

Capítulo 63 - DOI:10.55232/1084002063

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NO CONTEXTO
PERIURBANO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO
PAULO – RMSP - COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO
DOS IMPACTOS SOBRE A GESTÃO SUSTENTÁVEL DA
ÁGUA**

Alejandro Dorado, Milton G.Melero

RESUMO: No âmbito da implantação dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) e do Programa de Pesquisa Cidades Globais, do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA/USP), a saúde e a sustentabilidade em cidades, junto com a gestão urbana são duas linhas de pesquisa no cenário de preservação dos serviços ecossistêmicos e mudanças climáticas. Hoje é conhecida a relação que existe entre qualidade ambiental, serviços ambientais e governança socioambiental, mas há poucos trabalhos que permitam estabelecer comparações de cenários entre essas variáveis, no espaço geográfico periurbano. Esta pesquisa buscou diagnosticar as condições ambientais do contexto periurbano da Região do Sistema de Abastecimento de Água da Represa Paiva Castro, Mairiporã, São Paulo, sua relação com os serviços ambientais, notadamente a segurança da água potável e o desenvolvimento de ferramentas para sua gestão e a avaliação dos impactos ambientais dos processos de urbanização.

Palavras-chave: Governança Socioambiental, Gestão de Bacias Hidrográficas, Plano de Segurança da Água

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de identificar e caracterizar, no âmbito dos processos de gestão ambiental, os principais problemas relacionados à saúde ambiental nos centros urbanos brasileiros e no seu entorno tornou-se uma questão de fundamental importância para discutir as bases conceituais e práticas do planejamento, suas políticas, projetos e estratégias. Esta pesquisa visou atender esse objetivo, através da avaliação ambiental dos serviços ambientais no contexto periurbano, com foco na disponibilidade de recursos hídricos e o Plano de Segurança da Água, na região do sistema de abastecimento Paiva Castro, SP e a identificação e o estabelecimento de metodologias e indicadores, para implementar um modelo de avaliação e monitoramento da saúde ambiental da área estudada.

1.1 Os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável

Em agosto de 2015 a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável finalizou as negociações para a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ou Objetivos Globais, seguindo mandato originado na Conferência Rio+20 (PNUD, 2019). Assim, os ODS, que são ações globais contra a pobreza, proteção do planeta e garantia de paz e prosperidade, orientam as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional, para os próximos quinze anos, sucedendo e atualizando os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Os ODS estão divididos em 17 Objetivos e 169 metas, envolvendo temáticas diversificadas, como erradicação da pobreza, segurança alimentar e agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, água e saneamento, energia, crescimento econômico sustentável, infraestrutura, redução das desigualdades, cidades sustentáveis, padrões sustentáveis de consumo e de produção, mudança do clima, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, sociedades pacíficas, justas e inclusivas e meios de implementação.

Nesse contexto, o Brasil tem um papel importante a desempenhar na promoção da Agenda 2030 e as inovações brasileiras, em termos de políticas públicas, também são vistas como contribuições para a integração das dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável. A posição brasileira em torno da negociação da Agenda e dos ODS, após seminários e oficinas de discussão onde participaram todas as partes interessadas, deu como resultado um

documento chamado "Elementos Orientadores da Posição Brasileira" e, em 2016, a criação da Comissão Nacional para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (CNODS). Essa Comissão, colegiada, paritária e consultiva é um mecanismo de coordenação e de acompanhamento nacional da Agenda 2030 (Plataforma Agenda 2030, 2019) e do alinhamento entre as políticas públicas nacionais e os ODS e que tem como meta a articulação, mobilização e o diálogo entre os entes federativos, a sociedade civil e o setor privado.

Este trabalho adere aos ODS e às linhas de pesquisa: i) ambiente, saúde e sustentabilidade e ii) gestão urbana e sustentabilidade e têm como marco os ODS e objetivos enunciados a continuação.

- Objetivo 3: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- Objetivo 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;
- Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
- Objetivo 13: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.

Especificamente, as metas do Objetivo 6 visam alcançar, até 2030, o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos, assim como o saneamento universal a melhora na qualidade da água, aumentar a eficiência do uso do recurso e implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis.

Por outro lado, os objetivos acima elencados, em áreas como a Região do Sistema de Abastecimento de Água Paiva Castro, São Paulo visam a que as pessoas que habitam nesse espaço geográfico possam enfrentar os impactos socioambientais do processo de urbanização crescente e aumentar a qualidade de vida na região.

A abordagem dessa problemática requer uma visão transdisciplinar que busque o conhecimento necessário, para embasar a criação de um modelo de metrópole e seu entorno (espaço periurbano), que atenda à demanda da sociedade por uma melhor qualidade de vida da forma mais justa, plena e sustentável possível.

1.2 O Espaço Periurbano

Inserido no âmbito da expansão de áreas agrícolas, diminuição de áreas naturais e aumento da urbanização, o tradicional binômio rural - urbano, com mais de dez mil anos de interação (Gutman, 2007) e seu histórico intercâmbio de produtos, pessoas, serviços e governança, hoje não está dando resposta aos crescentes problemas dos impactos associados à demanda energética (entendida como insumo), do (até agora), irreversível processo de urbanização. Nesse contexto rural x urbano existe um aumento da marginalização da população rural e o deterioro de recursos naturais.

No espaço delimitado entre as cidades e as áreas de produção energética (alimentos, combustíveis, etc.) para seu sustento há um *mix* de situações, com diferentes usos e cobertura do solo, que pode ser definido como espaço periurbano. Neste espaço a cidade torna-se difusa e fragmentada (suburbanização e periurbanização). Aqui é onde hoje se observam os conflitos entre os usos do solo urbano e rural (Vale & Gerardi, 2006) e consumo da base de recursos naturais.

Neste espaço geográfico, o periurbano, é onde se observam conflitos ambientais com mais intensidade, como consequência do consumo do solo, água, deterioro da qualidade do ar, da água, do solo, a perda de biodiversidade, o aumento da vulnerabilidade socioambiental a eventos extremos, principalmente mudanças climáticas locais e adensamento de áreas de risco, dentre outros. Esse consumo de funções naturais está hoje no centro do debate, assim como a capacidade de provisão, por parte do ambiente natural, para seu uso e com o menor custo possível para sua reposição (seja ela natural ou antrópica).

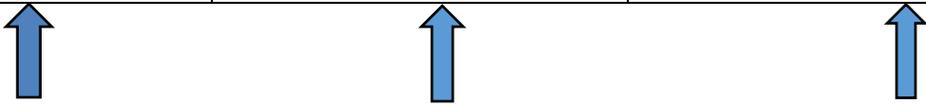
Estas funções da natureza foram foco de atenção de vários trabalhos no final do século passado (Groot, 1992; Costanza *et al.*, 1997; Daily, 1997) e forneceram o marco teórico para a avaliação dos chamados serviços ecossistêmicos ou ambientais (SE).

1.3 Os Recursos Hídricos e os Serviços Ambientais

Os câmbios no uso e na cobertura das terras nas regiões de transição urbano-rural (periurbanas) modificam o acesso aos serviços ambientais (provisão, regulação, manutenção e culturais) (**Figura 1.3.a**). As consequências dessas mudanças traduzem-se em impactos socioambientais, que precisam de métodos para sua detecção, avaliação e mitigação.

Figura 1.3.a

Classificação dos Serviços Ecossistêmicos

Serviços de provisão	Serviços de regulação	Serviços culturais
<i>Produtos obtidos dos ecossistemas</i> Ex.: alimentos, água potável, fibras, matérias-primas, recursos genéticos, combustíveis	<i>Benefícios obtidos da regulação de processos naturais</i> Ex.: qualidade do ar, da água e do solo, clima, ciclo hidrológico, saúde, prevenção de riscos naturais, polinização	<i>Benefícios imateriais obtidos dos ecossistemas</i> Ex.: recreação, turismo, valores éticos e espirituais, valores educacionais, religiosos e de inspiração, herança cultural
 <p>Serviços de suporte</p>		
<p><i>Base para a produção e manutenção dos outros serviços</i></p> <p>Ex.: Hábitat, ciclos biogeoquímicos, ciclo da água, produção primária, formação do solo</p>		

Fonte: Dorado, 2018

Hoje, entender os assentamentos urbanos e sua estrutura de organização no território, assim como sua interferência no meio ambiente tornam-se desafios dentro da lógica da sustentabilidade. Nesse contexto, a compreensão dos processos de urbanização e os impactos que a cidade produz na região na qual está inserida são de vital importância.

Nesse sentido, no Brasil, já na década de 1990 o geógrafo Milton Santos analisava o processo de concentração de pessoas nas cidades não como a urbanização da sociedade e sim, como a urbanização do território. Assim, é o território e sua leitura como paisagem¹, onde o grande desafio é a análise das correlações ou *trade-offs* entre o uso e a cobertura, seus câmbios e as análises espaciais e temporais.

Assim, dentro de uma abordagem política e econômica, o processo de urbanização é reflexo da relação direta que existe entre a cidade e a região onde está inserida. Esse processo traz consigo a consequente mudança nos usos do solo, impactos socioambientais e pressão por recursos naturais (Limonad, 2005). Já do ponto de vista ecológico, esse processo de urbanização produz mudanças na paisagem, altera a composição da diversidade biológica e aumenta a pressão sobre os serviços ambientais.

¹ Paisagem para Forman & Godron (1986) refere-se a uma área heterogênea formada por agrupamentos de ecossistemas que se repetem de uma maneira similar de uma região a outra e interagem entre si.

Nesse contexto, a capacidade de carga dos ecossistemas para dar resposta às demandas por recursos naturais, para o consumo da sociedade está atingindo níveis que colocam os serviços ambientais no centro do debate sobre a sustentabilidade. Os diferentes tipos de impactos ambientais da espécie humana (urbano industrial, energético minerador e agrossilvopastoril) geram perguntas sobre a irreversibilidade do deterioro socioambiental crescente (Dorado, 2017). Por outro lado, para uma correta definição desses serviços também devem ser consideradas as escalas temporal e espacial. Obviamente um serviço ambiental obtido, por exemplo água, deve ser avaliado no contexto da bacia hidrográfica e ao longo do tempo. Neste sentido, os serviços ambientais se apresentam com um grau de dificuldade, em termos de avaliação, similar à sustentabilidade (Dorado, 2014).

Neste trabalho são propostas ferramentas metodológicas e formas de produzir indicadores viáveis para a gestão desses serviços ecossistêmicos, notadamente os recursos hídricos, dentro de um contexto de urbanização crescente, onde os espaços de transição entre as áreas urbanas, agrícolas e naturais exerce um papel cada vez mais importante.

1.4 O Plano de Segurança da Água

O Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5/17, do Ministério da Saúde, abriu o debate sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Seu principal objetivo era garantir a qualidade da água para consumo humano.

Hoje, mediante a Portaria 888/21 do GM/MS, que altera o Anexo XX da Portaria 5/17, insere-se no Brasil o Plano de Segurança das Águas (PSA), com base nos conceitos e nas definições da Organização Mundial da Saúde (OMS), para identificar e priorizar riscos que possam surgir em um sistema de abastecimento de água, desde a captação da água bruta até a entrega no cavalete.

O Plano de Segurança da Água é um documento que descreve o método e as ações a desenvolver para a gestão de riscos de um sistema de abastecimento de água para consumo humano, contemplando aspectos referentes à captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, além de indicar ações preventivas e corretivas de proteção à saúde coletiva e ao meio ambiente.

Nesta perspectiva, a implementação de planos de segurança da água (PSA) em mananciais de abastecimento, a identificação de perigos e a avaliação e gestão de riscos na escala da bacia

hidrográfica constituem elementos essenciais para a implementação de estratégias em planos de gestão de bacias.

O PSA como ferramenta de gerenciamento da qualidade da água, com base na prevenção de risco requer, conforme preconizado pela OMS, o desenvolvimento de planos de gestão que sejam capazes de proteger e controlar o processo de abastecimento da água. Esse processo associa e adapta ferramentas metodológicas de avaliação e gerenciamento de risco à saúde humana e os sistemas de abastecimento de água desde a captação até o consumidor.

