ilha das Flores, pelo contrario, apresentou as classes D e E de integridade do habitat em resposta ao método de Kleynhans, respectivamente para a região riparia e calha do sistema estudado. Essas classes descrevem um alto patamar de comprometimento da composição ecológica da área avaliada onde a biota está altamente comprometida e todas as funções ecológicas do sistema avaliado também encontram-se comprometidos (KLEYNHANS, 1996).

Apesar das diferentes classes de integridade do habitat identificadas pelo método de IH nas áreas estudadas, a diferenciação entre as classes de integridade do habitat não foi percebida nos discursos dos usuários diretos em Medeiros *et al.* (2010) e na aplicação dessa metodologia de avaliação da perda dos serviços ecossistêmicos. Na aplicação da metodologia proposta ambas as áreas apresentam grande impacto e comprometimento de seus componentes ecológicos repercutindo na disponibilidade de recursos naturais oriundos dos serviços ecossistêmicos.

Pão de Açúcar apesar de apresentar melhor status de integridade do habitat na aplicação da metodologia de Kleynhans mostrou-se estar levemente mais comprometida em relação à disponibilidade de serviços provenientes dos ecossistemas. O recurso pesqueiro, altamente dependente de variabilidade de habitats se mostrou ligeiramente mais comprometido em relação à Ilha das Flores (variável não observada na metodologia de IH). Esta ultima localidade tradicionalmente possuía uma relação com o ambiente estuarino, notando a redução

dos peixes de água doce, que apesar do sentimento de perda, não foi esse o fator que prejudicou o extrativismo de peixes como em Pão de Açúcar.

Na avaliação dos elementos que podem modular as funções e os serviços dos ecossistemas pode-se notar que a redução da conectividade do rio e a diminuição de um precioso elemento de habitat, a água, também observado por Kleynhans. Isso, na aplicação do método, foi relatado como o que desencadeou uma série de eventos que modificaram quase que completamente o sistema estudado, alterando assim os processos e interações sistêmicas naturais ao longo de todo o trecho e de forma semelhante. Como observa Medeiros *et al.* (2010) nos estudos de participação social, a perda e a uniformidade dos recursos pesqueiros está presente ao longo de todo o baixo curso do rio São Francisco e não de forma pontual como analisa a metodologia proposta por Kleynhans (1996).

Diante do exposto, pode-se perceber através da aplicação da metodologia proposta que os serviços ecossistêmicos de suporte, aqueles que estruturam a base para o desempenho dos demais serviços ecossistêmicos, segundo Andrade e Romeiro (2009), sofreram grande declínio perdendo a capacidade de promover, por exemplo, a ciclagem de nutrientes através das interações biofísicas e suas derivações. Nessa perspectiva a diversidade biológica altamente ligada com a diversidade de habitats conseqüentemente declinou comprometendo a disponibilidade e variabilidade dos recursos.

Outra categoria de serviços ecossistêmicos altamente comprometida elucidada através da correlação dos usos é o serviço ecossistêmico de regulação. Foi possível observar que os componentes regulatórios foram altamente prejudicados, pois os fenômenos naturais antes ordenados e “previsíveis” tornaram-se instáveis e aleatórios como observa Medeiros *et al.* (2010). Para o ambiente avaliado a capacidade de regular as funções naturais e assim os demais serviços ecossistêmicos naturais garantindo uma identidade já pouco existem.

Do ponto de vista ecológico este comprometimento sugere a desestabilização de todo o ecossistema aquático e ripário, limitando a permanência de espécies nativas do sistema natural. Nos estudos realizados por Burger *et al.* (2009) foi relatado que populações nativas de peixes estariam sob pressão pela introdução de outras espécies não-nativas que encontraram espaços num sistema degradado agora

genérico. Peixes como o Tucunaré e a Tilápia e organismos vegetais não nativos se tornam abundantes.

A

Figura 10 possibilita observar, em síntese, o status das categorias de serviços ecossistêmicos desempenhados pelo baixo curso do rio São Francisco, sob essa perspectiva metodológica, frente duas condições de integridade do habitat.

É possível observar na representação do gráfico em radar o direcionamento das perdas ecológicas em função dos indicadores e dos impactos. A correspondência conceitual das categorias de serviços com as categorias de funções ecossistêmicas norteiam para a análise dos processos que acarretaram nos fenômenos de perda de recursos e comprometimento de usos.