2. JUSTIFICATIVA

São conhecidas as limitações que as regiões periurbanas apresentam em termos de universalização de qualidade de vida. Assim, os objetivos gerais do Centro de Síntese Cidades Globais (CSCG) do IEA/USP podem ser a base para a elaboração de metodologias interdisciplinares, com vistas à geração de conhecimento para a elaboração de propostas de modelos que dêem respostas às necessidades da população por qualidade de vida, na forma mais eficaz e eficiente. Nesse sentido, o acesso aos SE e em particular a água torna-se fundamental.

Ao mesmo tempo, a execução desta pesquisa visou o alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU para permitir a reflexão nos grupos de estudo do IEA sobre o papel das cidades e a ocupação do seu entorno, na qualidade de vida da população, assim como a discussão de tecnologias sociais, ambientais e urbanas inovadoras, principalmente no desafio urbano da segurança hídrica.

Por outro lado, as análises dessa problemática, até agora, tiveram poucas iniciativas e, no âmbito do Programa Cidades Globais, esse espaço geográfico precisa estar no mesmo nível de debate que as áreas urbanas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Diagnosticar a situação ambiental das áreas periurbanas da região do sistema de abastecimento da represa Paiva Castro, em termos dos ODS, visando à obtenção de um marco

referencial para a avaliação dos serviços ambientais em geral e os hídricos em particular, no âmbito do espaço geográfico urbano - rural.

3.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver uma metodologia de identificação, caracterização e análise do vínculo entre a qualidade ambiental, com foco nos recursos hídricos, através de modelos qualitativos e quantitativos para simulação de cenários evolutivos e novas situações no espaço periurbano da região do sistema de abastecimento Paiva Castro;
- Elaborar modelos de segurança da água para a implementação de políticas de saúde ambiental de âmbito regional e em particular no espaço periurbano da represa Paiva Castro;
- Desenvolver uma metodologia de avaliação da segurança da água, para incentivar o processo de desenvolvimento sustentável, no espaço periurbano do sistema de abastecimento de água da represa Paiva Castro;

4. A ÁREA DE ESTUDO

O Sistema Cantareira, com capacidade de abastecer 9 milhões de pessoas na RMSP (**Figura 4.a**) tem capacidade de produzir 33.000 l/s para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Este sistema foi construído para captar e fornecer água para vários municípios próximos à cidade de São Paulo e à região norte da capital paulista. Assim, entre 1965 e 1975 foram executadas obras para formar os reservatórios Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. Entre 1975 e 1981 foram acrescentados os reservatórios Jaguarí e Jacaré. Todo esse sistema faz a transposição das águas entre as bacias do rio Piracicaba e do Alto Tietê (IPÊ, 2017). O rio Juqueri recebe a água de transposição e escoar até o reservatório Paiva Castro, onde a água é bombeada na estação elevatório Santa Inês até o reservatório de Águas Claras, ETA Guaraú e posterior distribuição para a Grande São Paulo (**Figura 4.b**).

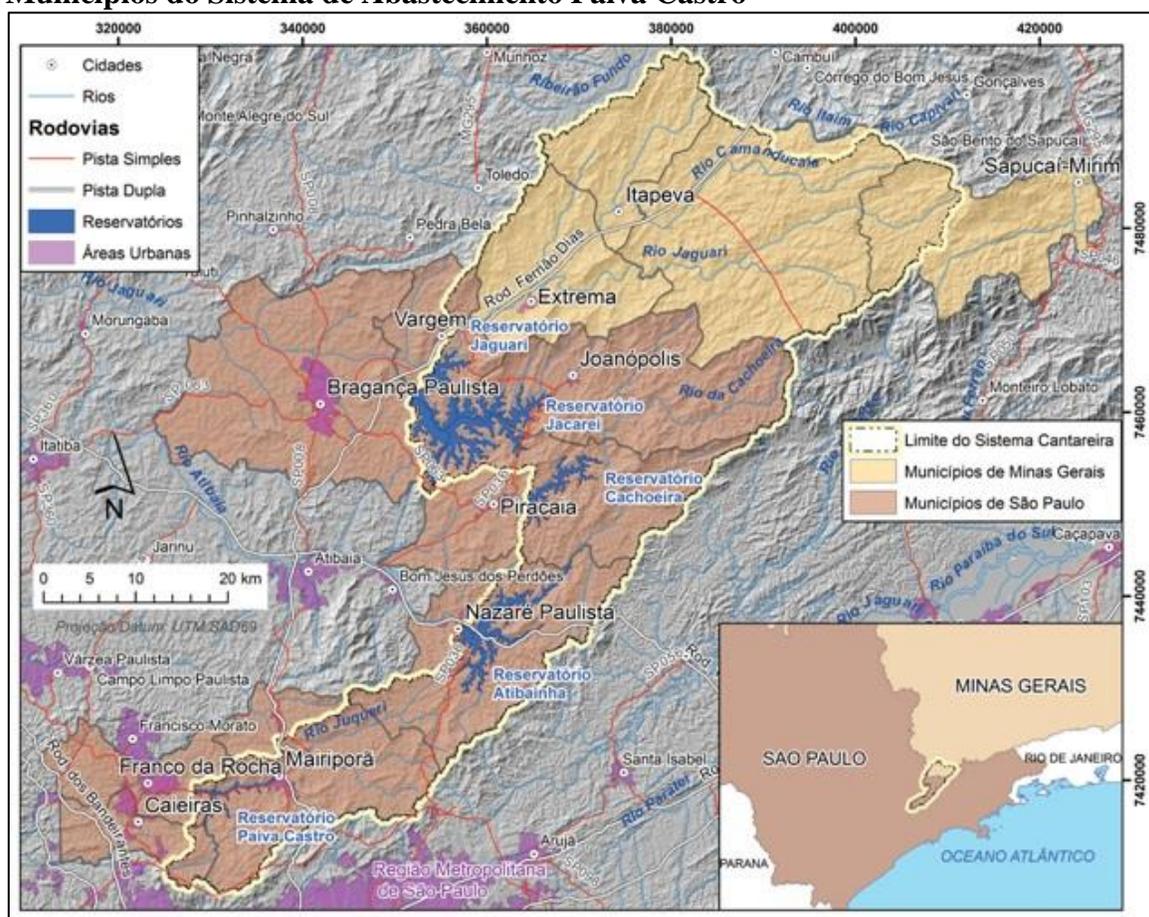
Da capacidade total do Sistema Cantareira (33 mil l/s), 31 mil tem origem na Bacia do Rio Piracicaba e 2 mil são produzidos pela Bacia do Alto Tietê (rio Juqueri). A área de contribuição deste sistema de abastecimento é de 227.802 ha (**Tabela 4.a**).

Tabela 4.a
Características dos reservatórios do Sistema Cantareira

Reservatório	Ano de Operação	Área alagada (ha)	Área de contribuição	Vazão para o sistema (l/s)	Vazão afluente média (l/s)
Paiva Castro	1973	445	33.715	2.000	4.700
Atibainha	1975	2.035	31.434	4.000	6.000
Cachoeira	1972	809	39.202	5.000	8.400
Jaguari-Jacareí	1982	4.895	123.452	22.000	25.100
TOTAL		6.653	227.802	33.000	44.200

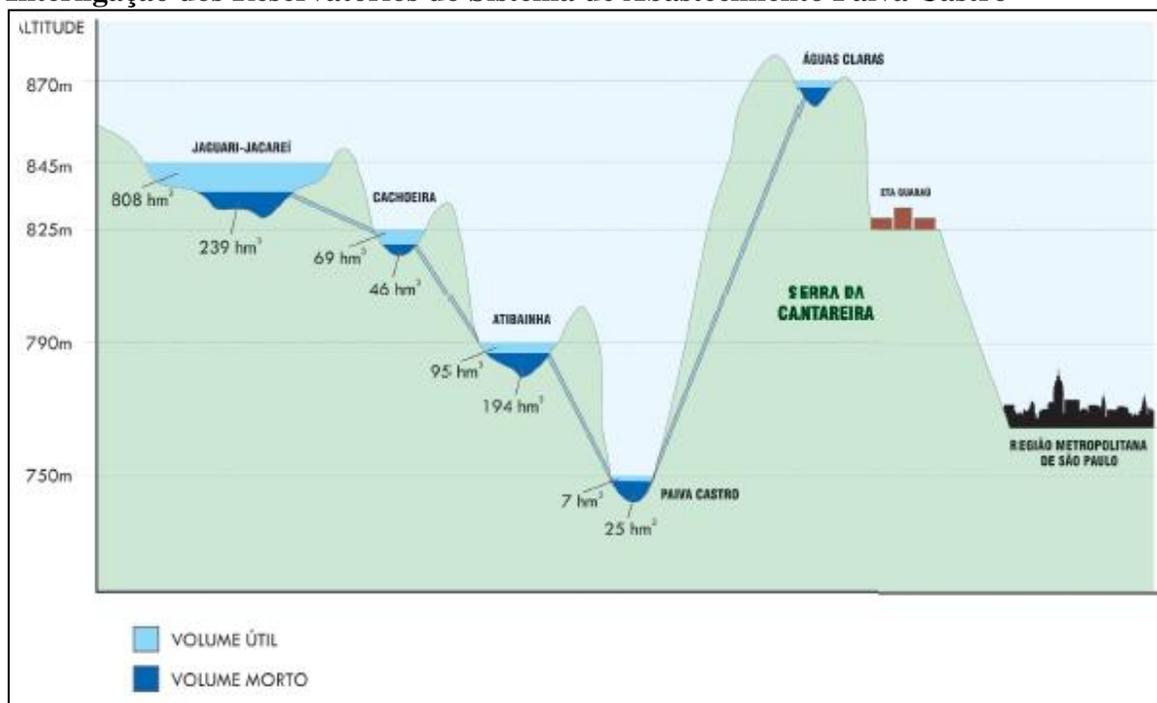
Fonte: ANA/DAEE, 2013

Figura 4.a
Municípios do Sistema de Abastecimento Paiva Castro



Fonte: IBGE, *apud* IPÊ, 2017.

Figura 4.b
Interligação dos Reservatórios do Sistema de Abastecimento Paiva Castro

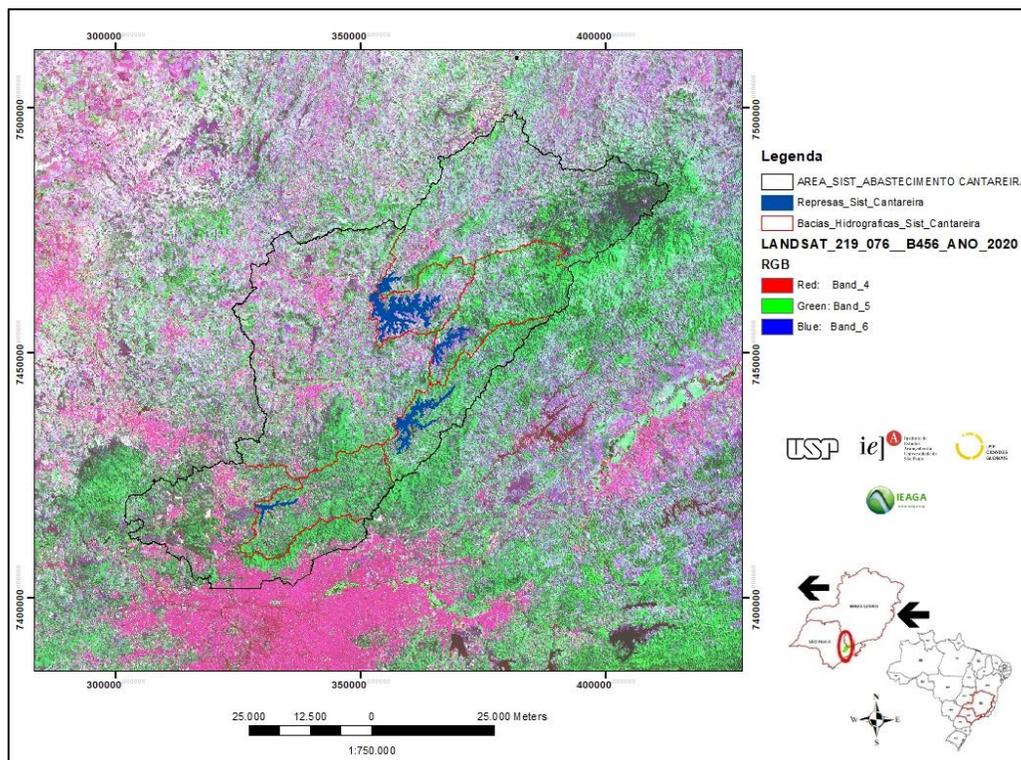


Fonte: ANA/DAEE, apud IPÊ, 2017.

O Sistema Cantareira abastece 9 milhões de pessoas na RMSP, dentro de 12 municípios dos Estados de São Paulo (Bragança Paulista, Caieiras, Franco da Rocha, Joanópolis, Nazaré Paulista, Mairiporã, Piracaia e Vargem) e Minas Gerais (Extrema, Camanducaia, Itapeva e Sapucaí-Mirim). Os municípios de Extrema, Itapeva e Joanópolis tem a totalidade dos territórios inseridos no Sistema e os municípios de Bragança Paulista, Caieiras e Franco da Rocha tem menos de 1% da sua área dentro do Sistema (IPÊ, 2017).

Na **Figura 4.c** podem ser observadas as 7 bacias hidrográficas que compõem o Sistema Cantareira. A imagem de satélite Landsat do ano 2000, em composição cor verdadeira permite identificar os quatro reservatórios do sistema, assim como as áreas urbanas.

Figura 4.c
Bacias Hidrográficas do Sistema de Abastecimento Paiva Castro

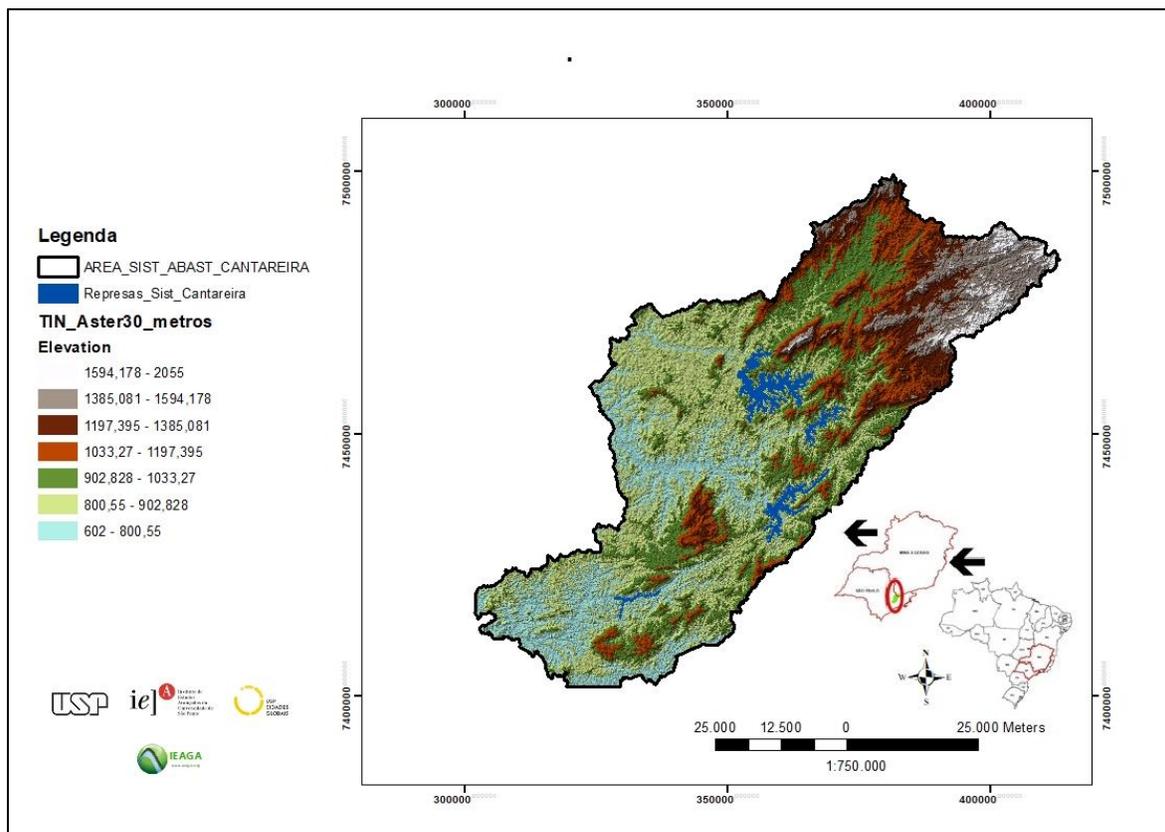


Fonte: INPE, 2021

O modelo numérico do terreno, criado a partir da manipulação de dados no ambiente de informações geográficas, ArcGis, com base em malha triangular (*grade TIN - Triangular Irregular Network*) permite visualizar a região objeto em forma tridimensional. Assim, as áreas mais altas são registradas na região nordeste do Sistema Cantareira (municípios de Camanducaia e Sapucaí-Mirim). As áreas com maiores declividades são importantes para o escoamento superficial das águas de chuva e deixando os solos mais susceptíveis à erosão e movimentos de massa com impactos na qualidade da água (**Figura 4.d**). A altitude varia entre 745 a 2.038 m. As áreas mais baixas (menores a 800m se localizam nos municípios de Mairiporã e Nazaré Paulista.

Figura 4.d

Modelo Numérico do Terreno (MNT) da região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro



A região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro, sob o ponto de vista geológico, é resultante de processos orogênicos com grande variabilidade de rochas e apresenta grande fragilidade aos processos erosivos. Os solos (**Figura 4.e**) que ocorrem na região são, principalmente, Latossolos-Vermelho-Amarelo (distrófico e ácrico) e Argissolos Vermelho-amarelo (alúmico e distrófico).

Toda a área da região está recoberta por sedimentos recentes, depósitos Quaternários, onde predominam planaltos, planícies e depressões (**Figura 4.f**), do Cinturão Orogrênico do Atlântico com grande complexidade geológica (Governo do Estado de São Paulo, 2020).

Na região existem quatro unidades de conservação de proteção integral (Parques Estaduais Cantareira, Itapetinga, Itaberaba, Juquery e o Monumento Natural da Pedra Grande) e duas de uso sustentável (APA Fernão Dias e APA Cantareira) (**Figura 4.g**).

Com o objetivo de proteger os recursos hídricos desta região foi criada, em 04/12/98 a Área de Proteção Ambiental (APA) do Sistema Cantareira (lei nº 10.111/98) abarcando os municípios

de Mairiporã, Atibaia, Nazaré Paulista, Piracaia, Joanópolis, Vargem e Bragança Paulista, totalizando uma área de 254.027,50 ha (**Figura 4.h**). O Plano de Manejo da APA prioriza 4 linhas de pesquisa prioritárias: i) proteção de recursos hídricos, ii) influência de rodovias sobre o território da APA, iii) gestão participativa - influência do Conselho Gestor e iv) serviços ambientais. A APA está inserida no ecótono entre florestas ombrófilas e estacionais e com grande influência na estabilidade hídrica e geológica de mananciais e formando parte de um corredor entre Floresta Atlântica, Serra da Cantareira, Serra do Mar, Paranapiacaba e Serra da Mantiqueira (ESP, 2020).

Figura 4.e
Classes de solo na região do Sistema de Abastecimento de Água Paiva Castro

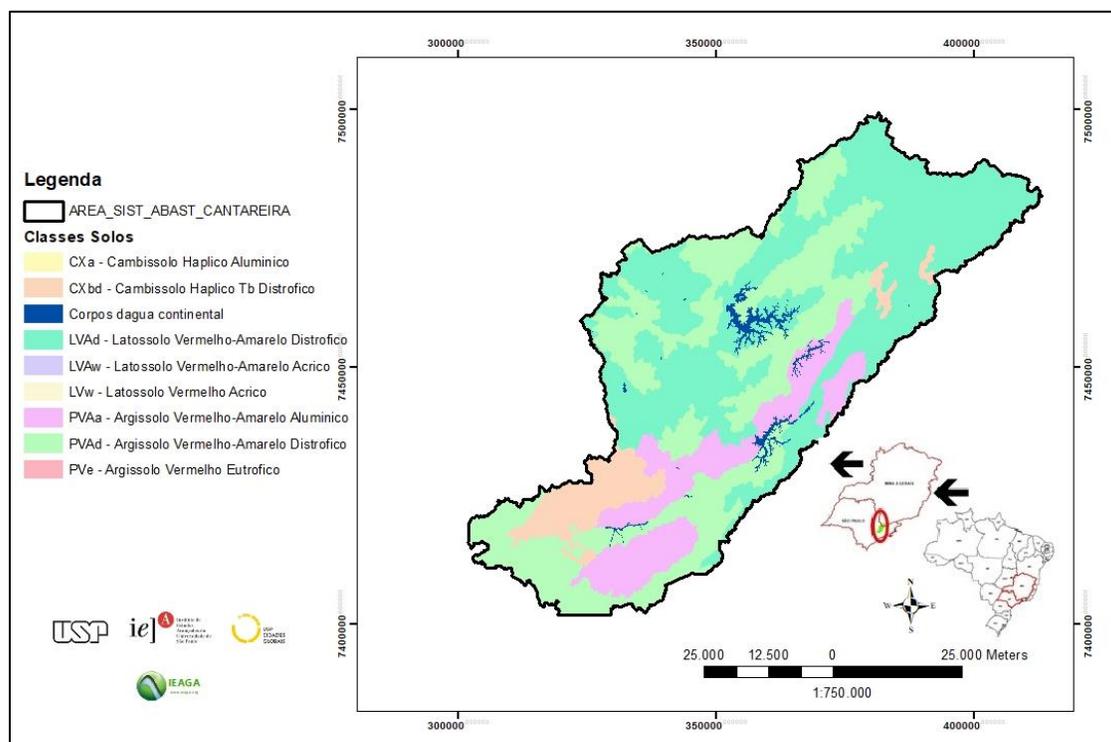


Figura 4.f
Geomorfologia regional do Sistema de Abastecimento de Água Paiva Castro