#### PERDA DOS SERVIÇOS E COMPROMETIMENTO DAS FUNÇÕES DOS ECOSISTEMAS

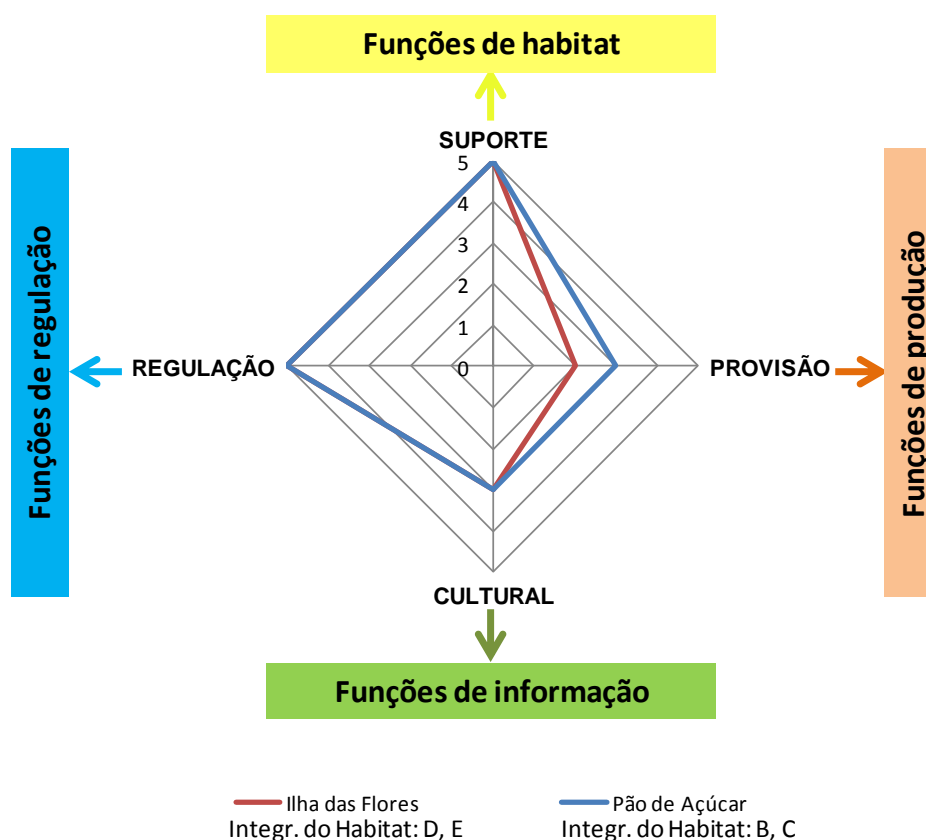


Figura 10: Perfil de perda dos serviços ecossistêmicos, em classes, nos diferentes ambientes de integridade do habitat.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho visou aprimorar a fase inicial da metodologia BBM para determinação da vazão ambiental e sugere, agregar na fase de diagnóstico preliminar da integridade do habitat componentes de avaliação socioambiental. Estes componentes denominados serviços ecossistêmicos mostraram ser auxiliares na compreensão dos usos humanos, de processos, e de suas relações com o sistema que está inserido e assim auxiliares na compreensão de fenômenos socioambientais.

Na aplicação da metodologia BBM os dados são constantemente interpretados e medidos por especialistas e ferramentas auxiliam na compreensão multidisciplinar. A contribuição desta metodologia busca auxiliar através de mecanismos robustos, simples e baratos o subsídio à interpretação dos processos; direcionando para a compreensão das funções ecológicas específicas, que agrupadas determinam as funções ecossistêmicas desempenhadas pelo sistema hídrico como um todo. Por esta razão é possível afirmar que o conhecimento dos usos, mesmo que preliminarmente, subsidiam um conhecimento adicional sobre as complexidades físicas, químicas, biológicas e socioambientais, fundamentais para a decisão de escolha dos sites de amostragens e delineamento dos estudos.

Esta contribuição não altera a metodologia de definição da integridade do habitat proposta por Kleynhans, mas sugere agregar o componente socioambiental, foco da definição da vazão ambiental, à fase inicial de aplicação do método BBM, para proporcionar uma visão mais abrangente acerca realidade e integridade ambiental do corpo d'água analisado.