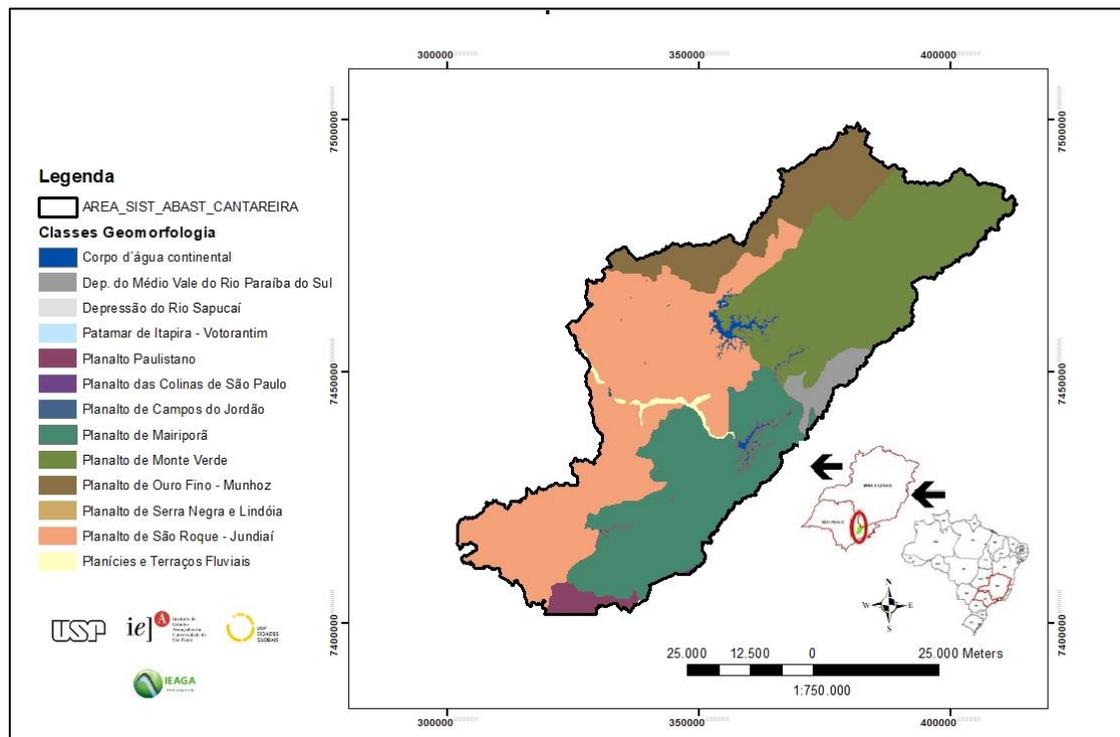
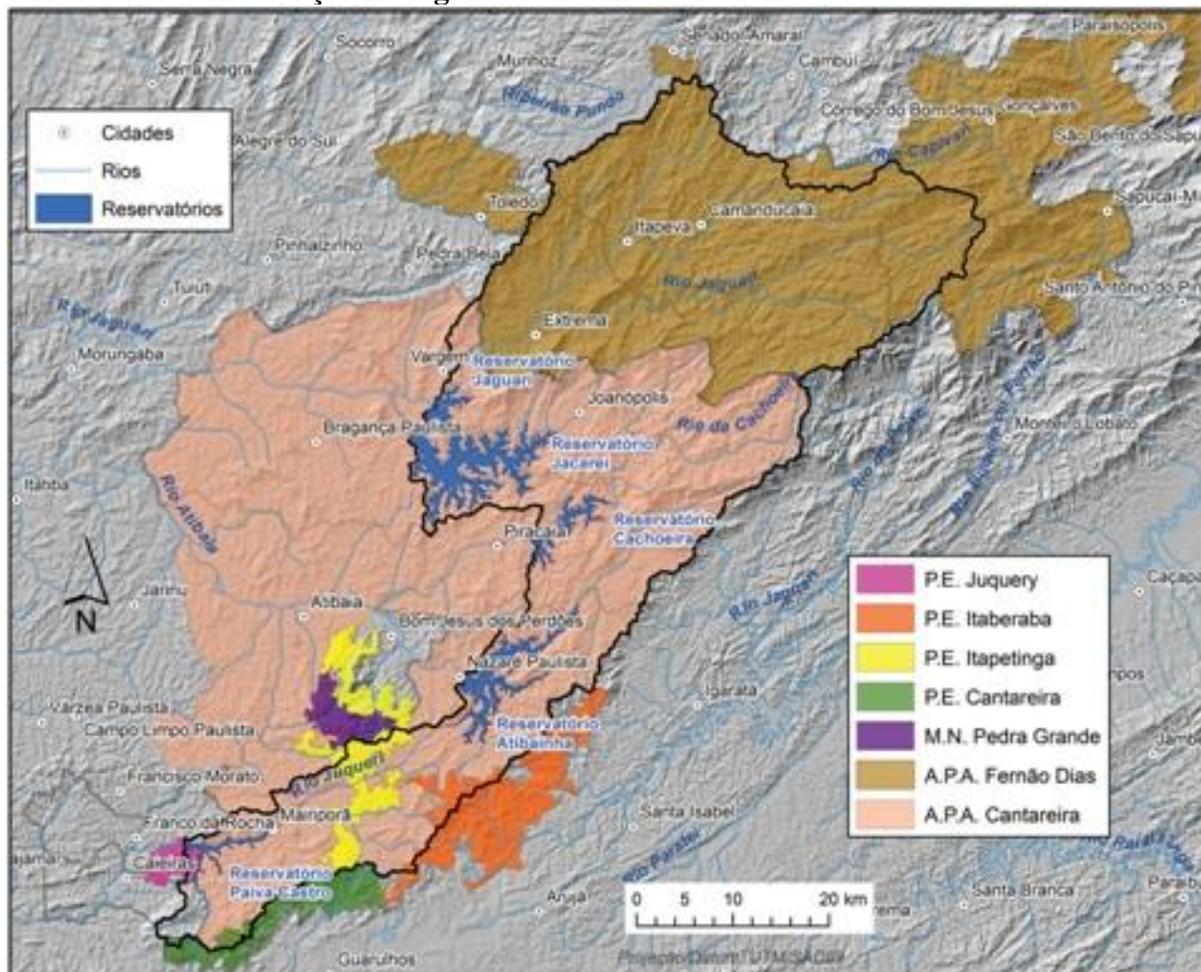
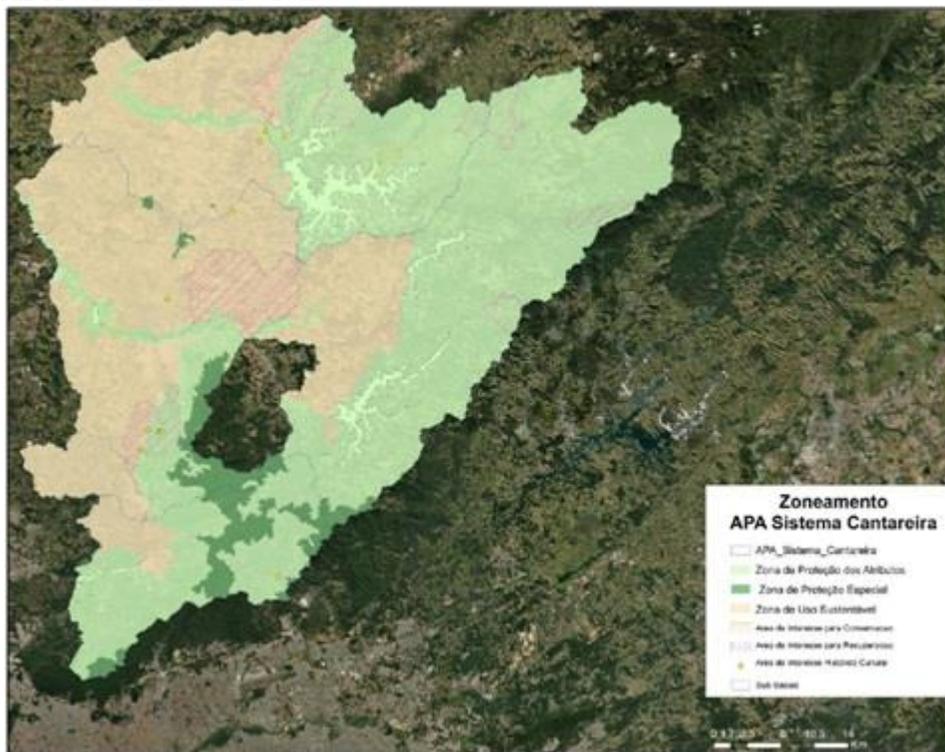


Figura 4.g
Unidades de Conservação na região do Sistema Cantareira



Fonte: IPÊ, 2017.

Figura 4.h
APA Sistema Cantareira



Fonte: Adaptado de ESP, 2020.

Através de tratamentos digitais de imagens de satélite entre os anos 1985 e 2019 foram obtidas as principais classes de uso e ocupação do solo na APA do Sistema Cantareira e observadas as principais mudanças e atuais vetores que modificam a paisagem do território. A **Tabela 4.b** apresenta a evolução das classes de uso para o período 1985/2000.

Tabela 4.b
Matriz de confusão para uso e cobertura das terras na APA do Sistema Cantareira, período 1985-2000 (em ha)

Classe	Árbóreo	Miner.	Mosaico Agropecuária	Reflorestamento	Rio ou Lago	Solo Exposto	Urbano	Área Total 2000
Árbóreo	1.606,32	0,0035	182,79	13,55	0,26	0,37	0,07	1.803,35
Mineração	00,01	0,8535	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01
Mosaico Agropecuária	243,52	0,0520	1.870,70	6,31	1,01	4,00	0,32	2.125,88
Reflorestamento	27,04	0,0000	42,72	34,75	0,00	0,02	0,00	104,53
Rio ou Lago	1,095	0,0002	02,58	0,00	74,33	0,07	0,00	78,06
Solo Exposto	2,56	0,0088	05,03	0,06	0,44	2,50	0,01	10,6
Urbano	11,42	0,0262	79,84	0,08	0,072	2,62	129,38	223,43
Área Total 1985	1.892	0,94	2.183,71	54,75	76,11	9,58	129,77	4.346,86

A classe predominante para o período em foco é o mosaico de uso agrícola e pastoril, com uma leve diminuição no período analisado. O mesmo comportamento observa-se para o segundo uso, classe arbóreo. Já o reflorestamento duplicou a área no período e a área urbana teve um crescimento de mais de 72%.

Já para o período 2000-2019, a **Tabela 4.c** mostra que houve diminuição das classes arbóreo, mineração, mosaico de agricultura e solo exposto. Já as classes reflorestamento e urbano aumentaram.

Tabela 4.c

Matriz de confusão para uso e cobertura das terras na APA do Sistema Cantareira, período 2000-2019 (em ha)

Classes	Arbóreo	Miner.	Mosaico Agropecuária	Reflorestamento	Rio ou Lago	Solo Exposto	Urbano	Área Total em 2019
Arbóreo	1.557,12	0,01	212,51	5,22	0,35	1,99	0,33	1.777,54
Mineração	0,11	0,61	0,09	0,00	0,00	0,01	0,01	0,83
Mosaico Agropecuária	141,57	0,04	1.720,87	3,81	1,27	3,24	0,83	1.871,64
Reflorestamento	87,77	0,00	117,41	95,36	0,00	0,59	0,00	301,14
Rio ou Lago	0,51	0,01	2,19	0,00	75,78	0,42	0,00	78,91
Solo Exposto	1,21	0,00	3,02	0,00	0,50	3,01	0,01	7,75
Urbano	15,05	0,34	69,78	0,12	0,16	1,35	222,25	309,05
Área Total em 2000	1.803,35	1,01	2.125,88	104,53	78,05	10,61	223,43	4.346,86

A pesar do grau de antropização crescente, na região do Sistema Paiva Castro existem diversas espécies animais e vegetais ameaçadas de extinção. Porém, a perda de habitats naturais e sua fragmentação, assim como incêndios, queimadas, assoreamento dos cursos d'água, espécies invasoras, aumento de estradas e vias e ocupações humanas são uma ameaça à biodiversidade.

Em termos socioeconômicos, os municípios do Sistema Paiva Castro são bastante desiguais. Extrema (MG) apresenta um PIB 21 x maior que Vargem (SP). A média do PIB dos 12 municípios é de R\$ 48.871,28 (**Tabela 4.d**). Assim, todos os municípios se encontram por cima do valor do PIB/capita nacional de R\$ 5.788². Cabe agregar que o PIB/capita do município de Extrema (MG) é extremamente elevado, em comparação com os outros municípios. Atualmente Extrema tem um polo industrial e de comércio eletrônico muito desenvolvido. O IDHM varia entre 0,678 (Nazaré Paulista) e 0,788 (Mairiporã).

² IBGE, 2015. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1193#resultado>

Tabela 4.d

Produto Bruto Interno (p/c) e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal dos Municípios do Sistema Paiva Castro

Município	PIB/capita (R\$)	IDHM ³	Posição Nacional (IDHM)
Extrema (MG)	268.459,18	0,732	93
Piracaia (SP)	65.896,34	0,739	86
Itapeva (MG)	53.063,75	0,720	105
Bragança Paulista (SP)	37.813,45	0,776	49
Caieiras (SP)	35.517,31	0,781	44
Camanducaia (MG)	25.876,92	0,689	136
Franco da Rocha (SP)	19.650,05	0,731	94
Nazaré Paulista (SP)	18.651,19	0,678	147
Mairiporã (SP)	17.774,55	0,788	37
Joanópolis (SP)	16.262,42	0,699	126
Sapucaí-Mirim (MG)	14.784,21	0,680	145
Vargem (SP)	12.706,02	0,699	126

Fonte: IBGE, 2018.

Estima-se que residam na região aproximadamente 158.000 pessoas, com maior concentração nas sedes municipais e seu entorno (Governo do Estado de São Paulo, 2020).

5. MÉTODOS

As metrópoles modernas são as mais complexas estruturas jamais construídas pelo homem. Apesar disso, acostumamo-nos a vê-las unicamente como espaços econômicos ou como ambientes físicos ou como sedes do poder político ou como lugares onde se codifica e decodifica a cultura ou como fenômenos demográficos ou como estruturas sociais ou administrativas. Raramente as vemos como ecossistemas artificiais ou como sistemas complexos nos quais a forma física é sempre a resultante de longos processos de sedimentação cultural; como lugares no espaço e no tempo nos quais se constrói e reconstrói incessantemente o habitat da espécie humana. Neste espaço é possível perceber um “trade off” entre vantagens econômicas e sociais, de um lado e custos ambientais, de outro. A sociedade da atualidade apresenta um panorama das condições ambientais bastante afetado pela ação humana, sendo que a degradação do meio ambiente chegou no nível de transformar o ecossistema global e colocar em risco a própria sobrevivência humana.

³ <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>

Assim a qualidade de vida urbana e ambiental, apesar dos avanços tecnológicos e científicos, ainda não é satisfatória, pois existem as disparidades sociais que aumentam cada vez mais. Estas são muito visíveis nas metrópoles e nas áreas periurbanas, já que estas concentram um maior contingente de população e apresentam desigualdades sociais extremas.

A atual tendência de expansão urbana, a procura por fontes energéticas e a dinâmica dos usos e coberturas das terras nesta área carecem de informações abrangentes. Sob o ponto de vista do desenvolvimento sustentável, qualquer projeto de intervenção deve ser baseado em um diagnóstico socioambiental, que fundamente as necessidades de aliar o desenvolvimento com o planejamento das ações de manejo e preservação ambientais das unidades de paisagem analisadas. Nesse contexto, é fundamental o conhecimento da área de estudo para subsidiar iniciativas de inserção local através de projetos de atuação do poder público em todos os níveis. Assim, para conhecer e diagnosticar o ambiente na área periurbana do Sistema Cantareira e mesmo para mitigar os impactos já existentes ou os que serão produzidos por futuras intervenções, é necessário elaborar um planejamento eficiente e orientado por subsídios técnico-científicos.

Além disso, existe uma carência na administração pública, para a elaboração de um planejamento ambiental estratégico, fato que acirra os problemas urbanos e ambientais prejudicando a qualidade de vida da população.

As cinco etapas metodológicas propostas para a elaboração desta pesquisa são:

- **Avaliação do processo urbano - rural no Sistema Cantareira**

Para esta etapa foram utilizadas informações orbitais, de domínio público e sistemas de informações geográficas. Foi avaliado o processo de urbanização e seus vetores, tendências atuais e futuras, assim como as pressões exercidas sobre o espaço periurbano da região alvo.

- **Análise da Segurança da Água no espaço periurbano do Sistema Cantareira**

Os resultados obtidos na etapa anterior foram a entrada de informação para avaliar o impacto exercido sobre os serviços ambientais, com foco na segurança da água. A análise e avaliação do processo utilizou como base as metodologias já consagradas pela OMS, conforme **Anexo 1**.

- **Oficinas de trabalho**

Certamente podemos relacionar certas condições necessárias para uma saúde ambiental mínima, relacionada às questões acima apresentadas. Para uma primeira aproximação ao problema foi fundamental promover espaços de discussão que possibilitaram debater os temas acima apresentados. Os Seminários de Discussão, promovidos no espaço do IEA/USP contaram com a presença de estudiosos do problema, grupos de estudo já consolidados no assunto, professores e alunos do Instituto, foram uma etapa importante desta pesquisa.

Nesta fase foram valorizadas as parcerias e convênios que o IEA já dispõe, assim como novas parcerias. Os parceiros participaram de oficinas de trabalho e seminários realizados no âmbito do projeto.

- **Difusão**

Observou-se que as atividades de pesquisa propostas tiveram uma ampla interface com as atividades de ensino e extensão do Instituto e Faculdades, assim como com os seus parceiros e com a sociedade civil. Desta forma foi valorizada a competência técnica e operacional e a capacidade instalada do IEA, dando como resultado um investimento pequeno para atingir esta etapa dos objetivos propostos.

6. RESULTADOS

6.1 APA Sistema Cantareira

A dinâmica do uso e ocupação do solo, no contexto da APA do Sistema Cantareira, entre os anos 1985 e 2000 (**Capítulo 4**) mostram que classe principal de cobertura do solo era o mosaico de agricultura e pastagem (agropecuário) seguida pela classe arbóreo (áreas de mata em diferentes estágios de sucessão).

Em 1985 a classe arbórea ocupava mais de 43% da área total do contexto da APA do Sistema Cantareira. Em 2000 essa classe representava pouco mais de 41% da área total em foco, sendo que o mosaico de agropecuária foi a classe que mais cresceu sobre a cobertura arbóreo. Rios e lagos tiveram poucas mudanças (aumento de pouco menos de 2 km²).

Uma primeira análise qualitativa e quantitativa mostra que a classe arbóreo perdeu 89 km² em quinze anos e o reflorestamento teve um incremento de quase 100%, passando de 54 para 104 km². Já a área urbana, no período, teve um aumento de mais de 72% da área ocupada em 1985.

A dinâmica do uso e ocupação do solo, no contexto regional do Sistema Cantareira, entre os anos 2000 e 2019 mostram que classe principal de cobertura do solo continuava sendo o mosaico de agricultura e pastagem (agropecuário), seguida pela classe arbóreo (áreas de mata em diferentes estágios de sucessão).

Por outro lado, a análise da paisagem mostra que as classes arbóreo e reflorestamento predominam nas regiões com declividade acima de 30% e o mosaico de agropecuária em áreas de até 20%. Já as áreas urbanas se localizam nos eixos das estradas e rodovias.

A dinâmica da cobertura e uso das terras para o período 2000 a 2019 mostra que as tendências observadas para o período anterior se mantiveram. Assim, houve perda das classes arbóreo e mosaico de agropecuária, aumento da área urbana e reflorestamento e estabilidade das áreas cobertas por massas aquáticas. Por outro lado, uma análise mais detalhada dos aumentos das áreas de reflorestamento verifica um aumento de quase 200%. Esse aumento se deu, principalmente sobre as classes agropecuária e arbóreo.

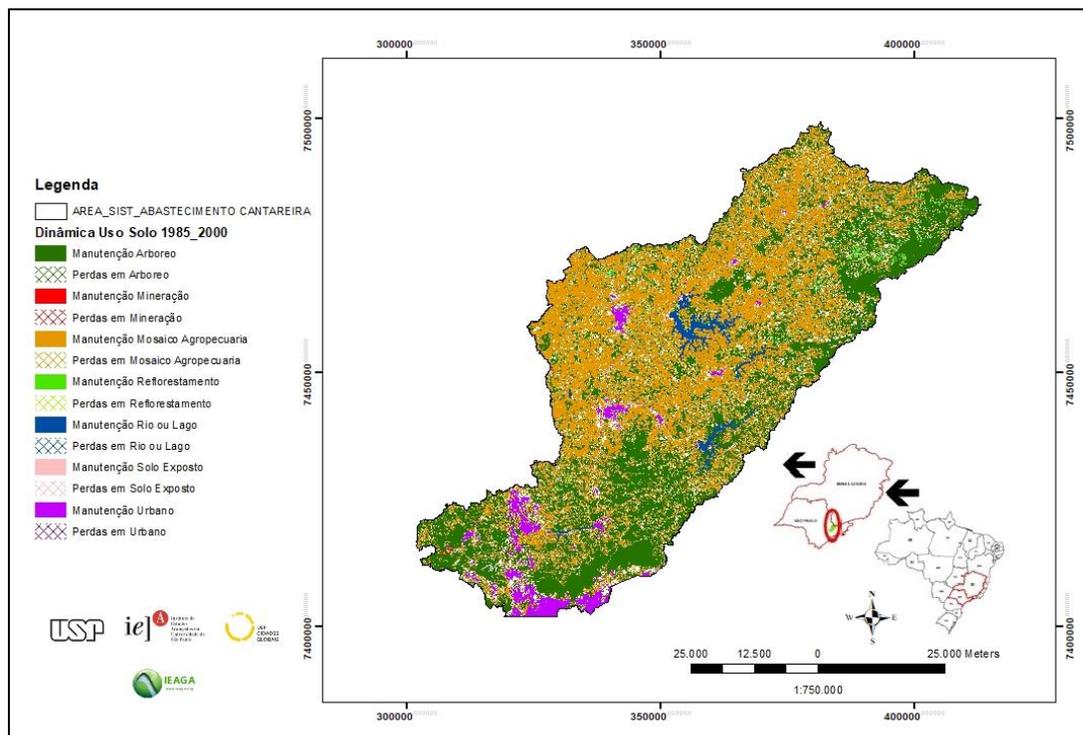
As áreas antropizadas (mineração, mosaico agropecuária, reflorestamento, solo exposto e área urbana), em 2000 ocupavam 2.465,45 km², ou quase 57% da APA do Sistema Cantareira. Já em 2019 o grau de antropização foi de 57,30% (2.490,41 km²).

6.2 Sistema de Abastecimento de Água Paiva Castro

As **Figuras 6.2.a, 6.2.b, 6.2.c, 6.2.d** apresentam o uso e ocupação do solo no Sistema Paiva Castro entre 1985 e 2019, assim como as declividades e os eixos rodoviários.

Figura 6.2.a

Uso do Solo na região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro (1985-2000)



A análise espacial permite visualizar que as áreas de expansão da classe reflorestamento se localizam na região nordeste e centro/leste do Sistema Cantareira (**Figura 6.2.b**).

Figura 6.2.b
Uso do Solo na região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro (2000-2019)

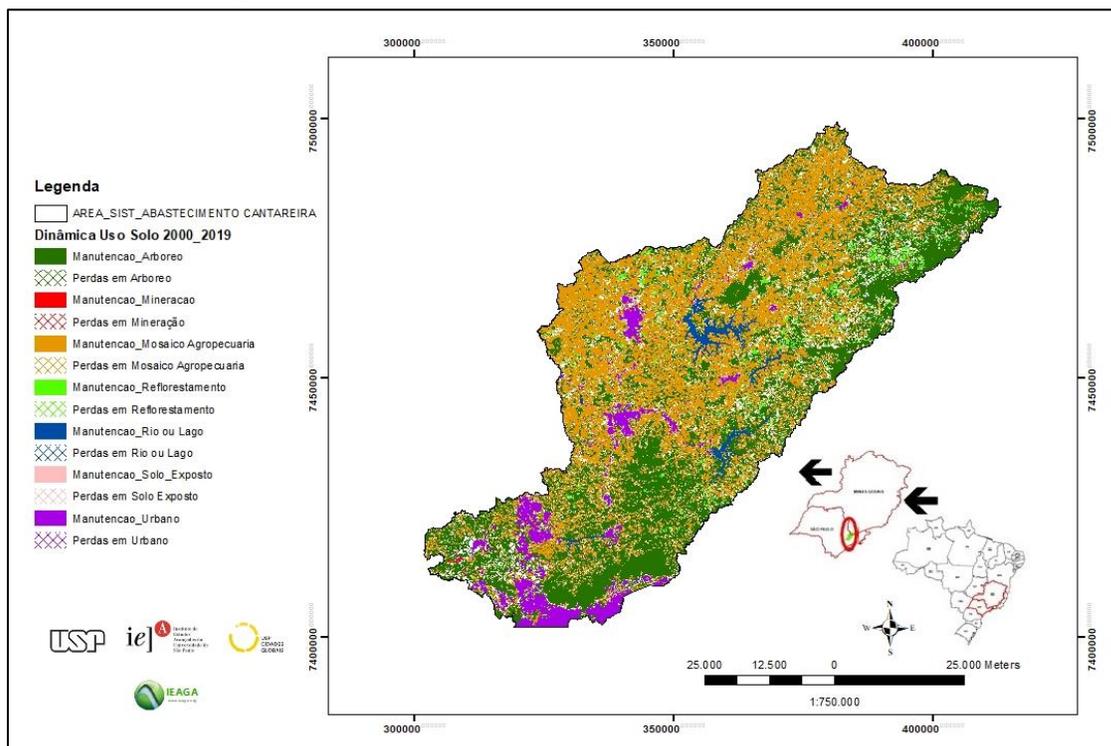


Figura 6.2.c
Declividades na região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro

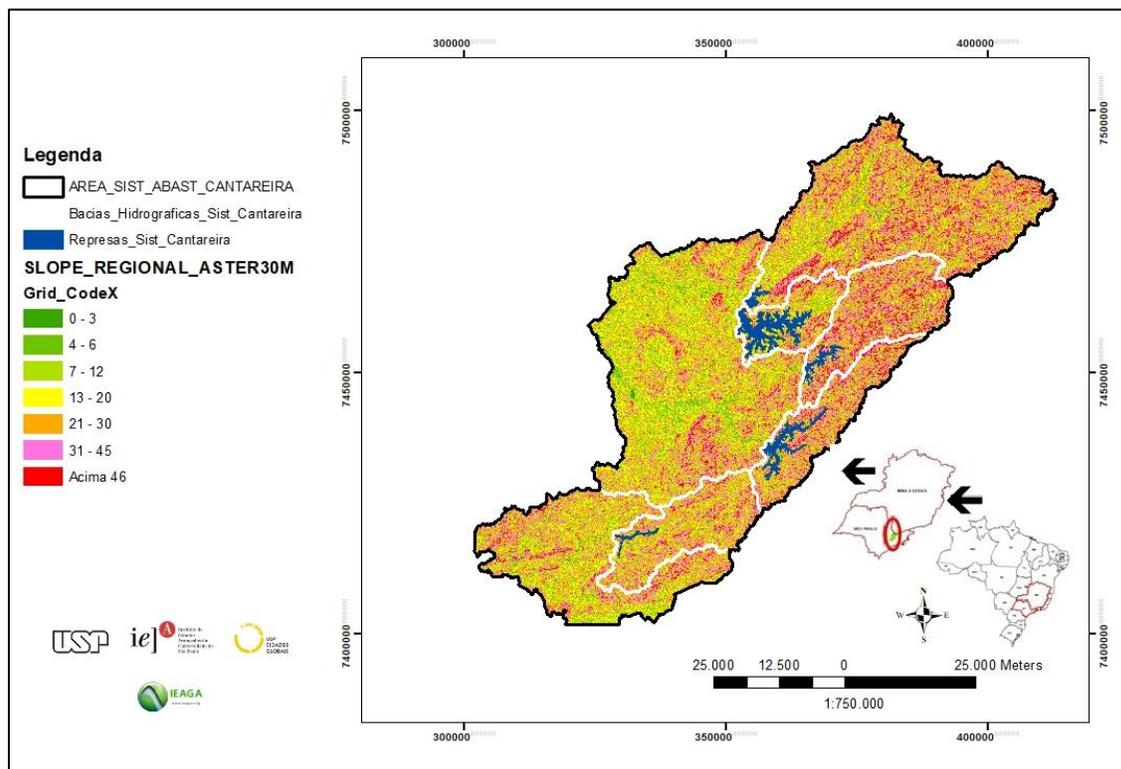
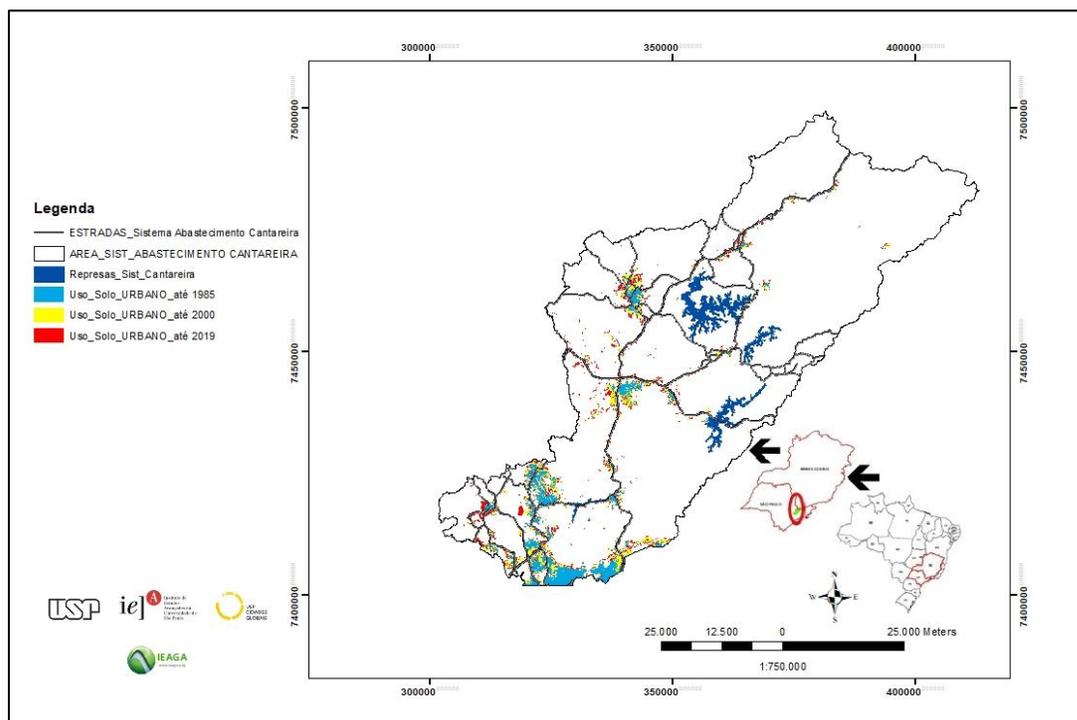
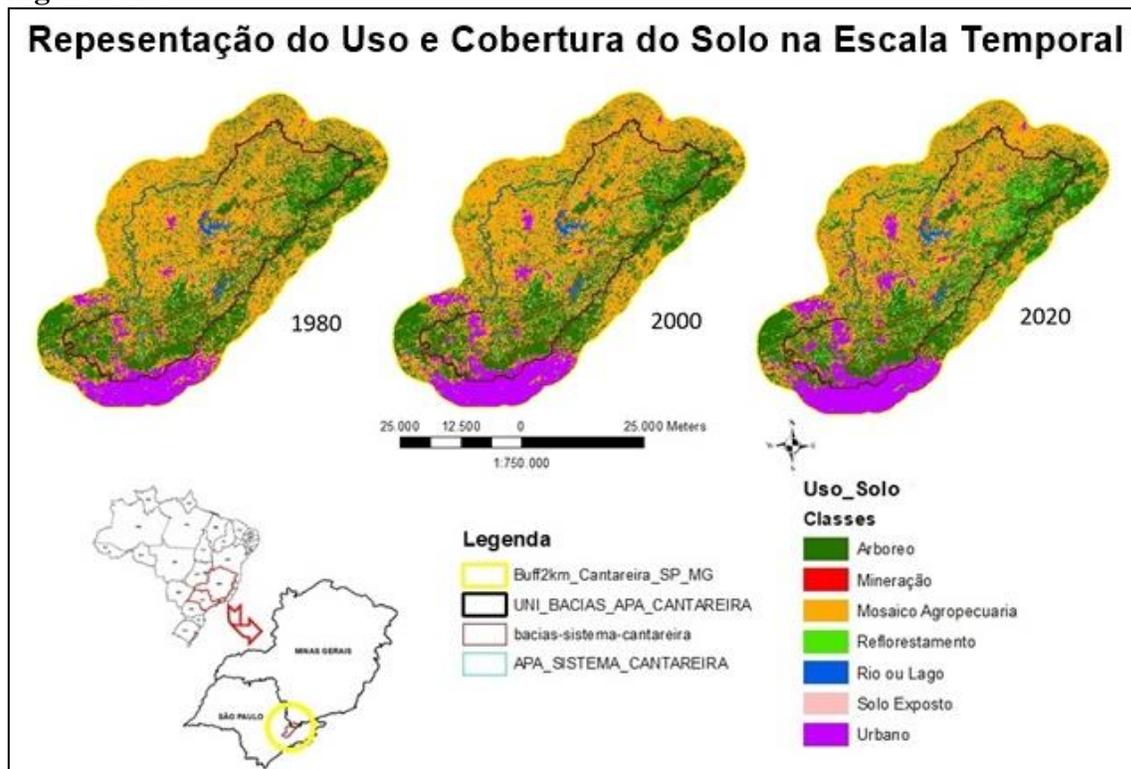


Figura 6.2.d
Eixos rodoviários e áreas urbanas na região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro



Na **Figura 6.2.e** são apresentados três cortes temporais (1980, 2000 e 2020) com a dinâmica do uso do solo no período de quarenta anos. Observa-se o crescimento das classes área urbana, agropecuária e reflorestamentos e a diminuição da classe arbóreo.

Figura 6.2.e



As funções ecossistêmicas estão associadas à paisagem na região do Sistema Cantareira. Assim, os serviços ambientais refletem a interação entre seus diferentes componentes. No período analisado fica evidente a fragmentação dos habitats naturais que é uma das principais causas da diminuição da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Assim, as variáveis tamanho e isolamento dos fragmentos florestais e a conectividade da paisagem são fundamentais para compreender a oferta de SE.

Em termos gerais, a redução de proporção de habitats em um gradiente de perda e fragmentação da paisagem produzem a redução da biodiversidade, conectividade, tamanho dos fragmentos, proteção dos corpos d'água, carbono armazenado e polinização. Ao mesmo tempo, verifica-se um aumento do efeito de borda, isolamento dos fragmentos, emissões de carbono e espécies invasoras.

O caso em foco, onde as áreas naturais foram modificadas ou perdidas, os habitats tornam-se fragmentados e seu tamanho e grau de isolamento tem relação direta sobre a ocorrência de espécies. A conectividade entre os fragmentos fornece uma medida da movimentação das populações faunísticas. Assim, quanto maior for a diferença entre a matriz original da paisagem e a atual, maior será a resistência dessa paisagem em relação à movimentação das espécies. No caso em foco, as maiores alterações da paisagem encontram-se nos usos agropecuário e urbanização.

Na **Tabela 4.b** observa-se que a classe arbóreo representa pouco mais de 40% da matriz da paisagem da área do Sistema Cantareira. Esta classe está formada, principalmente, por florestas secundárias. Por outro lado, esta cobertura do solo não é homogênea e os maiores remanescentes se localizam nas regiões sul e nordeste da área. Proporcionam, dentro desta lógica, a maior conectividade da paisagem e, provavelmente, onde exista maior número de espécies (**Figuras 6.2.a e 6.2.b**).

Já para uma análise da estabilidade das unidades ecodinâmicas (Tricart, 1977; Ross, 1994) foram utilizados os diferentes *layers* georreferenciados obtidos nas etapas anteriores (uso, declividade, solos, clima, erodibilidade). A **Tabela 6.2.a** apresenta as variáveis utilizadas, para a geração do arquivo de regras (**Figura 6.2.f**).