Recomenda-se para estudos futuros um maior relacionamento do método com análises multicriteriais. Agregar ordens numéricas de frequência e quantidade aos indicadores poderiam possibilitar o uso do método em estudos de análises de riscos ambientais, entre outros.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco (PBHSF) (2004-2013)**: Enquadramento dos corpos d'água da Bacia do Rio São Francisco. Brasília: ANA, SPR, 2004. 110 p.

ANA – Agência Nacional de Águas, **Nota técnica n. 93/2007**, GBOUT-SOF/ANA, Brasília, (2007), 20 pp.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão**. IE/UNICAMP: Campinas, n. 155, fev. 2009.

ANDREASEN, J. K.; O'NEILL, R. V.; NOSS, R.; SLOSSER, N. C. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, Elsevier Science Ltd, v.1, p. 21-35, aug., 2001.

ARAUJO F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Rev. Brasil. Biol.**, 58(4): 547-558, 1998.

ARTHINGTON, A. H. Brisbane trial of a Flow Restoration Methodology (FLOWRESM). In: ARTHINGTON, A. H.; ZALUCKI, J. M. (eds.). **Water for the environment: recent approaches to assessing and providing environmental flows**. Proceedings of AWWA forum. AWWA, Brisbane, Australia, 1998. 35- 50 p.

ARTHINGTON, A. H. **Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies**. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper n. 26, Canberra, Australia, 1998.

ARTHINGTON, A. H.; BUNN, S. E.; LEROY, P. N.; NAIMAN, R. J. The Challenge of providing Environmental Flow Rules to sustain River Ecosystems. **Ecological Applications**, v. 16, n. 4, p. 1311–1318, aug., 2006.

ARTHINGTON, A. H.; KING, J. M.; O'KEEFFE, J. H.; BUNN, S. E.; DAY, J. A.; PUSEY, B. J.; BLÜDHORN, D. R.; THARME, R. E.. Development of an holistic approach for assessing environmental water requirements of riverine ecosystems. In: PIGRAM, J. J.; HOOPER, B. P. (eds). **Proceedings of an International Seminar and Workshop on Water Allocation for the Environment**. Armidale, Australia: University of New England, 1992. 69-76 p.

ARTHINGTON, A. H.; LLOYD, R. (eds). **Logan River Trial of the Building Block Methodology for assessing environmental flow requirements**. Workshop Report. Centre for Catchment and Instream Research and Department Natural Resources, Brisbane, Australia, 1998, 85 p.

ARTHINGTON, A. H.; ZALUCKI, J. M. (eds). **Water for the Environment: Recent Approaches to Assessing and Providing Environmental Flows**. Proceedings of AWWA Forum. Brisbane, Australia: AWWA, 1998.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: From Individuals to Ecosystems**. Blackwell Publishing, 2006.

BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, RS, v. 8, n. 2, p. 149-160, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Nota técnica n. 93/2007**. Brasília: GBOU-SOF/ANA, 2008, 20 p.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1, p. 16509 - 16512.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 470 - 474.

BRASIL. Organização dos Estados Americanos. **Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio São Francisco e de sua Zona Costeira: Síntese Executiva**. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades desenvolvidas em terra na bacia do rio São Francisco. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; Organização dos Estados Americanos; Fundo Mundial para o Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas. Brasília: TDA Desenho & Art Ltda, 2004. 48p.

BRUWER, C. (ed.). **Flow Requirements of Kruger National Park Rivers**. Department of Water Affairs and Forestry. Technical Report TR149. Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria: [s.n.], 1991, 141 p.

BUNN, S.; ARTHINGTON, A. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

BURGER, R.; ZANATA, A. M.; CAMELIER, P. Ictiofauna do baixo rio São Francisco à jusante da barragem de Xingó: inventário e caracterização taxonômica. In: XVIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 2009, Cuiabá. **Resumos do XVIII Encontro Brasileiro de Ictiologia**, 2009.

CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Módulo 1, resumo executivo: proposta de apreciação do plenário do CBHSF (2004-2013)**. 2004.

CECCATO, L. **Three Essays on participatory processes and Integrated Water Resource Management in developing countries**. 2012. 126 f. Tese de Doutorado -



Programa em Analysis and Governance of Sustainable Development, Universidade Ca'Foscari de Veneza, Veneza, 2012.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Resolução nº 129 de 29-6-2011. Diretrizes para definição de vazões mínimas remanescentes. 2011.

COSTANZA, R. Social Goals and the Valuation of Natural Capital. **Environmental Monitoring and Assessment**, p. 19-28, 2003.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, PAUL; VAN DER BEL, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 15 may 1997.

DALLAS, H. F. **River Health Programme: Site Characterization field-manual and field-data sheets**. Prepared for Resource Quality Services Department of Water Affairs and Forestry, 2005.

DALY, H.; FARLEY, J. **Economia Ecológica: princípios e aplicações**. Porto Alegre, RS: Instituto Piaget-Divisão Brasil, 2009.

DUNBAR, M. J.; GUSTARD, A.; ACREMAN, M. C.; ELLIOTT, C. R. N. Review of overseas approaches to setting river flow objectives. **Environment Agency R&D Technical Report W6B**, v. 96, n.4. Institute of Hydrology: Wallingford, United Kingdom, 1998, 61 p.

DYSON, M.; BERGKAMP, G.; AND SCANLON, J. **Flow: The Essentials of Environmental Flows**. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2004.

ECO92 – EARTH SUMMIT, **United Nations Conference on Environment and Development** (UNCED), Rio de Janeiro, 3-14/06/1992.

EEKHOUT, S.; KING, J. A.; WACKERNAGEL, A. **Classification of South African Rivers**. Volume 1. Final Report. Department of Environmental Affairs and Tourism, Pretoria, 1997, 125 p.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY of United States. Revision of the Rapid Bioassessments Protocols for use in stream and rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington, D.C. 1996.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 1998. 602 p.

EUROPEAN COMMUNITIES. **The European Water Framework Directive (WFD)**. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy, 2000.

FARLEY, J. Conservation Through the Economics Lens. **Environmental Management**, v. 45, p. 26-38, 2010.

FERREIRA, C.P. E CASATTI, L. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. **Biota Neotrop.**, Vol. 6, no. 3, 2006.

FUNTOWICZ, S. O.; RAVETZ, J. R.. Emerging complex systems. **Futures**, v. 26, n. 6, 1994.

FUNTOWICZ, S., MARTINEZ ALIER, J.; MUNDA, G.; RAVETZ, J. R. **Information tools for environmental policy under conditions of complexity**. Copenhagen DK: European Environment Agency, 1999.

GARJULLI, R. **Evolução da Organização e Implementação da Gestão de Bacias no Brasil**. Conferencia Internacional de Órgãos de Bacia. Madrid: CIOB, 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2005. 658 p.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP. **Integrated Water Resources Management**. TAC Background Paper 4, Global Water Partnership, Stockholm, Sweden. 2000.

GRIFFIN, L. 2007. All aboard: power, participation and governance in the North Sea regional advisory council, **International Journal of Green Economics**, Vol.1, Nos.3/4, pp.478-493.

GROOT, R. S. de; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, Elsevier BV. v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002.

GROWNS, I.; KOTLASH, A. Environmental flow allocations for the Hawkesbury-Nepean River system: a review of information. **Australian Water Technologies EnSight Report**: Australian, n. 94/189, 1994, 55 p.

HIDROWEB, **Caracterização da bacia**. (2007). Página consultada em 3/08/2011: <http://hidroweb.ana.gov.br/cd6/saofrancisco/sedimentos/bacia.doc>

INSTREAM FLOW COUNCIL. **Instream Flows for Riverine Resource Stewardship**. USA: Instream Flow Council, 2002.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT. Dublin: [s.n.], 1992.

JACIMOVIC, R.; O'KEEFFE, J. Sharing Waters: Healthy river basins and wetlands in the Dinaric Arc. Report on EFA Guide N° 9E0752.01. Delft, September, 2008.

JOWETT, I.G. Instream flow methods: a comparison of approaches. **Regulated Rivers: Research and Management** v. 13, n. 2, p. 115–127, 1997.

KARR J. R. Biological Monitoring: Challenges for the future. In: LOEB S. L.; SPACIE, A. (Eds.) **Biological Monitoring of Aquatic systems**. USA: CRC Press LLC, 1994.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27, 1981.

KATZ, D. Going with the Flow: Preserving and Restoring Instream Water Allocations. In: GLEICK, P. (Ed.) **The World's Water: 2006-2007**. Island Press, 2006.

KING, J. M. **Quantifying the amount of water required for maintenance of aquatic ecosystems. Water law Review.** Discussion document for policy development. Report for the Department of Water Affairs and Forestry. Aug 1996. Pretoria. 1996. 31 p.