Tabela 6.2.a
Variáveis

Grau de Instabilidade	Uso	Declividade (%)	Solo
1	Arbóreo	< 6	
2	Rio/Lago	7 a 12	Argissolos
3	Reflorestamento	13 a 20	Latossolos
4	Mosaico Agropecuária	21 a 30	Cambissolos
5	Urbano/Solo Exposto/Mineração	> 30	

Figura 6.2.f

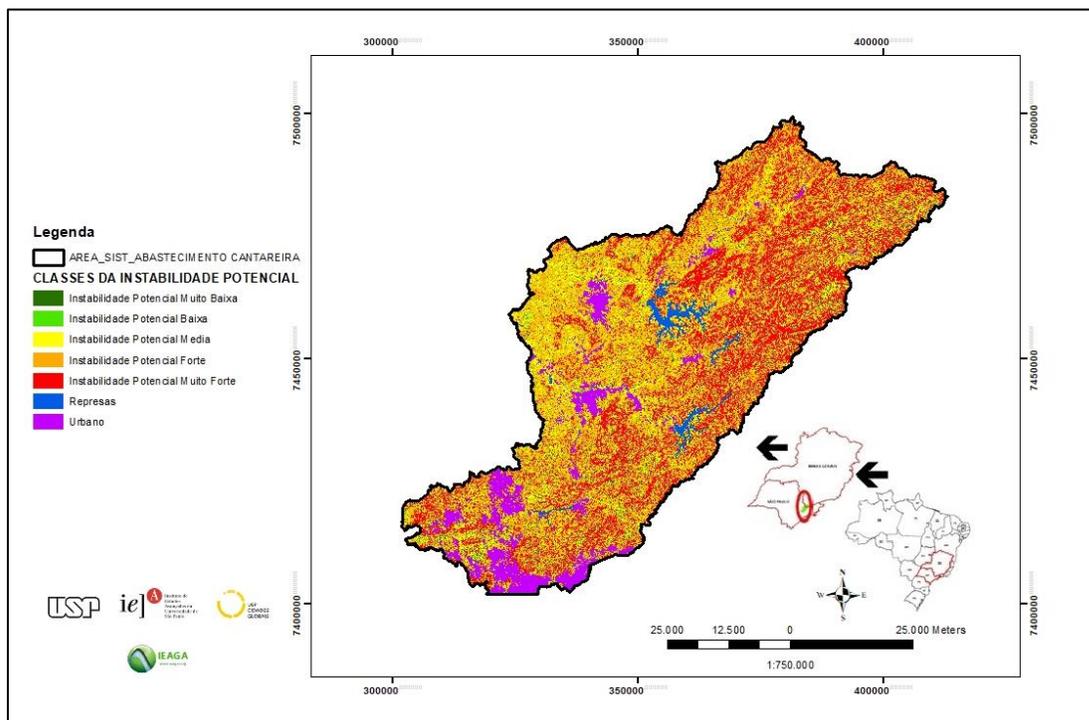
Arquivo de regras utilizado para a definição dos graus de instabilidade na região do Sistema de Abastecimento Paiva Castro

112	212	312	412	512
113	213	313	413	513
114	214	314	414	514
122	222	322	422	522
123	223	323	423	523
124	224	324	424	524
132	232	332	432	532
133	233	333	433	533
134	234	334	434	534
142	242	342	442	542
143	243	343	443	543
144	244	344	444	544
152	252	352	452	552
153	253	353	453	553
154	254	354	454	554
	Instabilidade Potencial Muito Baixa			
	Instabilidade Potencial Baixa			
	Instabilidade Potencial Média			
	Instabilidade Potencial Forte			
	Instabilidade Potencial Muito Forte			

Como resultado do cruzamento dos *layers* obtêm-se conjuntos de três números arábicos que variaram de 112 até 554, esse gradiente possibilitou a classificação do espaço em Unidades Ecodinâmicas (Estáveis e Instáveis) entretanto, para a atribuição de pesos que ordenam as variáveis foi aplicada uma sequência para a combinação numérica (Ross, 1994) onde o primeiro dígito deve referir-se ao uso do solo, o segundo deve representar a declividade do terreno e o terceiro o tipo de solo, assim, a combinação arábica 112 indica que a cobertura do solo é da classe arbórea, a declividade está no intervalo de até seis graus e o tipo de solo é argissolo, por assim, corresponde a uma Unidade Ecodinâmica Estável ou Instabilidade Potencial Muito Baixa. Já a sequência 554 indica uma Unidade de Instabilidade Emergente Muito Forte onde a cobertura do solo é significativamente antropizada, o relevo tem alta declividade e o tipo de solo é mais frágil a processos erosivos (cambissolo).

A **Figura 6.2.g** apresenta as áreas com instabilidade potencial, onde se observa o predomínio de áreas com instabilidade forte a muito forte. Essa classificação leva em consideração as características naturais do ambiente e as possíveis interações antrópicas.

Figura 6.2.g
Fragilidade das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial na Região do Sistema Cantareira



6.3 Análise da Segurança da Água no espaço periurbano do Sistema Cantareira

As sub-bacias do Sistema Cantareira englobam os rios Camanducaia, Jaguari, Atibaia e Jundiá (UGRHI 5) e o rio Juquery (UGRHI 6). O Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo (CETESB, 2021) apresenta dados sobre o comportamento dinâmico dos reservatórios iniciais do SC (Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha) chamados de Sistema Equivalente. Em 2020, o volume do Sistema Equivalente teve um aumento significativo entre janeiro e março, ultrapassando 60% da capacidade e reduzindo até alcançar 30% em novembro. O perfil da qualidade da água⁴ (IQA) para o Sistema Cantareira, durante 2020, entre os reservatórios Jaguari e Águas Claras (**Figura 6.3.a**) esteve sempre acima de 80 (ótima).

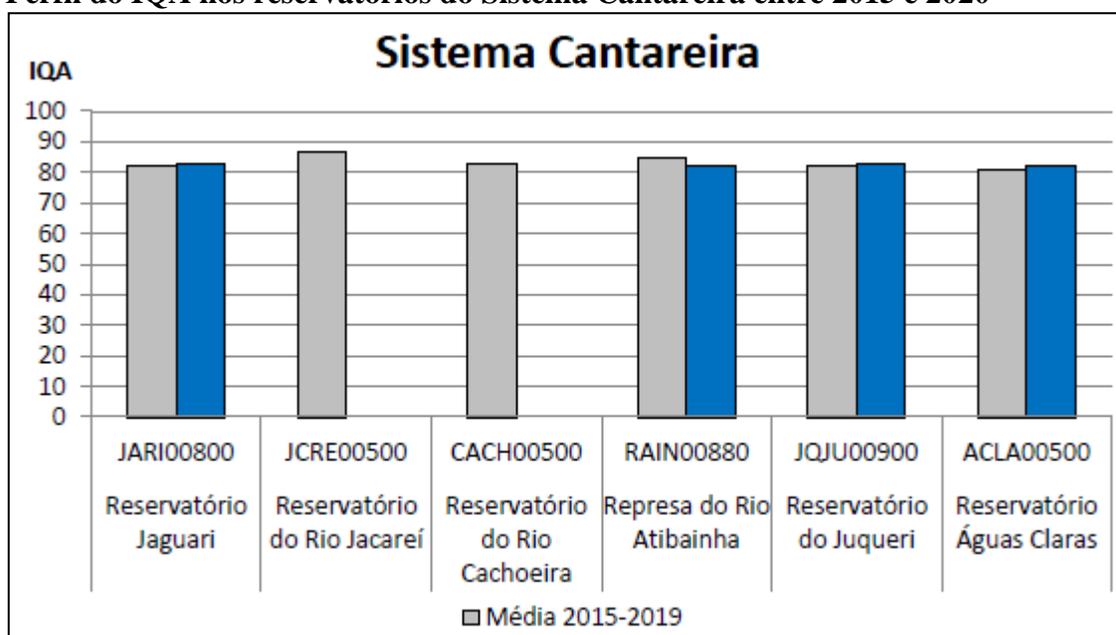
O nível médio de operação do reservatório Águas Claras, em 2020, foi de 38% da sua capacidade. Ao mesmo tempo, em 56% do tempo o reservatório atendeu o padrão de qualidade

⁴ IQA - Índice de Qualidade da Água é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às nove variáveis que integram o índice, variando entre 0 e 100.

para oxigênio dissolvido (CONAMA 357/05, corpos de água Classe 1). Para concentrações de fósforo, em fevereiro e dezembro de 2020 o reservatório superou os limites da Resolução CONAMA 357. Porém, pela média anual para o IET⁵, foi classificado como oligotrófica (ambiente de baixa trofia).

Assim, em termos gerais, a qualidade das águas do Sistema Cantareira pode ser considerada boa. Porém, os índices de remoção de cargas orgânicas de origem sanitária são baixos e o aporte de nutrientes de fontes pontuais e difusas deveria ser reduzido.

Figura 6.3.a
Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira entre 2015 e 2020



Fonte: CETESB, 2020.

Já em termos de quantidade, o cenário dos últimos anos é preocupante. Em janeiro de 2021, o nível do reservatório era de 39,5%. Durante a última crise hídrica, em 2014, o volume era de 24,5% e em janeiro de 2022 o nível ficou em 29,5%⁶

⁵ IET - Índice de Estado Trófico classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias.

⁶ <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2022/01/15/chuva-nivel-cantareira-volume-menor-do-que-ano-passado.htm>

7. CONCLUSÕES

Este projeto teve como objetivo geral a elaboração de metodologias interdisciplinares, para a elaboração de propostas de modelos que dêem respostas ao acesso dos SE e em particular a água. Até o momento, o projeto executou as atividades propostas para permitir a reflexão sobre o papel das cidades e a ocupação do seu entorno, na qualidade de vida da população. Novas crises de abastecimento não estão descartadas⁷. Em janeiro de 2022 o sistema ainda permanece com nível abaixo (33,6%) do registrado em janeiro de 2021 (42,6%)⁸.

Obviamente não se pode classificar a atual situação do Sistema Cantareira como “crise hídrica” e sim como o ‘novo normal’ para o Sistema de Abastecimento de Água Paiva Castro. Assim, torna-se necessária a adoção de procedimentos adequados para regulamentar o uso e ocupação do solo, com a utilização de ferramentas eficientes e a participação de todos os atores sociais envolvidos no processo.

Este trabalho não pretende dar soluções definitivas e, sim, mostrar caminhos que devem ser aprofundados para evitar “tragédias anunciadas” e que terão custos socioambientais elevados.

8. BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Ministério da Saúde. 2012. Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde. Um olhar do SUS. Brasília (DF) : MS/SVS. 60p.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2020. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. São Paulo : CETESB. 246p.
- Cook, B.R. & Spray, C.J. 2012. Ecosystem services and integrated water resources management: different paths to the same end? In: J. Environ. Manage, 109: 93-100. Oct. 30.
- Daily, G.C. 1997. Nature’s services societal dependence on natural ecosystem. Washington (DC) : Island Press.
- Dorado, A.J. 2017. Princípios do Equador e desempenho socioambiental do setor financeiro. In: A. Philippi Jr. *et al.* (org.), Gestão Empresarial e Sustentabilidade. 1ª ed. Barueri - SP : Manole,

⁷ <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-brasil/2022/02/02/apesar-de-chuvas-em-janeiro-cantareira-tem-nivel-menor-que-em-2021.htm>

⁸ <https://www.nivelaguasaopaulo.com/cantareira>

- 2017, p. 269-284.
- Dorado, A.J. 2018. Serviços ecossistêmicos no contexto periurbano. In: A. Philippe Jr. & G. Collet Bruna (org.), *Gestão Urbana e Sustentabilidade*. 1ª ed. Barueri, São Paulo : Manole. p. 536 – 561.
- Governo do Estado de São Paulo. Plano de Manejo. Área de Proteção Ambiental Sistema Cantareira. São Paulo : Fundação Florestal, 2020. 209p.
- Grizzeti, B.; Lanza Nova, D.; Liqueste, C.; Reunaud, A. & Cardoso, A.C. 2016. Assessing water ecosystem services for water resource management. In: *Environmental Science & Policy*, 61: 194-203. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>.
- Groot, R.S. de; Alkemade, R.; Braat, L. *et al.* 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. In: *Biological Complexity*, 7: 260-273.
- Gutman, P. 2007. *Ecosystem services: foundations for a new rural-urban compact*. Science Direct. Washington (DC) : Elsevier.
- Hering, D.; Carvalho, L.; Argillier, C. *et al.* 2.15. Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress - An introduction to the MARS project. In: *Sci. Total Environ*, 503:10–21. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.106.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Censo 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>.
- IPÊ - Instituto de Pesquisas Ecológicas. *Atlas dos serviços ambientais do sistema Cantareira*. 1ª ed. São Paulo : Memnon Edições Científicas, 2017.
- Leal, A.C. 2012. Planejamento Ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. In: *Entre-Lugar*, ano 3, (6): 65-84. Dourados (MS).
- Limonad, E. 2005. Entre a urbanização e a sub-urbanização do território. In XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ANPUR). Salvador (BA) : ANPUR.
- Liu, S.; Crossman, N.D.; Nolan, M. & Ghirmay, H. 2013. Bringing ecosystem services into integrated water resources management. In: *J. Environ. Manage*, 129: 92-102. Nov. 15.
- MA - Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystem and human well-being: a framework for assessment*. Washington (DC) : Island Press.
- OMS - Organização Mundial da Saúde. 2015. *A practical guide to auditing water safety plans*. In:

- http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/auditing-water-safety-plans/en/.
- OMS - Organização Mundial da Saúde. 2015. A practical guide to *auditing water safety plans*. In:
http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/auditing-water-safety-plans/en/.
- Plataforma Agenda 2030. Uma Plataforma de Ação para Acompanhar a Implementação da Agenda
2030 no Brasil. <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso outubro 2019.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Objetivos de Desenvolvimento
Sustentável. <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals.html>. Acesso outubro 2019.
- Ross, J.L.S. 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista
do Departamento de Geografia. v.8.
- Ruhoff, A.L. 2004. Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem
ambiental com a simulação de cenários preservacionistas. Dissertação de Mestrado. Programa
de Pós-graduação em Geomática. Santa Maria (RS) : Universidade Federal de Santa Maria.
- Tricart, J. 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro : IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN.
- Vale, A.R. & Gerardi, L.H.O. 2006. Crescimento urbano e teorias sobre o espaço periurbano:
analisando o caso do município de Araraquara (SP). In: Gerardi & Carvalho (orgs.) Geografia:
ações e reflexões. Rio Claro : UNESP/AGETEO. 434p.
- Vieira, J.M.P. & Morais, C. 2005. Manual para a elaboração de planos de segurança da água para
consumo humano. Minho : Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho.
175p. (Série Guias Técnicos, 7). Nd. edition. Volume 1.