\_\_\_\_\_; BROWN, C.; SABET, H. A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. **River Res. Applic.** v. 19, p. 619–639, 2003.

\_\_\_\_\_; LOUW, D. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 1, p. 109-124, 1998.

\_\_\_\_\_; THARME, R. E.; BROWN, C. A. **Definition and Implementation of Instream Flows. Thematic Report for the World Commission on Dams.** Southern Waters Ecological Research and Consulting: Cape Town, South Africa. 1999.

KING, J. M.; THARME, R. E.; VILLIERS, M. (eds). **Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology.** Water Research Commission Technology Transfer Report n. TT131/00. Water Research Commission: Pretoria, South Africa, 2000.

\_\_\_\_\_; **Environmental flow assessments for rivers: manual for the building block methodology.** WRC Report n. TT 354/08. Water Research Commission: University of Cape Town, 2008.

KING, J. M.; THARME, R. E. **Assessment of the Instream Flow Incremental Methodology and initial development of alternative instream flow methodologies for South Africa.** Water Research Commission Report n. 295/1/94. Pretoria: Water Research Commission, 1994. 590p.

KLEYNHANS, C. J. A qualitative procedure for the assessment of the habitat integrity status of the Luvuvhu River (Limpopo system, South Africa). **Journal of Aquatic Ecosystem Health**, v. 5, p. 41-54, 1996.

KOTZE, P. J. **The ecological integrity of the Klip River and the development of a sensitivity weighted fish index of biotic integrity (SIBI).** PhD thesis. Department of Zoology. University of Johannesburg, 2008.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, W. P. **Fluvial Processes in Geomorphology.** New York: Dover Publishing, Inc. New York, 1964.

LIKERT, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, 140, p. 5-55, 1932.

LITTLE, P. E. Ecologia política como etnografia: um guia teórico e metodológico. **Horizonte antropológico**, vol.12, n.25, p.85-103, jun 2006.

MACHADO A. T. M. A construção de um programa de revitalização na bacia do rio São Francisco, **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

MACKAY, H. Appendix 1. In: KLEYNHANS, C. J.; HILL, L. Preliminary ecoregional classification system for South Africa. Department of Water Affairs and Forestry. **Resource Directed Measures for Protection of Water Resources**. Volume 3: River Ecosystems Version 1.0, Pretoria. 1999.

MARTÍNEZ, A. J. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração**. Trad. Mauricio Waldman. São Paulo: Contexto, 2007.

MEDEIROS, Y.; PINTO, I. M.; STIFELMAN, G. M.; FARIA, A. S.; PELLI, J. C. S.; RODRIGUES, R. F.; SILVA, E. R.; COSTA, T.; BOCCACIO, M. X.; SILVA, E. B. G. **Participação Social no Processo de Alocação de Água, no Baixo Curso do Rio São Francisco**. Projeto de pesquisa MCT/CNPq/CT-Hidro no 45/2006. 2010.

METSI CONSULTANTS. **Consulting services for the establishment and monitoring of the instream flow requirements for river courses downstream of the Lesotho Highlands Water Project dams**. Final Report summary of main findings. Task 6 Report Series: the IFR monitoring programme. Report No. LHDA 648-F-02. Maseru, Lesotho, 2000.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **BiotaNeotropica**, v. 1, n.1/2, 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>> Acesso em ago 2012.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

\_\_\_\_\_. **Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC. 2009.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD A. C. Avaliação rápida de integridade ambiental das subbacias do rio Itajaí-Mirim no município de Brusque, SC. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 21-27, 2004.

O'KEEFFE, J. **Anotações do Mini-Curso sobre Avaliação da Vazão Ambiental**. Não Publicado. Salvador, Novembro, 2008.

O'KEEFFE, J.; LE QUESNE, T. **Keeping Rivers Alive: A Primer on Environmental Flows**, [S.I.]: WWF Water Security Series. 2009.

O'KEEFFE, J.; QUESNE, T. L. **An Overview of Environmental Flows and Their Assessment for All Levels of Users**. Keeping Rivers Alive: Managing Water Resources for Sustainable Use. Draft. 2000.

ODUM, E. P. **Fundamentals of Ecology**. 3ª ed. London: W. B. Saunders Co., 1971. 310 p.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 7ª. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

OLIVEIRA, A. M. **Estudo hidro-dinâmico e sedimentológico do baixo São Francisco, estuário e zona costeira adjacente**: AL/SE, Resumo executivo. Maceió: UFAL, 2003. 35 p.