ANEXO 1

Plano de Segurança da Água - PSA

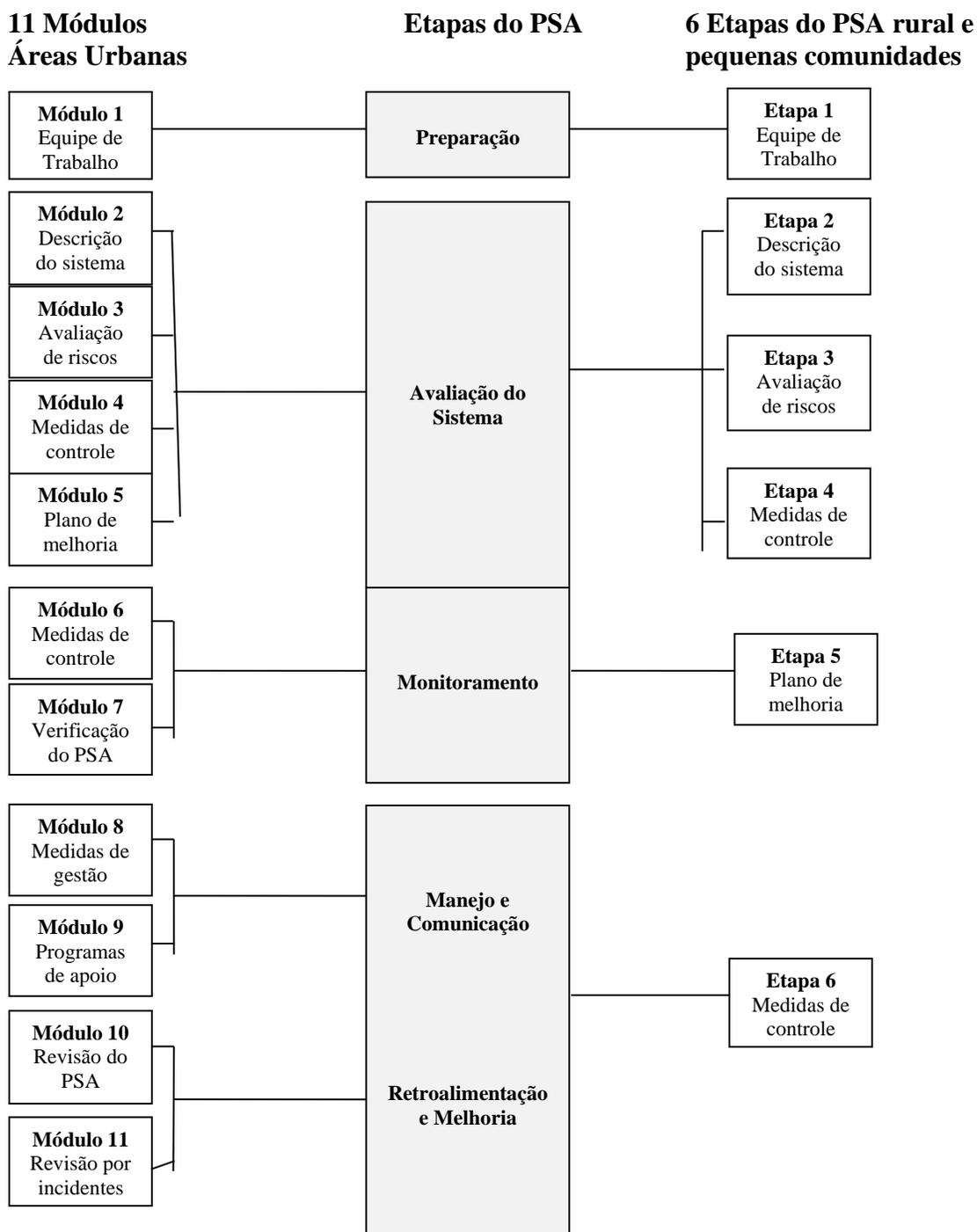
A OMS (2009) publicou 11 etapas para o desenvolvimento do PSA, para as áreas urbanas:

1. Montagem da equipe e eleição da metodologia para o desenvolvimento do PSA;
2. Descrição do sistema de abastecimento de água do manancial ao consumidor;
3. Identificação e avaliação de riscos que podem afetar o sistema de abastecimento;
4. Definir e validar medidas de controle, reavaliação e severidade de riscos;
5. Desenvolvimento, implantação e manutenção de um plano de melhoria;
6. Definição de medidas de monitoramento e controle;
7. Verificação da eficácia do PSA;
8. Preparação de procedimentos de gestão;
9. Desenvolvimento de programas de apoio;
10. Planejar e desenvolver revisões periódicas do PSA;
11. Revisão do PSA conforme incidentes.

Na comparação das tarefas entre as abordagens da OMS para pequenas comunidades (menores a 50.000 habitantes) e áreas urbanas, acima enunciadas (Figura 1), as etapas adicionais focam nos processos de revisões periódicas e na gestão do sistema (Figura 2). Assim, é possível a verificação constante do PSA, através de ações que devem ser tomadas e que determinam a operação normal e, aquela em condições excepcionais (quando ocorrerem incidentes). Os planos de gestão, através de protocolos de ações, também permitem a comunicação do risco à saúde humana e o suporte e validação/verificação periódica do Plano de Segurança da Água.

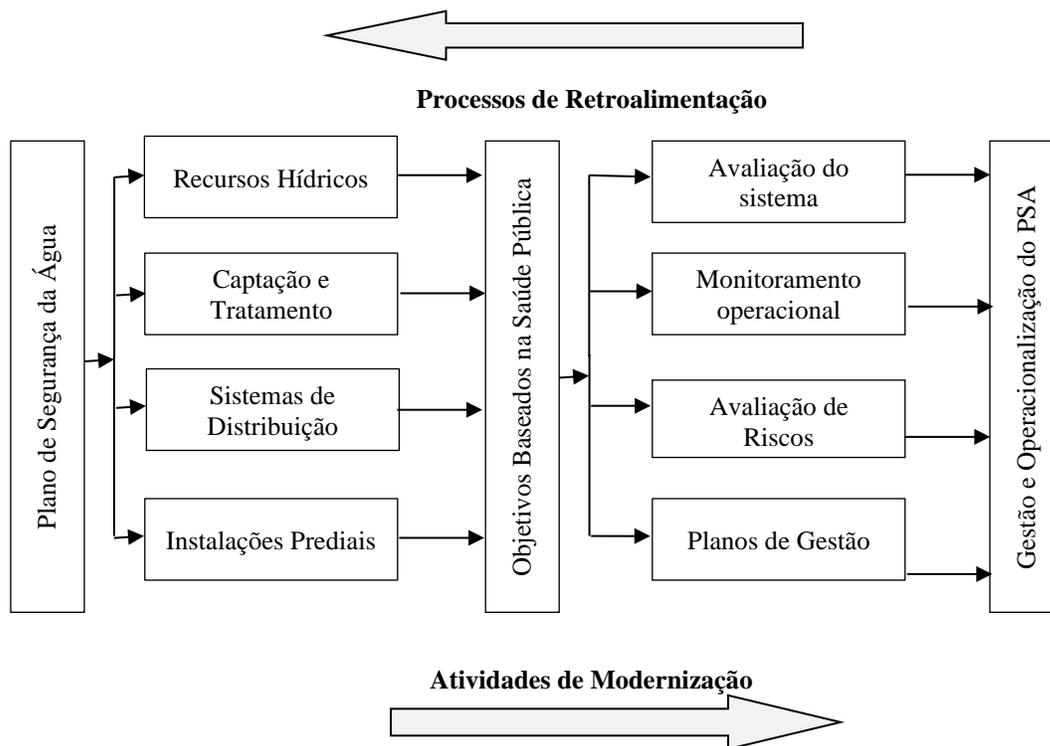
Figura 1

Equivalências dos módulos de implantação do PSA para áreas urbanas e etapas de implantação para pequenas comunidades e áreas rurais



Fonte: adaptado de OMS, 2009; 2012.

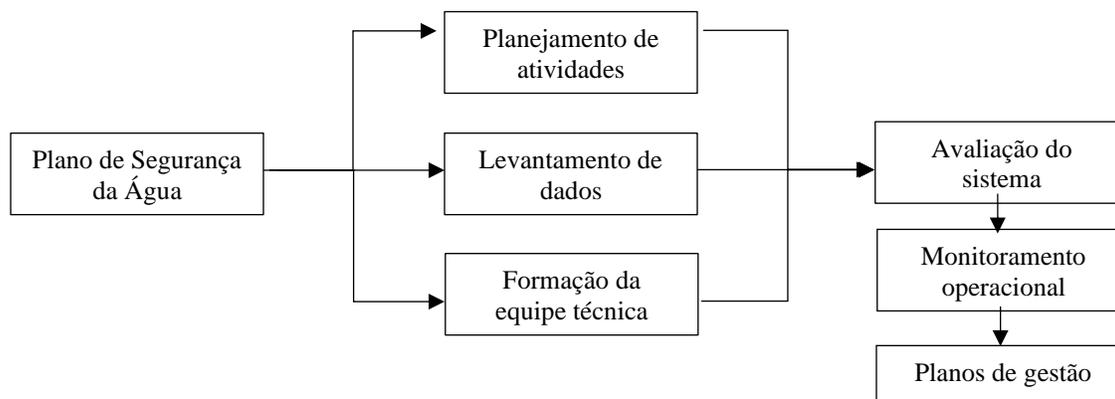
Figura 2
Implantação, Gestão e Operacionalização do Plano de Segurança da Água



Fonte: adaptado de SANASA, 2016.

A sequência das etapas (fases preliminares y etapas de avaliação, monitoramento e planos de gestão) acima citadas pode ser resumida conforme a figura 3, abaixo.

Figura 3
Resumo das fases do Plano de Segurança da Água



Fonte: adaptado de Brasil, 2012.

Na proposta da OMS (áreas rurais/pequenas comunidades e áreas urbanas), atividades equivalentes que se relacionam com: i) a preparação, avaliação do sistema, ii) monitoramento, iii) comunicação e gestão e iv) melhoria contínua. Verifica-se que essas visões da OMS apresentam ações de avaliação de riscos proativas, com elaboração de Planos de Contingência, que acompanham todo o sistema (da captação à torneira do consumidor) e compartilha várias similaridades com a ISO 22.000 (indústria alimentícia) e com a certificação HACCP (segurança alimentar). Porém, tanto a HACCP como a ISO 22.000 são em geral mais aplicáveis aos processos de produção de alimentos, que para as ações de operação contínua, como são as atividades de produção de água potável.