PEARCE, D.; ATKINSON, G.; MOURATO, S. **Cost-Benefit Analysis and the Environment. Recent Developments.** [S.I.]: OECD Publishing. 2006.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M. Distribuição espacial das variáveis hidrológicas na bacia do rio São Francisco, **Rev. Engenharia na Agricultura**, v.11, p. 32-42, 2003.

PINTO, B. C. T.; ARAUJO, F. G.. Assessing of biotic integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a tropical river in Brazil. **Braz. arch. biol. technol.**, Curitiba, v. 50, n. 3, May 2007

POFF, L. N. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **J. N. Am. Benthol. Soc.** v. 16, p. 391-409, 1997.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M.; KARR, J.; PRESTEGAARD, K.; RICHTER, B.; SPARKS, R.; STROMBERG, J. The natural flow regime. **Bioscience**, v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997.

POFF, N. R.; ALLAN, J. D.; PALMER, M. A.; HART, D. D.; RICHTER, B. D. River Flows and water wars: emerging science for environmental decision making. **Frontiers in Ecology and Environment**, v. 1, n. 6, p. 298-306, 2003.

POSTEL, S.; RICHTER, B. **Rivers for Life: Managing water for people and nature.** Washington, D.C: Island Press, 2003.

REED, MARK S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review, **Biological Conservation** 141, no. 10: 2417-2431.

RENN, O. 2006. Participatory processes for designing environmental policies, **Land Use Policy** Vol.23, No.1, pp. 34-43.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 501p.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n 3, p. 143-155, 2008.

ROUX, D. J. **National Aquatic Ecosystem Biomonitoring Programme:** Overview of the design process and guidelines for implementation. NAEBP Report Series n. 6. Institute for Water Quality Studies, Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria, South Africa, 1997.

SARMENTO, R. **O estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo.** [S.I.]: Unesco/ANA, CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, 2007.

STATZNER, B.; HIGLER, B. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. **Freshwater Biology**, v. 16. p. 127-139, 1986.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. G. Gerenciamento da qualidade da água de represas. In: \_\_\_\_\_. (Eds.). **Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos**. ILEC-IIE. v. 9. 2000. 258 p.

TENNANT D.L., Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. **Fisheries**, v.1, n.4, p. 6–10, 1976.

THARME, R. E. **International trends in the development and application of environmental flow methodologies**: a review. Water Research Commission Technology Transfer Report. Pretoria: Water Research Commission, 2000.

THARME, R. E. **Review of international methodologies for the quantification of the instream flow requirements of rivers**. Water law review. Final report for policy development. Commissioned by the Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria. Freshwater Research Unit. Cape Town: University of Cape Town, 1996. 116 p.

THARME, R. E., A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. **River Research and Applications**, v. 19, p. 397-441, 2003.

THARME, R. E.; KING, J. M. Development of the Building Block Methodology for instream flow assessments, and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems. **Water Research Commission Report**, n. 576/1/98. 1998. 452 p.

TOMPKINS, J. M., **Evaluating the sustainability of impounded river systems and the cost-effectiveness of dam projects: An ecosystem services approach**. Annual AARES National Conference. Melbourne, 2011. 37 p.

TUNDISI, J. G. Bases ecológicas para o desenvolvimento sustentado. In: CASTELLANO, E. C.; CHAUDHRY, F. H. (Eds.). **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias**. São Carlos: EESC-USP, 2000. p. 3-6.

TUNDISI, J. G. Represas do Paraná superior: limnologia e bases científicas para o gerenciamento. In: BOLTOVSKOY, A.; LÓPEZ, H. L. (eds.) **Conferências de limnologia**. La Plata: Instituto de Limnologia “Dr. R.A. Ringuelet”, p. 41-52, 1993.

TUNDISI, J. G., Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios. **Conferência de abertura do VII Congresso Brasileiro de Limnologia**. Instituto Internacional de Ecologia, 1999. 24 p.

UFBA, **Volume 1 – Diagnóstico e Identificação do problema**. Relatório do Estudo do Regime de vazões ambientais a jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía do Iguape. Salvador, Dezembro 2010.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar**: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008.

WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and Development: a new Framework for Decision-Making.** London: Earthscan Publications, 2000.